Г-54

Академик К. Д. Глинка

# ПОЧВОВЕДЕНИЕ

„НОВАЯ ДЕРЕВНЯ“

К. Д. ГЛИНКА

Профессор Ленинградского Сельскохозяйственного Института

# ПОЧВОВЕДЕНИЕ

ИЗДАНИЕ 3-е, ИСПРАВЛЕННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ

„НОВАЯ ДЕРЕВНЯ“
МОСКВА—1927

Напечатано в 1-й Гостиполит. „Крымполиграфтреста“ в Симферополе в кол. 5.000 экз. Зак. № 5002. Главлит № 71.997. Крымлит № 695.

25988
БИБЛИОТЕКА
научного центра
биологических исследований
АН СССР в Пущино

ПОЗ
П-54

# ПОЧВОВЕДЕНИЕ

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемую вниманию читателя книгу пришлось перерабатывать для третьего издания через 11 лет после второго (1915 г.).

Срок, разделяющий два издания, достаточно велик для того, чтобы в значительной мере изменить состояние научной дисциплины. В указанный период и у нас, и за границей появилось большое количество новых работ, выдвинулись новые проблемы и новые методы исследования.

Для одного лица становится уже затруднительным, почти невозможным, охватить полностью всю новую литературу, а особенно трудно это потому, что в течение ряда лет заграничная литература была мало доступна русскому исследователю.

В силу указанных причин автор уверен в целом ряде пропусков, указания на которые он примет с благодарностью.

Вместе с тем, и при указанных недочетах, книга окажется, вероятно, не бесполезной, особенно для молодых работников в области почвоведения, которые зачастую, может быть, в большей степени, чем автор, испытывали недостаток литературы.

Автор.

Декабрь
1926

# ВВЕДЕНИЕ

Почвоведение или педология представляет одну из научных дисциплин, где русскому имени, русским исследованиям должно быть отведено почетное место, о чем в последнее время свидетельствовали и западно-европейские научные работники[1]). Можно сказать, что русские исследователи создали эту дисциплину, если под созданием понимать ясное определение содержания и задач науки.

Отцом русского почвоведения, по справедливости, должен считаться проф. В. В. Докучаев (1846—1903 гг.), основные положения которого были формулированы в конце 70-х и начале 80-х годов истекшего столетия[2]).

Одно из этих положений представляет идея о географичности почвы, явившаяся результатом личного ознакомления исследователя с распределением в пространстве почв европейской части СССР.

Факты, говорившие о связи между климатом и почвами, подмечались в разное время и разными исследователями, на именах и работах которых я не могу здесь останавливаться[3]). Факты эти касались как органических составных частей почвы (гумус, торф), так и процессов, протекающих в минеральном комплексе почвы (выветривание), однако они мало обращали на себя внимание и не давали, в большинстве случаев, поводов к каким-либо выводам и обобщениям.

Между тем, если вдуматься глубже в идею о географичности почв, то нетрудно сделать из нее несколько чрезвычайно важных логических выводов. Прежде всего понятно, что если на распределение почв в пространстве влияют элементы климата (комбинации температуры и влаги), то почвы должны изменять свои свойства не

---

[1]) См. Treitz, P. Die Aufgaben der Agrogeologie. Földtany közlöny. XL, 1910, 495, и Agrogeologische Beschreibung der Umgebung von Szabadka und Kelebia. Jahresber. d. Kgl. ungar. Geolog. Reichsanst. für 1908. Budapest, 1911.

Wohltmann. Предисл. к работе: Buber. Die galizisch-podolische Schwarzerde, ihre Entstehung und natürliche Beschaffenheit.—Berlin, 1910.

Wahnschaffe. F. Предисловие-проспект к журналу „Internationale Mitteilungen für Bodenkunde".

Braun, G. Реферат работы: Glinka, K. Die Typen der Bodenbildung etc.-Peterm. Mitt. 1915, Mai.

См. также ряд приветствий западно-европейских ученых по случаю основания Докучаевского Почвенного Комитета. Изв. Докуч. Почв. Ком., 1913, вып. 1.

[2]) Докучаев. Краткий исторический очерк и критический разбор важнейших из существующих почвенных классификаций. Труды Спб. Общ. Естеств., т. X, 1879, стр. 64—67. Его же—Картография русских почв. Спб. 1879.— О законности географического распределения наземно-растительных почв на территории Европейской России. С ответом на возражение А. И. Воейкова. Тр. Спб. Общ. Естеств., т. XII, вып. I, 1880, стр. 65—83, 87—97.— Схематическая почвенная карта черноземной полосы Европейской России. Тр. Вольн.-Экон. Общ., т. I, 1882, стр. 428—467.— Русский чернозем. Отчет Вольн.-Эконом. Обществу. Спб. 1883.

[3]) Вернадский, В. Страница из истории почвоведения. (Памяти В. В. Докучаева). „Научное Слово", 1904 г. Москва.

только под влиянием тех перемен в тепле и влаге, которые совершаются при изменении широты и долготы или абсолютной высоты местности, но и тех, которые зависят от небольших сравнительно колебаний рельефа, так как очевидно, что микроклимат, как выражаются в настоящее время, т. е. комбинации температуры и влаги у самой почвы и внутри ее, несомненно, меняются даже при небольших изменениях рельефа. Таким образом понятно, что из идеи о географичности почв вытекает идея об их топографичности, т. е. о тесной и закономерной связи между характером почвы и рельефом местности. Так как, далее, местные изменения элементов климата зависят не только от рельефа, но и от типа растительности (напр., лес и степь), то отсюда вытекает идея о необходимости закономерной связи между почвой и растительностью. Наконец, так как нагревание и охлаждение, равно как увлажнение и высыхание земной поверхности в известной мере зависят и от характера материнской породы (механический состав, окраска), то ясна также связь между почвой и материнской породой.

Но и климат, и рельеф, и растительность земной поверхности, как известно, не постоянны. Иногда в недавнем, а иногда и в достаточно удаленном от нас геологическом прошлом все эти факторы почвообразования могли быть существенно иными, и там, где суша существует давно, почвенный покров мог изменять свою физиономию то более или менее резко, то относительно слабо. Даже в том случае, когда почвообразователи совершенно не изменялись за большой период времени, продолжительность развития почвенного процесса должна была оказать влияние на характер почвы. Отсюда вытекают два вывода: один, говорящий о связи почвенного покрова с возрастом и геологической историей той или иной части земной поверхности, а другой—о необходимости эволюции почвенного покрова при изменении условий почвообразования.

Если из работ Докучаева мы и не усматриваем непосредственно, что большинство высказанных нами положений явились, как выводы из основной предпосылки о географичности почв, то нам все же определенно известно, какое значение придавал исследователь вопросам о рельефе, материнской породе, типе растительности и возрасте страны. Что же касается эволюции почвенного покрова при изменяющихся условиях почвообразования, то это положение, не как логический вывод, а как факт, впервые был установлен другим русским исследователем, академиком С. И. Коржинским[1]), подметившим те изменения в почве, которые влечет за собой заселение степных пространств лесом, и окрестившим эти изменения черноземной почвы термином деградация. В лабораторной обстановке процесс деградации черноземной почвы был изучен П. А. Костычевым[2]). Впоследствии были отмечены в русской литературе и другие факты эволюции почвенного покрова: изменение солонцов[3]) и луговых почв[4]) под влиянием леса, оподзоливание древних (тре-

---

[1]) Коржинский, С. Предвар. отч. о почвенных и геоботанических исследованиях 1886 г. в губерниях Казанской, Самарской, Уфимской, Пермской и Вятской.—Тр. Общ. Естеств. при Казан. Унив., т. XVI, вып. 6, 1887, стр. 50.

[2]) Костычев, П. „Сельское хозяйство и лесоводство", 1888, №№ 4 и 5. Тр. Спб. Общ. Естеств., т. XX.

[3]) Попов, Т. Происхождение и развитие осиновых кустов в пределах Воронежской губ. Тр. Докуч. Почвен. Комитета, вып. 2, 1914 г.

[4]) Томашевский, И. Тр. Амурской экспедиции, вып. XV, под ред. К. Д. Глинки. Спб. 1912.

тичных?) субтропических красноземов[1]), высказывались соображения о восстановлении (реградации) чернозема из-под бывших лесных пространств[2]).

Но едва ли не самым существенным выводом из положения о географичности почв является идея о том, что почва есть особое естественно-историческое тело. Мысль эта высказывалась и ранее Докучаева Фр. Альб. Фаллу, но без каких-либо определенных доказательств, а потому и не могла укрепиться в общем сознании. В самом деле, ведь значительная часть почвенной массы—от 0,9 до 0,99 ее—принадлежит комплексу минералов, а потому понятно, что большинство исследователей склонно было видеть в почве просто горную породу, а при таких условиях трудно было обособить ее от других горных пород земной коры, а в особенности от рыхлых горных пород или, так называемых, наносов. Это на самом деле и наблюдалось даже у тех исследователей, которые пытались обособить почву в качестве естественно исторического тела sui generis. Поэтому в классификациях почв Фаллу[3]) и его последователей. среди которых был, между прочим, и знаменитый Рихтгофен, почва не отделялась резко от целого ряда рыхлых горных пород, получившихся механическим путем, и даже от горных пород, явившихся результатом химических осадков[4]). А Рихтгофен был одним из тех исследователей, которые имели представление о географичности почвенных образований, и поэтому мог бы логически связать идею о географичности с идеей о самобытности почвенного образования. Рихтгофену, повидимому, помешало сделать такое логическое заключение то представление о региональности динамических процессов земной поверхности, которое он развил в своих работах и которое, конечно, не может быть отожествлено с представлением о географичности. Дело в том, что когда мы говорим о географичности, то разумеем при этом существование закономерной связи между современным распределением климатических элементов и современной географией почвенного покрова. Региональность же в том виде, как ее рисовал Рихтгофен, не имеет никакой иногда связи с современными климатическими условиями. Так, области ледниковой денудации, ледникового накопления, речной денудации, абразии, области вулканических наносов существуют на земной поверхности совершенно независимо от современных климатических условий.

Обозревая распределение горных пород по поверхности земного шара, не трудно притти к заключению, что размещение гранитов, диабазов, диоритов, гнейсов и сланцев, известняков и доломитов, песчаников и осадочных глин не подчиняется какой-либо географической закономерности. Все эти породы могут встречаться безразлично в любой климатической полосе, начиная от полярной и кончая тропической, а с почвами дело обстоит не так: латерит не может образоваться в полярных широтах, а подзол и чернозем не получаются на равнинах тропического пояса. Следовательно, если латерит,

---

[1]) Глинка, К. О древних процессах выветривания в Приамурьи. „Почвоведение", 1911, № 3.

[2]) Крылов, П. Степи западной части Томской губ.—Тр. почв ботан. экспед. Пересел. Упр. Ботанич. Исследов. 1913 г., вып. 1. Петроград, 1916. П. Н Крылов в последнее время выступил с возражениями против положений С И. Коржинского; см. Крылов, П. К вопросу о колебании границы между лесной и степной областями. -Тр. Ботан. Музея Акад. Наук. вып. XIV, 1915 г.

[3]) Fallou, F. A. Pedologie oder allgemeine und besondere Bodenkunde. Dresden. 1862.

[4]) Richthofen, F. Freiherr. Fuhrer fur Forschungreisende, 1886; China.-Bd. II, 1882.

подзол и чернозем, как комплексы определенных минеральных видов, и могут быть названы горными породами, то эти породы, очевидно, не то, что другие, а чем то от всех остальных пород должны отличаться. Это, конечно, достаточное основание, чтобы образовать из почв особую группу природных тел и настаивать на необходимости создания особой дисциплины для изучения этих своеобразных тел природы.

Можно здесь отметить, что к идее о своеобразности почв, впервые прочно обоснованной Докучаевым, позже подошли геологи, совершенно не думавшие при этом о почвах. Изучая земную кору на различных ее глубинах и знакомясь с физико-химическими процессами различных частей этой толщи, геологи (Седергольм, Бекке, фан-Хайз[1]) пришли к заключению, что указанные процессы на различных глубинах далеко не одинаковы и ведут, в силу этого, к различным результатам. Это дало повод делить земную кору на несколько глубинных поясов, среди которых обособился поверхностный пояс или зона выветривания, где физико-химические процессы протекают существенно иначе, чем в зонах более глубоких и, следовательно, должны приводить и к существенно иным результатам, чем в поясах или зонах глубинных. А в пределах этой поверхностной зоны выветривания и помещаются целиком почвы.

Утверждение почвы, как особого естественно-исторического тела, поставило перед исследователями целый ряд совершенно определенных задач. Прежде всего исследователь естественник получил право изучать почвы, отбрасывая ту утилитарную точку зрения, которая до того времени сопутствовала западно-европейскому почвоведу, интересовавшемуся почвой не только, и даже не столько, как естественно-историческим телом, сколько объектом, в тех или иных качествах которого заинтересован человек, возделывающий культурные растения. Эта утилитарная точка зрения много вредила правильному развитию науки[2]).

Обратившись к изучению почвы, как особого естественно-исторического тела, русский почвовед, начиная с Докучаева, должен был приступить к исследованию свойств этого тела, а так как проще всего и легче всего оказалось изучение внешних свойств, т. е. морфологии, то на эту морфологию и было обращено прежде всего внимание. Знакомство с последней показало, что почва имеет собственную физиономию, которая отличает ее от других рыхлых образований и земной поверхности, и океанических глубин. Физиономию почвы, рисующуюся исследователю в вертикальном разрезе, стали называть строением почвы, и изучение строения почвы сделалось с этих пор обязательным для почвоведа. Благодаря этому, русское почвоведение накопило огромное количество данных по морфологии почвенных образований,—данных, которыми почти не располагало западно европейское и американское почвоведение. Морфологические исследования позволили русскому почвоведу точнее и определеннее разграничить в природе друг от друга почвенные образования различного характера и, таким образом, способствовали более точному уяснению как географии, так и топографии русских почв[3]). Морфо-

[1]) van Hise, Ch. R. On the metamorphismus —Monographs of the U. S Geolog Survey, 47 Washington 1904

[2]) См. Ярилов, А. Педология, как самостоятельная естественно-научная дисциплина о земле. Ч. I. Юрьев, 1904

[3]) Было-бы затруднительно перечислить здесь все русские работы, трактовавшие о морфологии или строении почв, так как во всех почвенно-географических очерках мы

логические исследования привели, кроме того, к заключению, что каждая почва состоит из ряда отдельных горизонтов, сменяющих друг друга в вертикальном направлении и связанных друг с другом единством происхождения (генезиса) Это то и позволило отличать почву от всякого рыхлого наноса, механически отложенного, отдельные части которого обычно не имеют между собой никакой генетической связи, объединяющей эти части в одно химико биологическое целое.

Отличие отдельных горизонтов одной и той же почвы и неодинаковое строение почв различных географических положений заставило русского исследователя искать причин этих внешних различии, заставило его обратиться к изучению внутренних свойств почв Прежде всего и резче всего различие выражалось в цветовой окраске почв, а так как последняя в наших почвах вызывается, главным образом, органическими веществами, почвенным перегноем или гумусом, то исследования направлялись первоначально по пути определения количества гумуса в почвенных образованиях различных климатических зон Эти исследования отметили определенную закономерность в количественном распределении перегноя по территории нашей страны, что позволило Докучаеву установить в пределах ее европейской части, а затем и фиксировать на карте, так называемые, изогумусовые полосы, направление которых оказалось более или менее совпадающим с направлением почвенных зон нашей страны. Термин „почвенные зоны" тогда, впрочем, еще не употреблялся; учение о почвенных зонах не только по отношению к нашей стране, но и по отношению ко всему земному шару в стройной форме было разработано учеником Докучаева, Н М Сибирцевым[1]). Сам Докучаев к вопросу о почвенных зонах обратился в конце своей научной деятельности и сделал тогда же попытку синтеза зональных явлений природы вообще, но об этом мы скажем несколько ниже.

При изучении строения отдельных почвенных образований оказалось затем, что и в пределах почвенного разреза распределение гумуса подчинено известным закономерностям и представляет неодинаковую картину в зависимости от типа почвы[2])

Но, конечно, изучение количества гумуса для характеристики почвенных образований было недостаточно Русский почвовед должен был, исходя из основных идей Докучаева, утверждать, что и качество гумуса не может быть одинаковым у различных почвенных образований В сознании правильности такого положения и Докучаев, и Сибирцев делали попытки, при помощи своих учеников ).

---

встретим эти данные Более специально об этих вопросах трактуют следующие работы Тумин, Г Обзор общего характера морфологии почв и ее изменений по зонам — Журн Оп Агр, т XIII, кн 3 Тумин, Г. Что такое каштановые почвы Ежег почвовед и минерал России т XII вып 3 4 Тумин, Г Солонцы и солонцеватые почвы Ibidem т XII, вып 5—6 Высоцкий, Г Почвоведение", 1900 г, 1901 г № 2 Высоцкий, Г О лесорастительных условиях района Самарского Удельного Округа, ч I Высоцкий, Г Почвоведение" 1901 № 4 1902, № 2, Высоцкий, Г Почвоведение , 1905, № 1 Глинка, К Глубокопочвенные гумусовые образования и их генезис Почвоведение", 1910 № 1

[1]) Сибирцев Н Краткий обзор главнейших почвенных типов России —Зап Ново-Александрийск Инст Сельск Хоз и Лес. 1898

Сибирцев, Н Почвоведение Лекции, читанные студентам Инст Сельск-Хоз и Лесов в Ново Александрии Вып II СПБ 1901

[2]) Костычев, П Почвы черноземной области России, ч I, 1886

Богословский, Н Матер к изуч русских почв вып VI, 1890, Тумин, Г Матер к оценке земель Смолен губ Вып V Дорогобужский у Смоленск, 1909

[3]) Козловский, С Матер по изуч русских почв, вып 8 Лесневский, С Зап Ново-Алекс Инст С-Хоз и Лесов т X вып 2 по тому же вопросу см. Грачев Журн Оп Агрон, 1902 т III

подходить к решению этого вопроса, но исчерпывающего ответа на него получить не могли, хотя правильность указанного выше положения и подтверждалась предпринятыми исследованиями. И это понятно, так как изучение химического состава гумуса, в виду исключительной сложности этого органического комплекса, долгое время не давало определенных результатов даже у таких крупных западноевропейских химиков, каким был Бертло. Только в последние годы, когда были разработаны новые методы для изучения состава таких сложных веществ, как белковые, удалось подойти к составу почвенного перегноя. Сделали это японские, и в еще большей степени, американские исследователи, но справедливость требует отметить, что некоторые вопросы о химической природе гумусовых соединений решены были и русскими учеными. Так, Г. Г. Густавсон[1]) предсказал существование в гумусовом комплексе оксикислот (спирто- или фенолокислоты), А. Г. Дояренко[2]) доказал в нем же существование амидов и аминокислот (см. также Бертло), Трусов[3]) пытался подойти к вопросу о составе перегноя путем выяснения тех групп органических соединений, из которых образуется, так называемая, „гуминовая кислота" почвенного перегноя. В последнее время вопросу о гумусе посвятил свою работу А. Шмук[4]).

Однако, американские исследователи гумуса, которым чужды основные идеи Докучаева и русской школы, выделив из органического комплекса почвы ряд определенных химических соединений, не остановились и, вероятно, не остановятся над вопросом о том, каким географическим разностям почв присущи те или иные комплексы органических соединений, и этот вопрос ожидает русского исследователя. Уже первое прикосновение к этому вопросу[5]) показало, что русский почвовед найдет здесь, несомненно, подтверждение тех основных идей, на которых базируется русское почвоведение.

Но почва состоит не из одних органических комплексов. Последние хотя и играют в ней существенную роль, однако, количественное содержание их не велико. Количественно преобладают в почве соединения минеральные, а потому понятно, что русский исследователь должен был остановиться и на этом вопросе. И к этому вопросу он подошел несколько иначе, чем делал это в огромном большинстве случаев западно-европейский почвовед, так как ему вскоре же сделалось ясным, что если почва слагается из нескольких горизонтов, генетически между собою связанных, то сколько-нибудь полное представление о химической природе почвы можно получить лишь тогда, когда химическое исследование захватывает не один какой либо горизонт почвы, а все их, каждый в отдельности, в том числе и материнскую породу. Только при таких условиях можно было получить ясное представление о том, в каком направлении изменяется состав материнской породы, когда она превращается в ту или иную почву и каково это изменение в отдельных горизонтах почвы. В некоторых случаях и западно-европейские почвоведы пользовались тем же методом исследования, но делали это лишь тогда, когда разница в характере отдельных горизонтов почвы слишком резко бросалась в глаза, как,

---

[1]) Густавсон. Двадцать лекций агроном. химии, Москва. 1888.

[2]) Дояренко, А. Изв. Московск. С.-Хоз. Инст. ч. 6, кн. VI, 1901.

[3]) Трусов. Материалы к изучению почвен. гумуса. ч. I, Петроград, 1917.

[4]) Шмук, А. К химии органического вещества почв. Тр. Кубан. С.-Хоз. Инст.. т. I, вып. 2, 1924.

[5]) Хаинский. Органические вещества почвенного гумуса. „Почвоведение", 1916, № 3—4.

например, у подзолистых почв с ортштейном. Пользуясь обычными методами химического анализа (валовой анализ, кислотные вытяжки, водные вытяжки и пр.), русский почвовед изучил с химической стороны многие из своих почвенных типов и разностей и выяснил химический характер каждого из почвенных типов в отдельности (подзола, чернозема, солонца, солончака и пр.), но это его удовлетворить не могло. Указанные химические исследования не в состоянии были, конечно, ответить на вопрос, из каких минералов слагается почва и какие соединения являются характерными для почв вообще и для каждого из почвенных типов в отдельности. Базируясь на основных положениях Докучаева, он должен был сознавать, что если почва есть своеобразное природное тело, то и реакции, протекающие в почве, должны быть своеобразны и должны давать такие соединения, которые типичны только для почв, только для коры выветривания и не типичны для более глубских поясов земной коры.

Реакции, протекающие в органической составной части почвы, в их конечных результатах, сделались ясными для почвоведа, благодаря работам микробиологов, из коих первое место, по справедливости, должно быть отведено русскому ученому С. Н. Виноградскому. Последнему мы обязаны разъяснением вопросов нитрификации, фиксации азота, окисления серы (серо-бактерии) и соединений железа (железобактерии). Его ученик В. Л. Омелянский дал определенные картины распада клетчатки. Благодаря этим работам и ряду других, для почвоведа стало ясно, что конечный распад органического вещества[1]) при помощи микроорганизмов приводит к минерализации последнего, т.-е. к образованию простых солей (угольной, серной, азотной, хлористо-водородной, фосфорной), и эти соли почвовед непосредственно усматривал на поверхности и в разрезах степных и пустынно-степных почв[2]). Таким образом, он мог сделать вывод, что получение простых солей есть одна из типичных особенностей почвообразования, но ему было ясно в то же время, что солеобразованием дело не ограничивается, что в процессе почвообразования должны получаться и другие соединения, не свойственные глубинным горизонтам земной коры.

Западно-европейский почвовед еще с 50-х годов XIX столетия подсказывал своему русскому коллеге, что типичными минералами почвообразования являются цеолиты или цеолитообразные соединения, и эта точка зрения довольно долго поддерживалась и русскими почвоведами, а некоторыми поддерживается и до последнего времени. Однако, изучая те работы западно-европейских исследователей, которые говорили о почвенных цеолитах, нетрудно видеть, что никаких прямых доказательств о существовании в почве цеолитообразных соединений они не дают. Да и трудно было бы ожидать образования цеолитов и им подобных веществ в той среде, где

---

[1]) Условиям разложения органического вещества и вопросу о зависимости энергии распада от внешних (температура, влага) и внутренних условий (химизм среды) посвящены следующие работы: Kostytscheff P. Annales de la Science agronomique francaise et ètrangère. 1887, т. II, fasc. 2; Тр. Спб. Общ. Естеств., т. XX; Почвы черноземной области России, ч. 1, 1886; Коссович и Третьяков. Журн. Оп. Агрон., 1902, кн. III; Кравков, С. Материалы к изучению процессов разложения растительных остатков в почве. СПБ. 1908; Кравков, С. Исследования в области изучения роли мертвого растительного покрова в почвообразовании. СПБ. 1911. Тюлин, А. Труды Научн. Инст. по удобр., вып. 33. Москва. 1926.

[2]) Вопросу о круговороте хлора и серы посвящена большая работа П. С. Коссовича: Сообщения из Бюро по землед. и почвов. Учен. Комит. Г. У. Зем. и Землед. Сообщение XII, СПБ. 1913.

гораздо более устойчивые силикаты и алюмосиликаты, выветриваясь, теряют свои основания. В настоящее время мы могли бы в отрицании почвенных цеолитов опереться на работы Вейншенка, Пеликана, Гибша и др., которые рассматривают цеолиты, как минералы поствулканических процессов. Но, говорят защитники цеолитной теории, в почвах образуются не кристаллические цеолиты, а аморфные или, как теперь говорят, коллоидные цеолиты. Коллоиды в почвах играют действительно большую роль[1]), но количество коллоидально растворимых веществ, как показал К. К. Гедройц[2]), совершенно ничтожно, да и то значительная часть этих коллоидов принадлежит органическим веществам почвы. Можно говорить, пожалуй, о „поглотительных соединениях" в смысле фан-Баммелена[3]), образующихся при взаимодействии между тончайшими суспензиями почвы и почвенными растворами, но такие соединения не следовало бы называть цеолитами. Принимая существование подобных легко подвижных и постоянно меняющих свой состав комплексов в почвах, мы, однако, не исчерпываем еще всех характерных групп веществ, отличающих почву от горных пород, не относящихся к зоне выветривания.

Изучение явлений выветривания давно уже давало возможность утверждать, что сложные силикаты и алюмосиликаты материнских пород, выветриваясь, довольно легко освобождают железо и марганец, которые выделяются в продуктах выветривания в форме разнообразных гидратов. При некоторых, пока еще недостаточно выясненных условиях, происходит и освобождение глинозема, который в этом случае также выделяется в форме гидрата (в почвах тропических широт). Таким образом, намечается еще одна группа соединений, характерных для коры выветривания—гидраты окислов железа, глинозема и марганца, что и понятно, так как кислород воздуха и вода являются наиболее заметными факторами выветривания.

Точно также давно было известно, что типичным продуктом выветривания большинства алюмосиликатов является глина—каолин[4]), анауксит, галлуазит и пр., но далеко не все ясно представляли себе тот путь, который проходит выветривающийся алюмосиликат до получения из него каолина или какой-нибудь другой комплексной кремнеглиноземной кислоты. Большинство полагало, что полевой шпат, например, при выветривании сразу распадается на каолин и кремнекислую щелочь.

Русскому исследователю[5]) удалось показать на ряде примеров из группы полевых шпатов, слюд, авгитов и цеолитов, что процесс протекает существенно иначе, что любой алюмосиликат, являющийся средней солью кремнеглиноземной кислоты, раньше, чем перейти в свободную кислоту (глину), проходит целый ряд промежуточных стадий, в виде кислых солей, что, таким образом, одной из типичных реакций

---

1) См. напр., Гедройц, К. Действие электролитов на илистые суспензии. Из. Бюро по Земледелию и Почвов. Учен. Комит. Главн. Управл. Землеустр. и Земледелия. Сообщение XXIV. 1915.

2) Гедройц, К. Коллоидальная химия в вопросах почвоведения. Ibidem. Сообщение VII. Журн. Оп. Агрон. 1912, стр. 363.

3) Van Bemmelen. „Landwirthschaftliche Versuchstationen" Bd. XXXV. 1888, Zeitschr. für anorgan. Chemie, Bd XXII, p. 339; Bd. XXIII, p. 321 ff.

4) Сводку о каолине, см. у Гинсбурга. Каолин и его генезис. Изв. СПБ. Политехнич. Института, т. XVII, 1912, отд. технол., естествозн. и матем.

5) Глинка, К. Исследования в области процессов выветривания.—Тр. СПБ. Общ. Естеств., т. XXXIV, вып. 5.

почвообразования является гидролиз, а типичной группой соединений коры выветривания представляется группа кислых солей, непрерывно меняющих свой состав соединений, которые позже академиком А. Е. Ферсманом[1]) были названы мутабильными. Простые силикаты (соли кремневых кислот) также дают предварительно ряд кислых солей и только путем очень медленных и постепенных изменений оставляют, в качестве конечного продукта, кремневую кислоту, которая, при условиях земной поверхности, выделяется в конечном итоге в форме кварца. Тот же кварц выделяется и при выветривании сложных алюмосиликатов, содержащих в боковой цепи ортосиликат. Таков, например, биотит, состав которого может быть представлен формулой:

$$(K,H)_2(Al,Fe)_2Si_2O_8.(Mg,Fe)_2SiO_4.$$

Алюмосиликатное ядро этого сложного по составу минерала дает, в качестве конечного продукта, каолин, а ортосиликатное—кварц. Отсюда следует, что вторичный кварц также может быть одним из минералов выветривания. Аналогично с силикатами выветриваются, повидимому, и титанаты, давая, в качестве конечного продукта, титановую кислоту в виде рутила. Иголки последнего неоднократно наблюдались в пластинках каолина, явившихся результатом выветривания титан—содержащих биотитов.

Мутабильные соединения получаются не только при выветривании силикатов и алюмосиликатов, но и при разложении некоторых сложных солей, каковы, например, железистые фосфаты. Так, С. П. Попов[2]), изучая продукты выветривания керченского паравивианита $[(Fe,Mn,Ca,Mg)_3(PO_4)_2.8H_2O]$, выделил среди них следующие стадии постепенного окисления:

$RO.Fe_2O_3.P_2O_5.7H_2O$—$\alpha$ керченит

$5RO.2Fe_2O_3.3P_2O_5.23H_2O$—$\beta$ керченит

$RO.4Fe_2O_3.3P_2O_5.21H_2O$—оксикерченит

$3Fe_2O_3.P_2O_5.17H_2O$—бераунит.

Из этого примера ясно, что не только продукты гидратации (вхождение в состав выветривающихся минералов водорода), но и продукты окисления (вхождение кислорода) дают ряды мутабильных соединений.

Если прибавить к сказанному, что коллоидные комплексы почвы, о которых речь была выше, представляются в еще большей степени мутабильными и что к таковым же следует причислить и органические вещества почвы, то можно будет сделать заключение, что мутабильные соединения господствуют в почве.

Наряду с ними она содержит и такие конечные продукты распада, которые не способны к дальнейшим изменениям при условиях земной поверхности, как кварц, рутил и, может быть, некоторые другие соединения.

В связи с положением о своеобразности почвы среди тел природы у академика В. И. Вернадского[3]) возникла мысль о

---

[1]) Ферсман, А. Соединения переменного состава в земной коре.—Сборн. в честь 25-летия научной деятельности В. И. Вернадского. Москва, 1914.

[2]) Попов, С. Тр. Геолог. Музея имени Петра Великого. Акад. Наук, т. IV, 1910, вып. 7.

[3]) Вернадский, В. „Почвоведение", 1910, № 3. 1913, № 2—3.
Бюллетени III Всероссийского съезда почвоведов в Москве 25 окт.—5 нояб. 1921 г., № 3—4.

необходимости ожидать в почвах накопления таких элементов, которые мало типичны для гориых пород и должны характеризовать кору выветривания. К числу таких элементов Вернадский относит P, Ti, C, N, Mn, V, F, U, Th, элементы иттроцеровой группы. а также Zr и Li. В дальнейшем исследователь дал более или менее полную сводку материалов в области данного вопроса.

Возвращаясь к вопросу о связи между климатом и почвой, необходимо отметить. что влияние влаги на почву проявляется более отчетливо и наглядно. чем влияние температуры. Вода в почве, как правильно было отмечено Г. Н. Высоцким[1]), то же, что кровь в живых организмах, а потому понятно. что русские почвоведы всегда интересовались вопросами о водных свойствах почвы. Этим вопросам посвящен целый ряд работ, среди которых отметим исследования А. А. Измаильского[2]). проф. Головкинского[3]), Г. Близнина[4]). Сперанского и Крашенинникова[5]), очень интересные работы А. Ф. Лебедева[6]), Г. Ф. Морозова[7]), Г. Н. Высоцкого[8]), Е. И. Оппокова[9]). Г. Любославского[10]), Ф. И. Зибольда[11]), П. С. Коссовича[12]), П. В. Отоцкого[13]), Н. А. Качинского[14]).

Как известно, западно-европейскими исследователями установлены были две точки зрения в вопросе о происхождении почвенной и грунтовой воды: одна из них считала грунтовую воду связанной с атмосферными осадками, другая признавала ее продуктом конденсации в почве водяных паров. Последняя теория вызвала в Зап. Европе ряд весьма существенных возражений и в конце-концов оказалась совсем похороненной. Ее воскресили русские исследователи, правда, не в той исключительной форме, в какой она принималась Фольгером и его последователями, но зато они подвели под эту теорию гораздо более прочный базис (Отоцкий, Лебедев). Г. Ф. Морозов и, особенно, Г. Н. Высоцкий посвятили свои работы вопросам о соотношении между влажностью почвы и характером заселяющей ее растительности,

---

[1]) Высоцкий, Г. „Почвоведение", 1906, № 1—4.

[2]) Измаильский, А. Влажность почвы и грунтовая вода. Полтава, 1894.

[3]) Головкинский, Н. Наблюдения над осадками в почве. Симферополь, 1896; Зап. Симфероп. Отд. Росс. Общ. Садоводства, 1905, июнь—июль. Вып. LIII.

[4]) Близнин, Г. Тр. Вольн. Экон. Общ. 1890, № 3; Метеорологич. Вестн., 1892, № 7; Труды Метеорolог. Сети юго-зап. России. Одесса, 1896.

[5]) Сперанский и Крашенинников. Журн. Оп. Агрон., 1907, кн. 3.

[6]) Лебедев, А. Роль парообразной воды в режиме почвенных и грунтовых вод. Тр. по С.-Хоз. Метеорол., вып. XII, 1913. Передвижение воды в почвах и грунтах. Ростов н/Д, 1919.

[7]) Морозов, Г. „Почвоведение", 1899, № 3; 1900, № 2; 1901, №№ 1 и 3; Тр. Оп. Леснич. 1900 и 1901.

[8]) Высоцкий, Г. „Почвоведение", 1899, № 3; 1901, 1902, 1904 гг.; Труды III съезда деятелей по опытному делу, 1905; О взаимных соотношениях между лесной растительностью и влагой, ч I, 1904; Тр. Опыт. Леснич.—Мариульское леснич., 1901.

[9]) Оппоков, Е. „Почвоведение", 1900, № 4; 1901, стр. 325—348; 1905, стр. 119—141; Лес и воды. Сельско-Хозяйств. Энциклопедия Девриена, т. V.

[10]) Любославский, Г. Изв. Леси. Инст., вып. XIX. 1909.

[11]) Зибольд, Ф. „Почвоведение", 1904, № 4.

[12]) Коссович, П. Журн. Опытн. Агрон., 1904, кн. 5.

[13]) Отоцкий, П. Гидрологический Вестник, 1915, № 1; „Почвоведение", 1915, № 3; 1916, № 3—4. I. Грунтовые воды, их происхождение, жизнь и распределение. II. Грунтовые воды и леса преимущественно на равнинах средних широт. Тр. Опытн. Леснич., 1905.

[14]) Качинский, Н. О влажности почвы и методах ее изучения. Изд. 2. Москва, 1924.

при чем этими работами впервые было точно установлено отрицательное влияние лесных насаждений на влажность глубоких горизонтов почвы.

Многочисленные исследования над влиянием леса на глубину залегания уровня грунтовых вод были произведены П. В. Отоцким, частью путем экскурсионных наблюдений в различных областях нашей страны, частью путем организации постоянных наблюдений за колебанием уровня грунтовых вод в лесу и на безлесных площадях. Исследования эти привели автора к заключению, что в лесах равнин уровень грунтовой воды всегда лежит ниже, чем на соседних безлесных участках, имеющих то же геологическое строение. Эти результаты, встреченные вначале недозерчиво, получили, однако, с течением времени общее признание в Зап. Европе; лесные станции в Германии, Австрии и Швейцарии выработали проект программы для изучения влияния леса на режим грунтовых вод, а во Франции проф. Генри[1]) были произведены наблюдения, подтвердившие выводы Отоцкого. Позже эти выводы были подтверждены Пирсоном[2]) для окрестностей Godra в Индии (Distrikt Panch Mahals), и таким образом установленное Отоцким для лесов равнинных мест умеренного пояса положение удалось распространить и на тропические широты.

Вода, соприкасаясь с почвой, отнимает от нее некоторые элементы как органического, так и минерального характера и растворяет находящиеся в ней соли. Таким путем возникают почвенные растворы. Изучением почвенных растворов занимались и западно-европейские, и американские ученые, но только у русских исследователей этого вопроса возникла мысль о том, что эти растворы не могут быть одинаковы у почв различных климатических зон, а отсюда возникла попытка выяснить, чем отличаются почвенные растворы подзола от таковых же чернозема, каштановых суглинков. солонца и т. д. и нельзя ли использовать данные о почвенных растворах для характеристики отдельных типов почвообразования[3]).

Когда в Зап. Европе начала развиваться коллоидная химия и возникли попытки ввести учение о коллоидах в почвоведение, русские исследователи приняли участие в разработке и этих вопросов, и здесь они заняли ту позицию, которую должны были занять последователи идей Докучаева. В целом ряде работ К. К. Гедройца[4]), посвященных почвенным коллоидам, мы встречаемся с попытками объяснить, исходя из свойств коллоидов, генезис и некоторые химические свойства почвенных типов, каковы подзолы, латериты и особенно солонцы.

Необходимо, наконец, отметить, что и на построении почвенных классификаций у русских почвоведов отразились те же основные идеи, которые руководили их работой в различных областях почвоведения. В противоположность большинству западно-европейских

---

[1]) Henry (Анри). Леса равнин и грунтовые воды. „Почвоведение" 1903, № 1.

[2]) Pearson, R. S. The Indian Forester, 1907, 57.

[3]) Гедройц, К. К вопросу об изменяемости концентрации почвенного раствора и содержания в почве легко растворимых соединений в зависимости от внешних условий. Журн. Оп. Агр., т. VII, кн. 5, 1906.

Захаров, С. Журн. Оп. Агрон., 1906, 1909, кн. 1.

[4]) Гедройц, К. Журн. Оп. Агрон. 1908, кн. 2. Его же. Журн. Оп. Агрон., 1812, стр. 362.—Журн. Оп. Агрон., 1914, стр. 191.—Из Бюро по Землед. и Почвов. Учен. Ком. Главн. Упр. Земл. и Землед. Сообщение XXIV, 1915.—Журн. Оп. Агрон.; Журн. Оп. Агрон., 1918. Учение о поглотительной способности. Петроград. 1922; Носовская с.-х. опыт. ст., отд. агрохимический, вып. 38. Ленинград, 1926; см. также Глинка, К. Дисперсные системы в почве.—Ленинград, 1924.

почвоведов, русские исследователи единицами классификации считали почвенные типы, а не почвенные массы, понимая под типом всю совокупность как внешних, так и внутренних признаков той или иной почвы. Так как эти призиаки являются, как ясно из всего предыдущего, результатом определенных сочетаний внешних условий, от которых зависело развитие того или другого типа, то понятно, что каждый почвенный тип в представлении русского почвоведа оказывался не только естественно-историческим телом с рядом одному ему свойственных признаков, но и физико-географическим объектом, занимающим определенное положение в пространстве. Таким образом, говоря, например, о черноземе, русский исследователь видел перед собой не только природное тело с определенными свойствами, но и его географическое положение и окружающую его обстановку (климат, растительность, животный мир). Поэтому все русские почвенные классификации [1]) являются не только генетическими, как их обычно называли, но и географическими.

Из приведенного краткого обзора достаточно ясно, какую роль в истории русского почвоведения сыграли основные идеи Докучаева. Но наш обзор был бы не закончен, если бы мы не затронули несколько подробнее чисто географических вопросов русского почвоведения и не подчеркнули бы того влияния, какое оказало почвоведение в соседних областях естествознания в нашей стране.

Выше кратко было указано, что учение о почвенных зонах впервые было разработано Сибирцевым. Многие почвы, писал этот исследователь, „представляют, в общем, зональное или полосчатое распределение на поверхности материков, отвечающее физико-географическим территориальным зонам этих последних. В схеме наиболее экваториальное положение занимают латеритные почвы, соответствующие прерывистой, изрезанной морями полосе материковых тропических областей. За ними к северу, а отчасти и к югу, в области континентальных плоскогорий и замкнутых или полузамкнутых равнин, располагаются лессовые и пустынно-степные почвы, затем следуют, по открытым травяным равнинам, почвы черноземной группы, преемственно сменяющиеся лесными подзолистыми и, наконец, тундровыми".

„Наиболее типичными материками являются в этом отношении материки европейско-азиатский и, отчасти, северо-американский. Само собой разумеется, что полосчатость или зональность почв должна быть понимаема только, как общая грубая схема. В действительности ни один почвенный тип не облекает материковой поверхности в виде сплошного пояса: все они залегают прерывистыми лентами, то расплываясь на огромную ширину, то суживаясь, то перемешиваясь между собой в пограничных областях, то, наконец, забрасываясь островками довольно далеко от главных зон. Полнота и строгая последовательность почвенных типов нарушается вмешательством различных местных оро-гидрографических и геологических особенностей, препятствующих развитию известных почв или отодвигающих их в сторону".

---

[1]) Докучаев, В. Труды СПБ. Общ. Естеств., т. X.
Его же. Матер. к оценке зем. Нижегор. губ. Вып. I, 1886.
Его же. К вопросу о переоценке земель Европ. и Азиат. России с классификацией почв. Москва, 1898.
Сибирцев. Зап. Ново-Александр. Института, т. II, 1898.
Его же. Почвоведение. Лекции, 2-е изд., 1909.
Глинка, К. Почвоведение, 2-е изд., Петроград, 1915.
Его же. Лекции по почвоведению, читанные на третьих дополнительных курсах для лесничих.
Коссовнч, П. Журн. Оп. Агрон., 1910, кн. 5.

В дальнейшем, при изучении почвенных зон европейской и азиатской частей нашей страны, оказалось, что наши почвенные зоны на значительных протяжениях могут быть разбиты на подзоны, вытянутые в том же направлении, как и зоны [1]), а наряду с этим выяснилась необходимость установить, кроме почвенных зон, и почвенные провинции. Примером такой провинции может служить область развития предкавказского и приазовского чернозема, представляющая как бы особый остров, в своей восточной части совершенно отрезанный от европейско-азиатской зоны чернозема, с почвами, достаточно своеобразными по своей морфологии [2]).

Попутно с изучением почвенных зон удалось установить некоторые закономерности в размещении по элементам рельефа почв соседних зон, наблюдаемые при переходе одной зоны в другую [3]).

Русский почвовед не ограничился, однако, установлением зон, подзон и провинций. Считаясь с меняющимися условиями рельефа в пределах каждой зоны, он должен был внимательно отнестись и к топографии почв внутри зон, при чем оказалось, что заметные изменения в характере почвы вызывают не только сравнительно крупные, заметные глазу колебания рельефа (макрорельеф), но и мелкие, почти не подмечаемые глазом, изменения рельефных черт (микрорельеф).

Впервые связь между микрорельефом и почвенным покровом наглядно выступила при изучении пустынно-степных пространств, где и возникло прежде всего представление о почвенных комплексах [4]), т. е. о закономерном сочетании элементов необычайно пестрого почвенного покрова с элементами микрорельефа [5]). Позднее, при изучении почв Сибири, организованном по инициативе бывш. Переселенческого Управления, удалось показать, что отдельные почвенные зоны и подзоны характеризуются своеобразными комплексами, что дает возможность по отдельным элементам почвенного покрова устанавливать принадлежность той или другой территории к определенной почвенной зоне [6]).

---

[1]) Тумин, Г. Обзор общего характера морфологии почв и ее изменение по зонам. Журн Оп. Агр., т. XIII, кн. 3.

Глинка, К. Панков, А. и Маляревский, И. Почвы Воронежской губ.—предв. отч., СПБ, 1913.

Драницын. „Почвоведение", 1913, № 3.

Шульга, Труды почв.-ботан. экспед. Почв. исследов. 1909 г., вып. 7. СПБ. 1913 под ред. К. Д. Глинки; см. в тех же изданиях работы Хаинского.

Емельянов. Предв. отч. об организ. и исполн. работ по исслед. почв Азиат. России в 1914 г.

[2]) Прасолов, А. О черноземе приазовских степей. „Почвоведение", 1916, № 1; Витынь, Я. Почвы района табачных плантаций в Кубанской обл. и на черноморском побер. Кавказа. СПБ. 1914; Яковлев, С. Почвы и грунты по линии Армавир-Туапсин. жел. дор. Сообщ. XVI из Бюро по земл. и почвов. СПБ. 1914; Имшенецкий. „Русский почвовед". № 1—4, 1916 г.

[3]) Тумин, Г. Зоны грунтов и почв и смена их по рельефам. „Сельско-Хоз. и Лесов". 1918.

[4]) Богдан. Отч. Валуйской с.-хоз. оп. станц. Новоузен. уезда Самарской губ., год I—II. СПБ. 1900; Неуструев, С. и Бессонов, А. „Почвоведение", 1902, № 3; Димо и Келлер. В области полупустыни. Саратов. 1917. Много данных в Труд. почв.-ботан. экспедиций.—Почв. исследования под ред. К. Д. Глинки (работы Тумина, Абутькова, Стасевича, Хаинского и др.)

[5]) О почвенных комплексах других зон см. Захаров, С. К вопросу о значении макро-и микрорельефа в подзолистой области. „Почвоведение", 1910, № 4; 1911, № 1; Тумин, Г. Комплексность мощного чернозема. „Почвоведение", 1914, № 1—2.

[6]) Хаинский, А. Почвы южной части Семипалатинского у.—Тр. почв.-ботан экспед.—Почв. исслед. 1919 г., вып. 1. Петроград, 1916.

Емельянов, Н. Предвар. отч. об организ. и исполн. раб. по исследован. почв Азиатск. России в 1914 г.

Параллельно с изучением горизонтальных почвенных зон развивалось и учение о вертикальных зонах, т. е. о тех закономерных изменениях почвенного покрова, которые наблюдаются при постепенном поднятии с равнин на вершины горных хребтов. Уже при исследованиях А. Н. Краснова[1]), произведенных в горах Тянь-Шаня, были отмечены явления вертикальной зональности местных почв. В 1898 г. Докучаев отметил [2]), что существование в природе вертикальных почвенных зон для него было „настолько верным, что (он) уже много лет назад, имея в руках всего один-два факта, не затруднился высказать мысль о зонально-вертикальном распределении почв вокруг всего древнего арало-каспийского бассейна...“ Фактическое изучение вертикальных зон на Кавказе было начато Докучаевым, а более детальное их исследование произведено С. А. Захаровым[3]). Почвенные экспедиции б. Переселенческого Управления более или менее обстоятельно изучили явления вертикальной зональности на Алтае, в горных системах Туркестана и Восточной Сибири, особенно Забайкалье[4]), и выяснили те закономерные изменения, которые испытывают горизонтальные почвенные зоны Казакстана, приближаясь к Алтайской горной стране.

Изучая географию почв, русский почвовед всегда ясно представлял себе, как тесно спаяны явления почвенной географии с явлениями ботанической географии и даже с явлениями зоогеографии и предугадывал тот величавый синтез естествознания, который в последнее время начинает выливаться в учение о географических ландшафтах.

Еще в 1898 г. Докучаев[5]) писал, что „лучшую и высшую прелесть естествознания“, „ядро истинной натурфилософии“ составляет та „генетическая, вековечная и всегда закономерная связь, какая существует между растительным, животным и минеральным царствами, с одной стороны, человеком, его бытом и даже духовным миром—с другой“.

Такие связи, правда, отмечались еще в 1804 г. Александром фон Гумбольдтом[6]), но последний совершенно исключал из цепи закономерно-связанных объектов и явлений минеральную оболочку земного шара, его эпидерму, которая, как он полагал, не обладает свойством, подобно живым организмам, закономерно размещаться в пространстве.

„Нам кажется“, писал Докучаев в цитированной выше работе, что—„ядром учения о соотношениях между живой и мертвой природой, между человеком и остальным как органическим, так и минеральным миром, должно быть поставлено и признано современное почвоведение, понимаемое в нашем русском смысле этого

---

[1]) Краснов, А. Тр. СПБ. Общ. Естеств., т. XVIII, 1887, стр. 52—55; Тр. Русск. Геогр. Общ. 1888. т. XIX.

[2]) Докучаев, В. К учению о зонах природы. Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны. СПБ. 1899; перепечатано из газеты „Кавказ“ (№№ 253 и 256) 1898 г. с самыми незначительными добавлениями.

[3]) Захаров, С. О почвенных областях и зонах Кавказа. Сборник в честь 70-летия Д. Н. Анучина. Москва, 1913.

Его-же. К характеристике почв горных стран. Ч. I. Изв. Конст. Межев. Институт. в. IV, 1913.

Его-же. К характеристике высокогорных почв Кавказа. Ibid., вып. V, 1914.

[4]) Работы С. С. Неуструева, Л. И. Прасолова, А. И. Бессонова, Г. М. Тумина, Р. И. Аболина и др.

[5]) Докучаев, I. c.

[6]) Humboldt, A. von. Ansichten der Natur, 1804.

слова". „И действительно, трудами наших ученых доказано, что почвы и грунты есть зеркало, яркое и вполне правдивое отражение, так сказать, непосредственный результат совокупного, весьма тесного, векового взаимодействия между воздухом, землей (первоначальные, еще неизмененные процессами почвообразования, материнские породы, иначе подпочвы), с одной стороны, растительными и животными организмами и возрастом страны,—с другой, этими отвечными и поныне действующими почвообразователями".

Отмечая затем отдельные почвенные зоны, Докучаев дает для каждой зоны краткую характеристику не только ее почв, но и климата, растительности, животного мира и бытовых особенностей человека. То же он повторяет в более широком масштабе в виде классификационной таблицы, приложенной к другой работе [1]).

Эти идеи Докучаева не могли не оказать самого сильного влияния на русские работы в соприкасающихся областях естествознания: ботанической географии, фитосоциологии, лесоводства, частью зоогеографии и географии вообще. И действительно, в работах Г. И. Танфильева, А. Н. Краснова, А. Я. Гордягина, П. Н. Крылова, Б. А. Келлера, В. Н. Сукачева и его учеников, Г. Н. Высоцкого, Г. Ф. Морозова, В. А. Дубянского и целого ряда других русских ботаников и лесоводов мы можем проследить влияние этих идей. Современный русский фитосоциолог все больше и больше присматривается к географии и топографии почв и все чаще устанавливает связи между почвенным и растительным покровами.

„Богатый, собранный лесоводами, материал, которому нет равного по отношению других типов растительности, дал возможность создать Г. Ф. Морозову [2]) совершенно самостоятельно открытое учение о лесе, как „социальном организме". С этого момента идея фитосоциологии стала на твердую почву, и есть полное основание думать, что ее развитие в дальнейшем вполне обеспечено" [3]). Если же мы ознакомимся с работами Г. Ф. Морозова и его учеников, то увидим, какое важное значение отводится в этих работах вопросам почвоведения и как тесно спаивается здесь учение о почвах с учением о лесе. „В моей жизни", говорит сам Морозов [4]), это учение (Докучаева) сыграло решающую роль и внесло в мою деятельность такую радость, такой свет и дало такое нравственное удовлетворение, что я и не представляю себе свою жизнь без основ докучаевской школы в воззрениях ее на природу. Природа сомкнулась для меня в единое целое, которое познать можно, только стоя на исследовании тех фактов, взаимодействие которых и дает этот великий синтез окружающей нас природы. Правда, дело касается преимущественно почвы, но мне кажется, что и нет в природе никакого другого тела или явления, которое бы в данное время так конкретно показывало значение географического синтеза".

В меньшей мере русское почвоведение оказало влияние на зоогеографические работы, но и здесь мы должны отметить ряд

---

[1]) Докучаев, В. К вопросу о переоценке земель Европейской и Азиатской России с классификацией почв.—Сельско-хозяйственный журнал Москов. Общ. Сельск. Хоз. Москва, 1898.

[2]) Морозов, Г. Учение о лесе. I. Введение, СПБ. 1912.

[3]) Сукачев, В. Страница для будущей истории фитосоциологии. Лесной журнал, 1915 г.

[4]) Морозов, Г. Письмо по поводу избрания в почетные члены Почвенного Комитета при Моск. Общ. Сельск. Хоз. „Русский почвовед", 1916, № 1—4, стран. 1.

исследований, которые стоят в тесной связи с изучением почвы. Такова работа А. А. Силантьева [1]), посвященная изучению жизни степных грызунов, а также и других животных степного района, работы А. Я. Гордягина [2]), Т. П. Гордеева и Н. А. Димо [3]), В. А. Бальц [4]) о муравьях, исследования Г. Н. Высоцкого [5]) о дождевых червях и насекомых черноземной почвы, работа Н. А. Димо [6]) о термитах Туркестана. Во всех этих исследованиях намечается определенная связь между жизнедеятельностью животных и морфологией почвы, ее рельефом [7]) и даже химическими свойствами, а иногда привлекается к участию и растительный мир (распределение корневой системы растений по ходам почвенных животных).

В последнее время, как известно, география начинает признавать объектом своего изучения ландшафты, т. е. закономерные комбинации различных явлений природы [8]). У русского географа основой этих ландшафтов, несомненно, будет почва.

По словам Л. С. Берга [9]), „конечную цель" географии „составляет изучение и описание ландшафтов как природных, так и культурных". „Природными ландшафтами мы называем такие, в создании которых человек не принимал участия, в отличие от культурных, в которых человек и произведение его культуры играют важную роль". „Природный ландшафт есть область, в которой характер рельефа, климата, растительного и почвенного покрова сливается в единое целое, типически повторяющееся на протяжении известной зоны земли. Изучение причин, какие приводят к тому, что рельеф, климат, растительность и почвенный покров дают определенный, если можно так выразиться, ландшафтный организм, исследование взаимодействий, какие оказывают различные, слагающие природный ландшафт, факторы друг от друга—вот задача научной географии. Все вышесказанное приложимо и к культурным ландшафтам".

Тот же автор сделал в 1913 г. попытку дать карту ландшафтных зон России, положив в основу этой карты, между прочим, и данные почвенных экспедиций бывш. Переселенческого Управления в Сибири [10]).

„Для географа важность понимания почвенного покрова страны трудно переоценить. Почва самый чуткий показатель малейших модификаций рельефа, степени увлажнения, прогревания и т. п.", пишет

---

[1]) Земятченский, П., Силантьев, А. и Траншель, В. Пады, имение В. Л. Нарышкина, под ред. В. В. Докучаева. СПБ. 1894.

[2]) Гордягин, А. Проток. Казан. Общ. Естеств., 1891—92, № 128.

[3]) Димо, Н. и Гордеев, Т. Труды Саратовск. Общ. Естеств., т. IV, вып. 2.

[4]) Бальц, Вера. Несколько наблюдений над муравьями в Амурской области. „Русское Энтомолог. Обозрение", XV, 1915, № 3.

[5]) Высоцкий, Г. „Почвоведение", 1899. № 2; Труды Эксп. Лесн. Д-та, 1898, Природа и культура растений на Великоанадольском участке.

[6]) Димо, Н. Роль и значение термитов в жизни почв и грунтов Туркестана. „Русский почвовед". 1916, № 7—10.

[7]) См. Вернадский, В. Труды Почвен. Комиссии при I Отдел. Вольн. Эконом. Общ., вып. 1, доклады, стр. 28—29.

[8]) Hettner, A. Das Wesen und die Methoden der Geographie.—Geogr. Zeitschr. XI, 1905.

Ярилов, А. Педология, как самостоятельная научная дисциплина о земле, т. II., Юрьев, 1905.

[9]) Берг, Л. Предмет и задачи географии.—Доложено в заседании постоянной Биогеографической Комиссии Р. Г. О. 11 октября 1913 года.—Изд. Р. Г. О., т. LI, Вып. IX. Петроград 1915.

[10]) Берг, Л. Опыт разделения Сибири и Туркестана на ландшафтные и морфологические области. Сборник в честь 70-летия Д. Н. Анучина. Москва, 1913.

другой русский географ [1]), „она в первую очередь определяет состав и границы растительного покрова местности, является одной из определяющих причин направления и размаха деятельности человека (на очень многих стадиях культуры)".

В 1914 г. Р. И. Аболин [2]), вместо „ландшафта", предложил другой термин—„эпигенема", который, после замечания И. К. Пачосского был переделан в „эпигему". В предисловии к своей новой работе [3]), Аболин, между прочим, пишет: „...Мы видим, как сложно в природе переплетаются и как тесно связаны между собой все процессы химического и механического выветривания, явления денудации, явления жизни и распределения растительности и процессы почвообразовательные. Связь между ними настолько тесная и непосредственная, что часто представляется затруднительным говорить о них отдельно. Скорее все эти явления приходится рассматривать, как один чрезвычайно сложный, многообразный и разносторонний эктодинамоморфный процесс, являющийся выражением сложной жизни и постепенных изменений земной поверхности под влиянием внешних, эктогенных сил. Совокупность этих процессов протекает в поверхностных горизонтах земной коры и в непосредственно к этой коре прилегающих слоях атмосферы. Слои эти составляют живую, постоянно изменяющуюся поверхностную сферу или эписферу взаимно переплетающихся и взаимно обусловливаемых эктодинамоморфных процессов. Внешние выражения совокупности всех этих процессов—рельеф, грунт, растительность, почвы составляют современную эктодинамоморфную поверхность суши или эпигену, в многообразных своих изменениях простирающуюся от экватора до полюсов".

В приведенной заметке, в сущности, заключается та же идея, которая была выражена Докучаевым еще в 1898 году в статье: „К учению о зонах природы". К тому, что писал в этой статье Докучаев о „ядре истинной натурфилософии" можно было бы теперь только прибавить, что это „ядро" и является настоящим объектом географии.

Едва ли можно сомневаться в том, что в будущем и русские микробиологи должны будут связать свою задачу с учением о почве, что и для них возникнет вопрос, если не о географии микроорганизмов, которые в большей степени космополитичны, чем какие бы то ни было другие живые организмы [4]), то о географии и топографии микробиологических процессов, их энергии, преобладании одних над другими, подавлении некоторых процессов в зависимости от условий среды. Некоторые факты в этом направлении уже имеются, но для сколько-нибудь широких обобщений в этой области материала еще очень и очень мало.

Русское почвоведение, наконец, всегда близко стояло к геологии и делало даже попытки помочь последней в реставрации физико-географических условий минувших геологических периодов. И на самом деле, если современные почвы соответствуют определенным климатическим условиям, то такое же положение было и во все геологические периоды, а потому изучение ископаемых и древних

---

[1]) Борзов, А. Почвоведение и география. „Русский почвовед", 1914, № 1.

[2]) Аболин, Р. Опыт эпигенологической классификации болот. „Болотоведение", 1914.

[3]) Аболин, Р. Лено-Вилийская равнина Якутской области (опыт эпигенологической монографии).—Труды почв.-ботанич. экспедиций по исследов. колонизац. районы Азиат. России.—Почв. исследования. 1912 г., вып. 2. Петроград, 1917 (не вышло в свет).

[4]) Омелянский, В. Основы микробиологии, 2-е изд. СПБ. 1913.

почв [1]) способно осветить обстановку тех геологических периодов, среди отложений которых почвы были найдены, и этим путем помочь воскрешению географических ландшафтов отдаленного прошлого. В этой области, думается, почвоведение еще способно дать очень много, и мы верим, что при помощи методов почвоведения еще оживут древние материковые образования, которые до сих пор изучались, в общем, значительно слабее, чем образования морей и океанов.

Есть и еще одна область, в которой предстоит большая работа будущих поколений русских почвоведов. До сих пор почвоведы изучали по большей части стационарное состояние почвы и поступали, повидимому, правильно, так как раньше всего необходимо было выяснить, какие типы и разности почв существуют на русской территории и как они размещаются в пространстве. Теперь в этом отношении русское почвоведение обладает огромным материалом. Обследованы громадные площади, и не только в европейской, но и в азиатской части СССР, составлены не только схематические почвенные карты всей русской территории, но имеется целый ряд довольно детальных почвенных карт больших площадей. Без преувеличения можно сказать, что СССР в этом отношении располагает таким материалом, равного которому не имеет ни одно из государств мира. Правда, эта работа далеко еще не закончена, еще много дела нашему исследователю и в этой области, но он уже чувствует, что одним изучением статики почв ему нельзя ограничиться, что необходимо будет войти и в область динамики, в область жизни почв [2]). Почва, как мы уже знаем, тесно связана с климатом, а явления климата периодичны. Следовательно, периодичны должны быть и явления жизни почв, и эту периодичность необходимо изучать, так как этим путем ближе удастся подойти к условиям генезиса почв и получить более полное представление о химико-биологических процессах в почвах.

В этой работе почвовед ближе всего подойдет к работе агронома, одной из задач которого является установление закономерных связей между свойствами почвы и жизнью культурного растения при соответственных воздействиях со стороны человека. Это воздействие будет вполне рационально только тогда, когда агроном ясно будет представлять себе, в каком направлении он, вмешиваясь в жизнь естественной почвы, видоизменяет эту жизнь. Осмыслить все процессы, протекающие в культурной почве, можно будет только тогда, когда будут известны до конца процессы естественной почвы. Обработка почвы и всякая ее мелиорация до известной степени аналогичны воспитанию или лечению. И в том и другом случаях необходимо считаться, прежде всего, с индивидуальностью субъекта, подвергающегося воздействию.

---

[1]) Глинка, К. Задачи исторического почвоведения. Зап. Ново-Алекс. Инст. 1899.
„ О древних процессах выветривания в Приамурье „Почвоведение", 1911, № 3.
„ Földtany közlöny, 1911, XLI, 13.
„ Каолиновые глины Воронежской губ. Воронеж. 1919.

[2]) В этой области следует отметить, прежде всего, работы А. Г. Дояренко и его школы, а затем В. В. Геммерлинга, С. П. Кравкова и Е. А. Домрачевой; исследования в этом направлении по отдельным вопросам ведутся С. И. Тюремновым (Краснодар), И. К. Негодновым (Туркестан), М. А. Винокуровым (Омск), А. И. Лебедянцевым (Шатиловская оп. ст.), В. П. Иллювиевым и сотрудн. (Энгельгардт. оп. станции), Кузьминым (Сарат. обл. оп. ст.) и др.

ЧАСТЬ I

# ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ

# ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ

Процесс образования почвы представляется чрезвычайно сложным химико-биологическим процессом, протекающим притом далеко не однородно в различных местах земной поверхности, в зависимости от различных комбинаций почвообразователей, каковы: климат, растительность, животные. микроорганизмы, рельеф местности и материнские породы.

Как бы, однако, ни был сложен этот процесс, в нем почти всегда существуют две стороны: разложение органических остатков, ведущее к образованию органической составной части почвы — почвенного гумуса—и распад (механический и химический) минеральных соединений материнских пород в связи с образованием новых минеральных комплексов (выветривание).

Выветривание, в большинстве случаев, совершается при содействии организмов, продуктов их жизнедеятельности и разложения, так как даже в исключительно бездождных поясах, каковыми являются пустыни, существует растительный мир и микроорганизмы, так или иначе влияющие на почвообразование. Тем не менее, штудируя параллельно вертикальные разрезы почв в различных климатических областях, мы заметим, что в одних случаях наиболее типичными элементами почвенного разреза будут его гумусовые горизонты, в других— горизонты безгумусовые (минеральные). В умеренных широтах, за исключением пустынных областей умеренных зон, особенно характерными являются гумусовые горизонты, в пустынях и тропических областях, где или мало материала для образования гумуса или растительные остатки быстро и энергично разлагаются, более обращают на себя внимание минеральные горизонты: корки и другие выделения солей, скопление окислов и их гидратов и пр.

Сообразно с двумя указанными сторонами интересующего нас процесса мы рассмотрим последовательно: разложение органических остатков (образование гумуса) и выветривание.

Отметим еще раз, что оба указанные процесса дают в то же время начало и новым соединениям, притом таким, которые и по своему составу, и по своим свойствам отличаются от соединений, характерных для горных пород вообще.

Таким образом, почвообразование не является исключительно процессом распада, но и процессом накопления.

ГЛАВА I

# Образование органической составной части почв

Среди органических составных частей почвы новейшие исследователи (Потонье)[1]) различают торф, перегной и гумус.

Торф представляет собой массу, состоящую из полуразложенных растительных остатков, которые могут быть представлены различными мхами, а также и цветковыми растениями, каковы: тростник, осоки, пушица и пр. Встречаются и смешанные торфы, состоящие одновременно из мхов и из травянистых растений. Можно различать сухой торф, образующийся на суше, и болотный торф, образующийся в воде. Среди болотных торфов различают: 1) сырой или неспелый торф, представляющий начальную фазу разложения, 2) полуспелый торф и 3) спелый или жирный торф.

Перегноем называют измельченную, превращающуюся постепенно в гумус, подстилку, которая лежит свободно на поверхности почвы. Такую подстилку мы находим в лесах, а также и в девственных степях.

Гумусом считают ту органическую составную часть почвы, которая совершенно утратила всякие следы органического строения и более или менее тесно перемешалась с минеральной составной частью почвы. Многие из западно-европейских авторов называют гумусовые почвы муллевыми землями, так как гумусовые вещества, пропитывающие такие почвы, носят в Западной Европе название мулля.

„Муллевыми землями", говорит Потонье, „называются такие земли, в которых органический материал большею частью истлел; в минеральной почве органического происхождения остается сравнительно мало гумуса, притом столь равномерно разложившегося и столь однородно распределенного в почве, что последняя приобретает однородную темно-желтую, светло-бурую до черной окраску".

Прежде, чем мы подойдем к вопросу о том, что такое почвенный гумус, из каких соединений он слагается и что должно быть положено в основу классификации гумусовых веществ, мы должны, прежде всего, ознакомиться с составом тех органических веществ, которые служат для образования гумуса, а затем и с процессом разложения этих веществ при содействии макро- и микроорганизмов.

## Состав растительных остатков, служащих для образования гумуса

Так как среди органических веществ, участвующих в образовании гумуса, наиболее видную роль играют органические вещества растительного происхождения, то мы на них, главным образом, и остановимся, тем более, что среди органических веществ животного происхо-

---

[1]) Потонье, Г. Сапропелиты. Перев. с немецкого К. П. Калицкого и Н. Ф. Погребова. Петроград, 1920. Изд. ВСНХ.

ждения, мы встретим те же группы соединений, как и в растительном веществе [1]).

Как известно, органические остатки содержат в себе значительное количество воды, и это количество тем больше, чем свежее органическое вещество. Опавшие листья деревьев и хвоя в свежем состоянии содержат еще 30—50% воды, при долгом лежании % воды уменьшается до 20—30, но даже совершенно сухие на вид (в воздушно-сухом состоянии) эти остатки заключают 15—20% воды.

Высушенная при 100° Ц. растительная масса состоит из органических веществ и зольных элементов, прочно с ними связанных. Органические соединения, в общем, могут быть разделены на безазотистые и азотистые. К безазотистым принадлежат: углеводы, каковы: глюкозы, клетчатка, лигнин, пектиновые вещества, полисахариды (крахмал, инулин, гликоген), фурфуроиды (пентозаны, пентозы); затем жиры, воск, смолы, дубильные вещества, различные кислоты и спирты, а к азотистым: белки, амиды, аминокислоты, алкалоиды.

Содержание азотистых веществ в растениях колеблется в довольно широких пределах (от 1 до 20% и более). Чем старше растения, тем они беднее азотистыми веществами. Свежие молодые листья древесных пород содержат, в среднем, в 4 раза больше этих веществ, чем старые, опадающие. Отсюда следует, что те органические остатки, которые поступают на образование гумуса, содержат относительно небольшое количество азотистых веществ. В различных древесных остатках (листья, хвоя, ветки) это количество определялось в 3—8%, для мхов оно колеблется между 5—9% (в среднем—7,37%), в луговых травах лучшего качества—между 10 и 18%. Элементарный состав растительного органического вещества выражается следующими средними цифрами:

| | |
|---|---|
| C | 45,0% |
| O | 42,0 |
| H | 6,5 |
| N | 1,5 |
| Золы | 5,0 |
| | 100,0 |

Эти средние числа, конечно, в различных частных случаях испытывают колебания, иногда и довольно значительные. Что касается зольных элементов, то о колебании их количеств дают представление следующие цифры:

| | Среднее |
|---|---|
| Буковая подстилка . . . . . | 5,57% |
| Еловая „ . . . . . | 4,52 |
| Сосновая „ . . . . . | 1,46 |
| Дубовая „ . . . . . | 4,39 |
| Вереск (Calluna vulgaris) . . . | 2,08 |
| Виды Juncus . . . . . | 5,59 |
| Кислые травы (осоки) . . . . | 7,11 |
| Луговые травы . . . . . | 7,01 |

Из приведенных данных видно, что травянистые растения богаче золой, чем древесные породы. Вероятно, это обстоятельство стоит в связи с тем, что живые клетки богаче золой, чем механические элементы, а последними деревья богаче трав.

Количество золы не одинаково и в различных частях одного и того же растения: обыкновенно листья богаче золой, чем стебли и корни.

[1]) Прянишников. Журн. Оп. Агр., 1912, 673.

Далее, количество золы изменяется с возрастом, при чем листья, увеличиваясь в размерах, повышают свой процент золы, а корни и стебли—понижают. Для лесной растительности замечено, что процент золы понижается по мере поднятия в горы.

Что касается зольных элементов, входящих в состав растительного вещества, то состав их чрезвычайно разнообразен; там могут быть: сера, фосфор, кремний, алюминий, железо, кальций, магний, калий, натрий, хлор, марганец и ряд других, сравнительно более редких, как рубидий, литий, бром, иод, фтор, стронций, барий и даже медь, цинк, никкель, кобальт, мышьяк, бор и пр.[1]); интересно, что цинк и медь являются постоянными элементами в мясе и молоке убойного скота и в экскрементах и моче человека. Источником этих элементов является растительная пища[2]).

В процентном содержании отдельных зольных элементов наблюдаются изменения в зависимости от возраста: так, количества извести, серной кислоты и кремнезема с возрастом увеличиваются, а количества кали, натра, магнезии и фосфорной кислоты падают[3]). К сожалению, все исследования, касавшиеся вопроса об изменении состава зольных элементов при разных условиях, затрагивали лишь шаблонные элементы, каковы Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, P, S, Cl; с этой оговоркой мы приводим нижеследующую таблицу, дающую представление о характере зольных элементов, входящих в состав различных растительных остатков.

| | Общее колич. золы | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $CaO$ | $MgO$ | $K_2O$ | $Na_2O$ | $P_2O_5$ | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Буковая подстилка . . | 5,57% | 1,81 | 0,15 | 2,46 | 0,36 | 0,29 | 0,06 | 0,31 | 0,10 |
| Еловая „ . . | 4,52 | 1,65 | 0.09 | 2,02 | 0,23 | 0,16 | 0,05 | 0,21 | 0,07 |
| Сосновая „ . . | 1,46 | 0,20 | 0,04 | 0,59 | 0,15 | 0,15 | 0,06 | 0,11 | 0,05 |
| Вереск . . . . . | 3,09 | 0,48 | 0,18 | 0,54 | 0,25 | 0,76 | 0,14 | 0,47 | 0,18 |
| Juncus . . . . . | 5,59 | 0,78 | 0,19 | 0,42 | 0,35 | 2,20 | 0,36 | 0,50 | 0,15 |
| Arundo phragm . . . . | 4,47 | 2,43 | 0,07 | 0,40 | 0,13 | 0,83 | 0,02 | 0,27 | 0,06 |
| Ржаная солома . . . . | 4,79 | 2,70 | 0,05 | 0,41 | 0,13 | 0,92 | 0,10 | 0,24 | 0,13 |

Как изменяется содержание зольных элементов, по мере разложения растительных остатков, видно из следующих цифровых данных:

| | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $CaO$ | $MgO$ | $K_2O$ | $P_2O_5$ | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Свежая и однолетняя буковая листва . . . . . | 29,32 | 3,63 | 39,24 | 8,87 | 6,21 | 9,07 | 2,83 |
| Та же листва через 2 года . . . . . | 32,34 | 3,73 | 36,71 | 9,94 | 5,64 | 9,14 | 1,82 |
| Гумус из буковой листвы . . . . . | 46,37 | 9,20 | 23,67 | 5,88 | 3,52 | 6,47 | 4,30 |

[1]) Вернадский. Химический состав живого вещества в связи с химией земной коры. 16 стр. 1922.

Robinson W. O. Steinkönig L. A. and Miller C. F. Bull 600. U. S. Depart. Agric, 1917.

Bertrand, G. et Mokragnatz M. Ann. de la Science agronomique, Mai Juni 1925, p. 167—171.

[2]) Rost, E. Zink nnd Kupfer regelmassige Bestandteile des menschlichen Körpers.— Die Umschau, № 11, 1920, 13 März.

[3]) В справедливости сказанного убеждает следующая таблица Вольфа:

| | В 100 ч. золы | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $CaO$ | $MgO$ | $K_2O$ | $Na_2O$ | $P_2O_5$ | $SO_3$ | Cl |
| Дубовые листья в августе . . . . | 4,41 | 1,18 | 26,09 | 13,53 | 33,14 | — | 12,19 | 4,41 | 0,12 |
| Отмершие дуб. листья . . . . . | 30,95 | 0,61 | 48,63 | 3,96 | 3,35 | 0,61 | 8,08 | 30,95 | — |
| Буковые листья в авг. . . . . | 20,02 | 1,32 | 33,58 | 7,16 | 19,53 | 2,30 | 9,38 | 20,02 | 0,52 |
| „ отмершие . . . . . | 33,69 | 1,04 | 45,18 | 5,93 | 3,93 | 0,63 | 4,14 | 33,69 | 0,39 |

Цифры показывают, что при процессе разложения органических остатков последние беднеют основаниями и обогащаются кремнеземом и железом. Особенно резкое обогащение железом наблюдается при превращении растительной массы в торф. В золе превратившейся в торф сосновой древесины Мюллером было найдено 37% $Fe_2O_3$, а в дубовой—даже 66%.

### Ближайшие источники образоваиия почвенного гумуса

Вопрос о том, из каких составных частей органического вещества строится почвенный гумус, в настоящее время едва ли заслуживает такого внимания, как это было раньше. По мере того, как перед нами раскрывается понемногу состав почвенного перегноя, делается все более и более ясным, что в образовании гумуса принимают участие весьма многие группы органических соединений как безазотистых, так и азотистых. При этом едва ли можно сомневаться в том, что гумус образуется не только из тех частей растительных остатков, которые разлагаются на месте их нахождения, но и из тех растворов (правильнее, псевдорастворов или золей), которые получаются при соприкосновении воды даже со свежими еще органическими веществами и которые могут передвигаться на большую или меньшую глубину внутрь почвы.

На первой точке зрения стоял когда-то Костычев, впоследствии, однако, значительно изменивший свои взгляды, вторую точку зрения отстаивал Докучаев и его ученики, Леваковский, Гоппе-Зейлер и др.

Леваковский впервые обратил внимание на то обстоятельство, что если привести в соприкосновение растительные остатки с водой, то последняя переводит в раствор кое-что из содержимого этих остатков. Настаивая ржаную солому водой, он получал вытяжку желтоватого цвета, из которой спирт осаждал бурую клочковатую массу. Если та же вытяжка подвергалась действию кислорода воздуха, то на ее поверхности скоро получалась пленка, которая затем осаждалась на дно стакана в виде белых хлопьев. Последние, при соприкосновении с воздухом, принимали вскоре грязно-бурый цвет. Дальнейшие наблюдения показали, что некоторые минеральные соли в той же водной вытяжке дают нерастворимые осадки, при чем, однако, не все вещество выпадает из раствора.

Вытяжка из разложившейся белой древесины лещины (Corylus Avellana) имеет цвет крепкого чая. Оставленная в стакане на воздухе, эта вытяжка также покрывается пленкой, падающей затем, в виде хлопьев, на дно стакана и образующей, после отфильтрования и высыхания, темнобурое вещество. В этой вытяжке соли алюминия, окиси железа и меди дают нерастворимые осадки. Это последнее свойство Леваковский считал весьма важным в вопросе о закреплении в почвенных массах органических веществ. Пока просачивающиеся органические вещества встречают в поверхностных слоях почв такие минеральные соединения, с которыми они могут давать нерастворимые осадки, просачивание ограничивается только поверхностными слоями. Когда там все могущие вступить в реакции соединения будут использованы, просачивание идет глубже и глубже.

Аналогичные данные получены были позже Слезкиным и Кравковым, но ни тот, ни другой, как и Леваковский, не пробовали подходить к вопросу о том, какие органические вещества переходят из растительных остатков в водные вытяжки. Остался

также невыясненным вопрос, получаем ли мы в водных вытяжках истинные растворы или коллоидные псевдорастворы.

Из данных Кравкова видно только, что при соприкосновении с водой даже свежие органические остатки (листья, хвоя, солома и пр.) кое-что отдают воде, при чем максимальное количество органического вещества отдают корни, затем листья деревьев и сено, а меньше всего—солома и хвоя.

Так, из 1000 грамм сухого растительного материала перешло в водную вытяжку:

| | |
|---|---|
| Из хвои (сосна, ель, пихта) в среднем . . . . . | 2,03 гр. |
| „ соломы (рожь, овес, ячмень) „ . . . . . | 2,37 „ |
| „ сена (степное, луговое, клевер) в среднем . . | 15,58 „ |
| „ древесных листьев (дуб, береза, осина, ольха) в средн. . . . . | 15,78 „ |
| „ корней (ржи, овса, ячменя) в средн. . . . . | 31,78 „ |

Впервые в работе Гоппе-Зейлера мы находим попытку решить вопрос о том, какие органические вещества отдают растительные остатки в водную вытяжку.

Если обратить внимание, говорит Гоппе-Зейлер, на те изменения, которые обнаруживаются при умирании листьев и других сочных частей растений, то не трудно заметить два ряда изменений, идущих рука об руку: обеднение водой и приобретение буроватой окраски (иногда более желтой или красноватой). Эта окраска появляется лишь в том случае, если мертвые растительные остатки имеют достаточно влаги, в противном случае побурения не происходит; известно, например, что сено, при высушивании без дождей, высыхает, не теряя своей зеленой окраски. Побурение разлагающихся растительных остатков зависит существенно не только от изменения хлорофилла, так как тем же свойством отличаются и растения или части их, не содержащие хлорофилла. Вещества, изменение которых вызывает появление бурой окраски, должны иметь широкое распространение и входить в состав всех растений. Скорее всего можно думать, что таковыми являются углеводы и дубильные вещества. Последние очень распространены в растениях; при разложении этих веществ выпариванием их водных вытяжек (особенно с прибавкой небольшого количества $H_2SO_4$ или HCl) получаются красные или темно-бурые аморфные соединения, которые называются красными дубильными веществами. В коре деревьев очень часто содержатся подобные же вещества, получившие от Стехелина и Гофштеттера название флобафенов. Из отмерших листьев можно нередко извлечь еще небольшие количества дубильной кислоты, часто же из них получаются бурые аморфные тела со свойствами флобафенов.

Общим свойством всех этих соединений является их способность при сплавлении с КНО и небольшим количеством воды (выше 200° Ц.) давать протокатехиновую кислоту $[C_6H_3(HO)_2]COOH$, а иногда вместе с нею и другие вещества, какова, например, бурая, аморфная, растворимая в спирте, очень мало в воде и совсем нерастворимая в эфире гиматомелановая кислота. Совершенно те же реакции дают гуминовые вещества из почвы, торфа, бурого угля, а также искусственно полученные из различных углеводов действием кислот.

Из клетчатки, по мнению Гоппе-Зейлера, гуминовых веществ получиться не может, так как брожение клетчатки приводит к образованию газообразных продуктов.

Того же взгляда придерживается и Суцуки, в работе которого находим указание, что протеин, крахмал и пентозаны содействуют образованию черного вещества гумуса, а жиры и целлюлоза—нет. Бейеринк, напротив, полагает, что гумификация клетчатки возможна при содействии грибка Streptothrix chromogena[1]).

Нахождение в составе гумуса азотистых соединений и, в частности, аминокислот, свидетельствует в пользу того, что и белковые вещества принимают участие в образовании гумуса. О том же говорит и нахождение в составе гумуса фосфора и серы.

Белковые вещества, с одной стороны, могут поступать в почву от разлагающихся растений, с другой—от разложения микроорганизмов (Костычев, Ивановский) и животных остатков. Некоторые исследователи, базируясь на том, что растения содержат значительно меньше азота, чем почвенный гумус (Майер), полагали, что азот гумусовых соединений принадлежит, большею частью, животным остаткам и находится в виде хитина (Пост, Раманн). При этом упускалась из вида способность гуминовых веществ поглощать азот, о чем будет подробнее сказано в другом месте[2]).

Трусов, на основании своих опытов, пришел к заключению, что углеводы, при разложении, не дают „гуминовой кислоты". Белковые вещества дают воднорастворимую „гуминовую кислоту", так как среди продуктов распада белков находится аммиак. Исследователь полагает, что первой стадией гумификации является гидролиз белков, а затем окисление и конденсация продуктов гидролиза. Количество получающейся из белков „гуминовой кислоты" пропорционально содержанию в них фенольных соединений.

Жирные растительные масла принимают ограниченное участие в гумификации. Лигнин способен гумифицироваться. Главную роль в процессах гумификации играют воднорастворимые органические вещества, а из этих последних особенно дубильные вещества. Впрочем, если растения содержат много дубильных веществ, то воднорастворимой гуминовой кислоты получается мало.

Количество и качество образующейся гуминовой кислоты зависят от состава растительных остатков и, в частности, от содержания дубильных веществ и белков. Они зависят также от физико-географических условий, при которых в природе идет разложение.

При действии воды на свежие растительные остатки, в водную вытяжку переходят не только органические вещества, но и зольные элементы. Еще в работе Шредера были получены в этом направлении совершенно определенные указания[3]):

| | | $K_2O$ | CaO | MgO | $Fe_2O_3$ | $P_2O_5$ | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Выщелочено дестилиров. водой | из буков. листвы | 52,6 | 4,5 | 19,6 | 1,5 | 19,7 | 55,3 |
| | из елов. веточек | 47,8 | 7,9 | 20,3 | 5,0 | 37,9 | 86,2 |

[1]) Из более старых авторов отметим Детмера, который считал возможным образование гумуса из клетчатки. О получении гуминовых веществ из лигнина, см. Lang, Zeitschr. f. physiolog. Chemie, 1889, S. 84.

[2]) Montemarini указывает, что древесные листья, разлагаясь, поглощают азот, как это иаходил и Henry. См. также Hornberger.

[3]) Цифры показывают процентное содержание найденных в вытяжках зольных элементов по отношению к общему содержанию каждого отдельного ингредиента в золе растительных остатков. По тому же вопросу см. Ramann. Zeitschr. f. Fors-tund Jagwes. 1888. S. 1.

Аналогичные данные получались позже и другими исследователями; приведем здесь цифры Кравкова:

| | В 1 клг сух. вещ. содержится зольных элем. в гр. | Из 1 клг сух. вещ. перешло в раствор зольн. элем. в гр. | % | Среднее |
|---|---|---|---|---|
| Листья дуба . . . . | 74,46 | 4,47 | 6,00 | 6,58% |
| „ березы . . . | 51,41 | 3,37 | 6,55 | |
| „ осины . . . . | 74,27 | 5,81 | 7,86 | |
| „ ольхи . . . . | 56,69 | 3,42 | 6,03 | |
| Хвоя сосны . . . . . | 61,54 | 1,50 | 2,43 | 2,25% |
| „ ели . . . . . | 47,35 | 1,10 | 2,32 | |
| „ пихты . . . . | 62,72 | 1,23 | 1,96 | |
| Солома ржаная . . . | 41,91 | 0,87 | 2,07 | 2,83% |
| „ овсяная . . . | 37,93 | 1,41 | 3.72 | |
| „ ячмеиная . . | 38,15 | 1,04 | 2,72 | |
| Сено степное . . . . | 63,70 | 2,90 | 4,55 | 4,74% |
| „ луговое . . . . | 15,22 | 2,12 | 4,68 | |
| „ клеверное . . | 68,43 | 3,42 | 4,99 | |
| Корни ржи . . . . | 85,10 | 25,76 | 30,27 | 34,44% |
| „ овса . . . . . | 71,41 | 22,40 | 31,08 | |
| „ ячменя . . . | 75,68 | 31,77 | 41,97 | |

Приведенные цифры показывают, что легче всего выщелачиваются зольные элементы из корневой системы растений, затем идут, в убывающем порядке, древесные листья, луговые и степные травы, солома злаков и, наконец, хвоя.

Сопоставляя эти данные с данными предыдущей таблицы Кравкова (стр. 32), не трудно видеть, что количество зольных элементов, переходящих в водные вытяжки, совершенно параллельны количествам переходящих в те же вытяжки органических веществ. Отсюда, повидимому, можно сделать вывод, что в данном случае речь идет не об отщеплении минеральных соединений, а о переходе в водные вытяжки зольных элементов, совместно с содержащим их органическим веществом.

Какие элементы при этом оказываются в вытяжках, видно уже из цифр Шредера; полнее это можно видеть из нижеследующей таблицы, принадлежащей Кравкову:

Из 1000 ч. (в 1 клг) сухого вещества перешло в водную вытяжку в гр:

| | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $Mn_3O_4$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | $P_2O_5$ | $SO_3$ | Cl. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Из листьев дуба . . . . | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 0,96 | 1,52 | 0,73 | сл. | 0,46 | 0,69 | — |
| „ „ березы . . . | 0,06 | сл. | 0,01 | 0,84 | 0,98 | 0,64 | „ | 0,17 | 0,67 | — |
| „ „ осины . . . | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 2,13 | 1,13 | 0,28 | „ | 0,97 | 1,27 | — |
| „ „ ольхи . . . | 0,06 | 0,01 | 0,02 | 0,54 | 0,87 | 0,63 | „ | 0,68 | 0,61 | сл |
| „ хвои сосны . . . | 0,43 | 0,01 | сл. | 0,14 | 0,33 | 0,31 | „ | 0,03 | 0,25 | — |
| „ „ ели . . . . | 0,54 | 0,01 | — | сл. | 0,15 | 0,12 | „ | 0,04 | 0,24 | — |
| „ „ пихты . . . | 0,56 | 0,06 | — | „ | 0,24 | 0,05 | „ | 0,01 | 0,31 | сл. |
| „ соломы ржаной . . | 0,63 | сл. | — | 0,04 | 0,10 | 0,05 | „ | 0,02 | 0,02 | 0,01 |
| „ „ овсяной . . | 0,93 | „ | — | 0,02 | 0,11 | 0,19 | „ | 0,05 | 0,10 | 0,01 |
| „ „ ячмениой . | 0,56 | „ | — | 0,02 | 0,06 | 0,14 | „ | 0,10 | 0,16 | — |
| „ сена степного . . | 0,37 | „ | — | 0,69 | 0,49 | 0,80 | „ | 0,30 | 0,25 | сл. |
| „ „ лугового . . | 0,12 | „ | — | 0,28 | 0,22 | 0,84 | „ | 0,56 | 0,10 | „ |
| „ „ клеверного . | 0,09 | „ | — | 0,57 | 0,60 | 1,32 | „ | 0,41 | 0,12 | 0,01 |
| „ корней ржи . . . | — | 0,79 | 0,09 | 4,37 | 1,55 | 11,27 | 0,38 | 4,67 | 2,32 | 0,32 |
| „ „ овса . . . | — | 0,76 | 0,30 | 1,29 | 2,54 | 6,32 | 0,47 | 7,33 | 3,24 | 0,15 |
| „ „ ячменя . . | — | 1,81 | 0,12 | 7,85 | 3,73 | 11,66 | 0,24 | 3,13 | 3,00 | 0,23 |

Значительные количества серы и фосфора, переходящих в водную вытяжку, свидетельствуют о том, что не одни только углеводы и дубильные вещества оказываются в коллоидных растворах. Это еще более убеждает в том, что в образовании гумуса принимают участие разнообразные группы органических соединений.

Когда органические остатки начинают разлагаться, зольные элементы минерализуются, т. е. образуют соли, и тогда выщелачивание их идет энергичнее. Ход этого выщелачивания должен быть неодинаков, в зависимости от условий, при которых оно совершается, но эти условия чрезвычайно сложны, так как они связаны и с ходом микробиологических процессов, и со свойствами коллоидных растворов. Эти последние, в свою очередь, меняют свои свойства под влиянием изменения температур, количества влаги, количества и качества электролитов и пр. Так, высушивание и замерзание способствуют коагуляции коллоидов, и последние при этих условиях выпадают из раствора, увлекая вместе с собой и один из ионов электролита. В виду сложности этих явлений, мы не будем входить в рассмотрение указанных вопросов, так как определенный ответ можно получить лишь тогда, когда известны все условия хода процессов распада.

Над некоторыми частностями вопроса о распаде органического вещества и его гумификации нам придется еще останавливаться не раз в дальнейшем изложении, а теперь перейдем к рассмотрению влияния биологических факторов на процессы разложения органических остатков. На разложении органических веществ без участия организмов мы не останавливаемся потому, что такого рода процессы ничтожны по сравнению с биологическими [1]).

### Участие животных в процессах разложения органических остатков

Разнообразные животные, населяющие почву, роющиеся в ней, а подчас и питающиеся ею, производят отчасти механическую, а отчасти и химическую работу. Если бы роль этих животных сводилась только к разрыхлению почвы и перемешиванию ее частиц, то и в этом случае их значение, в качестве почвообразователей, было бы громадно. Разрыхление почвы, делая ее более доступной для воды и воздуха, влечет за собой повышение интенсивности химических процессов, что в особенности сказывается на процессах разложения органического вещества.

Животное население почв весьма разнообразно: здесь находятся и позвоночные, каковы змеи, ящерицы, черепахи, сурки, хомяки, суслики, земляные зайцы, слепыши, кроты, мыши и беспозвоночные: Protozoa [2]), черви (нематоды и дождевики), ракообразные, моллюски, многоножки (Scolopendra, Iulus, Geophilus), насекомые и их личинки. Местами животные, населяющие почву, скопляются в больших

---

[1]) Кислород воздуха, несомненно, может вызывать процессы разложения, солнечный свет также действует разлагающим образом, по крайней мере, на гумус, что доказывается опытами Бертло и Андре (Compes Rendus, 114, 1892) и Жолцинского.

[2]) См. Goodey, F., Новиков, М. Бюллетени III Всеросс. Съезда почвоведов в Москве. 1921; № 5; Kopeloff. N., Lint H. C., and Coleman, D. A. Journ. Agric. Research, т. V 1915; Koch, P. Ibidem; Waksman, S. A. Soil Sciense, Vol I, № 2, 1916; Kopeloff N. and Coleman, D. A. Soil Sciense, vol. III, № 3 1917; (работа содержит сводку исследований почвенных Protozoa); Yakimoff et Sophie Zérén. Centralbl. f. Bakteriologie, Parasitenkunde etc. Bd. 63, 1924/25; Morris, H. M. Annals of Applied Biology: Bd. IX, 1922. Большая работа по изучению Protozoa ведется на Ротгемстедской Опыт. Станции.

См. также Fischer, H. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. 1923, H. 5—6.

количествах и производят весьма значительную работу, местами их сравнительно немного и их почвообразовательная деятельность мало заметна среди других почвообразовательных процессов.

Роющие позвоночные животные совершают огромную механическую работу. Проделывая различной ширины и длины ходы и камеры и выбрасывая землю на поверхность, они способствуют рыхлению почвы и облегчают доступ атмосферным деятелям в глубину. Оставляя в норах остатки пищи, извержения и свои трупы, они увеличивают количество органических веществ, из которых может созидаться почвенный гумус. В пищеварительном канале тех из них, которые питаются растительными остатками, может разлагаться (при помощи бактериальных процессов) значительная часть клетчатки.

Роющие животные степей европейской части СССР начинают понемногу вымирать, а местами даже и вымерли, благодаря массовым истреблениям. Это в особенности относится к суркам, за которыми охотился и промышленник ради их шкурок и сала. По свидетельству путешественников XVII и XVIII столетий (Гмелин, Боплан и др.), русские степи прежде были чрезвычайно богаты роющими животными. В некоторых районах еще недавно, а частью до последнего времени наблюдалось обилие роющих животных, особенно сусликов.

По описанию акад. Вернадского, в бассейне р. Чаплынки (б. Новомосковского у. бывш. Екатеринославской губ.) степь не представляет гладкой равнины, а всюду покрыта холмиками более или менее правильной (полусферической или овальной) формы. Холмики занимают, в среднем, около $^1/_{10}$ поверхности степи, а местами половина и даже почти вся поверхность занята ими. Это только сравнительно новые холмики, а старые сглаживаются с течением времени и становятся мало заметными. Они образованы сусликами и, вероятно, хомяками.

Приблизительный объем каждой насыпи равен 1417 куб. верш., а количество выброшенной на 1 кв. версту земли составляет, в среднем, 192 куб. сажени [1]).

Оставленные норы засыпаются впоследствии выброшенным материалом, благодаря чему в вертикальном разрезе почвы можно наблюдать затем, так называемые, кротовины. На присутствие кротовин в разрезе черноземных почв обратил внимание в 1854 г. Киприянов, наблюдавший их при постройке Курского шоссе. Более подробное их описание было сделано в 1871 г. Леваковским, который дал им и всестороннее объяснение.

Акад. Гельмерсен, также наблюдавший кротовины, пытался дать этому явлению иное толкование: он рассматривал их, как заполненные почвой ходы древесных корней на том основании, что в них находились иногда древесные остатки.

Проф. Докучаев, после своих продолжительных исследований в области чернозема, категорически высказался в пользу взгляда Леваковского. Свои выводы исследователь формулировал следующим образом:

1) До сих пор древесные остатки найдены в кротовинах всего два-три раза [2]); да и те, конечно, принадлежали недавнему прошлому, так как корень, раз не окаменел, не пролежит в земле, доступный действию воды и воздуха, и сотни лет.

2) Как показали исследования Киприянова, самого акад. Гельмерсена и мои, кротовины попадаются на глубине 9—10 и 14 ф.

[1]) Об устройстве иор см. Силантьев.

[2]) Барбот-де-Марни, Гельмерсен, Борисяк. См. Докучаев.

Это такие горизонты, куда древесные корни обыкновенно не проникают [1]).

3) Из тех же источников известно, что диаметр многих кротовин нередко достигает 1—1,5 ф. и даже более, при чем таковые кротовины безразлично попадаются на всех горизонтах, по крайней мере, до глубины 9 фут.,—обстоятельство, совершенно несовместимое со взглядом Гельмерсена.

4) Наконец, древесные корни, после сгнивания, оставят, конечно, только ничтожнейшую часть своего прежнего веса и объема. Спрашивается, где же взять то вещество, которое заполняет теперь кротовины. Ведь суслик и другие копающие животные предварительно сами выбрасывают на поверхность землю (чернозем и подстилающую его породу), которой, главным образом, и засыпаются их ходы. Ничего подобного у растений нет. Мыслимо, правда, что корневые ходы и норы животных со временем могут уничтожиться через медленное расширение их стенок, или через быстрые обвалы соседней массы, но тогда не осталось бы от них и следа,—тогда не было бы и кротовин.

К этим соображениям Докучаев прибавляет еще, что Кияновым были найдены в кротовинах Курской губ. скелеты Arctomys bobac, Spalax typhlus и Meles Stor.

Мы считаем необходимым посвятить вопросу о кротовинах так много места в виду того, что еще в 1902 г. Талиевым была сделана попытка вновь вернуться к взглядам Гельмерсена и на этих взглядах отчасти обосновать и решение более общего вопроса о том, были ли наши черноземные степи искони безлесны, или они покрывались лесами, позже истребленными человеком. Правда, попытка Талиева в этом направлении оказалась неудачной, и те образования, которые он первоначально склонен был считать засыпанными ходами древесных корней, сам же, после совместной экскурсии с Сукачевым, должен был признать норами роющих животных.

Из беспозвоночных животных особенное внимание обращали на себя дождевые черви, значение которых в процессах почвообразования было особенно отмечено Дарвином. Дождевые черви, по мнению великого ученого, играли более видную роль в истории земли, чем можно думать на первый взгляд. Почти во всех влажных странах они чрезвычайно многочисленны и обладают, по сравнению со своей величиной, значительной силой. Во многих частях Англии, на каждом акре поверхности, ежегодно проходит через их тело 10 тонн земли, так что в течение многих лет весь поверхностный слой земли пропускается через их пищеварительный аппарат. Таким образом, частицы почвы постоянно перемещаются, благодаря чему действию углекислоты и гуминовых кислот подвергаются все новые и новые слои. Образование кислот гумуса ускоряется, благодаря перевариванию червями полуразложенных органических остатков. В силу этого повышается энергия химического разложения минеральных составных частей почвы. В мускулистом желудке червя, где мелкие камешки действуют, как жернова, происходит и механическое измельчение более мягких частей пород. Подобно хорошему садовнику, черви, разрыхляя почву, подготовляют ее для растений, увеличивая ее влагоемкость, поглотительную способность и пр.

Извержения червей легко перемещаются даже по слабым склонам под влиянием воды и ветра, и таким путем могут накопляться значительные массы в долинах. Наконец, все эти массы, попадая

[1]) По крайней мере сколько-нибудь крупные корни. См. по этому вопросу работу Сукачева.

в речные бассейны, уносятся в моря и, таким образом, участвуют в образовании дельт, прибрежных морских наносов. В виду всего сказанного, Дарвин полагает, что термин животная почва гораздо больше соответствует действительности, чем общепринятое название растительная почва.

Работа Дарвина вызвала интерес к изучению деятельности дождевых червей, хотя этим вопросом занимались и раньше. В то же время широкие обобщения автора встретили и много возражений [1]).

Участие червей в процессах почвообразования не подлежит спору, местами это участие становится весьма заметным, но все же несомненно, что Дарвин переоценил роль этих животных.

Тем же вопросом занимались Гензен, Мюллер, Вольни, Дьемиль, Анри и др.

Гензен определял потерю при прокаливании в экскрементах червя, сравнивая ее с таковою же песчаной подпочвы. Данные получались следующие:

| | |
|---|---|
| Песчаная подпочва . . . . . | 1,44% |
| Экскременты с поверхн. земли . . . . . | 3,33% |
| „ „ из ходов . . . . . | 4,36—5,00 |
| „ из кишечника червя . . . . . | 5,6 |

Возрастание потери при прокаливании в экскрементах обусловливается, по преимуществу, накоплением органического вещества.

Помимо наблюдений в природе, Гензен произвел еще опыт с дождевыми червями. Он поместил в сосуд, наполненный на 1,5 фута песком и имевший 1,5 ф. в диаметре, двух червей, а на поверхность песка положил слой листьев. Вскоре листья были затащены червями в их ходы до глубины 3 дюймов, а по истечении 6 недель на поверхности накопился слой экскрементов до сантиметра толщиной.

Из этих наблюдений видно, что дождевые черви способствуют образованию гумуса, собирая растительные остатки и ускоряя процессы их превращений. Те же заключения делаются и в работе датского ученого Мюллера, который, подобно Дарвину, отводит слишком большую роль деятельности червей (и насекомых). Везде, где почва рыхла, говорит Мюллер, и органический материал измельчен до крайней степени, он носит характер животных экскрементов, принадлежащих, главным образом, дождевым червям, а отчасти и насекомым. Мюллер ставит даже, до некоторой степени, в связь растительность буковых лесов с деятельностью дождевых червей.

Отметим далее опыты с дождевыми червями, поставленные Вольни с целью решить вопрос, какие изменения вызывают черви в почвах и поскольку эти изменения способны отражаться на росте и развитии культурных растений. Уже a priori нужно было допустить, говорит Вольни, что органические вещества, пройдя через пищеварительный канал червя, изменятся в значительной степени, так как выделяемая в нем жидкость имеет тот же характер, что и секрет поджелудочной железы высших животных, а, следовательно, способна эмульсировать жиры, растворять белки, превращать крахмал в сахар и действовать на клетчатку. Поэтому можно было ожидать, что прошедшие через пищеварительный канал червя органические вещества легче будут разлагаться, чем до прохождения.

---

[1]) См. Borggreve, Wollny, Докучаев.

Опыты Вольни с почвами, заселенными червями в течение 6 месяцев, и почвами, свободными от червей, показали, что первые, взятые в одинаковых количествах со вторыми, выделяют больше углекислоты. Цифровые данные таковы:

| | В 1000 объем. почвен. воздуха содержится $CO_2$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Опыт I | | Опыт II | |
| | Почва с червями | Почва без червей | Почва с червями | Почва без червей |
| А. С 7—16 ноября (из 8 опытов) . . . | 5,43 | 3,88 | 8,04 | 3,08 |
| В. С 9—28 ноября (из 9 опытов) . . . | 3,07 | 2,52 | 5,61 | 1,90 |

В других его опытах сказалось влияние жизнедеятельности червей на растворимость минеральных веществ почвы в воде. Менее определенные результаты получились по отношению к соединениям азота.

Данные Вольни по этим вопросам сведены в нижеследующей таблице:

| | Аммиак % | Азотн. кисл. % | Азот в форме $NH_3$ | Азот в форме $HNO_3$ | Сумма | Растворимые минеральн. вещества |
|---|---|---|---|---|---|---|
| А. Почва с червями . . . . | 0,0200 | 0,0850 | 0,01647 | 0,02204 | 0,03851 | 0,08672 |
| „ без червей . . . | 0,0036 | 0,1144 | 0,00285 | 0,02966 | 0,03251 | 0,03267 |
| В. Почва с червями . . . . | 0,0140 | 0,0250 | 0,01147 | 0,00648 | 0,01795 | 0,15338 |
| „ без червей . . . | 0,0060 | 0,0440 | 0,00494 | 0,01141 | 0,01635 | 0,03562 |

Наконец, по отношению к физическим свойствам, опыты Вольни привели к следующим результатам: благодаря жизнедеятельности червей увеличивается объем почвы насчет увеличения промежутков между частицами на 27,5%, понижается влагоемкость с 48,13 до 28,69% (в противоположность выводам Дарвина) и повышается воздухоемкость в 2,5 раза. Последние изменения способствуют более легкому проникании воды и воздуха в глубину, что, в свою очередь, облегчает процессы химических превращений как органических, так и минеральных составных частей почвы.

Благоприятное изменение физических и химических свойств почвы должно выгодно отразиться на развитии растений, что и подтверждается культурными опытами Вольни и Дьемиля, а отчасти и наблюдениями Гете и Высоцкого над ростом и развитием корней растений.

Высоцкий наблюдал деятельность червей на черноземных почвах в Велико-Анадоле. Здесь особенно выделяются крупные дождевые черви—Dendrobaena (Allobophora) mariupoliensis. В верхних горизонтах почвы ходы их идут по всем направлениям, разрыхляя почву на целине и старой залежи. В нижних горизонтах почвы и в материнской породе, где они были прослежены местами до глубины 8 метров, они идут вертикально, слегка извиваясь. На такую глубину, однако, ходы идут лишь там, где наблюдается глубокое залегание грунтовых вод, в противном случае они опускаются лишь до горизонта, куда достигает весенний подъем грунтовых вод. На разрезах ходы червей целиком или отчасти заполнены черной массой, представляющей частью извержения самих червей, частью материал, попавший сверху механическим путем. Стенки ходов обмазаны также, как черной штукатуркой, извержениями; обмазка, повидимому, предохраняет ходы от затекания воды. О количестве ходов на площади 1 кв. метра можно судить по данным нижеследующей таблички:

| Глубины: | Всех ясно заметных ходов | Из них со свободн. отверст. | С проходящими по ним корнями |
|---|---|---|---|
| 1 метр | 525 | 100 | 80 |
| 2 „ | 400 | 150 | 90 |
| 3 „ | 350 | 170 | 75 |
| 4 „ | 320 | 150 | 50 |
| 5 „ | 240 | 110 | 35 |
| 6 „ | 160 | 60 | 15 |
| 7 „ | 130 | 30 | 5 |
| 8 „ | 110 | 15 | 1 |

Dendrobaena mariupoliensis никогда не выносит извержений на дневную поверхность, а оставляет их внутри ходов, по большей части в пределах поверхностного горизонта почвы, где вместе с Dendrobaena находится масса и других видов дождевиков (Allobophora Gordejeffi, rosea, foetida). Последние роют неглубокие ходы с расширениями на конце, где затем образуются секреции углекислой извести. По ходам червей легко и на большую глубину проникают корни растений.

По вычислениям Анри, крупные черви на одном гектаре почвы в течение 10 месяцев истребляют 250 килограммов органических остатков, т. е. около 0,1 ежегодного прироста мертвого покрова, если же присоединить сюда деятельность мелких червей и других беспозвоночных, то, вероятно, дробь эта повысится до 0,2 или даже до 0,25.

Приведем, наконец, результаты опытов Дюсерре, исследовавшего параллельно почву и экскременты живших в ней червей. Приводимые ниже цифры относятся к 1 килогр. почвы.

| | Почва | Экскременты |
|---|---|---|
| Всего азота | 2,94 гр. | 2,52 гр. |
| N в виде $NH_3$ | 2,38 | 3,90% |
| „ „ $HNO_3$ | 0,71 | 3,80 |
| $P_2O_5$ раствор. в $HNO_3$ | 2,56 | 2,51 |
| „ „ в 2% лимон. к-те | 28,5% | 34,66% |
| $K_2O$ всего | 21,26 | 21,06 |
| „ в растворе лимон. к-ты | 1,66% | 1,20% |
| CaO (в $HNO_3$) | 11,43 | 11,80 |
| $CaCO_3$ | 4,46 | 6,79 |

Все перечисленные наблюдения и опыты достаточно хорошо иллюстрируют деятельность дождевых червей в умеренных климатических широтах [1]).

Исследования Келлера дают представление о работе тропических червей. Особенно интересны данные, касающиеся нового вида, названного автором Geophagus Darvini. Этот огромный червь Мадагаскара, достигающий метра и более в длину и 2 сантим. в толщину, живет так же, как и большинство наших дождевых червей, проделывая подземные ходы, затаскивая в них листья, ветви и целые растения. Экскременты этого червя в сухом состоянии достигают порой веса в 300 гр. По вычислениям Келлера, объем земли, выбрасываемый ежегодно Geophagus'ами, измеряется полутора миллиардами кубич. метров.

Кроме червей, измельчением растительных остатков занимаются и другие беспозвоночные животные. В работе Костычева изучалось, между прочим, влияние перетачивания животными растительных

[1]) См. также Russel, Ed. J.

остатков на энергию разложения последних. В его опытах наблюдалась деятельность червей, многоножек (Julus terrestris) и личинок Sciara; в качестве опытного материала служила листва различных древесных пород и ковыль. В результате оказалось, что перетачивание многоножками и личинками оказывает очень малое влияние на дальнейший ход разложения. Однако, этому выводу едва ли можно дать общее значение, так как для опытов употреблялись мелкие, да притом еще легко разлагающиеся растительные остатки, а, как известно, некоторые животные перетачивают иногда целые древесные стволы, превращая их в труху. По наблюдениям Келлера, многоножки Julus corallinus, встречающиеся в больших количествах на о. о. Соединения, объедают не только опавшие листья, но и стволы свалившихся деревьев и удобряют почву своими экскрементами и сброшенными кожицами.

Из класса насекомых особое внимание исследователей обращали муравьи. У нас наблюдения над муравьями были произведены Гордягиным, Высоцким, Гордеевым и Димо, в Зап. Европе (Буковине)—Грабером (см. Ihering), в Бразилии—Ihering'ом, Branner'ом, в Ю. Австралии—Гаакке, в Африке (Камерун)—Пассарге и Гансом Мейером[1]) и на Мадагаскаре—Келлером[2]).

Наблюдения Гордягина относятся к окрестностям Красноуфимска. К северу от города, на берегу р. Уфы, находится равнина, которая на западе ограничена цепью известковых холмов. Вся равнина покрыта тысячами мелких холмиков, сделанных муравьями (Lasius niger, L. flavus, Formica fusca). Каждая кучка представляет низкий овальный холмик, с растущими на нем несколькими травами. Диаметр основания холмика—21,4 дюйма, высота—5 д. Вблизи холмика, на его поверхности, находятся кусочки темнобурого суглинка, происходящего из более глубоких горизонтов почвы. При раскапывании холмика, лопата легко идет в верхние слои почвы, благодаря многочисленным ходам муравьиного жилища. Находящиеся на поверхности кучи частицы почвы состоят из того же материала, что и верхние горизонты нетронутой почвы данной местности, но утрачивают природную грубозернистую структуру. Подземная часть муравьиного жилища состоит из буровато-черной глины. Все жилище представляется, таким образом, в виде овального двойного конуса, имеющего в своей подземной части объем в 873 куб. дюйма. На каждые 100 кв. саж. поверхности приходится около 40 холмиков, на квадратн. версту—100.000, с объемом в 149 кубич. сажен.

Деятельность L. niger и L. flavus преимущественно замечается на сухих лугах северных местностей, но те же муравьи попадаются и на заливных лугах. На юге Тобольской губ. Гордягин встретил их на мокрых солончаках. По его же данным, на черноземах муравьи, строющие конусообразные гнезда, редки; здесь преобладают минеры, как например, Myrmecocystus. На каштановых почвах эти последние играют уже главную роль.

По наблюдениям Высоцкого в Велико-Анадоле из всех второстепенных землероев наибольшей длины ходы роют некоторые виды муравьев. Ходы имеют вид извилистых вертикальных каналов с овальным сечением, проходящих через ряд расположенных на их пути горизонтальных, сильно расширенных камер. Над входным отверстием находится небольшой холмик, сложенный мелкозернистой массой,

[1]) См. Sievers u. Hahn, Afrika, 2 Aufl. 1901, 5, 169.

[2]) См. Рузский. Муравьи России, ч. II. Тр. Общ. Ест. при Казан. Унив. т. XI в. 4, 1907.

с воронкой посредине. В Бердянском культурном степном лесничестве, по данным того-же исследователя, в изобилии живут крупные черные муравьи, ходы которых с горизонтальными камерами прослежены до глубины 3 метров, при чем на этой глубине ходы еще не окончились. По ним, как и по ходам червей, проходят корни растений, но, попадая в горизонтальные камеры, они часто сбиваются с пути, с трудом внедряясь в сплошной мергелистый суглинок.

Интересные данные о деятельности муравьев в Саратовской губ. опубликованы Гордеевым и Димо. Наблюдения относятся частью к тем же родам и видам, работа которых описана Гордягиным, частью к другим родам, выбрасывающим на поверхность лишь мелкие кучки земли.

Муравьиные холмики были найдены, по преимуществу, среди солончаков аллювиальных долин в различных уездах губернии. Средний объем холмика составляет около $^1/_{10}$ куб. метра, при чем на 100 кв. метров приходится 25 таких холмиков. Отсюда на десятину объем насыпанной муравьями земли достигает 261,5 куб. м., что при равномерном распределении по поверхности десятины составило бы слой в 3 см. мощностью. Другие роды муравьев, не приурочивающиеся к каким-либо определенным почвам, а населяющие разнородные, сколько-нибудь связные, почвы, найдены были в Камышинском и Сталинградском у. у. Эти муравьи (Tetramorium caespitum L. и Myrmecocystus cursor Fous. (var. caspius Ruzsky) роют норы и выбрасывают при этом на поверхность лишь небольшие кучки земли, в среднем дающие на десятину вес около 68 пудов. Принимая во внимание, что наибольшая глубина муравейников не превосходит 15 см., приходится считать, что каждый раз муравьи выбрасывают 1,3% почвы, ими населяемой. Так как такое выбрасывание происходит после каждого дождя, то, считая, что муравьи занимаются этой работой 10 раз в году, придем к выводу, что за 8—10 лет весь поверхностный слой почвы будет перевернут. Те же муравьи затаскивают в свои норки зерна пшеницы, отчасти ржи. По приблизительному подсчету количество этих зерен на десятину достигает 3 п. 17 ф. [1]).

Тропические муравьи зачастую производят более грандиозную работу, чем муравьи наших широт. В окрестностях Rio Sinos (Бразилия), где под поверхностными песками нормально лежат красные глины, Jhering'y пришлось местами наблюдать налегание глины на пески слоем до 1 дециметра. Внимательно исследуя местность, Jhering пришел к заключению, что перемещение слоев производится муравьями (Atta cephalotes), которые собирают вместе с тем в свои жилища листья, траву, кусочки деревьев и пр.

В сухих областях подтропических зон муравьи также участвуют и в разрыхлении почвы, и в образовании гумуса (Гаake).

Наблюдения Димо относятся к работе термитов в Туркестане. (Голодная степь). Здесь термиты строят небольшие холмики в 8—12 см. высотой. Эти холмики, при внимательном наблюдении, выделяются лучшим ростом и в то же время большей изреженностью растительности. Часто на них можно видеть хорошо развивающиеся солончаковые растения (Halocharis hispida, Salsola crassa, S. lanata). Масса термитников имеет более значительную порозность, чем почвы окружающих их участков, вследствие чего влагоемкость ее уменьшается. Температура термитника несколько повышена по сравнению с сосед-

---

[1]) О химической работе муравьев, в связи с выделением ими муравьиной кислоты, данных мало; см. Vadász, M. É.

ними участками. Масса термитника обогащена солями и содержит повышенное количество гумуса.

При искусственном орошении площадей, занятых термитниками, на местах последних появляются пятна солончаков. Кроме того, при значительных количествах поливной воды, на местах термитников образуются воронки и провалы.

В литературе имеются данные и о деятельности других насекомых и их личинок. Таковы исследования Мингаццини над жуками и заметка Гримма, относящаяся к озимому червю (гусеница бабочки Agrotis exclamationis), роль которого, по мнению Гримма, такая же, как и дождевого червя.

В цитированной уже работе Высоцкого упоминается о ходах в черноземе жука Lettrus cephalotes, ос, пчел и, наконец, о вертикальных ходах тарантулов.

На коралловых островах механическая работа измельчения органических остатков, по Келлеру, совершается моллюсками, а в особенности ракообразными (краббы и раки отшельники). По свидетельству Harlè улитки (Helicidae) производят химическую работу: они образуют углубления в известковых породах, растворяя углекислую известь выделяемыми ими кислотными веществами. То же замечено для видов Pupa, Dalium.

По данным Раманна количество низших животных в почве зависит от времени года, от механического состава почвы, от ее богатства разлагающимися органическими веществами. Весной обыкновенно количество их заметно возрастает, что нужно поставить в связь с повышенной весенней влажностью почвы. Песчаные почвы не так богаты животными, как глинистые, опять-таки, повидимому, в связи с большей сухостью верхних горизонтов песчаных почв.

По мнению Раманна, равномерное смешивание органических веществ почвенного гумуса с минеральными элементами почвы обусловливается, главным образом, деятельностью животных, населяющих почву.

### Главнейшие типы превращений органического вещества в почве под влиянием микроорганизмов

Как бы ни была местами заметна роль животных в процессах разложения органического вещества, их работа в этом направлении не может итти в сравнение с работой микроорганизмов, населяющих массами воздух, воду и почву, живущих при самых разнообразных условиях и переносящих нередко большие крайности температур (термофильные и криофильные микроорганизмы). Деятельность микроорганизмов, как разрушителей органического вещества, отличается от деятельности животных не только своей интенсивностью (количественная сторона), но и большей глубиной вызываемых процессов распада (качественная сторона), большей их законченностью. Сложное органическое вещество превращается в конечном итоге в такие простые минеральные вещества, каковы вода, углекислота, азотная кислота и пр. Таким образом, процесс разложения органических остатков почвы с помощью микроорганизмов есть процесс молекулярного упрощения. Это упрощение совершается постепенно, проходя несколько стадий, пока не произойдет полная минерализация органического вещества. Микроорганизмы сменяют друг друга, и одна группа подготовляет работу для другой.

К микроорганизмам почвы относятся бактерии и грибы; среди последних особо выделяют группу актиномицетов[1]).

Мы рассмотрим последовательно процессы превращения различных групп органических соединений, попадающих в почву из растительных остатков, и остановимся прежде всего на углеводах. Из числа последних глюкоза испытывает весьма различные превращения: она может дать начало как образованию спирта, так и образованию ряда кислот. В спиртовом брожении из глюкозы получаются этиловый спирт и углекислота, но вместе с ними и многие побочные продукты, каковы: глицерин, янтарная кислота, спирты: пропиловый, изобутиловый, амиловый, одноосновные кислоты и пр. Это брожение производят дрожжи. Та же глюкоза, под влиянием Aspergillus niger и др. плесеней, образует щавелевую кислоту, другой плесневый гриб окисляет ее в лимонную кислоту, молочнокислые бактерии окисляют ее в молочную, а маслянокислые—в масляную, при чем одновременно получаются другие кислоты и изобутиловый спирт.

Наконец, из глюкозы при слизевом брожении получается углевод декстран или вискоза.

Крахмал, представляющий смесь полисахаридов, сначала гидролизируется в декстрин, а затем сбраживается по тем же типам, как и глюкоза, т. е. с образованием спирта или различных кислот.

Пентозы ($C_5H_{10}O_5$) легко сбраживаются, образуя летучие кислоты, а вместе с ними углекислоту и метан.

Пентозаны, наоборот, очень устойчивы и потому, как увидим ниже, они постоянно встречаются в органическом веществе почвы и в торфянистых массах.

Пектиновые вещества дают при брожении масляную и уксусную кислоты, а также водород и углекислоту.

Особенно интересны превращения клетчатки, как углевода, пользующегося широким распространением. Для нее изучено несколько видов превращений, из коих мы остановимся прежде всего на метановом и водородном брожениях.

Выделение метана (болотного газа) в смеси с другими газами, дающими горючую смесь, давно обратило на себя внимание исследователей, наблюдавших образование горючего газа в местах, где органические остатки разлагаются без доступа воздуха (мелкие озера, болота, мокрые луга и пр.). В различных случаях газовая смесь имеет неодинаковый состав; как на один из примеров, укажем на анализы Бунзена:

| | Зима | Лето |
|---|---|---|
| Метан ($CH_4$) . . . . . | 47,37% | 76,61% (по объему). |
| Углекислота ($CO_2$) . . . . . | 3,10% | 5,36% |
| Азот (N) . . . . . | 49,39% | 18,03% |
| Кислород (O) . . . . . | 0,14% | — |

Иногда в смеси газов находили и водород (до 10%).

Вопрос о брожениях клетчатки детальнее разработан исследованиями Гоппе-Зейлера и, особенно, Омелянского. В своих работах Омелянский пришел к следующим главнейшим выводам:

1) Метановое брожение клетчатки, как и водородное ее брожение, представляет самостоятельный микробный процесс, идущий под влиянием специфического агента.

---

[1]) По вопросу о грибах и актиномицетах см. работы Waksman'a. Soil Science Vol. II, № 2, 1916; Vol. III. № 6, 1917; Vol. VI. № 4, 1918; Vol. VIII, № 2, 1919; Vol. XIV, № 1, 1922; там же многочисленная литература вопроса.

2) Физиологическая характеристика этого процесса показывает, что по типу он стоит довольно близко к водородному брожению. Кроме метана и углекислоты, при этом брожении развивается до 50% летучих кислот, главным образом, уксусной.

3) Водородное брожение, как и метановое, принадлежит к типу анаэробных. В этом брожении до 70% клетчатки превращается в уксусную и масляную кислоты, а остальные 30% идут на образование водорода и углекислоты.

Кроме этих брожений, могут быть и другие превращения клетчатки[1]). Так, карбонизацию клетчатки, т. е. превращение ее в каменный уголь, торф, считают также микробиологическим процессом, полагая, что он может протекать по уравнению: $2C_6H_{10}O_5 = 2C + 5CO_2 + 5CH_4$.

Некоторые исследователи считают возможным и процесс гумификации клетчатки при посредстве грибка Streptothrix chromogena, но что получается при этом из клетчатки, остается неясным.

Одеревеневшая клетчатка (лигнин) действию бактерий почти недоступна, но разрушается грибами[2]). Из последних особенно известен Merulius lacrimans, разрушающий деревянные постройки.

Жиры разрушаются микроорганизмами труднее углеводов, но все же разрушаются. При этом они распадаются на свои составные части: глицерин и кислоту (стеариновую, олеиновую, пальмитиновую и пр.).

Воскообразные вещества и смолы разлагаются еще труднее, а потому могут быть найдены в составе почвенного гумуса.

Из предыдущего изложения мы видели, что при различных типах брожений получаются спирты и кислоты. Эти группы соединений подвергаются затем дальнейшим разложениям: спирты могут предварительно превращаться в кислоты, а могут и разлагаться с выделением углекислоты и метана, кислоты более сложные превращаются сначала в более простые, а затем разлагаются с образованием воды, углекислоты, метана и водорода.

Таким образом, в итоге разложения безазотистых органических веществ микроорганизмами получаются всего четыре тела: вода, углекислота, метан и водород. Даже чистый углерод (частички угля) окисляется в микробиологическом процессе в углекислоту[3]), благодаря чему, повидимому, исчезают из почвы угольки—следы бывших лесных пожаров. Из упомянутых четырех тел метан и водород не представляют еще конечных стадий распада, ибо и тот, и другой способны окисляться с помощью микробиологических процессов. При этом водород дает воду, а метан воду и углекислоту. Следовательно, вода и углекислота представляют конечные формы превращения углеродистых соединений самых разнообразных групп.

Перейдем теперь к рассмотрению процессов разложения азотистых соединений. Из простейших азотистых соединений мочевина превращается сначала в углеаммонийную соль (гидролиз мочевины), а затем эта последняя распадается на аммиак, воду и углекислоту.

Белки, раньше чем перейти в аммиачные соединения, подвергаются гниению, совершающемуся под влиянием разнообразных микроорганизмов, при чем одни из них превращают белок в альбумозы, пептоны, аминокислоты (лейцин, тирозин), давая лишь немного

[1]) См. также Mebeth, J. G. Soil Science, T. 1, № 5, 1916. О разложении целлюлезы см. также Waksman, S. A. and Heukelekian, O. Soil Science, Vol. XVII, № 4, 1924.

[2]) См., между прочим, Majmone, B.

[3]) См. Potter, M. C.

ммиачных соединений, другие же вызывают более сильный распад, образуя индол, скатол, меркаптаны, кислоты жирного ряда, водород, метан, сероводород и пр.[1]).

Наблюдаются различия в процессах и продуктах распада белков в зависимости от того, совершается ли этот процесс при полном доступе воздуха или при затрудненном. В первом случае продуктов распада со скверным запахом получается мало и разложение идет глубже.

Если первые стадии разложения белков не могут считаться в достаточной степени изученными, то дальнейший процесс окисления аммиачных солей, носящий название нитрификации, известен во всех его подробностях. По вопросу о нитрификации существует огромная литература, что вполне объясняется не только теоретическим, но и практическим интересом вопроса. О бактериальном характере нитрификации догадывались уже давно, но различные исследователи, пользуясь обычными методами культур, не могли изолировать микроорганизмов, и порой своими работами только затемняли вопрос. Блестящие и остроумные исследования Виноградского произвели настоящий переворот в этой области, прочно установив как микроорганизмы нитрификации, так и характер их деятельности. Пользуясь оригинальными методами, Виноградский изолировал микробов нитрификации и доказал, что процесс этот протекает в две стадии. Первоначально происходит окисление аммиака в азотистую кислоту, а затем окисление азотистой кислоты в азотную. Каждый из этих процессов возбуждается особым микробом (нитритный и нитратный микробы). Нитритный организм представлен в Старом Свете родом Nitrosomonas (его виды: europaea, javanensis, japonica, africana), а в Новом—родом Nitrosococcus. Нитратный организм, более или менее одинаковый в различных местах, носит название Nitrobacter.

В почвах организмы нитрификации, по данным Базаревского, находятся только в верхних слоях, до 10 см. глубиной. Глубже они встречаются спорадически и на глубинах, больших 50 см.,—редки. После культуры растений на зеленое удобрение их число увеличивается и в более глубоких, чем 50 см., слоях.

Наряду с окислением азотистых соединений в процессах нитрификации в почвах протекают и обратные процессы, т. е. процессы восстановления азотнокислых солей. При этом из солей азотной кислоты могут получаться соли азотистой кислоты, аммиак, окислы азота и свободный азот. Все эти процессы носят название денитрификации. Чаще, однако, под денитрификацией понимается распад азотнокислых солей с выделением свободного азота. Выделение азота может являться непосредственным результатом работы денитрификатора, но может получаться и с помощью реакции азотистой кислоты на аминокислоты по уравнению: $RNH_2\ COOH + HNO_2 = RHO.COOH + N_2 + H_2O$. Азотистая кислота в данном случае получается, как результат микробиологического восстановления азотной кислоты.

Микробов денитрификации существует несколько (Bac. denitrificans, B. pyocyaneus, B. fluorescens liquefaciens и др.). Они очень распространены в природе, а в частности в почве, где, по данным Базаревского, их можно встретить в значительном количестве даже глубже 1 метра.

---

[1]) Вопрос о выделении свободного азота при гниении пока недостаточно выяснен. Недостаточно изучены и превращения фосфора, о чем будет, впрочем, речь еще ниже.

О разложении протеина и аминокислот см. Waksman, S. A. and Lomanitz, S. Journ. of Agricult. Research, Vol. XXX, № 3, 1925; об аммонификации Waksman, S. A. Soil Science, Vol. XV, № 1, 1923.

Путем денитрификации почва могла бы терять большие количества азота, если бы не существовало параллельно с этим возможности фиксировать свободный азот. Процесс фиксации азота совершается в почве двумя группами микроорганизмов: одна из этих групп живет в симбиозе с бобовыми растениями, населяя „клубеньки" их корневой системы, другая группа живет в почве свободно. Клубеньковые бактерии названы Бейеринком Bac. radicicola.

Первый из свободно живущих в почве фиксаторов азота был выделен Виноградским и назван им, в честь Пастера, Clostridium Pasteurianum. Этот организм возбуждает в сахаристых жидкостях маслянокислое брожение, образуя масляную и уксусную кислоты, бутиловый спирт, водород и углекислоту.

Clostridium Pasteurianum принадлежит к группе анаэробов, но среди фиксаторов азота существуют и аэробные микробы. Таковы открытые Бейеринком Azotobacter chroococcum, Az. agile, а также Bac. asterosporus (Перотти). В том же процессе принимают участие, хотя и более слабое, многие другие аэробные и анаэробные виды. Возможно участие плесневых грибов в кислых лесных почвах. Что касается других грибов, дрожжей и водорослей, то вопрос о их роли в фиксации азота стоит неопределенно (Омелянский).

Фиксированный и превращенный в белковое вещество в теле микроорганизма азот, по смерти фиксатора, вновь становится материалом для нитрификации.

Резюмируя все сказанное о процессах превращений азотистых соединений, мы приходим к заключению, что и в этих процессах в конечном итоге получаются простые соединения: те же вода и углекислота, как и в случае разложения безазотистых продуктов, и, кроме того, азотная кислота. Конечно, последняя не остается в свободном состоянии, а образует азотнокислые соли.

Говоря о разложении органических веществ в почве, мы пока не затрагивали судьбы тех зольных элементов, которые связаны тесно с органическим веществом. Такие элементы, как мы знаем, весьма разнообразны, и среди них мы встречаем как металлы, так и металлоиды.

Металлы щелочной и щелочноземельной групп (K, Na, Rb, Li, Ca, Mg, Ba), при распаде органического вещества, дают разнообразные соли, связывая те кислоты, которые получаются при этом распаде; металлы с промежуточным характером, как железо, также иногда дают соли, в конечном итоге, однако, превращающиеся чаще всего в гидраты окиси, а металлоиды, как сера и фосфор, дают соответственные кислоты.

На процессах превращения серы и фосфора мы и остановимся прежде всего.

Выше было уже отмечено, что при гниении белков сера выделяется, главным образом, в виде сероводорода (отчасти меркаптанов). Но сероводород в природе может получаться и другими способами, например, путем восстановления сернокислых солей (десульфиризация). Бейеринком выделен микроб Spirillum desulfuricans, способный восстановлять сернокислые соли. Существуют, повидимому, и другие микроорганизмы, способные к той же деятельности, а кроме того, сероводород в природе, по мнению Виноградского, может являться продуктом гидрогенизации серы водородом, выделяющимся в различных микробиологических процессах[1]).

[1]) Возможно, однако, появление на земной поверхности сероводорода неорганического происхождения (вулканические и поствулканические процессы).

Б. Л. Исаченко в образцах ила со дна Черного моря нашел характерный вибрион, который обладает всеми свойствами описанного Бейеринком и фон Делден Microspira aestuarii. Этот организм энергично восстановляет сернокислые соли.

С другой стороны, в природе широко распространены процессы окисления сероводорода, производимые особыми группами бактерий, известных под общим названием серобактерий. Весьма разнообразные по своим морфологическим признакам, организмы эти принимают участие в одном и том же процессе. К серобактериям принадлежат бесцветные формы (Beggiatoa и др.) и пурпурные бактерии.

Давно уже было известно, что некоторые микроорганизмы содержат в своих клетках полужидкие зернышки—капли, которые впервые были признаны Крамером (1870) за серу. То обстоятельство, что группа Beggiatoa встречается особенно часто в сернистых термах, где эти организмы массой покрывают все предметы, что они накопляют в своих клетках капли серы и что всюду, где они появляются наиболее часто, заметно присутствие сероводорода, привело к мысли, что они стоят в каком то отношении к этому газу. Кон, исследуя этот вопрос, нашел, что термальная вода Кандека в замкнутой склянке увеличивает количество сероводорода и, наоборот, теряет свой запах, если жидкость вылита в чашку. Запах вновь усиливается при вторичном перенесении в запертую склянку. Из этих наблюдений он заключил, что сероводород является результатом деятельности водорослеобразных организмов, разлагающих растворенные в воде сернокислые соли.

К совершенно иным заключениям пришел Виноградский. Он доказал, что Beggiatoa не принимает участия в восстановлении сульфатов и выделении сероводорода и что сера в плазме Beggiatoa отлагается, благодаря окислению этим организмом сероводорода. Тот же организм окисляет серу и дальше в серную кислоту, для чего нуждается в кислороде. Если реакция идет на свету, то развиваются зеленые и фикохромовые водоросли, доставляющие для Beggiatoa кислород, в темноте же Beggiatoa развивается на поверхности воды, где есть доступ кислорода воздуха. В воде, сильно насыщенной сероводородом, Beggiatoa не живет. Окисление серы, по мнению Виноградского, есть процесс, соответствующий дыханию высших организмов; этот процесс доставляет серобактериям необходимую теплоту. Так же протекает процесс и у других серобактерий.

Интересны наблюдения Егунова над серобактериями Одесских лиманов. На высыхающих береговых грязях и болотах он находил нежные розовые налеты иногда в больших количествах. Культивируя серобактерии в высоких стаканах с грязью лиманов на дне, он наблюдал через несколько дней от начала постановки опыта появление белой мути на глубине 8—12 сантим.; муть располагалась в виде резко ограниченной пластинки. Эта пластинка состояла из серобактерий, представлявших почти чистые культуры. Организмы имели вид тонких спирилл и редко оказывались одночленными, чаще образовали нити из 7—12 завитков.

Появляющаяся в культурах бактериальная пластинка делит водяной столб в сосуде на две части, из коих нижняя богата сероводородом[1]), а верхняя не содержит и следов последнего, и в ней живут

[1]) В ней находятся также аммиак, закись железа, углекислота, известь, магнезия, серная, сернистая и серноватистая кислоты, фосфорная кислота, а в жидкости над пластинкой найдены серная кислота и органические вещества; аммиака здесь присутствуют лишь следы, фосфорной кислоты нет.

Rotatoria, Euglena и другие представители животного царства. В последующем развитии все более утолщающейся пластинки замечается распадение нижнего ее слоя на отдельные столбики, так что в вертикальном сечении получается вид, напоминающий гребень с зубцами. Такое распределение элементов пластинки, увеличивая ее поверхность, обеспечивает более обильное использование сероводорода, поступающего из нижних слоев жидкости. Доступ кислорода, в котором также нуждается пластинка, регулируется поднятием и опусканием всей пластинки. Ночью она обыкновенно опускается, а днем поднимается, что находится в связи с колебаниями температуры, обусловливающей большую или меньшую растворимость кислорода в воде.

Серобактерии найдены Егуновым также в иле Черного моря и некоторых озер. В Черном море, по мнению исследователя, находится также бактериальная пластинка, так что этот водоем представляет, в широком масштабе, ту же картину, что и культуры в сосудах. До глубины 180 метров воды Черного моря окислорожены, а глубже идет сероводородная зона, исключающая возможность аэробной жизни[1]).

Заслуживают внимания также наблюдения Егунова над образованием и передвижением сернистых соединений и других веществ в области сероводородной зоны его культур. Интересующегося подробностями этих процессов отсылаем к оригинальной статье исследователя. Кроме нитчатых и иных бесцветных бактерий, а также пурпурных бактерий, окисляющих сероводород, найдены бесцветные же бактерии, окисляющие тиосульфаты (Nathanson, Beijerink, Jacobson[2]). Эта группа, обильно выделяющая серу вне своих клеток, не имеет нитчатых форм.

Наконец, в новейшее время Lipman'ом и сотрудниками открыты бактерии, окисляющие свободную серу в серную кислоту (Thiobacillus thiooxidans).

Ваксман предлагает делить серобактерии на три группы:

I. Сульфидные бактерии, окисляющие $H_2S$ и сернистые соединения и накопляющие серу в своих клетках.

II. Тиосульфатные или тионовокислотные бактерии, которые сначала окисляют тиосульфаты, отлагая серу вне своих клеток и затем преобразуя соединения серы в сульфаты и персульфаты.

III. Серные бактерии (серобактерии в тесном смысле), окисляющие элементарную серу.

Вопросы о круговороте фосфора под влиянием микроорганизмов стоят пока гораздо менее определенно, чем вопросы о круговороте серы. Можно не сомневаться в том, что из некоторых фосфорно-органических соединений в почве образуется фосфорная кислота и даже, при некоторых условиях, накопляются довольно заметные количества фосфорнокислых солей (вивианит в болотных почвах), но как получается фосфорная кислота, каковы стадии расщепления фосфорно-органических соединений до получения фосфорной кислоты, остается неизвестным.

Что в разложении фосфорно-органических соединений в почвах (фитины, нуклеопротеиды и пр.) и, особенно, в мобилизации фосфорной кислоты принимают участие микроорганизмы, явствует из работ

---

[1]) Новейшими исследованиями Черного моря предположения Егунова о бактериальной пластинке не подтверждаются.

[2]) См. Waksman, S. Soil Science, Vol, XIII, № 5, 1922.

Стоклазы[1]). Микроорганизмы, выделяющие кислоты, способствуют тем самым переводу нерастворимых фосфатов в растворимые, т. е. делают подвижными соединения фосфорной кислоты. Этому процессу вообще способствует ненасыщенность гумуса почвы, чем объясняется, между прочим, эффект действия фосфоритов на подзолистых почвах.

С другой стороны, из опытов Северина можно заключить, что некоторые микроорганизмы способны связывать легко подвижные фосфаты и превращать их в фосфорно-органические соединения.

Превращения соединений железа (частью и марганца) совершаются также нередко при помощи микроорганизмов, составляющих особую, высоко развитую группу бактерий, получивших название железобактерий. По исследованиям Виноградского, процесс превращения закисных соединений в окисные при содействии железобактерий представляет аналогию с окислением сероводорода бактериями. Он нашел, что бесцветные живые нити этих организмов в воде, свободной от закисных солей железа, не окрашиваются и что, наоборот, желтая или бурая окраска появляется очень скоро, если прибавлены таковые соли. Он указал далее, что оболочка в воде, содержащей углежелезистую соль, буреет только в тех местах, где внутри оболочки находятся еще живые клетки. Следует поэтому заключить, что отложение гидрата окиси железа происходит благодаря жизненному процессу клеток, как это раньше принимал Кон, а не представляет, как думал Цопф, чисто механического процесса. Виноградский нашел также, что Leptothrix ochracea не растет вообще без закисных соединений железа, и что последние не могут быть заменены окисными солями. Деятельности железобактерий следует приписать, по всей вероятности, и образование некоторых железных руд в природе, принадлежащих к типу дерновых, озерных и болотных.

Некоторые из выводов Виноградского оспаривались позже Молишем, который нашел, что бурая окраска оболочек железобактерий зависит не исключительно от соединений железа, но и от других веществ. По его исследованиям Leptothrix ochracea может развиваться хорошо и в отсутствие закисных солей железа, и что, поэтому, окисление солей железа не представляет необходимого жизненного процесса, как полагал Виноградский; накопление его аналогично накоплению кремнезема в стеблях злаков. Молиш оспаривает также и соображения Виноградского о способе перехода окислов железа в оболочку. Виноградский полагал, что закись железа захватывается клетками и превращается в растворимое соединение, а затем уже из клетки выделяется в оболочку в виде гидрата окиси. Несогласие Молиша в данном случае является, конечно, логическим следствием его отрицания жизненности в процессе накопления железа. Интересно наблюдение Молиша о способности железобактерий накоплять и окислы марганца в своих оболочках. Накопление это может итти так далеко, что нити Leptothrix достигают 5—10 μ. в ширину. Таким образом и при накоплении окислов марганца идет не менее мощное развитие и расширение стенок, чем при накоплении окислов железа[2]).

Молиш исследовал, наконец, целый ряд образцов железных руд с целью решить вопрос о размерах того участия, которое принимают

---

[1]) См. также Perotti, A., Душечкин, А., Лебедянцев, А. Известия Шатиловской Областной Оп. Станции, т. I, № 5, Орел, 1921.

[2]) $MnCO_3$ по данным Бейеринка разлагается различными грибами (Botrytis, Sporocybe, Trichocladium и пр.), превращаясь в $Mn_2O_3$ или $MnO_2$.

в процессах рудообразования железобактерии. Из 34-х исследованных проб только три оказались содержащими железобактерии.

Подводя итоги деятельности почвенных микроорганизмов на основании всех сообщенных данных, мы видим, как разнообразна эта деятельность, какие сложные химические реакции протекают в почве с помощью ее бактериального населения. Принимая во внимание те огромные количества микроорганизмов, которые населяют верхние горизонты почвы (см. ниже), мы в состоянии оценить всю грандиозность работы микробов, направленную на превращение отбросов органической жизни в новые питательные вещества, служащие для продолжения той же жизни.

Конечные продукты микробиологического распада органического вещества, как мы видели, чрезвычайно просты: это вода, углекислота, азотная, серная, фосфорная кислоты. Из всех перечисленных кислот только угольной кислоты получаются такие количества, которые не могут быть связаны основаниями, освобождающимися как в распаде органического вещества, так и в процессах выветривания, а потому значительная часть углекислоты остается в свободном виде; что же касается остальных кислот, то они в свободном состоянии не остаются, а образуют соли. Следовательно, в итоге полного распада органического вещества получаются вода, углекислота и различные соли, в том числе и хлористые, ибо хлор входит в состав зольных элементов растительных тканей. Однако, на самом деле полного распада органического вещества в почве никогда не получается, во-первых, потому, что, как мы видели, некоторые группы органических соединений очень слабо поддаются действию микробов, как напр., смолы, воскообразные вещества, пентозаны и пр., а, во-вторых, и потому, что для полной минерализации органического вещества нужен постоянный приток кислорода воздуха, что в почве бывает очень редко. Поэтому, нужно ожидать, что кроме перечисленных выше, слабо разрушающихся соединений, в почвах должны удерживаться, хотя бы временно, различные промежуточные продукты распада как безазотистых, так и азотистых соединений. Вся совокупность этих веществ и должна составлять то, что называется почвенным г у м у с о м. В образовании веществ гумуса, по мнению Königk'a, большую роль играют грибы (Trichoderma, Cephalosporium).

### Химический состав гумуса

Ознакомившись с процессами разложения органического вещества и с результатами этих процессов, естественно перейти к ознакомлению с составом и свойствами почвенного гумуса.

Изучение химической природы почвенного перегноя началось уже на рубеже XIX столетия, хотя о некоторых его свойствах и его значении в вопросах питания трактовалось и раньше[1]). К химическому составу гумуса подходили с двух сторон: путем исследования природного гумуса и путем изучения искусственных, похожих на гумус, веществ, получавшихся действием минеральных кислот или щелочей на углеводы. В числе первых исследователей природного гумуса укажем на имена С о с с ю р а, Ш п р е н г е л я и Б е р ц е л и у с а.

П о л и д о р Б у л л а й и М а л а г у т и (1836) были первыми экспериментаторами, штудировавшими действие минеральных кислот на углеводы и описывавшими получающиеся этим путем вещества.

---

[1]) Историю вопроса см. у Т р у с о в а, S v e n O d e n'a (1909 г.) и Ш м у к а.

За этими первыми исследователями идет длинный ряд других, среди которых имеются и очень крупные имена. Мы отметим здесь Мульдера, Германа, Симона, Детмера, Эггерца, Сестини, Фрю, Конрада и Гутцейта, Гоппе-Зейлера, Бертло и Андрэ, Эйхгорна, Сос-теньи.

Останавливаться в настоящее время сколько-нибудь подробно на работах всех этих исследователей едва ли есть надобность, так как они, в сущности, нисколько почти не подвинули вперед вопроса о составе гумуса, и до последних лет гумус, по справедливому выражению von Ollech'a, продолжал оставаться „chemicorum crux et scandalum".

Тем не менее необходимо отметить, что соединенными усилиями многих исследователей в составе гумуса были выделены различные группы соединений, которые очень многими считались химическими индивидами. Так, было замечено, что если действовать на почву, содержащую гумус, соляной кислотой, а затем едкой щелочью, или сразу углекислой щелочью (раствором соды), то значительная часть почвенного гумуса переходит в раствор. То, что переходило в раствор, считалось кислотной частью перегноя, а нерастворимый остаток—индифферентной частью. В этой последней некоторые исследователи различали два тела: ульмин—бурого цвета и гумин—черного; другие полагали, что индифферентная часть гумуса слагается одним гумином. В кислотной части выделяли ульминовую и гуминовую кислоты (или только одну гуминовую), а кроме них еще апокреновую (или осадочно-ключевую) и креновую (или ключевую) кислоты.

Обособить все эти „кислоты" можно следующими операциями: почву настаивают с раствором соды до тех пор, пока этот раствор не перестанет окрашиваться. Полученную бурую или почти черную жидкость обрабатывают соляной кислотой, при чем осаждается темно-бурая хлопьевидная масса, дающая объемистый осадок. Эта масса, после промывания и высушивания, сильно сокращается в объеме и становится почти черной, блестящей. Эта-то масса, почти нерастворимая в воде, и называлась гуминовой кислотой.

Если, осадив гуминовую кислоту из щелочного раствора соляной кислотой, отцедить прозрачный фильтрат, то в нем будет содержаться апокреновая кислота. Для ее выделения поступают следующим образом: усредняют избыток соляной кислоты едким кали, прибавляют уксусной кислоты и осаждают раствором уксусно-кислой меди. Полученный грязно-серый осадок отфильтровывают, промывают; затем, сняв с фильтра, взбалтывают в воде и обрабатывают сероводородом. Сернистая медь осаждается, а в фильтрате остается апокреновая кислота. Если затем к зеленой жидкости, от которой отделен грязнобурый осадок апокрената меди, прибавить в избытке уксуснокислой меди и вслед за ней приливать по каплям аммиак, то образуется травяно-зеленый осадок, содержащий креновокислую соль меди. Отфильтровав осадок и быстро его промыв, взмучивают промытый осадок в воде и, как в предыдущем случае, обрабатывают его сероводородом. В осадок выпадает сернистая медь, а в жидкости остается свободная креновая кислота, имеющая сильную кислую реакцию. При выпаривании кислого фильтрата в безвоздушном пространстве получается бесцветная аморфная креновая кислота.

Все эти отдельные „кислоты" изучались; определялась их растворимость, исследовались образуемые ими соли, делались попытки установить химические формулы этих кислот, но все эти попытки были

безрезультатны, так как никому из исследователей не удавалось получать кристаллических веществ, а следовательно, всегда оставалось некоторое сомнение в однородности тех веществ, которые подвергались изучению, и подозрение, что гуминовая, креновая и апокреновая кислоты не представляют химических индивидов, а являются смесями различных тел.

Особо следует остановиться на тех работах, которые пытались выяснить отношение азота к веществам гумуса, так как некоторые из этих работ подходили вместе с тем и к вопросу о химической конституции веществ гумуса.

Еще в старых работах мы находим указания на способность гуминовой кислоты поглощать азот[1]). Позже Дегерен нашел, что гумус из старого дерева и ульминовая кислота из пахотной земли, находясь в растворе едкого кали, способны поглощать азот. Опыты Симона (1875 г.) показали, что поглощаемый гуминовой кислотой азот превращается в аммиачные соединения. В 1881 г. вопрос об отношениях азота к гуминовой кислоте затрагивает работа Тархова. Опыты производились отчасти с торфом, который, после определения в нем количества азота, приводился в соприкосновение с растворами аммиачных солей, отчасти с искусственно полученным из сахара веществом, похожим на гуминовую кислоту. И те, и другие опыты привели автора к заключению, что соединившийся с гуминовой кислотой аммиак не остается в качестве такового, а превращается в другое азотистое соединение, но не в азотную кислоту; в невысушенной гуминовой кислоте это превращение совершается только отчасти, а при высушивании ее почти весь аммиак переходит в другую форму; то же наблюдается и по отношению к торфу. Работа Тархова, хотя и не решает вопроса о форме соединений азота с гумусом, однако впервые намечает способность гумуса превращать мало устойчивые азотистые соединения в более устойчивые.

В восьмидесятых годах Бертло и Андре принимали, что в почвах заключаются амиды, а еще позже отмечали, что амидообразные вещества почвы принадлежат двум группам, разлагающимся неодинаково скоро, и что вообще азот находится в почвенном гумусе в разных формах[2]).

О прочном связывании азота гуминовой кислотой говорил, на основании опытных данных, и Эггерц.

Более полный ответ на вопрос о том, в каких формах азот входит в состав гуминовой кислоты, находим в работе Дояренко; последний получал из различных черноземных почв гуминовую кислоту с помощью 10% раствора $Na_2CO_3$ и отчасти аммиака. Свежая гуминовая кислота кипятилась в слабой соляной кислоте и, по усреднении едким кали до слабо кислой реакции, в колбу вносилась в избытке MgO, при чем получавшийся аммиак отгонялся в титрованную серную кислоту. После отгонки титрованный раствор нагревался до кипения для удаления углекислоты. Одновременно в другой порции определялся азот аммиачный, но количество его оказывалось всегда ничтожным. Определения амидного азота дали следующие результаты:

| | Среднее из 2 опред. |
|---|---|
| Чернозем Нижегородской губ. . . . . | 0,31% |
| „ Тульской губ. . . . . | 0,41 |
| „ „ „ . . . . . | 0,48 |

[1]) Sprengel, Hermann.

[2]) По вопросу об азоте см. также Udranszky, Loges, Sestini, F.

| | Среднее из 2 опред. |
|---|---|
| Чернозем Самарской губ. | 0,29 |
| „ „ „ | 0,32 |
| „ Полтавского округа | 0,27 |
| „ Харьковского округа | 0,22 |

Далее Дояренко определял содержание в тех же гуминовых кислотах азота аминокислотного, пользуясь методом Бемера. Этот метод заключается в действии на растворы, содержащие аминокислоты, азотистой кислоты. При этом азот аминокислоты выделяется в свободном виде, и такое же количество азота выделяется из азотистой кислоты, согласно уравнению:

$$RNH_2\ COOH + HNO_2 = ROH.\ COOH + N_2 + H_2O.$$

Для определения аминокислотного азота служили те порции гуминовой кислоты, из которых был уже удален амидный азот. Результаты получились следующие:

| | Азот аминокислот. Среднее из 2 определ. |
|---|---|
| Чернозем Нижегородской губ. | 1,34% |
| „ Тульской губ. | 1,81 |
| „ „ „ | 1,01 |
| „ Самарской губ. | 1,30 |
| „ „ „ | 2,34 |
| „ Полтавского округа | 1,26 |
| „ Харьковского округа | 1,96 |

Что касается общего содержания азота в исследованных образцах гуминовой кислоты, то оно колебалось между 2,64 и 4.58%. Сопоставляя эти величины с полученными для азота амидов и аминокислот, нетрудно видеть, что далеко не весь азот гуминовой кислоты входит в ее состав в качестве амидов, аминокислот и аммиака. В каком виде находится этот остальной азот, осталось невыясненным.

Получив сообщенные выше результаты, Дояренко задался целью выяснить, как протекает процесс поглощения гуминовой кислотой азота, какие соединения и в какой последовательности при этом получаются. В своих опытах он оперировал частью с естественной гуминовой кислотой, частью с искусственным продуктом, напоминающим гуминовую кислоту. Кислоты употреблялись в сухом и влажном состояниях, в качестве источников азота служили 10% растворы $(NH_4)_2\ SO_4$ (для обеих порций) и $(NH_4)_2\ CO_3$ для сухой кислоты. Опыты дали следующие результаты для искусственного продукта:

| | Общее содержание азота | | |
|---|---|---|---|
| | $(NH_4)_2\ SO_4$ Сухая гум. кисл. | Свеж. гум. кисл. | $(NH_4)_2\ CO_3$ Сухая гум. кисл. |
| 1 сутки | 0,26 | 0,38 | 0,45 |
| 2 суток | 0,33 | — | — |
| Семь суток | — | 0,41 | — |
| Месяц | 0.40 | 0,41 | 0,43 |
| „ и 1 сутки | — | — | 0,49 |

Дальнейшее исследование показало, что почти весь азот, поглощенный гуминовой кислотой, содержался в ней в виде амидов. Те же результаты получились и при опытах с естественной гуминовой кислотой, как это ясно видно из нижеследующей таблицы:

| Условия опыта | На 100 гр. вещества Поглощ. N в грамм. | N вновь образ. амидов | Разница. |
|---|---|---|---|
| 1 сутки с 0,5% $(NH_4)_2SO_4$ . . . . | 0,21 | 0,17 | 0 04 |
| 2 „ „ „ . . . . | 0,36 | 0,31 | 0,05 |
| Месяц „ „ . . . . | 0,72 | 0,66 | 0,06 |
| 1 сутки с 10% „ . . . . | 0,63 | 0,57 | 0,06 |
| 2 „ „ „ . . . . | 0,75 | 0.70 | 0.05 |
| Месяц „ „ . . . . | 1,14 | 1,06 | 0,08 |
| 2 суток с 30% „ . . . . | 0,85 | 0,73 | 0,12 |

Jodidi, обрабатывая торф водой, а затем соляной и серной кислотами, переводил в раствор до 40—60% азота. Из этого количества было определено:

| | |
|---|---|
| Аммиачного азота . . . . . | 2,52 |
| Амидного азота . . . . . | 26,80 |
| Диаминокислотн. азота . . . . . | 5,00 |
| Моноаминокислотн. азота . . . . . | 65,68 |

В результате своих исследований автор приходит к заключению, что большая часть азота гумуса содержится в форме амидов и аминокислот[1]). С чем связана меньшая часть азота, осталось, как и в работах Дояренко, невыясненным.

Параллельно с изучением вопроса о формах азотистых соединений шло и исследование зольных элементов почвенного гумуса. Целый ряд исследователей отмечал в своих работах, что зольные элементы гумуса не осаждаются теми обычными реактивами, какие осаждают их из растворов, что сера содержится в гумусе не в виде серной, а фосфор не в виде фосфорной кислот. Таким образом оказывалось, что зольные элементы гумуса не насыщают его кислот с образованием солей и сами не образуют кислот. Впервые Густавсон гипотетически высказался о формах соединений зольных элементов в гуминовой кислоте следующим образом: „Так как соединения гумусового вещества с элементами минеральных солей не разлагаются щелочами, то можно сделать следующее предположение о химической натуре этих соединений. Есть вероятность, что гумусовое вещество чернозема содержит, кроме кислотных водных остатков, и спиртовые, водород которых может быть замещен металлами со слабым кислотным характером, как, например, железом, алюминием. В золе гумусового вещества находятся в значительном количестве именно эти многоатомные металлы и они могут являться связующими звеньями между остальной минеральной частью минерального соединения (фосфорная кислота, кремневая кислота, частью насыщенные другими основаниями) и органическим веществом. Подобное соединение не должно разложиться щелочами, потому что водород спиртовых водных остатков не может замещаться радикалами с щелочным характером, и это находится в соответствии с фактами".

Напоминаем здесь указание Гоппе-Зейлера, согласно которому вещества гумуса с KHO и водой при 200° Ц. дают, между прочим, протокатехиновую, т. е. одну из диоксибензойных кислот состава $C_6H_3(HO)_2COOH$, где имеются фенольные водные остатки. Прибавим к сказанному, что, по мнению Рейнитцера, в гуминовой кислоте присутствует или альдегидная группа, или гидроксильная, как в феноле, или та и другая. Такое предположение основано на способности гуминовой кислоты восстановлять феллингов-реактив.

[1]) См. также Valmari Abh. der Agrik.-Wissensch. Gesellsch. in Finnland. 1912, H. 3.

Такова краткая история изучения гумусовых кислот и попыток проникнуть в химическую конституцию веществ гумуса. Подробнее останавливаться на работах всех перечисленных выше авторов, как и других, не названных в предыдущем изложении, мы не можем, да едва ли это теперь представляется существенно необходимым[1]). В последние годы завеса, скрывавшая от нас химическую природу гумуса, значительно приподнята, и есть основание полагать, что немного времени потребуется для того, чтобы дать стройное учение о химизме гумусовых веществ и связать этот химизм с химизмом микробиологических процессов в почве.

Однако, раньше чем мы будем говорить о новейших, преимущественно американских работах, разъясняющих химическую природу гумуса, необходимо отметить еще одно направление в изучении гумуса, направление, клонившееся к ниспровержению теории гумусовых кислот.

Еще в 1888 г. фан Беммелен, говоря о зависимости поглотительной способности почв от почвенных коллоидов, попутно поставил или наметил ряд других вопросов, на которые в то время обратили сравнительно мало внимания, так как исследования в области коллоидной химии тогда только еще начинались, несмотря на то, что самое понятие о коллоидах было введено в химию в начале шестидесятых годов[2]). Среди вопросов, выдвинутых фан Беммеленом, был и вопрос о почвенном гумусе. По отношению к последнему исследователь вполне определенно подчеркивал, что зольные элементы, входящие в состав гумуса, образуют там не какие-либо определенные химические, а так называемые „поглотительные соединения", что растворы гуминовой кислоты в щелочах являются псевдорастворами, ибо ничтожного количества щелочи достаточно для того, чтобы перевести гуминовую кислоту в раствор, что осадки гуминовой кислоты, получаемые с помощью солей кальция, также не могут быть рассматриваемы, в строгом смысле, как кальциевые гуматы, так как опять-таки небольших количеств известковых солей достаточно, чтобы заставить коагулировать гуминовую кислоту. Поглощенный аммиак, по его мнению, также не образует обыкновенного химического соединения, хотя свойства, принадлежащие аммиаку, в значительной степени утрачены. Правда, несколько дальше фан Беммелен оговаривается следующей фразой: „может ли существовать собственно химическое соединение между гуминовой кислотой и окисью металла и какое, или не скрыто ли химическое соединение в коллоидном комплексе, этого мы до сих пор не можем установить".

Несколько позже в своей работе о составе и образовании соединений железа в болотах фан Беммелен говорит в примечании, что термины: гуматы, ульматы и т. д. не должны более употребляться, а следует ввести термины: золи и гели, например, гумусно-железистый гидрозоль, гумусно-железистый гидрогель. Названия: гуминовая кислота, ульминовая кислота, апокреновая кислота и т. д. обозначают неопределенные комплексы коллоидальных веществ.

Еще позже, говоря о явлениях „абсорбции", фан Беммелен вновь подчеркивает, что „поглотительные соединения" не представляются химически определенными соединениями и что абсорбция не есть химическое связывание. В той же работе автор отмечает способность гелей при абсорбции вызывать гидролиз солей, даже с сильными основаниями и кислотами, и по отношению к коллоидным веще-

[1]) Подробнее о некоторых работах см первое издание этой книги, а также Baumann und Gully, частью Жолцинский. Русский почвовед, 1914 и Трусов.

[2]) Graham. Proceed. of the Roy. Soc. 1861 and 1864.

ствам гумуса напоминает о их способности разлагать в небольшом количестве хлористый аммоний, карбонаты, фосфаты и бораты, при чем образуются кислые соли и поглощается основание. На этой способности гумусовых веществ мы остановимся еще в главе о выветривании, а потому пока подробнее на эту тему распространяться не будем.

Прежде чем итти дальше в вопросе о коллоидных свойствах гумуса, отметим здесь, что далеко не все исследователи стоят на точке зрения фан Беммелена по отношению к поглотительным соединениям. Так, Робертсон[1]), рассматривая критически те положения, которые установлены фан Беммеленом и Оствальдом по отношению к явлениям абсорбции, приходит к выводу, что все эти положения относятся в равной мере и к определенным химическим соединениям, и что поэтому поглотительные соединения могут быть рассматриваемы в качестве определенных химических соединений. Вейморн[2]) высказывает мысль, что в действительности не существует никаких коллоидно-химических соединений, и уклонение от закона стехиометрических отношений (которое в этих комплексах замечается) обусловливается тем, что в системах, которые именуются коллоидно-химическими соединениями, мы имеем дело с более или менее тонкими физическими смесями, состоящими из нескольких химических соединений, подчиненных законам стехиометрических отношений. Очень часто эти вполне определенные химические соединения находятся в состоянии превращения в другие, более постоянные соединения". Оссан Аскан, изучая свойства гумусовых веществ (гумусовых золей), находящихся в составе северных пресных вод, приходит к заключению, что гуматы образуются благодаря химическим реакциям. Свен-Оден считает, что некоторые составные части гумуса дают истинные растворы.

Идеи фан Беммелена развивались, однако, дальше, в большой работе Бауманна и Гулли. Основным выводом этой работы является сомнение в том, что гумусовые кислоты действительно представляются кислотами. Доводы, приводимые Бауманном и Гулли в подтверждение своих сомнений, таковы: 1) гумусовые вещества суть коллоиды и, в качестве таковых, дают поглотительные соединения. Отсюда следует, что так называемые гуматы не являются солями: они не обнаруживают характерных свойств металлических солей, а именно цвета и ионной реакции: железные гуматы не зеленые и не желтые, медные гуматы не зеленые и не голубые; в железном гумате нельзя обнаружить железо действием красной соли; 2) растворы гуминовой кислоты не обнаруживают электропроводности; 3) гуминовая кислота способна вступать в соединения и с кислотами, и с основаниями.

Мы не будем останавливаться здесь на критике положений Бауманна и Гулли, а о сделанных им с разных сторон возражениях скажем ниже, но не можем не отметить наличности во всей постановке вопроса логической ошибки. Коллоидность вещества ничуть не говорит о принадлежности этого вещества к той или иной химической группе. Если вещество коллоидно, то отсюда отнюдь не следует вывода, что это вещество не может быть в то же время и кислотой. Коллоиды известны и в группе кислот, и в группе оснований, и в группе солей, и, повидимому, всякое вещество можно получить в коллоидном состоянии при определенных условиях.

Мы вовсе не хотим отрицать того положения, что вещества гумуса являются коллоидами. Напротив, это положение может в настоящее

[1]) Robertson. Kolloid.-Zeitschr., B. III, H. 9, 1908.
[2]) Weimarn. Kolloid.-Zeitschr., B. IV, H. 5, 1909.

время считаться совершенно определенно установленным, но сделать из него те выводы, которые сделаны Бауманном и Гулли, нельзя.

Новейшие исследования Густава Фишера позволили ему сделать заключение, что гумусовые коллоиды представляются чрезвычайно тонкочастичными, ибо при ультрафильтрации они проходят отчасти через 7,5% ультрафильтр. Сухой остаток, получающийся при выпаривании гумусового золя, у большинства почв представляет необратимый коллоид. Ультрамикроскопически были замечены зеленовато-желтые (частью желто-красные) частицы. Кроме поляризации света была констатирована флюоресценция. Световой конус был совершенно неразложим. На основании различных наблюдений можно сказать, что гумусовые коллоиды близки по свойствам к некоторым органическим краскам. Мы приводим пока эти выводы из работы Фишера, к которой нам придется еще возвратиться впоследствии, чтобы подчеркнуть, что коллоидальность многих веществ гумуса стоит вне сомнений.

Работа Бауманна и Гулли вызвала целый ряд весьма существенных возражений со стороны Ринделя, Такке и Зюхтинга, Эренберга, Свен Одена, а частью и Фишера. Риндель отмечает, между прочим, что электропроводность гуминовой кислоты ничуть не меньше электропроводности миллинормальных растворов уксусной кислоты или углекислоты. Такке и Зюхтинг выражают свои несогласия с Бауманном и Гулли в 20 положениях, из коих мы отметим следующие:

1) Крахмал, как коллоид, не способствует растворению $P_2O_5$ из $Ca_3(PO_4)_2$, тогда как гумусовые коллоиды вызывают растворение.

2) Крахмал и клетчатка не выделяют уксусной и минеральных кислот из их солей, как это делают вещества гумуса.

3) Синего окрашивания смеси иодистого калия, иоднокислого калия и крахмального клейстера нейтральные коллоиды не вызывают, а гумус вызывает.

4) Торф (гумус) инвертирует сахарозу, выделяет с металлическим железом водород.

Не останавливаясь на других возражениях Бауманну и Гулли, отметим лишь, что в упомянутой работе Фишера кислотность гумуса была непосредственно измерена путем определения концентрации водородных ионов.

В возражениях теперь уже нет, в сущности, и надобности, так как новейшие работы доказали присутствие в составе гумуса довольно разнообразных кислот. К этим работам мы теперь и переходим.

Суцуки первому удалось при помощи Фишеровского метода этерификации изолировать из гумуса аминокислоты, а именно:

Аланин или аминопропионов. к-та . . . . . $[CH_3CH(NH_2)]COOH$
Лейцин „ аминокапронов. „ . . . . . $[CH_3(CH_2)_3CH(NH_2)COOH$
Аспарагинов. к-та или аминоянтарная . . . . . $[CH(NH_2)COOHCH_2COOH]$
Глутаминовая к-та . . . . . $(CH_2)_2CH.NH_2(COOH)_2$
Тирозин или оксифенил-амино-пропионовая к-та . . $[C_6H_4(HO)CHNH_2COOH$
Пролин, Аминовалерианов. кисл., Гистидин—следы.

Затем Робинзон, пользуясь теми же методами, выделил из торфа лейцин, изолейцин, которые можно рассматривать, как типичные продукты распада белковых веществ.

Особенно много соединений было выделено Шрейнером и Шори (Shorey), отчасти в сотрудничестве с Sullivan'ом, Skinner'ом и Lathrop'ом.

Шрейнер и Шори получали из почвы растворимый гумус с помощью 2% раствора едкого натра. При этом оставалась нерастворенной часть гумуса, соответствовавшая 24,1% всего количества углерода, содержавшегося в почве. В растворе, следовательно, было свыше 75% углерода. Этот раствор обрабатывался затем соляной кислотой, при чем выпала из раствора та часть гумуса, которая называлась гуминовой кислотой. В ней содержалось 36,6% углерода. Фильтрат, оставшийся после выпадения „гуминовой кислоты", содержал диоксистеариновую кислоту, пиколин-карбоновую кислоту, ксантин, гипоксантин, цитозин, гистидин, аргинин и пентозаны [1]). „Гуминовая кислота" нагревалась с алкоголем, при чем перешло в раствор 21,2% углерода. Нерастворимый остаток обрабатывался петролейным эфиром, в котором не растворились смоляные кислоты и эфиры этих кислот. В растворе были найдены: монооксистеариновая кислота, кислоты парафиновая, лигноцериновая, агроцериновая, глицериды (жиры), агростероль, фитостероль. Кроме того, были найдены энтриаконтан и креатинин. Позже те же исследователи выделили еще щавелевую кислоту [2]), янтарную, акриловую, сахариновую, лизин, аденин, холин, триметиламин, салициловый альдегид, маннит, рамнозу, тритиобензалдегид, нуклеиновую кислоту и не определенный еще альдегид.

Таким образом, вещества, выделенные Шрейнером, Шори и их сотрудниками из гумуса, составляют следующий ряд:

Безазотистые соединения

Углеводороды:

Энтриаконтан ($C_{31}H_{64}$).

Кислоты:

Щавелевая ($C_2H_2O_4$)

Янтарная ($C_4H_6O_4$)

Акриловая ($C_3H_4O_2$)

Сахариновая ($C_6H_{12}O_6$)

Бензойная ($C_6H_5COOH$)

Метаокситололовая $[C_6H_2(CH_3)_2(HO)]COOH$

Монооксистеариновая ($C_{18}H_{36}O_3$) или $[C_{17}H_{34}(HO)COOH]$

Диоксистеариновая ($C_{18}H_{36}O_4$) или $[C_{17}H_{33}(HO)_2COOH]$

Агроцериновая $[C_{20}H_{40}(HO)COOH]$ или $C_{21}H_{42}O_3$

Лигноцериновая, Параффиновая } $C_{24}H_{48}O_2$

Смоляные кислоты (изомеры сильвиновой к-ты) [3]) — $C_{40}H_{58}O_2$

Эфиры, спирты, альдегиды, углеводы:

Эфиры смоляных кислот.

Фитостероль и агростероль (близкие к холестеридам соединения) $C_{26}H_{44}OH_2O$.

Жиры (глицериды жирных кислот) [4])

Маннит $C_6H_{14}O_{16}[C_6H_8(HO)_6]$

Рамноза $C_6H_{14}O_{10}$

Тритиобензалдегид $(C_6H_5CHS)_3$

---

[1]) Пентозаны находили и раньше, напр., v. Feilitzen; Tollens, Michelet und Sebelien. При нагревании почвы с соляной кислотой слышен запах фурфурола (Сабанин, Геммерлинг), получающегося из пентозанов; см. Геммерлинг. „Почвоведение", 1907, 307—314.

[2]) Mach F. нашел в почве щавелевокислый Ca. Последний, по данным Bassalik'a, (Jarb. f. wissensch. Botanik, 1913, Bd. 35, p. 225) разлагается особым микробом.

[3]) См. Шкателов В. О химическом составе смол. Москва, 1889 г. О присутствии в торфе и почвах смол и воскообр. веществ см. Wollny.—Die Zersetzung d. org. Stoffe... Егоров, Жур. Оп. Агр., 1908, стр. 34

[4]) См. Rahn, O. Centralbl. f. Bacteriol. Bd. XV, 1905, № 2—3.

Салициловый альдегид—$C_6H_4OH.COH$
Ванилин $[C_6H_3(CH_3O)(OH)CHO]$
Пентозаны $C_5H_8O_4$

Азотистые соединения

Аргинин $C_6H_{14}O_2N_4$ (гуанидин-аминовалериановая к-та)
Гистидин (имидазол-аминопропионовая кислота) $C_6H_9O_2N_3$
Цитозин $C_4H_5ON_3H_2O$
Ксантин $C_5H_4O_2N_4$
Гипоксантин $C_5H_4ON_4$
Креатинин $C_4H_7N_3O$
Аденин $C_5H_5N_5$
Холин $C_5H_{15}O_2N$
Лизин $C_6H_{14}O_2N_2$
Триметиламин $C_3H_9N$
Пиколин-карбоновая кислота—$C_7H_7NO_2$
Нуклеиновая кислота.

Просматривая этот ряд соединений, а также и соединений, выделенных другими исследователями, мы видим среди них две группы веществ: 1) соединения, которые мало разлагаются микроорганизмами: смолы, воскообразные вещества, отчасти жиры, пентозаны и 2) промежуточные продукты распада белков (аминокислоты, дигидростеариновая кислота [1]), нуклеопротеидов (цитозин, ксантин, гипоксантин), алкалоидов и эфирных масел (присутствие метоксильной группы углеводов). Иначе говоря, состав веществ гумуса представляется таким, каким его и следовало ожидать на основании знакомства с микробиологическими процессами распада органического вещества.

Из рассмотрения работ Шрейнера и Шори видно, что некоторую часть органических веществ им не удалось выделить из почвы и, таким образом, мы не знаем, во-первых, из каких соединений состоят вещества, слагающие так называемый гумин (и ульмин), а, во-вторых, не знаем и состава некоторой части тех соединений, которые вытягиваются из почвы раствором щелочи [2]).

Шрейнер и Шори дают следующую классификацию выделенных ими соединений:

Обработка почвы щелочью (2% раствор)

| **Нерастворимое** | **Осадок от соляной к-ты** | **Кислый фильтрат** |
|---|---|---|
| Гумин | Гуминовая | Креновая |
| и ульмин | (и ульминовая) к-ты: | и апокреновая к-ты: |
| | Смоляные кислоты | Диоксистеариновая к-та |
| | Эфиры смоляных кислот | Пиколин-карбоновая к-та |
| | Глицериды жирных к-т (жиры) | Пентозаны |
| | Агростерин | Ксантин |
| | Фитостерин | Гипоксантин |
| | Парафиновая кислота | Цитозин |
| | Лигноцериновая „ | Гистидин |
| | Агроцериновая „ | Аргинин |

Из этой классификации можно усмотреть, что группа „гуминовой кислоты“ должна отличаться малой подвижностью, малой растворимостью, а потому и слабо выраженной кислотностью, а группа

[1]) См. Mörner,—Zeitschr. f. physiol. Chemie, 1901, 42, 121.

[2]) Walters, E. H. und Wise L. E. (Journ. of. Agric. Research, т. VI. № 25. 1916) нашли в почве α—кротоновую кислоту $[CH_3.CH.CH.COOH]$

„креновой и апокреновой кислот" значительно более подвижна, более растворима и должна обладать более определенно выраженными кислотными свойствами.

Критики работ американских исследователей указывали, что полученные ими соединения могли образоваться в периоде обработки гумуса реактивами, но если бы это отчасти и было справедливо, то во всяком случае, полученные ими соединения указывают на те первоисточники, из которых они произошли.

Не следует думать, что в каждой почве мы непременно найдем все соединения, которые были выделены различными исследователями. Работы тех же Шрейнера и Шори показывают, что во всех 23 почвах, взятых из 11 штатов С. Америки, найдены были лишь пентозаны. Аргинин[1]) найден всего в двух почвах, гистидин в 17, цитозин в 10, ксантин в 5, гипоксантин в 9. Агроцериновая, лигноцериновая, парафиновая и монооксистеариновая кислоты, а также агростероль, фитостероль и энтриаконтан 1 или 2 раза. Диоксистеариновая кислота была найдена 11 раз в 26 пробах, при чем только один раз она была найдена без одновременного нахождения ксантина или гипоксантина.

Из этих данных следует, что „гуминовая кислота" одной почвы может иметь иной состав, чем „гуминовая кислота" другой. Точно также могут быть неодинаковы группы „креновой и апокреновой кислот" в различных почвах. К сожалению, у нас до сих пор еще нет данных для суждения о том, чем отличаются друг от друга различные типы почвообразования, как подзол, чернозем, латерит и пр. в отношении состава веществ гумуса. В том, что такие отличия существуют и должны существовать, едва ли может быть сомнение. На это указывает, между прочим, работа Хаинского, который показал, что гумус подзола, чернозема и каштановой почвы неодинаков по своему составу и свойствам.

В последние годы появились две большие работы о гумусе: одна из них принадлежит шведскому исследователю Свен Оденну[2]), вторая—русскому—А. А. Шмуку[3]).

Обе эти работы возвращают нас к прежним представлениям о гумусе.

Свен Оден различает в составе почвенного перегноя:

1) Гумусовые угли, нерастворимые в воде, алкоголе и щелочи, не диспергирующие (т. е. не дающие коллоидного распыления) в воде и разбухающие в щелочи (гумин, ульмин, геин, муллевый уголь старых авторов).

2) гуминовые кислоты следующих наименований:

а) гумусовая кислота, в воде трудно, в алкоголе нерастворимая, диспергирующая в воде и в меньшей степени в алкоголе и растворимая в щелочи. Щелочные соли растворимы в воде, в алкоголе же только диспергируют (гуминовая, геиновая, муллевая и т. д. кислоты старых авторов);

---

[1]) В трех образцах русских черноземов (Симбирском, Кубанском и Чишминском) Шмуком были выделены аргинин и лизин. Количество азота в аргинине выражается для трех упомянутых почв величинами 0,0130; 0,0120 и 0,0130, для азота лизина—0,0160; 0,0141; 0,0114.

[2]) Sven Oden. Die Huminsäuren. Chemische, physikalische und bodenkundliche Forschungen.— Kolloidchemische Beiheft, herausgegeben von Prof. Wo. Ostwald, Bd. XI. 1919.

[3]) Шмук, А. К химии органического вещества почвы. Труды Кубан. Сельхоз. Инст. т. I, вып. 2, 1924.

б) гиматомелановая кислота, в воде трудно, в алкоголе растворимая. В воде легко диспергирует, при чем возникают суспензоидные (с более грубыми частицами) и коллоидные растворы. Растворима в щелочи. Щелочные соли в воде растворимы, в алкоголе диспергируют (гумусовая, гуминовая, ульминовая, торфяная и пр. кислоты старых авторов);

в) фульвокислоты (т. е. окрашенные в желтый цвет), с водой и алкоголем дающие истинные растворы; растворимы в щелочи. Большинство солей растворимо в воде (креновая, апокреновая, геиновая кислоты старых авторов).

Эти последние кислоты, дающие с водой желтые или желтовато-бурые растворы, находятся особенно в болотных водах. Оптически пустые и ультрафильтрованные растворы фульвокислот, по истечении нескольких месяцев, переходят в смесь гумусовой и гиматомелановой кислот (в течение нескольких часов можно уже заметить ультрамикроскопические субмикроны (не более 5μμ) [1]).

Исследователь, как видно из предыдущего, не отрицает коллоидного характера гумусовых веществ, но возражает против тех положений Baumann'a и Gully, о которых мы говорили в своем месте, что вещества гумуса, как коллоиды, не дают каких-либо определенных химических соединений, а образуют так называемые абсорбтивные соединения, что следовательно, между гумусом и каким-либо раствором не происходит химической реакции и что гумусовых кислот не существует.

Шмук, на основании изучения литературы вопроса и отчасти собственных исследований, приходит к следующим выводам:

Органические вещества почвы, в целом, представляют смесь различных органических соединений, при чем большая часть веществ, выделенных из почвенного гумуса американскими исследователями, не принадлежит к числу соединений, постоянно присутствующих в почвах, а стоят в тесной связи со случайными культурами различных почв.

Главная масса почвенного перегноя принадлежит не этим соединениям, и представляет своеобразное вещество. Значительную часть его можно получить, действуя на почву щелочью и осаждая затем соляной кислотой. Выделяемая таким путем гуминовая кислота содержит азот; кислый ее характер обусловлен явлениями абсорбции, благодаря коллоидному характеру вещества и присутствию карбоксильных групп. Соли гуминовой кислоты не являются истинными солями, составленными стехиометрически, а сложными химическими и адсорбционными соединениями.

Растворимость гуминовой кислоты в воде очень мала и представляет, в сущности, переход из геля в золь и связана с нахождением других защитных коллоидных веществ. При подходящих условиях возможно приготовить стойкий коллоидный раствор, обнаруживающий все свойства устойчивых органических эмульсоидов.

В гуминовой кислоте находятся бензольные ядра с боковыми цепями; гидроксильные группы присутствуют в гуминовой кислоте, вероятно, как боковые цепи бензольных ядер.

Ненасыщенный характер вещества обнаруживается как легкой окисляемостью хамелеоном, так и непосредственным присоединением галоидов.

Вопрос о зольной части гуминовой кислоты мало освещен: можно предположить, что это зола белка, который среди органических веществ почвы всегда присутствует.

[1]) μμ = 0,000001 мм.

Таковы выводы, основанные, преимущественно, на изучении литературных данных (отмеченная выше работа Свен Одена не была, повидимому, принята во внимание).

Собственные лабораторные исследования автора приводят его к заключению, что вещество, называвшееся гуминовой кислотой, очень сложно по составу и, кроме незначительного количества соединений, растворимых в эфире, бензоле, лигроине и хлороформе, содержит до 14% смоляных кислот и их эфиров и до 80% специфического вещества, за которым собственно и следует удержать название гуминовой кислоты.

Это последнее вещество имеет резко кислый характер и содержит как гидроксильные, так и карбоксильные группы. Вещество это коллоидно и может встречаться в двух формах: растворимого и нерастворимого в воде. Свежеосажденное из щелочного раствора оно растворяется легко в воде, но не диффундирует через перепонки.

Состав гуминовой кислоты таков: С—61.8; Н—4.2; N—3.2 (на беззольное вещество). Зола не соединена с ней органически, но представляет трудно отделимую примесь. Азот в ней содержится в форме белкового. При продолжительном гидролизе часть вещества переходит в раствор, а нерастворимый осадок содержит меньшее количество азота.

Автор полагает, что существует химическая аналогия между меланиновыми белковыми веществами, искусственными гуминовыми веществами и гуминовой кислотой почвы. Их состав выражается приблизительно формулой $(C_5H_4O_2)$ n.

Подводя итоги всему сказанному о химическом составе гумуса, следует отметить, что далеко не все еще здесь ясно и определенно, и вопрос, несомненно, нуждается в дальнейшей разработке.

Различаются друг от друга почвы и в отношении содержания зольных элементов, связанных с веществом гумуса, хотя и этот вопрос недостаточно еще освещен, и экспериментальные исследования в этой области представляют известные трудности. Для того, чтобы получить из почвы достаточное количество гумуса, приходится обрабатывать ее щелочью. Последняя, однако, не только переводит в золеобразное состояние вещества гумуса, но способствует и взвешиванию в растворе тончайших минеральных частичек почвы. В этом случае тонкие минеральные суспензии проявляют свойства отрицательных коллоидов, и освободиться от них нацело фильтрацией гумусовых коллоидных растворов через обыкновенные фильтры нельзя. Для того, чтобы быть уверенным, что определяемая в составе гумуса зола действительно принадлежит элементам, химически связанным с органогенами, а не посторонней механической подмеси иловатых частиц почвы, нужно щелочные вытяжки, получаемые из почвы, фильтровать через пористый глиняный фильтр (свеча Chamberlain'a, Бунзеновский стакан—Нефедов). Насколько такой прием очищения гумусовой вытяжки рациональнее приема многократных осаждений и растворений, употреблявшегося многими исследователями, можно видеть из сопоставления данных прежних и более новых исследователей. Все определения в вытяжках, профильтрованных через глиняные фильтры, дают сравнительно меньшие количества золы, чем всякие другие определения.

Благодаря различным методам, те цифровые данные, которые получались различными аналитиками, не сравнимы между собой; тем не менее мы сообщим здесь некоторые результаты, чтобы дать представление о составе золы и процентных отношениях зольных элементов,

которые входят в состав веществ гумуса и, главным образом, той группы его, которая называлась гуминовой кислотой.

| | Тульский чернозем (Гаврилов) | | Полтавский чернозем (Родзянко) | |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 42,12% | | 43,21% | |
| $Fe_2O_3$ | 9,80 | 36,57 | 25,14 | 38,75 |
| $Al_2O_3$ | 26,77 | | 13,61 | |
| $P_2O_5$ | 15,50 | | 15,56 | |
| CaO | — | | 1,87 | |
| $K_2O$ | 2,40 | | 0,88 | |

Данные Эггерца (по Костычеву)

| | Глинистая почва (тип неизвестен) | Болотная почва |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 38,8 | 13,7 |
| $Al_2O_3+Fe_2O_3$ | 32,9 | 45,2 |
| $P_2O_5$ | 14,9 | 4,6 |
| CaO | 0,8 | 0,9 |
| MgO | 0,5 | — |
| $K_2O$ | 2,8 | 1,2 |
| $Na_2O$ | 1,0 | 1,4 |
| $SO_3$ | 8,0 | 32,7 |

Данные Снайдера (Snyder)

| | Средний образец из 20 почв | Средний образец из 8 почв |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 51,75% | 61,97% |
| $Al_2O_3$ | 3,72 | 3,48 |
| $Fe_2O_3$ | 5,12 | 3,12 |
| $P_2O_5$ | 21,55 | 12,37 |
| CaO | — | 0,9 |
| MgO | 3,26 | 0,36 |
| $K_2O$ | 12,02 | 7,50 |
| $Na_2O$ | 2,48 | 8,13 |
| $SO_3$ | 1,25 | 0,98 |

Даже из этих отрывочных и не вполне сравнимых данных можно видеть довольно существенные различия между почвами различных типов (чернозем и болотная почва). Можно думать, что систематическое изучение вопроса о количестве зольных элементов и их составе в различных типах почвообразования доставит интересные данные, но вопрос этот все еще ожидает своего исследователя.

Характеризируя с химической стороны гумус различных почв, следует отметить относительное богатство гумуса сухих стран азотом. На это обстоятельство было обращено внимание Гильгардом при изучении почв сухих областей Сев. Америки. То же подтверждено Руцковым для Туркестана [1]).

Все сообщенные данные заставляют нас признать, что в различных почвенных типах земного шара химический состав гумуса и входящих в его комплексы зольных элементов далеко неодинаков, и перед нами тотчас же встает вопрос о причинах этих различий. Задумываясь нам этим вопросом, можно было бы заподозрить неодинаковый количественный состав микроорганизмов, населяющих различ-

[1]) Alway, F. and Bishop. E. (Journ. of Agric. Research, т. X, 1916) в 16 почвах Калифорнии нашли: в среднем, 8,3% азота в гумусе, в то время, как в почвах влажных районов находят не более 5%.

См. также Lipman, Chas. B. Soil Science, vol. I, № 3.

ные почвы, а затем и неодинаковость внешних и внутренних (по отношению к почвам) условий, при которых приходится жить микроорганизмам. Над рассмотрением этих предположений мы теперь и остановимся.

### Распределение микробов в почвах

Почва представляет наиболее благоприятную среду для обитания и жизнедеятельности микроорганизмов, так как в большинстве случаев они находят здесь для себя обильную пищу. По словам Дюкло, все микробы должны существовать в почве, из почвы же они попадают в воду и в воздух, а из воздуха, вместе с атмосферными осадками, вновь возвращаются в почву [1]).

Так как микроорганизмы, в большинстве случаев, требуют для своего питания органических веществ, то уже a priori следовало заключить, что различные почвы должны быть неодинаково богаты микробами и что во всякой почве содержание микробов должно увеличиваться в поверхностных горизонтах. Существующие исследования вполне подтверждают эти априорные соображения.

Кроме того, количество почвенных микроорганизмов зависит от времени года, количества осадков и влажности почвы. Те сложные явления передвижения влаги в почве, которые обусловливаются как климатическими факторами (сила инсоляции, сила и влажность ветра), так и свойствами самой почвы (капиллярность, влагоемкость, поглотительная способность почвы и проч.) должны отзываться на перемещениях микроорганизмов в почвенной массе.

В почвах, богатых органическими веществами, количество микробов, вообще, громадно. Микель в одном грамме почвы на глубине 2 дециметр. насчитывал от 700.000 до 900.000 микроорганизмов. Наблюдения Роберта Коха, произведенные несколько раньше, привели к таким же результатам. Исследованные им почвы Берлина и его окрестностей также содержали большое количество микроорганизмов. Богатство почвы микроорганизмами уменьшается с глубиной, и уже на глубине 1 метра Кох нашел лишь небольшие количества микробов.

По данным Маджиора, почвы, не бывшие под культурой, содержат не особенно много микроорганизмов; он определяет их содержание от 16.000 до 152.000 на 1 грамм почвы.

Фюллес, на основании своих исследований, дает следующие величины:

| | | |
|---|---|---|
| Лесная земля | на поверхности | 600.000 |
| | в глубине | 128.000 |
| Луговая земля | на поверхности | 1.400.000 |
| | в глубине | 131.000 |
| Пахотная земля | на поверхности | 1.500.000 |
| | в глубине | 330.000 |

Фюллес приходит к выводу, что в лесных и луговых почвах находится наиболее пестрая смесь различных микроорганизмов. В почвах виноградников и пахотных землях наблюдается большая правильность.

Более подробные данные относительно распределения микроорганизмов в вертикальном сечении почвы доставили исследования Френкеля. Они же дают некоторое представление о зависимости

[1]) Современное положение вопроса об изучении почвенной микробиологии см. у Waksmann, S. Soil Science, Vol. XIX, № 3, 1925.

количества почвенных микроорганизмов от времени года. Самый поверхностный слой почвы, подвергающийся действию света и высыханию, содержит обычно меньшие количества микробов, чем на глубине второго сантиметра от поверхности.

Результаты наблюдений Френкеля приведены в двух ниже помещаемых таблицах, из коих первая относится к нетронутой почве окрестностей Потсдама, а вторая—к почвам различных мест Берлина. Эти данные позволяют сделать только один прочный вывод, что главная масса микроорганизмов приурочивается к верхним горизонтам почвы, и на сравнительно небольших глубинах наблюдается резкий переход к слоям, содержащим ничтожное количество зародышей. Влияние времени года не сказалось столь определенно может быть, потому, что нет параллельных определений температуры и влаги различных горизонтов почвы.

Количество бактерий в 1 куб. сантиметре

| Глубина почвы и подпочвы | 24 апреля | 27 мая | 12-го июня | 9 июля | 14 августа | 4 сентября | 2 октября | 3 ноября | 16 марта |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Поверхность . | — | 150.000 | 110.000 | — | 300.000 | 95.000 | 130.000 | 55.000 | 80.000 |
| 0,5 метра . . | 70.000 | 200.000 | 90.000 | — | 240.000 | 65.000 | 100.000 | 75.000 | 85.000 |
| 0,75 „ . . | 25.000 | — | — | — | 40.200 | 3.000 | — | 8.000 | — |
| 1 метр . . . | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 4.300 | 80.000 | 600 | 40.000 | 7.000 | 3.000 |
| 1,5 „ . . . | 200 | 15.000 | 2.000 | 400 | 500 | 700 | 600 | 200 | 300 |
| 2 „ . . . | — | 2.000 | 600 | 300 | 400 | — | 700 | 100 | 200 |
| 2,5 „ . . . | 250 | 500 | 700 | — | 100 | — | 150 | — | 150 |
| 3 „ . . . | — | 3.000 | 100 | — | — | 150 | — | 1.500 | 100 |
| 3,5 „ . . . | — | — | 800 | — | — | 100 | 1.400 | 50 | 700 |
| 4 „ . . . | — | — | 150 | 300 | — | — | 600 | — | — |

II

Количество бактерий в 1 куб. сантиметре

| Глубина почвы и подпочвы | 20 июля | 26 июля | 7 августа | 8 августа | 1 ноября | 6 апреля | 11 ноября |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Поверхность . | 8.000 | 350.000 | 160.000 | — | 300,000 | — | — |
| 0,5 метра . . | 6.500 | 50.000 | 40.000 | — | — | — | — |
| 1 „ . . | 4.5000 | 800 | 10.000 | 35.000 | 1.000 | 100.000 | 80.000 |
| 1,5 „ . . | 3.500 | — | — | 50.000 | 2.000 | 180.000 | 20.000 |
| 2 „ . . | — | 750 | 6.000 | 15.000 | 3.600 | 65.000 | 48.000 |
| 2,5 „ . . | — | — | — | 20.000 | 300 | 70.000 | 650 |
| 3 „ . . | — | — | 800 | 500 | 1.000 | 8.1000 | 600 |
| 3,5 „ . . | — | — | — | 150 | 750 | — | 3.000 |
| 4 „ . . | — | — | — | — | — | — | 900 |

Тот же вывод относительно распределения микроорганизмов на различных глубинах позволяют сделать и наблюдения Реймерса, который получил следующие цифровые данные:

Почва на поверхности поля содержит 2.564.800 зарод. в 1 кб. см.
„ „ 2 м. глуб. (глина) „ 23.000 „ „ 1 „ „
„ „ 3,5 м. „ (гравий) „ 6.170 „ „ 1 „ „
„ „ 4,5 „ „ „ (песок) „ 1.580 „ „ 1 „ „
„ „ 6 „ „ „ (песчаник) „ 0 „ „ 1 „ „

В более новых работах (Waksmann и др.) количество микроорганизмов в 1 куб. см. почвы определяют уже миллионами.

При исследованиях, производимых через определенные промежутки времени, наблюдается иногда, что некоторые виды бактерий внезапно появляются в громадных количествах и также быстро исчезают, замещаясь или смесью бактерий, или каким-нибудь другим, сильно преобладающим видом.

На глубине метра встречаются иногда еще в большом количестве плесневые грибки, а дрожжевые организмы встречаются там уже чрезвычайно редко [1]).

По словам Омелянского, „в главной своей массе микробы принадлежат к числу типичнейших космополитов, рассеянных по всему лицу земли", однако и он отмечает при этом, что „географические и климатические факторы не остаются без влияния на их распространение". Что эти факторы влияют на количество и интенсивность работы микроорганизмов, в этом едва ли может быть сомнение, но об этом вопросе мы будем говорить несколько ниже. Теперь мы остановимся лишь на вопросе о влиянии этих факторов на качественный состав микрофлоры [2]).

Вопрос этот трудный и сложный, так как и самые методы нахождения в почвах тех или иных групп микробов недостаточно разработаны. Как метод Реми, так и метод Гильтнера и Штермера [3]) вызывают возражения, и может быть, при усовершенствовании методов, удастся показать, чем отличается микрофлора подзола от микрофлоры чернозема, латерита и пр. Пока исследование микрофлоры чернозема Папа Калантарианом привело автора к заключению, что каких-либо отличий в микрофлоре чернозема от микрофлоры других почв констатировать не удалось.

Если сравнивать микрофлоры таких резко различных областей земного шара, как полярные и тропические зоны, то подметить различия, не только количественные, но и качественные, возможно (Омелянский, стр. 161), если же сравниваются более близкие друг другу зоны, то дело уже становится более трудным. Однако, существуют все же некоторые наблюдения, устанавливающие определенные различия и для почв, лежащих недалеко друг от друга. Так, например, замечено, что в почвах, где накопляется значительное количество „кислого" гумуса, увеличивается содержание плесневых грибков, а содержание бактерий понижается. Масса болотных почв, по данным Фабрициуса и Фейлитцена, бедна бактериями. В частности, в этих почвах понижается нитрификация, как и в некоторых лесных (Буссенго, Шлезинг, Бауманн, Эбермайер, Мюнц, Вейс и др.), а потому в болотных почвах можно найти всегда больше аммиака, чем в рядом лежащих подзолистых. По данным Полтавской опытной станции, в ее почвах (лесные суглинки) накопляется меньше азотнокислых солей, чем в черноземных почвах.

Омелянский и Солунскова [4]) нашли Clostridium Pasteurianum во всех русских почвах, а Azotobacter не найден в песках Киргизской степи (Казакстан) и в торфяных почвах севера.

При изучении микроорганизмов почвы необходимо направлять исследование таким образом, чтобы изучать отдельно каждый горизонт почвы.

---

[1]) См. также Waksmann S. A. Soil Science, V. I, 1916 и vol. III, № 6, 1917. В последней работе исследователь изучал американские почвы, где им найдено 200 видов грибов. Почвы более холодного климата богаче мукоровыми и Penicillia, а почвы более теплого климата – Aspergilli. Почвы кислые и избыточно влажные богаче Trichodermae.

[2]) По этому вопросу см. Мишустин. Почвоведение, 1925 г. № 1—2, стр. 43—67.

[3]) Омелянский. Основы микробиологии, 2-е изд. СПБ. 1913, стр. 189—190.

[4]) Архив. биолог. наук, т. 18, 1915.

### Условия разложения органических остатков

Если качественная сторона микробиологических процессов не может считаться достаточно изученной для различных областей земного шара, то количественная их сторона выясняется более или менее определенно частью на основании лабораторных исследований, частью на основании наблюдений в природе.

Значение климатических факторов в процессах распада органического вещества становится нам понятным, когда мы узнаем, что температура и влага оказывают влияние на рост и жизнедеятельность микроорганизмов. Если исключить термофильные (нормально живущие при высоких температурах) бактерии и бактерии криофильные (нормально развивающиеся при низких температурах), то окажется, что optimum жизнедеятельности большинства микробов лежит между 26 и 38° Ц[1]). Большинство сапрофитных микроорганизмов имеют optimum от 20 до 30° Ц.

Судить об энергии разложения безазотистых органических остатков можно, до известной степени, по количеству выделяемой разлагающимися остатками угольной кислоты. Из ряда опытных данных в этом направлении [2]) мы отметим опыты Костычева. Исследователь наблюдал энергию разложения высушенных и измельченных березовых листьев при различной температуре и различной влажности. Результаты выражены в десятых долях миллиграмма $CO_2$ на 100 гр. вещества.

| Температура | Влажность в процентах | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 78,9 | 64,1 | 38,7 | 11,7 | 3,6 |
| 0—5° Ц. | 1950 | 2088 | 3254 | 43 | 0 |
| 17° „ | 3785 | 3445 | 5184 | 23 | 0 |
| 35° „ | 14913 | 15441 | 15022 | 122 | 0 |
| 50° „ | 5188 | 5494 | 5544 | 379 | 59 |
| 65° „ | 3821 | 3957 | 4132 | 657 | 102 |

Из этих опытов видно, что optimum разложения лежит при 35° Ц., но разложение не прекращается и при более высоких температурах.

По отношению к температурам нитрификации Шлезингом и Мюнцем установлено, что при 5° Ц. процесс протекает очень медленно, достигает optimum'а при 37° и совершенно прекращается при 55°.

Из вышеприведенных опытов Костычева достаточно ясно, что энергия разложения зависит не только от температуры, но и от влаги, что и понятно, так как, с одной стороны, известно, что высушивание убивает микроорганизмы, а с другой, что избыточная влага задерживает поступление кислорода воздуха, в отсутствии которого процессы разложения органических остатков идут медленно.

Те же заключения должны быть сделаны и по отношению к процессам нитрификации, на основании опытов Дегерена.

Если температура и влага разлагающейся среды меняются совместно, то получаются результаты, приводимые в нижеследующей таблице (опыты Вольни):

---

[1]) Температуры optimum'а, как показал Мишустин (как и maximum'а), колеблются в зависимости от климатических условий.

[2]) См. Wollny, E. Die Zersetzung der organ. Stoffe etc Heidelberg, 1897. По тому же вопросу см. Russel, E. I. and Appleyard, A. Journ. of Agric. Sc., 1917, vol. VIII, part 3. Авторы показали, что количества $CO_2$.$N_2O_5$ и числа бактерий совпадают. Главный фактор энергии разложения, по их мнению, температура.

| Компостн. земля | Объем углекислоты в 1000 объемах воздуха | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Температура . . . . . | 10°Ц. | 20°Ц. | 30°Ц. | 40°Ц. | 50°Ц. |
| Влажность . . . . . | 46,8% | 36,8% | 26,8% | 16,8% | 6,8% |
| Углекислота . . . . . | 33,18 | 62,27 | **73,23** | 66,83 | 14,42 |

Очевидно, что optimum разложения связан здесь с некоторыми средними условиями (30°Ц. и 26,8% влаги).

Таким образом, мысленно переносясь из лаборатории в природу, мы необходимо придем к выводу, что интенсивность распада органических веществ должна находиться в зависимости от климатических условий, так как от них прежде всего зависят температура и влажность поверхностных горизонтов земной коры. Эти условия определяют ту общую схему, в которой располагаются по лику земли различные типы разложения органических остатков. Иначе говоря, мы должны ожидать, что каждая своеобразная в климатическом отношении зона земного шара будет отмечена определенной энергией распада органических веществ, а следовательно, будет отличаться и количеством, и качеством гумуса своих почв от любой другой зоны. Так оно и есть на самом деле.

Необходимо, однако, добавить к сказанному, что температура и влага поверхностных горизонтов земной коры зависят не только от климата той или другой зоны земного шара, но и от различных местных условий, каковы: рельеф местности, характер материнской породы и тип растительности (напр., лес и степь). Все эти частные, местные причины вносят в общую схему целый ряд изменений: на общем фоне картины получаются различных размеров пятна, которые местами настолько часты, что заслоняют собой главный фон. Дело внимательного исследователя подметить и выяснить те частные причины, которыми обусловливаются те или другие уклонения в каждом данном случае, но все эти частности не должны стушевывать перед ним общей схемы.

Прежде чем говорить об этой общей схеме, отметим роль частных факторов, оказывающих влияние на процессы разложения органических остатков и прежде всего остановимся на рельефе. Влияния последнего сложны и многообразны. Наблюдая температуру и влагу воздуха и почвы, мы убеждаемся, что они не одинаковы на различных абсолютных высотах горных местностей, не одинаковы для плато и прорезающих его долин, не одинаковы для плоских равнин и котловин, не одинаковы, наконец, для склонов различной экспозиции и различной крутизны. Поэтому мы в праве ожидать, что почвы, залегающие на различных абсолютных высотах гор, будут не одинаковы по количеству и качеству гумуса, что в природе мы будем наблюдать определенное различие почв плато и долин, почв равнины и котловин, почв северных и южных склонов одинаковой крутизны. И действительно, мы все это наблюдаем.

Не говоря уже о горных кряжах, где, как мы увидим впоследствии, существуют резкие различия в почвах, лежащих на различных абсолютных высотах, не говоря о равнинах и котловинах, почвы которых иногда резко различны между собой по качеству и количеству гумуса, даже на склонах различных экспозиций мы наблюдаем иногда достаточно резкие различия в почвах.

Опыты Вольни относительно различия энергии распада органических остатков на склонах различных экспозиций не дали определенных результатов, отчасти в силу искусственности тех условий, в которых ставились опыты, но наблюдения в природе дают материал для совершенно определенных выводов. Так, известно, что в пределах

одной какой-либо зоны, напр., черноземной, почвы северных склонов богаче гумусом, чем почвы южных. Для черноземов Валуйского у. Воронежской губ. (Горшенин) получились в этом смысле вполне определенные результаты.

На границе двух зон, на северных и южных склонах наблюдаются различия не только в количестве, но и в качестве гумуса; здесь эти склоны несут нередко почвы различных типов. Так, например, в Восточной Сибири, на границе лесной и степной зон, южные склоны (солнцепек, по местной терминологии) покрыты почвами черноземного типа, а северные (сивера) несут почвы подзолистого типа.

Влияние механического состава на ход процессов разложения обусловливается тем, что мелко- и крупнозернистые породы не одинаково влагоемки, воздухопроницаемы и не одинаково нагреваются. Зависимость влажности от механического состава выражается следующей таблицей (Вольни):

| Кварцевый песок | Содержание воды в объемн. % до 30 сант. глубины | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Величиина зерен | | | | | |
| | 0—0,2 | 0,25—0,50 | 0;50—1,0 | 1,0—2,0 | 2,0—4,5 | 4,5—6,75 мм. |
| 1892 г. | 24,23 | 18,04 | 15,29 | 9,00 | 7,84 | 6,06 „ |
| 1893 „ | 15,21 | 12,95 | 11,64 | 7,50 | 7,20 | 5,31 „ |

Правда, эти данные не могут быть целиком перенесены в природу, во-первых, потому, что почвообразующие породы никогда не бывают составлены зернами одного и того же размера, во-вторых, потому, что они лишь редко состоят из таких крупных зерен, как две последние фракции кварцевого песка в опытах Вольни, в-третьих, наконец, потому, что материнские породы редко состоят из одного кварца. Все эти условия могут до некоторой степени сглаживать те резкие разницы, которые обнаружились в опытах. Но допустим даже существование этих резких разниц в качестве общего правила. Тогда мы должны будем притти к выводу, что мелкозернистые породы обладают лучшими условиями разложения, являясь более увлажненной средой. Не следует, однако, забывать при этом, что крупнозернистые породы, в общем, нагреваются сильнее и легче доступны для воздуха; таким образом, недостаток влаги компенсируется, с одной стороны, несколько более высокой температурой, а с другой—лучшей воздухопроницаемостью. Отсюда нетрудно заключить, что при одном и том же количестве влаги, получаемой извне, супесчаные и суглинистые породы не будут резко различаться между собой по условиям разложения органических веществ и накопления гумуса. Конечно, в данном случае не идет речь о резких контрастах, каковы крупнозернистые пески и вязкие глины, а о тех средних типах пород, которые встречаются чаще, чем резкие контрасты.

Внося в условия разложения целый ряд мелких частных деталей, механический состав породы лишь в редких случаях может оказаться настолько влиятельным, чтобы значительно изменить действие местных климатических факторов. Это можно видеть хотя бы из того, что, при однородных климатических условиях, один и тот же тип почвы может развиться на различных по механическому составу породах. Так, например, мы находим подзолистые почвы на песках, супесях, суглинках и глинах; несмотря на различие механического состава, во всех этих случаях тип разложения один и тот же. Другим примером могут служить черноземы, развивающиеся на лессе, валунной глине, песчанистых суглинках, граните и вулканической лаве. Исследуя область подзолистых почв, мы замечаем, однако, что, при

одинаковых условиях рельефа, на песках развиваются почвы иной подзолистости, чем на соседних суглинках, и иного содержания гумуса. Таким образом, количественная разница в энергии разложения органических остатков здесь замечается, но раз не меняется тип почвообразования, приходится думать, что резких качественных различий процессов распада нет, как нет и резких уклонений в химическом составе гумуса.

Производя исследования в черноземной полосе, мы нередко наблюдаем присутствие чернозема на суглинистых породах и подзолистых почв—на рядом лежащих песках, но это еще не дает нам права заключать о существовании в таких случаях резких различий процессов распада органических остатков в зависимости от механического состава материнской породы. Пески, по условиям своей водоносности, представляют в степной полосе среду, более благоприятную для лесной растительности, чем суглинки, а существование леса вносит совершенно иные условия для разложения органического вещества, чем те, какие существуют под степью. Что дело здесь не в механическом составе, доказывают факты существования черноземного типа почвы на песчаных породах.

Из сказанного уже ясно, что тип растительности может иногда оказывать существенное влияние на ход процессов разложения органического вещества. Почему это так, мы рассмотрим подробно в своем месте, здесь же отметим лишь, что внедрение леса в степь создает новые условия почвенного климата по сравнению с теми, которые существуют под соседней степной растительностью.

До сих пор мы имели дело с такими местными факторами, которые так или иначе влияют на температуру и влагу почвы, или, как выражаются в настоящее время, способствуют изменению климата почвы. Могут, однако, существовать и иные условия, влияющие на энергию распада органического вещества, не находящиеся в связи с элементами климата. К числу таковых относится химизм материнских пород. Из опытов известно, что избыточная кислотность, как и избыточная щелочность среды, неблагоприятны для микробиологических процессов. Ослабление нитрификации в подзолистых почвах есть, вероятно, результат кислотности среды, но в данном случае кислотность не стоит в связи с химизмом материнской породы, а с характером самого процесса почвообразования. В природе вообще редки случаи, когда материнская порода проявляет избыток кислотности; это может быть разве в тех случаях, когда в породе много выветривающихся пирита или марказита, дающих при распаде серную кислоту (см. выветривание). Что же касается щелочности, то такие случаи часты. Конечно, речь может идти лишь о щелочности, связанной с большими количествами углекислых солей и преимущественно углекислой извести. Поэтому, при обсуждении вопросов об энергии распада в природе органического вещества, необходимо остановиться на роли углекислой извести в процессе гумусообразования.

Влияние углекислой извести изучалось многими исследователями (Петерсен, Фодор и др.); но вначале с противоречивыми результатами. Первые исследования были небезупречны по отношению к методике постановки опытов, что и было причиной неопределенности ответа. Более определенные результаты были получены Костычевым, который ставил опыты с разложением древесной листвы, а также и гумуса черноземной почвы, один раз взятой с 10% $CaCO_3$, а другой—без $CaCO_3$. Для последней пары опытов получились следующие

результаты (количество углекислоты выражено в десятых долях миллиграмма):

| | Чернозем с 10% $CaCO_3$ | Чернозем без $CaCO_3$ |
|---|---|---|
| Общее количество $CO_2$ . . . | 5321 | 8258 |

Как видно, прибавка углекислой извести понизила энергию разложения. Аналогичные результаты получились и в исследованиях Коссовича и Третьякова. Вопрос этот, однако, довольно сложный, и новые исследования в этой области определенно говорят об этом [1]).

Присутствие некоторого количества оснований благоприятствует процессам нитрификации, так как по мере образования азотной кислоты необходимо ее закрепление основаниями. В противном случае, накопление свободной кислоты прекратило бы дальнейшую нитрификацию, которая, как известно, не может совершаться в кислой среде. Границей, до которой щелочность среды способствует процессу, принимается для углекислого калия (на основании опытов Dumont et Crochetelle) в 0,25%; присутствие щелочной соли в размерах 0,8% уже прекращает нитрификацию. Углесоли щелочных земель, опять-таки в известных пределах, способствуют образованию азотной кислоты, углекислый же аммоний, взятый в избытке, оказывается вредным.

Не остаются без влияния на процессы разложения органического вещества и соли других кислот, каковы сернокислые, хлористые, фосфорнокислые и пр. Опыты Вольни с гипсом указывают на его способность понижать как выделение углекислоты, так и образование азотной кислоты. Другие исследования (Пишар, Варрингтон, Дюмон и Крошетель), напротив, приходят к выводу, что сернокислые соли благопрятствуют процессам нитрификации, но только в том случае, если эти соли находятся в почвах хорошо проветриваемых. Если последнего условия нет, то может пойти восстановление сернокислых солей с выделением сероводорода, что уже вредно отзовется на нитрификации.

По исследованиям Brown'a и Minges, на процессы аммонификации и нитрификации оказывают влияние соли марганца и окись марганца. В зависимости от состава соли и ее количества, может идти то увеличение энергии упомянутых процессов ($MnSO_4$ в небольших дозах), то подавление [2]).

Что касается других солей, то по отношению к ним имеются следующие наблюдения: хлористые соли мешают окислению углерода и нитрификации (особенно вреден NaCl), фосфаты, в известных границах, способствуют обоим упомянутым процессам, нитраты, наконец, содействуют окислению углерода.

Рассмотрев различные частные причины, так или иначе влияющие на процессы разложения органических веществ в природе, перейдем теперь к ознакомлению с той общей схемой, в которой располагаются по земной поверхности типы распада органического вещества и накопления гумуса, в зависимости от общих климатических условий. При этом мы будем отмечать и те уклонения от общей схемы, которые вызываются местными причинами.

Останавливаясь первоначально на тропической полосе и припоминая, что эта область земного шара характеризуется наиболее

---

[1]) См. Тюлин, А. Труды Научного Института по Удобрениям, вып. 33, 1926.

[2]) Brown, P. E. and Minges G. A. Agric. Exp. Sta. Jowa State College of Agric. and Mech. Arts. Agronomy Section. Bull. № 35, 1916.

Отмечают и влияние органических веществ на некоторые процессы.

высокой температурой года и наибольшим количеством осадков, что здесь разложение органических остатков не задерживается на несколько месяцев в году, как это бывает в более умеренных широтах, благодаря низкой температуре, мы должны будем придти к выводу, что ни в одной из областей земного шара не идет так энергично и быстро распад органических остатков, как в тропиках. Значительная часть отмершей органической массы минерализуется здесь до конца с образованием углекислоты, азотной, серной кислот и пр., и сравнительно небольшая часть остается, образуя почвенный гумус. Можно думать, что гумус тропических почв скорее будет содержать наименее поддающиеся микробиологическим процессам группы веществ, чем промежуточные продукты распада, но положительных данных в этом отношении пока не имеется. Многие путешественники и исследователи тропических областей указывают на то, что скопления гумуса и образования мощных гумусовых горизонтов под тропиками не наблюдается.

Какое различие в тропических широтах вносят в условия разложения органических веществ леса и саванны, мы пока не знаем, так как исследователи слишком мало обращали внимания на строение тропических почв и, в частности, на строение из гумусовых горизонтов. Некоторые указания на богатство гумусом почв тропических лесов должны быть принимаемы с большой осторожностью, так как во многих случаях под гумусом понимается то, что мы привыкли называть лесной подстилкой (см., например, указания Варминга [1]).

Не следует, конечно, думать, что все без исключения почвы тропических широт бедны гумусом. Это только наиболее типичный случай. В целом ряде очерков тропических стран указываются отдельные факты развития хорошо выраженных и бросающихся в глаза темных гумусовых горизонтов. Повидимому, наиболее частыми условиями, способствующими накоплению гумуса в почвах тропиков, являются отрицательные формы рельефа. Низины, долины, котловины и тому подобные формы рельефа, где может происходить застой влаги, несмотря на сильное испарение в тропических широтах, могут способствовать развитию почв с темноцветными, богатыми гумусом, поверхностными горизонтами. При тех же условиях избыточного увлажнения формируются почвы мангровых лесов в низменных морских прибрежьях тропиков.

Помимо указанных условий, накопления гумуса в тропических широтах можно ожидать и в других случаях. Прежде всего и в области тропиков нетрудно встретить более или менее обособленные районы, иногда довольно большие, климатические условия которых заметно уклоняются от типа тропического климата; таковы, например, высокие плоскогорья, горные кряжи и системы. Затем, при переходе из тропических областей периодических дождей к областям тропических же пустынных степей можно теоретически ожидать более благоприятных условий для накопления гумуса, чем во влажных тропических районах.

Так, новейшие работы Штремме, Фагелера и особенно Ланга [2]) указывают на гумусовые почвы тропических широт.

---

[1]) Варминг. Ойкологическая география растений. Перев. под ред. М. Голенкина и В. Арнольди.—Москва, 1901, стр. 447.

[2]) Lang., R. Centralbl. f. Mineralogie etc., 1914, S. S. 257—261, 513—518, 545—555, 641—653; 1915, S. 148—160.

„ Jahresh. d. Vereins f. vaterl. Naturkunde in Württemberg, 1915.

Vageler, P. Mitteil. d. deutsch. Landwirthschaftsgesellschaft, 1913.

Stremme, H. Internat. Mitteil. f. Bodenkunde.

Все эти отдельные уклонения могут порой и значительно усложнять типы разложения органических остатков в тропических широтах, тем не менее основной, более общий тип, о котором сказано выше, остается ясным. Менее резко тот же тип выражен во влажных субтропических районах северного и южного полушарий.

Области пустынь и пустынных степей, где господствует сухость воздуха, где атмосферные осадки выпадают редко и, в общем, выпадает их мало, должны бы были, рассуждая теоретически, представить более благоприятные условия для накопления гумуса, чем влажные тропики. Однако, если мы примем во внимание, что растительность данных областей обычно не представляет сплошного покрова, что ее надземные части быстро высыхают и разносятся ветрами, то будет ясно, что и здесь нет благоприятных условий для накопления гумуса. При этом, однако, нужно думать, что состав гумуса в почвах пустынных и полупустынных районов должен быть существенно иным, чем в почвах тропической зоны. Здесь, в силу медленности разложения, гумус должен содержать не только трудно разлагаемые соединения, но и промежуточные продукты распада, а также и зольные элементы. Может быть, этим объясняется и относительное богатство азотом почвенного гумуса в сухих климатах.

Но и для сухих климатических районов бедность гумусом есть только типичный случай. И здесь нередко по долинам, котловинам, как и на высотах горных кряжей, где или получается извне большее количество влаги (горы), или скопляется и хотя бы временно задерживается влага, стекающая по поверхности, количество гумуса нередко значительно возрастает.

В степных областях существует такая комбинация температуры и влаги, при которой может развиваться богатый травянистый покров. В то же время количества влаги далеко не хватает для полного разложения растительных остатков, благодаря чему гумус накопляется в значительном количестве, и притом гумус, богатый не только промежуточными продуктами распада, но, как и в сухих климатических районах, и зольными элементами.

Проникновение лесов в степные области вносит, как уже отмечалось выше, некоторые новые условия. Постоянно большая влажность поверхностных горизонтов почвы, а может быть и большая равномерность температуры в течение года, оказывают влияние на процессы вымывания гумуса, вследствие чего лесные почвы степных областей накопляют меньше гумуса, чем соседние черноземы.

В сплошных лесистых районах холодно-умеренных зон выпадает хотя и немногим больше влаги, чем в ближайших к ним степях, но так как испарение ее относительно меньше, то и разложение органических остатков здесь идет энергичнее, и химический состав гумуса иной, иное и содержание зольных элементов в гумусе. Отрицательные элементы рельефа, где происходит застой влаги, способствуют здесь неполному распаду органического вещества, накоплению торфянистых масс.

Наконец, в полярных странах, где температурные условия и влажность мало благоприятствуют разложению органических остатков, эти последние разлагаются весьма медленно, но так как и материала для разложения, в виду скудной растительности полярных областей, здесь мало, то гумуса почвы сухой тундры накопляют немного; часть органических остатков сохраняется в виде торфянистой массы.

Такова, в общих чертах, схема различных типов разложения органических остатков на земной поверхности. Как видно из предыду-

щего, эта схема находится в тесной связи с климатическимн особенностями различных зон земного шара, внутри же каждой зоны наблюдаются отступления от общей схемы в зависимости от топографии, типа растительности, химизма материнских пород и других особенностей генезиса почвы.

---

## ЛИТЕРАТУРА

### Состав растительных остатков, служащих для образования гумуса


Dulk. Landw. Versuchstat. Bd. XVIII, 1875, 173—215.

Ebermayer. Die gesammte Lehre der Waldstreu. 1875.

„ Landw. Versuchstat. Bd. XVIII, 1875.

Eugling. Biederm. Centralbl. 1885, Bd. 14.

König, Fürstenberg, Mindfield. Landw. Versuchst. Bd. 65, 1906.

Костычев. Почвы черноземн. области России, ч. 1. Образование чернозема. 1886.

Müller. Landw. Versuchst. Bd. 36, 1888, p. 263.

Pellet, H. et Fribourg, Ch. Ann. de la science agron., 3 série, 2-me année, 1907, T. II, pp. 323—480.

Прянишников, Д. Журн. Оп. Агр., 1912, 673; Химия растений.

Schulze, E. Landw. Versuchst. 65, 1910.

Schulze, E. u. Godet, Ch. Zeitschr. f. physiol. Chemie, 61.

Смоленский, Н. Вестн. сахарн. промышл., 1911, № 22, 25, 26.

Васильев, Н. Изв. Киев. Полнт. Инст., X, 1910, ки. 4.

Wolff. Aschenanalysen. I—II, 1871—1880.


### Ближайшие источники образования почвенного гумуса


Hlasiwetz. Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 79, p. 140.

Hoppe-Seyler. Zeitschr. f. physiol. Chemie, XIII, 1880.

Hornberger. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, 1905, 71, 1906, 775.

Ивановский. Из деят. микроорг. в почвах.—Тр. Почв. Комм. 1891—93, вып. 3.

Костычев. Тр. СПБ. Общ. Ест., т. XX, стр. 123—168.

„ Сельск. Хоз. и Лесов. Октябрь, 1890.

Кравков. Исслед. в области изучения роли мертвого растительного покрова в почвообразовании. СПБ. 1911.

Левковский. Тр. Общ. Испыт. Прир. при Харьков. Уиив., т. XXII, 1888.

Maillard, C. R., 154, 66—68, 1912; 155, 1912. 156, 1913.

Mayer. Lehrb. d. Agrikult. 2 Teil, 2 Auflage, p. 70—71.

Montemarini. Staz. sperim. agrar. ital., 1906, 38, 1080.

Омелянский, В. Изв. Сапропел. Ком., вып. II. 1925.

Post. Landw. Jahrbücher, 1888.

Rochleder. Sitzungsber. d. Wien. Akad. d. Wissensch. November, 1866.

Roxas. Journal of biolog. chemiestry. 27, 1916.

Schroeder. Forstchem. u. pflanzenphysiolog. Untersuchungen, 1878.

Слезкин. Этюды о гумусе. Киев, 1900.

Snyder. Univ. of Minnesota Agric. Sper. Stat. Bull. № 53, Chemie Divis Juni, 1897.

Stechelin u. Hofstetter. Ann. d. Chemie. Bd. 51, 1844, p. 63.

Suzuki. Bull. Coll. Agric. Tokuo Imper. Univ. Japan, 1906, 6, 95; см. также Jahresb. d. Agric.-Chemie, 1906, 63, 1907, 7, 419, 513.

Трусов, А. Материалы по изучению почвеи. гумуса. Часть 1, Петроград, 1917.

Черепенников, А. Журн. Оп. Агрои. т. XIX, ки. 4. 1918.

## Участие животных в процессах разложения органических остатков


Бальц, В. Энтомологическое обозрение, XV, 1915, № 3.

Bauer. Forstwirtsch. Centralbl., 1883, V.

Borggreve. Förstl. Blätter v. Grüner u. Borggreve. 1881.

Brannet, J. C. Journ. of. Geology. 1900, p. 151—153.

Брэм. Жизнь животных. Сокращ. изд., т. III, стр. 862.

Darwin. Vegetable mould and earth-worms, 1881 (сущ. немецкий и русский переводы); см. Калинский. Тр. Вольн.-Экон. Общ., 1882, т. I, в. 3 и 4 т. II, в. 2. и Журн. Сельск. Хоз. и Лесов. 1882.

Димо (и Гордеев). Тр. Сарат. Общ. Ест., т. IV, вып. 2.

„ „Русский почвовед". 1916, № 7—10.

Докучаев, В. Русский чернозем. 1883.

„ Наши степи прежде и теперь. 1892.

„ Методы реш. вопроса: были ли леса в южной России—Тр. В.-Экон. Общ., 1889.

Duserre, C. Annuaire agric. de la Snisse. 1902, 2 fasc.; Journ. d'agric. prat. 1902, № 22, p. 700—701.

Enkhausen. Journ. f. Landwirtsch. 1882.

France, R. Das Edaphon, eine neue Lebensgemeinschaft, München, 1921.

Goodey, T. Naturw. Rundschau, 1912, № 5, p. 62.

Göthe. Jahrb. nassauisch. Ver. Naturk. 1895, Jahrg. 48.

Гордягин. Проток. Казанск. Общ. Ест. 1891—92, прилож. № 128.

Haake, W. Der Zoolog. Garten. Bd. XXVII, 1886, p. 373.

Harlé, E. Soc. d'hist. nat. de Toulouse, 21 Febr. 1900; N. Jahrb. f. Miner., 1902, Bd. II, H. 2.

Hensen. Zeitschr. f. Wissensch. Zoologie. Bd. XXVIII; на русском языке в статье О. Гримма. Тр. В.-Экон. Общ. 1877, т. II; см. также „Знание", 1877, IV, стр. 4—7; Вести. Садов. 1877, № 8, Земл. Газета, 1878, 16; Крымский вестн. садовод. и виноделия, 1878, №№ 5 и 6.

Henry. Bull. des séances de la Soc. be Sciences de Nancy, 1900.

Ihering. Ausland, 1887, Bd. LX; N. Jarb. f. Miner. 1882, I. Briefl. Mitt., p. 156.

Keller. Reisebilder aus Ostafrika u. Madagascar. Leipzig, 1887; рефер. Карножицкого. Мат. по изуч. русских почв, вып. VI, 1890.

Keilhack. Naturwiss. Wochenschrift, 1899.

Костычев. Ann. agronomiques. T. XVII, 1891.

Mingazzini. La concimazione dei terreno vegetale per opera di alcuni Lamellicorni. Roma, 1887.

Müller, P. E. Studien über die Humusformen u. deren Einwirkung auf Vegetation und Boden. Berlin, 1887; русск. реф. Танфильева. Мат. по изуч. русских почв, вып. IV, 1888.

Паиков, А. Тр. Ворон. обл. Оп. Ст., 1921, № 5—6.

Passarge, S. Adamaua. Bericht über die Expedition des deutsch. Kamerun-Komitées in den Jahren 1893—94. Berlin, 1895.

Ramann. Wollny-Forschung. auf d. Geb. der Agriculturphys. XI, p. 320.

„ Bodenkunde, 2-te Auf. 1905, p. 122—123.

„ Internation. Mitteilung. f. Bodenkunde. 1911, 1.

Russel, Ed. J. Journ. Agric. Science. 1910, III, part. 3, pp. 246—257.

Сукачев, В. Почвоведение, 1902, № 4.

Силантьев. Пады. имение В. Л. Нарышкина. СПБ. 1894.

Талиев, В. Естествознание и география. Май, 1902.

Черняев, Н. Описание сусликов, обитающ. в Зап. России, и способов их истребления, 1857

Vadász, M. E. Földtani Közlöny, 1908, XXXVIII, p. 231—232.

Вернадский, В. Тр. Почв. Комм. при I отд. В.-Экон. Общ., вып. I. доклады, стр. 28—29.

Wollny. Forschung. d. Agriculturphys. Bd. V, H. 1 u. 2, 1882.
„ Die Zerzetzung d. organisch. Stoffe und die Humusbildungen; 1897.
Высоцкий, Г. Почвоведение, 1899, № 2; Труды Экспед. Лесн. Д-та. 1898, Природа и культура растений на Великоанадольск. участке.

## Главнейшие типы превращений органического вещества в почве под влиянием микроорганизмов

### Брожение клетчатки

Hoppe-Seyler. Zeitschr. f. physiolog. Chemie, T. X, 1886.
Омелянский, В. Архив биолог. наук, т. VII, стр. 423 (в работе приведена литература).
„ Ibidem, т. IX, вып. 3, 1901.
„ Основы микробиологии, 4 изд. Петроград,
Waksmann, S. and Heukelian, O. Soil Science, vol XVII, № 4, 1924.

### Разрушение древесины

Majmone, B. Arch. d. farmacol. sper. 8, 221—28. Portici.

### Разложение жиров

Rahn, O. Centralbl. f. Bakter. u. Parasitenkunde, Bd. XV, № 2—3, 1905.

### Разложенне органич. кислот

Омелянский, В. Труды I Менделеев. Съезда по общей и прикл. химии, в СПБ. с 20—30 дек. 1907, стр. 389—390.
Waksmann, S. and Lomanitz, S. Journ. of Agricult. Research, vol. XXX, № 3, 1925.

### Окисление угля

Potter, M. C. Proc. Royal. Soc. London, Ser. B, 80, 239.

### Разложение азотистых веществ и, в частности, аммонизация

Beyerinck. Centralbl. f. Bakteriolog., 1895.
Brieger. Ueber Ptomaine.—Berlin, 1885—1886.
Karplus. Arch. f. patol. Anat. u. Phys. u. f. klin. Medic. Bd. CXXXI, p. 210.
Kempner. Arch. f. Hygiene. Bd. XXI.
Marchal. Bull. de l'Acad. belgique. Ser. 3, T. XXV, 1893.
Miquel, P. Annales de micrographie, 1889—1893, T. I—III, V.
Petri u. Maassen. Veröffentl. des Kaiserl. Gesundh.-Amtes, 1892, № 7, 1893, pp. 348—490.
Rubner. Arch. f. Hygiene. Bd. XVI, p. 53—78.
Stagnitta-Ballistreri. Ibid. Bd. XVI, p. 10.

### Нитрификация

Bazarewski. Beiträge zur Kentniss d. Nitrifik. u. Denitrifik. im Boden. Inaugur.-Dissert, Göttingen, 1906; реф. N. Jahrb. f. Miner. 1908, Bd. II, H. 2, p. 186.
Baumann. Landw. Versuchst. 1888, XXXV, H. 4, p. 217.
Beyerinck. Centralbl. f. Bakteriol., Bd. XIX, 1896.
Bonâme. Rep. Ann. Stat. agron. (Mauritius), 1896, 74.
Bullmann. Centralbl. f. Bakter. 1896, p. 701, 1897, p. 228.
Bréal. Ann. agronomiques. 1887.
Celli et Marino Zucco. Rendic. della R. Acad. d. Lincei, 1886.
Crochetelle et Dumont. Comptes rendus, 1894, CXIX, 93.
Chuard. Comptes rendus. 1892, CXIV, 181.

Deherain. Ann. agronom. 1887, T. XIII, p. 241; 1888, XIV, p. 289, 1895, XXI. p. 501; Comptes rendus. 1894, CXXV, 1897.
Demoussy. Comptes rendus, CXXVI, 1898; Ann. agronom. 1899, XXV, pp. 97, 232.
Frank. Landw. Jahrbücher, 1887, XVI, p. 917; 1888, XVII, p. 421.
Frankland, P. F. and G. C. Chem. News, LI, 1890, 135.
Godlewski. Anzeiger d. Akad. d. Wissensch. Krakau, 1895.
Heraeus. Zeitschr. f. Hygiene, 1886, p. 193.
Huepe. Tagebl. der Naturforsch.-Versamml., 1887.
Immendorf. Landw. Jahrbücher, 1892, XXI, p. 281.
Koch, A. Journ. f. Landwirtsch. 58, 1911, 293—316.
König. Tagebl. d. Naturforsch.-Versamml. 1886.
Коченовский. Журн. Сельск. Хоз. и Лесов., ч. 182, 455.
Kreusler. Landw. Jahrbücher, 1888, XVII, p. 721.
Landolt. Deutsche landw. Presse, XV, 135.
Lawes and Gilbert. On some points in the composition of soils, with result, illustrating the sources of the fertility of Manitoba prairie soils. London, 1885.
Lemmermann, O. und Wichers, L. Centralbl. f. Bakter., II Abt. Bd. 50, 1920.
Leone e Manganini. Rendiconti d. Acad. dei Lincei, 1891. VII, 435.
Макринов, И. Вестн. бактер.-агрон. ст. в Москве, № 15, стр. 54—115.
Marie-Davy. Journ. d'agricult. pratique, 46, I, p. 102.
Müntz. Ann. de chimie et de physique, T. X, 1897; Comptes rendus, 1891, CXII, 1142.
Müntz et Lainé, Comptes rendus, 142.
Омелянский. Архив биологических наук, VII, 1899, вып. 3 и 4.
Оношко, Б. Сельское и лесное хозяйство, № 4, 1926.
Pagnoul. Comptes rendus, 1895, CXX, 812.
Polzeniusz. Zeitschr. landw. Versuchswes. Oesterreichs. 1898, I, 235.
Schloesing et Müntz. Comptes rendus, LXXXIV, p. 301.
Schloesing. Ibidem, 1889, CIX, 423, 884.
Schloesing (fils). Ibidem, CXXV, 1897, 824.
Stevens, F. L. und Witters, W. A. Centralbl. f. Bakter. Bd. XXIII, № 10—13, p. 355—373.
Stutzer u. Hartleb. Centralbl. f. Bakteriol. 1896, 2, 701, 1897, 3, 55, 161, 235, 311, 251.
Tolomei. Staz. sperim. agrar. ital., 1894, 26, 246.
Warrington. Land. Versuchst. XXIV, 161; Journ. of the chem. Soc., 1884, XLV, 68, 1888, LIII; Chem. News, LI, 1890; Ann. agronom. 1885, XI, 557,
„ A report of experim. made in the Rothamsted laboratory. London, 1888.
Winogradsky. Ann. de l'Institut Pasteur, T. t. IV et V; Comptes rendus, 1890, 1891.
„ Centralbl. f. Bakteriol. 1896, 2, 415, 449.
Виноградский. Архив биолог. наук, т. I.
Виноградский и Омелянский. Ibidem, т. VII, 1899.
Wortmann. Landw. Jahrb. 1891, XX, 175.

### Денитрификация

Ampola n. Garino. Centralbl. f. Bakteriol. 1896, № 21.
Berthelot. Comptes rendus, 1888, CVI, p. 569.
Bréal. Ann, agronom., 1892, 1896.
Burri u. Stutzer. Centralbl. f. Bakteriol., 1896, p. 105.
Deherain et Maquenne. Comptes rendus, XCV, pp. 691, 732, 854.
Егунов, М. Зап. Ново-Александр. Институт, т. IX.
Frankland, P. and G. Proceed. of the Royal Soc. of London, Vol. XLVII, 1890, p. 296.
Gayon et Dupetit. Recherches sur la réduction des nitrates par les infiniment petits. Nancy, 1886.
Gerretsen. Archief suiker industrie Nederl. Jndie, 1921, 29.

Giltay et Aberson. Archives nèerland. T. XXV, 1891, p. 341.
Heraeus. Zeitschr. f, Hygiene, I, 1886.
Kellner. Landw. Versuchst., XXX, 32.
Лебедев, А. Зап. Новорос. Общ. Ест., т. XXXIX.
Laurent. Bull. de l'Acad. de Sc. belgique, XXI, 337.
Marr, Fr. S. Mitt. d. landw. Inst. d. könig. Univ. Breslau. Bd. 5, H. 1, 1910, p. 639–656.

### Ассимиляция атмосферного азота

Баранецкий. Об усвоении растениями свободн. азота. Изв. Киев. Унив., 1894,
Beyerinck. Centralbl. f. Bakteriol., II Abt., 1901, Bd. VII, p. 567.
Brenner, W. Geolog. Komm. i Finland, № 20, 1924.
Christensen, H. R. Centralbl. f. Bakter., II Abt., Bd. XVII, 109—119, 161—165, 378—383.
Deherain, P. Révue de deux mondes, 1 Mai, 1893.
Headden, W. M. Agr. Exp. Sta. Colorado, Agric. College, Bull. 186, 1913.
Hellriegel u. Willfarth. Untersuch. über die Stickstoffnahrung der Gramineen u. Leguminosen. Berlin, 1888.
Коссович, П. К вопросу об усвоении растениями своб. азота. СПБ. 1895.
Краинский. Журн. Опыт. Агрон. 1908, 689.
Krzemienewski, S. Bull. de l'Acad. de Sc. de Cracovie. Novembre, 1908.
Löhnis, F. u. Westermann, T. Centralbl. f. Bakteriol., Bd. XXII, 234—254.
Омелянский, В. Связывание атмосфериого азота почвенными микробами. Монографии, изд. КЕПС, 1923.
Виноградский. Архив биолог. наук, т. III, вып. 4, 1895.

### Десульфуризация

Beyerinck. Centralbl. f. Bakteriol. Bd. I, 1895.
Брусиловский. Отчеты Одесского бальнеологич. Общ., вып. IV. 1892.
Holschewnikoff. Fortschr. d. Medicin, 1889, № 6.
Jssatchenko, B. Comptes rendus. T. 178, № 26, 1924.
Зелинский. Журн. русск. физ.-хим. общ. 1893, т. XXV, вып. V.
Зильберберг и Вейнберг. Зап. Новор. Общ. Ест., т. XXII, вып. 2, т. XXIII, вып. 1, 1899.

### Серобактерии и окисление сероводорода и серы

Beijerink, M. W. Centralbll. f. Bacteriol., 1904, Abt. 2, Bd. 11, p. 593—599.
Brown, P. E. and Johnson, H. W. Soil Science, 1916.
Егунов, М. Архив биологич. наук, т. III, вып. 4, 1895.
„ Ежегоди. по геол. и минер. России, т. I, вып. I, 1896, т. II. вып. 8—9, 1897, т. IV, вып. 3, 1900.
„ Труды Общ. Ест. при Варшав. Унив. 1894—95, вып. VIII, засед. отд. биологии 23 марта 1895.
„ Centralbl. f. Bakteriol., II, № 1, 1896, №№ 17—18, 1897, № 7, 1898.
Lipman J. G., Mclean, H. C. and Lint, H. C.—Soil Science, 1916.
Lipman, J. G., Waksmann, S. and Ioffe, J. S. Soil Science, Vol. XII, № 6, 1921.
Виноградский. Botan. Zeitung. 1887, №№ 31–37.
„ Beiträge zur Morphologie u. Physiologie Bakterien, H. 1, 1888.
Starkey, R. Journ. of Bacteriologie, Vol. X, № 2. 1925.
Waksmann, S. A. Soil science, Vol. XIII, № 5, 1922.
„ Journ. of Bacteriologie, Vol. VII, № 2, 1922; № 6, 1922.
Waksmann S. A. and Ioffe, J. S. The Journ. of biologieal Chemistry, Vol. L. № 1, 1922.
Waksmann, S A., Wark Clara H., Ioffe, I. and Storkey Rob.—Journ. of Agricult. Research., Vol. XXIV, № 4, 1923.

### Мобилизация фосфора

Бычихин. Отч. Плотянской Оп. Станции за 1912 г.
Душечкин. Журн. Оп. Агрон., 1911, 12, 666—668.
Hopkins, C. and Whiting, A. University of Illinois Agric. Exp. Sta. Bull. № 190, 1916.
Костычев. Сельск. хоз. и лесов., т. 165, 1890.
Лебедянцев. Изв. Шатиловской обл. с.-хоз. ст., 1921, № 5.
Perotti, R. Staz. sperim. agrar. ital., 1909, 42, 537—552.
Северин. Вестн. бакт.-агрон. станции имени Феррейна. №№ 17, 18, 20, 21.
Stoklasa. Biochemischer Kreislauf des Phosphat-Jons im Boden. Centralbl. f. Bakteriol., 1911, 29, 385—519.
Скальский. Отч. Плотянской Оп. станции за 1912 г.

### *Превращение соединений железа и марганца*

Beijerinck. K. Akad. Wetensch. Amsterd. Proceed, Sect. Sci. 1913—1914, T. 16.
Cohn. Beiträge d. Biologie. Bd. I, H. 1, 1870, 1895.
Harder, H. C. N. S. Geolog. Survey. Prof Papers, 113, 1, 1920.
Lieske, R. Jahrb. f. wissensch. Botanik. 1911, f. 49, p. 91—127.
Molisch. Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena. 1892.
Winogradsky. Botanische Zeitung. 1888, p. 261.
Zopf. Entwickelungsgeschichtl. Untersuch. über Crenothrix polyspora. Berlin, 1879.
Zopf. Zur Morphologie der Spaltpflanzen. Leipzig, 1882.

### Образованне углекислой извести (и магнезии)

Андрусов. Изв. Русск. Геогр. Общ., т. XXVIII; Учен. Зап. Юрьев. Унив., 1897, I.
Надсон. Микроорганизмы, как геолог. деятели. Тр. Комиссии по исслед. Славян. минер. озер. 1903.

## Химический состав гумуса

*Albert. R. Zeitschr. f. prakt, Geologie, 19, 1911.*
André. Comptes rendus, CXXVII, p. 414 CXXVIII, p. 513.
Baumann. Mitteil. d. K. Bayr. Moorkulturanstalt, 1909, H. 3.
Baumann u. Gully. Ibidem, 1910, H. 4.
Beckley, V. A. Journ. of Agric, Sc., 1921. 11.
Blacher, C. Chem. Zeit. 1910, 148. 1314.
Bemmelen, van. Zeitsch. f. anorg. Chemie, Bd. XXII. p. 339, Bd. XXIII. p. 321.
Benni. Zeitschr. f. Naturwissensch. 1896, 69, 145.
Berthelot et André. Comptes rendus. CIII, 1886, p. 1101, CV, 1887, p. 1218, CIX, 1889, p. 119. CXI. 1891, p. 189—199, 916—922, 1232—1242, Ann. de Chim. et de phys. 6 série, t. XI, p. 368, 1887, t. XXV, p. 314, 1892.
Berzelius. Lehrb. der Chemie, übersetzt von Wöhler, VIII B. 1839.
Braun. Die Humussäure in ihrer Beziehung zur Entstehung der festen fossilen Brennstoffe und zur Pflanzenernährung. Darmstadt. 1884.
Cameron, F. K. and Breazeale, J. F. Journ. Amer. Chem. Soc. 1904, 26, 42.
Chalmot, de. Americ. Chem. Journ. 1894, 16, 299.
Cunningham, M. and Doree, Ch. Journ. Chemic. Soc., London, 1917.
Detmer. Landw. Versuchstat. Bd. XIV, 1871.
Donath. Zeitschr. f. anorg. Chemie, 1909, p. 1491.
Дояренко. Изв. Моск. Сельскохоз. Инст., ч. 6. кн. VI, 1901.
Dumont. Comptes rendus, 1897, t. CXXIV, p. 1051.
Eggertz. Meddelanden fran konigl. Landbrucks Akad. Experimentalfalt, № 3, 1888, 1—66 (реф. Костычева. Журн. Сельск. Хоз. и Лесов. 1889. 1621.
Eller, W. Liebigs Annal., 431.
Eller, W. und Koch. K. Berichte d. deut. chem. Gesellsch. 1920.

Ehrenberg. P. Chem. Zeit. 1910, № 130.
Fischer, G. Kühn-Archiv, Bd. IV, 1914.
Fuchs. Chem. Zeitung, 1920.
Hermann. Erdmann's Journ. f. prakt. Chemie. Bd. XVI, 1839, p. 65, Bd. XXIII. 1841, p. 375, XXV, 1842, p. 189—206, XXVII, 1842, p. 53, 165, XXXIV, 1845, p. 156.
Германн. Землед. Журн. Моск. Общ. Сельск. хоз.. 1836, 1837 гг.
Heinze. Landw, Mitteil. f. d. Provinz Sachsen, 1909, 145.
Hilgard. E. Wollny. Forsch. 1892. 400.
„ u. Jaffa. Agric. Science, 8, 165.
Гаврилов. Журн. русск. физ.-хим. общ., т. XV.
Grandeau. Recherches sur la róle des matières organiques dans les phenomènes de la nutrition des plantes. Nancy, 1872.
Густавсон. Двадцать лекций агроном. химии, 1888.
Hudig. J. M. v. Bemmelen Gedenkbock, 1910.
Jodidi, S. L. Journ. Amer. Chem. Soc. 1910, 32, p. 396—410, 1911, 33, p. 1226—1241.
Королев. Изв. Москов. Сельскохоз. Инст. 1910.
Loges. Landw. Versuchstat. 1885.
Mach, F. Verhandl. d. Gesellsch. d. Naturtorsch. u. Aerzte, 1903.
Marcusson J. Mitt. Materialprüfungsamt. 1919; Zeitschr. f. angewandte Chemie. 1918.
Miklauz. Zeitschr. f. Moorkult. u. Tortverwert, 1908. p. 285.
Michelet u. Sebelien. Chem. Zeit., 1906, 356.
Mulder. Erdm. Journ. f. prakt. Chem., Bd. XVI, 1839, p. 495; die Chemie d. Ackerkrume, Bd. I—II, 1863.
Нефедов. Тр. Вольн.-Экон. Общ., 1894, т. II.
Oden Sven. Arkiv för kemi, mineralogie och geologi, Bd. 4, № 26, Bd. 5, № 15. Upsala u. Stockholm.
„ Kolloidshemische Beiheften, heransgeg. von prof. Dr. W. Ostwald, Bd. XI. 1919. Второе издание 1922 г. (в работе имеется большой список литературы).
Ollech, v. Ueber den Humus u. seine Beziehungen zur Bodenfruchtbarkeit. Berlin, 1890.
Pitsch. Landw. Versuchst. 1881, Bd. XXVI.
Popp, M. Brennstoffchemie, 1920, 1.
Reinitzer. Botan. Zeit., 1900, 58.
Risler. Mémoire sur l'humus. Archives des scien. de la biblioth. de Généve. 1858
Rindell, A. Intern Mitt. f. Bodenkunde, 1911.
Robertson, Irvine, Dobson. The Bio-Chem. Journ. V, II, № 10, Sept. 1910.
Robinson, Chas. S. Journ. Amer. Chem. Soc.. 1911, 33, 564—568.
Родзянко, Труды VIII съезда русск. естеств. и врачей, 1890, стр. 146.
Руцков. Учен. Зап. Казан. Унив., янв. 1912.
Saussure, de. Recherches chimiques sur la végétation. Paris, 1804.
Schermbeck, von. Zeitschr. f. prakt, Chemie. 1907, 75, 517.
Schreiner, O. and Shorey, E. C. Journ. Americ. Chem. Soc., 1908, 30, pp. 1295, 1599; 1909, 31, 116; 1910, 32, 1674—1680, 1683; 1911. 33, 75—78—80—83.
Schreiner, O. and Shorey, E. C. U. S. Depart. Agric. Bureau of soils, Bull № 74, 1—48.
Schreiner, Exper. Stat. Rec., 1911, 24, 524.
Schreiner, O. and Lathrop, C. Journ. Amer. Chem. Soc. 1911, 33, 1412—1417.
Schreiner, Journ. Franklin-Inst. 1911, 172, p. 145—151.
Sestini, F. Landw. Versuchst. 1881, 1882 u. 1898.
Senft. Die Humus, Marsch, Torf-und Limonitbildungen, 1862.
Shorey, E. C. U. S. Depart. Agric., Bureau of soies, Bull. № 88, 1912, 5—41.
Sostegni. Landw. Versuchst. Bd. XXXII, p. 9—14.
Sprengel. Kastner's Archiv für die gesammte Naturlehre, 2 Heft.
Stoklasa Zeitschr. landw. Versuchswes. Oesterr. 1898, I, 251.

Stein. Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. XXV.
Simon. Landw. Versuchst. Bd XVII, 1875.
Шмук, А. К химии органического вещества почвы.—Труды Кубанского Сельскохоз. Института, т. I, Вып. 2, 1924 г. (см. литературу в этой работе).
Stremme, H. Zeitschr. f. prakt. Geolog. 17, 353—355.
Süchting, H. Landw. Versuchst., 1909, 70, p. 13.
Sullivan, M. X. Journ. Americ. Chem. Soc. 1911, 2035—2042.
Suzuki, S. Bull. Coll. Agric. Tokyo Imp. Univ. Japan, 1906, 6, 95; см также Jahresber Agricul.-Chemie, 1906, 63.
Tacke. Chem. Zeit. 1897, 174.
Tacke u. Süchting. Landw. Jahrb. 1911, 47, p. 717—754.
Тархов. Изв. Петровск. Акад., 1881.
Thenard. Comptes rendus, XLIX, p. 290.
Tollens. Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch, 30, 2571 (там же v. Feilitzen).
Udranszki. Zeitschr. f. physiolog. Chemie, 1888.
Vater. Tharandt. förstl. Jahrb. 1906, 56, 85.
Vogel. Ber. d. bayer. Akad. d. Wissensch., 1879.
Warrington. Chemie News, LV, p. 1471.
Weber, A. C. Abhandl. d. Naturwiss.-Ver. zu Bremen, XVII, 2.
Weis, Fr. Centralbl. f. Bakteriol., II Abt. 1910, 28, 434—460.

## Зависимость характера гумуса от различных условий его образования

Грачев. Журн. оп. агрон., 1902, т. III.
Козловский, С. Матер. по изуч. русск. почв, вып. 8.
Лесневский, С. Записки Ново-Алекс. Инст., т. X, вып. 2.

## Распределение микробов в почвах

Adametz. Untersuchungen über die nieder. Pilze d. Ackerkrume. Leipzig, 1886.
Eberbach. Ueber d. Verhalten d. Bakter. in Boden Dorpats-Inaug. Diss. Dorpat. 1891.
Fränkel. Zeitschr. f. Hygiene. 1887, II, 5, 386.
Frank. Tagebl. d. Naturforsch.-Versamml. Berlin, 1886, 289—290.
Fülles. Zeitschr. f. Hygiene, 1891, X, 2.
Ивановский. Труды почв. комм., 1891—93, вып. III.
Koch. R. Mitteil. aus d. Kais. Gesundheitsamte. Bd. I, 1881.
Kramer. Die Bakteriologie in ihrer Beziehung zur Landwirtsch. Wien, 1890.
Laurent. Bull. de l'Acad. royale de Belgique. Ser. 3, T. XI, 1886.
Maggiora. Giurn. della R. Acad de Medicina. 1887, № 3; Chem. Centralbl. 1887
Miquel. Annuaire de l'observat. de Monsouris pour l'an. 1882.
Papa Kalantarian. Inaugur. Dissert. Leipzig, 1911.
Ramann, Remele, Schelhorn, Krause. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes. 1899 Heft X.
Reimers. Zeitschr. f. Hygiene, 1889, VII.
Remy, Th. Centralbl. f. Bakter. 2 Abt., 1902, Bd. 8.
Sachse. Chem. Centralbl. 1889, LX, Bd. II, 169 u. 225.
Soyka. Prager medicin. Wochenschrift, 1885, № 25.
См. приведенные в тексте работы Waksmann'a.

## Условия разложения органических остатков

Wollny, E. Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen. 1897. В этой монографии имеется целый ряд литературных указаний, к которым мы и отсылаем читателя. См. также Fodor, Hygien. Untersuch. über Luft, Boden u. Wasser, 1882.

Ключарев. Изв. Моск. Сельскохоз. Инст., т. VIII, кн. 2, 1902.
Кравков, С. Матер. по изуч. русских почв, вып. XI.
Коссовнч и Третьяков. Журн. опытн. агрон., 1902, III.
Никитинский. Изв. Москов. Сельскохоз. Инст., VIII, кн. 1, 1902.
Литературу по гумусу см. также в Internationale Mitteilungen fur Bodenkunde, Bd. X, 1920 (список в конце книжек).

---

## ГЛАВА II

# Выветривание

Изучение состава земной коры на различных глубинах давно уже приводило исследователей к заключению о различии тех условий, при которых совершаются химические реакции в породах разных глубин. Отсюда — естественное желание делить земную кору на различные глубинные пояса. Первая попытка в этом направлении сделана была Седергольмом в 1891 г., затем Бекке[1]), фан Хайзом и Корну.

Фан Хайз предлагает деление толщи земной коры сверху вниз на два пояса: пояс катаморфизма и пояс анаморфизма. Последний разбивается сверху вниз на три зоны: 1) зона с низкой температурой и низким давлением; 2) зона с высокой температурой и средним давлением; 3) зона с высокой температурой и высоким давлением или зона течения пород. Пояс катаморфизма сверху вниз делится на две зоны: 1) зону выветривания и 2) зону цементации. Границей между двумя зонами является, по представлению фан Хайза, уровень грунтовых вод. Таким образом, толща земной коры, где совершаются явления выветривания, заключается между земной поверхностью и первым уровнем подземных вод. Одним из основных свойств зоны выветривания фан Хайз считает то обстоятельство, что углекислота здесь вытесняет кремнекислоту из ее соединений, иначе говоря, здесь происходит распад кремнекислых соединений, достаточно устойчивых при других условиях.

Для более удобного обозрения представляем классификацию поясов фан Хайза в табличке:

| | |
|---|---|
| Пояс катаморфизма | 1. Зона выветривания.<br>*— уров. грунт. воды.*<br>2. Зона цементации. |
| Пояс анаморфизма | 1. Зона низкой температуры и низкого давленія.<br>2. „ высокой „ среднего „<br>3. „ „ „ высокого „ |

Корну в своей классификации затрагивает лишь поверхностные пояса земной коры, исходя из совершенно иных точек зрения. По его представлению, зона современного выветривания, т. е. самая поверхностная часть земной коры,— есть царство коллоидов, чем она и отличается от остальной толщи той же коры. Образованию коллоидов здесь способствуют постоянно меняющиеся условия среды: изменчивая температура, меняющаяся влажность и пр. На более значительных глубинах, где существуют постоянные условия: постоянная

[1]) См. Лучицкий. Петрография, 1910, стр. 241.

температура, постоянное давление,— идет образование кристаллических тел. Последний процесс Корну называет вековым выветриванием. Где лежит граница между поясом современного и поясом векового выветривания, Корну определенно не указывает. Из его определений можно было бы заключить, что кристалличность продуктов распада первичных минералов или минералов материнских пород следует поставить в связь с постоянными условиями реакций, т. е. отграничить зону поверхностного или современного выветривания от зоны векового выветривания поясом постоянной температуры. Сам автор, употребляя термин вековое, придает, очевидно, известное значение продолжительности процессов распада Наряду с этим Корну допускает возможность самопроизвольного превращения коллоидов в кристаллическое вещество. Если это так, то возможно ожидать, что там, где процесс выветривания совершается продолжительно, коллоидальные вещества могут превратиться в конце концов в кристаллические, а так как последние, по указаниям Корну, имеют тот же состав, что и гели, то, очевидно, в этом случае может исчезнуть всякое различие между поверхностным и вековым выветриванием.

Нам представляется, что при обсуждении процесса выветривания необходимо различать две стороны совершающегося процесса. Когда в природе подвергается выветриванию какой-либо сложный алюмосиликат, то, с одной стороны, от него некоторые составные части отщепляются, переходя в раствор или псевдораствор. С другой стороны, на месте остается от того же алюмосиликата остаток. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не получится такой остаток, который, при данных условиях, становится неподвижным в химическом смысле. Несомненно, что не только те вещества, которые от алюмосиликата отщепились, но и те, которые остались на месте, суть продукты выветривания. На эту последнюю группу Корну, однако, обращает сравнительно меньше внимания, чем на первую. Говоря о серой коре выветривания базальта, автор находит там „кремнеглиноземистые гели и гели гидратов окиси железа, смешанные с магнезиально и железисто-силикатными гелями". Эти гели являются продуктами отщепления, но кроме них есть и минералы, от которых отщепились эти гели, а что они собою представляют, из данных Корну не видно.

Если мы остановимся первоначально на первой группе продуктов выветривания, то, вполне присоединяясь к мнению Корну, что из них могут получаться гели, и что некоторые из таких продуктов могут находиться, при известных условиях, и в золеобразном состоянии (кремнекислота, гидраты окиси железа и пр.), мы, однако, не можем признать, чтобы такое положение было обязательно для всех, без исключения, продуктов выветривания этой группы. И сам Корну вносит оговорку в том смысле, что простые соединения при выветривании, как углекислая известь, гипс и пр., могут являться в кристаллическом виде. Отметим, что фан Беммелен находил в болотных почвах кристаллические сидерит и вивианит [1]), что Палла [2]) в таких же болотных образованиях констатировал присутствие марказита.

Что касается второй группы продуктов выветривания — группы остающихся на месте, неподвижных в химическом смысле, веществ, не дающих ни растворов, ни псевдорастворов, то и ее представители

---

[1]) Van Bemmelen. Zeitschr. f. anorgan. Chemie. Bd. XXII.

[2]) Palla, E. Neues Jahrb. f. Mineralogie etc. 1887, II, 5.

нередко бывают кристаллическими. Примеров сейчас приводить не будем; они будут указаны в дальнейшем изложении.

Из всего сказанного следует, что выветривание не есть исключительно образование гелей, подобно тому как образование минеральных гелей совершается в природе не только благодаря процессам выветривания: аналогичные группы выделяются нередко и из вод термальных источников, на что указывает, между прочим, и Корну. Поэтому, выдвигать на первый план образование коллоидов, как наиболее характерный признак зоны выветривания, едва ли правильно.

Фан Хайз характеризует зону выветривания, как пояс, где идут реакции окисления, образование углесолей, гидратации и растворения, где углекислота, как уже отмечено выше, вытесняет кремнезем из его соединений, но оговаривается, что при исключительной влажности в этой зоне могут идти реакции раскисления, а при высокой температуре и постоянной сухости—и реакции дегидратации. Общий результат выветривания может быть характеризован, как распад, разложение и растворение, в конечном итоге различные механические и химические изменения, размягчение и дегенерация пород. Минералы, которые при этом образуются, немногочисленны, просты по составу и обычно недостаточно хорошо окристаллизованы.

В этом определении фан Хайза мы вместо углесолей поставили бы слова „простых солей" и добавили бы возможность образования коллоидов.

Сравнивая между собой процессы гумификации и процессы выветривания, мы замечаем некоторые аналогии. Как там, так и здесь наблюдается упрощение состава, в обоих случаях совершается образование простых солей, образуются коллоидальные продукты. В дальнейшем мы увидим, что параллельно малоподвижным веществам гумуса (смолы, воск, частью жиры) существуют и малоподвижные продукты выветривания; как там, так и здесь находим промежуточные продукты распада.

Прежде чем мы перейдем к более детальному знакомству с явлениями выветривания, отметим еще одну попытку более подробного деления поверхностной части земной коры на глубинные пояса. Эта попытка принадлежит Ланг у, который предлагает следующую схему:

1. Зона выветривания (действие преимущественно механических сил).
2. Зона окисления (действие кислорода).
3. Зона цементации (граница между кислородной зоной и зоной углекислой).
4. Зона диагенеза (действие углекислоты).
5. Первичная зона.

Попытка эта едва ли может считаться удачной, во-первых, потому, что нет такой зоны, где бы работали преимущественно механические силы, а во-вторых, и потому, что разделить области действия кислорода и углекислоты едва ли возможно.

Процессы выветривания вообще зависят от многих факторов, действующих то чисто механически, то химически. Можно выделять в особый тип и органическое выветривание, то-есть те процессы, которые совершаются при посредстве организмов и продуктов их разложения, в частности, веществ гумуса, хотя и в органическом выветривании можно усмотреть те же две стороны, т. е. химическую и механическую. Отдельные стороны одного и того же процесса выветривания чаще всего комбинируются и действуют совместно, хотя известны случаи, когда перевес берет та или другая.

Если в природе мы и не можем зачастую обособить результаты каждого из указанных только что отдельных процессов, то

в изложении это не только возможно, но и желательно, так как этим путем удастся отметить то существенное, что отличает одни процессы от других. В виду сказанного, мы последовательно рассмотрим механическое, химическое и органическое выветривание.

### Механическое выветривание

Главнейшими факторами механического выветривания являются: колебание температуры, замерзающая вода и кристаллизующиеся из растворов соли.

Непосредственное нагревание горных пород солнечными лучами вызывает расширение входящих в состав породы минералов, лучеиспускание ночью влечет за собой сжатие тех же минералов, что и обусловливает, в конце концов, появление трещин.

О величине расширения пород при нагревании могут дать представление следующие цифровые данные Бартлета (см. также Adie):

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Гранит . . . . . | 0,00000268 | дюйм. | на 1 ф. | при нагрев. | на 1° Ц. |
| Мрамор . . . . . | 0,000003149 | „ | „ | „ | „ |
| Песчаник . . . . . | 0,000005295 | „ | „ | „ | „ |

Степень нагревания породы зависит: 1) от теплоемкости пород, 2) от их теплопроводности, 3) от окраски, 4) от того, какая часть тепла тратится на работу внутри породы, и 5) от общего количества тепла, доставляемого путем инсоляции. При оценке общего количества тепла, доставляемого путем инсоляции, необходимо принимать во внимание и условия залегания поверхностей горной породы (отношение к странам света, величина угла падения к горизонту[1]).

Теплоемкость горных пород и минералов вообще значительно ниже воды, но для различных минералов и пород неодинакова. Ее величины, по определениям Ульриха, колеблются, в среднем, между 0,1627 и 0,2372.

Влияние окраски горных пород на степень их нагревания выражается в том, что темноцветные породы, при прочих равных условиях, нагреваются сильнее, чем светлоокрашенные. Отсутствие в летние периоды снега на высоких плоскогориях Армении и быстрое развитие там растительности ставится в связь с нахождением на них темноцветных вулканических туфов. Окраска горных пород, оказывая влияние на степень их нагревания, обусловливает в то же время и характер их растрескивания. Как увидим ниже, одноцветные породы распадаются иначе, чем разноцветные.

Теплопроводность горных пород вообще не велика, но далеко не одинакова для всех, как можно видеть из следующей таблички, где для сравнения помещена величина теплопроводности меди.

| | |
|---|---|
| Серый мелкозернистый мрамор . . . . . | 3,48 |
| Белый крупнозернистый „ . . . . . | 2,78 |
| Гипс . . . . . | 0,33—0,52 |
| Медь . . . . . | 69,0 |

При нагревании пород часть теплоты может тратиться на испарение воды, находящейся в порах и трещинах горных пород, откуда ясно, что чем суше климат, чем меньше влаги содержат породы, тем сильнее, при прочих равных условиях, они нагреваются.

Что касается суммы тепла, доставляемой путем инсоляции, то она, разумеется, тем больше, чем ближе к экватору находится мест-

[1]) По этому вопросу см. „тепловые свойства почвы".

ность. Таким образом, наилучшими условиями для механического разрушения горных пород с помощью нагревания и охлаждения должны обладать жаркие пустыни субтропических широт, где влажность воздуха и годовое количество осадков ничтожны, а степень инсоляции велика.

О растрескивании горных пород в пустынях, под влиянием резких колебаний температуры, сообщают многие путешественники; некоторым из них удавалось слышать и особые звуки, которыми сопровождается образование трещины (Livingston, см. также Oppenheim).

Титце, путешествовавший по Персии, указывает на появление, под влиянием перемен температуры, трещин и расселин, на распадение горных пород на обломки и на образование целых масс таких обломков. По сообщению Филиппи, в Атакаме охотники принуждены бывают надевать обувь своим собакам, чтобы последние не испортили ног, перебегая по острым обломкам горных пород, отованных от сплошных масс, благодаря колебаниям температуры. Фраас наблюдал растрескивание и распадение на куски кремней под своими ногами.

Интересны также наблюдения Обручева в Центральной Азии. Климатические условия центрально-азиатской пустыни таковы: в летние периоды поверхность пород днем нагревается до 60—70°,—темноцветные породы нельзя даже удержать в руке,—ночью же температура их падает до 20—25°. Зимой те же породы не нагреваются за день выше 15—20°, но зато ночью они охлаждаются до 20—25°, а местами даже до 35—40° ниже нуля. В этих случаях работает также и замерзшая вода.

Характер распадения пород под влиянием резких перемен температуры всецело зависит от сложения и структуры самой породы, в силу чего можно различать несколько типов разрушения пород.

Плотные или мелкозернистые породы, как, например, многие известняки, кварциты, фельзиты, порфиры и порфириты, в которых нет резко обособляющихся по величине элементов и преобладает однородная основная масса, а также и базальты, мелкозернистые граниты, диабазы и диориты рассекаются с поверхности трещинами, часто незаметными для простого глаза. Однако, если ударить молотком по утесу, сложенному, повидимому, свежей породой, последняя тотчас же рассыпается на куски и кусочки. То же явление рассыпания происходит в природе и естественно, по мере расширения трещин, почему у подножия утесов наблюдаются нередко мощные россыпи, состоящие из угловатых обломков. Таким образом разрушаются до конца громадные утесы, также распадаются и гальки, и часто можно наблюдать мелкие куски, повидимому, цельные, но при сдавливании в руке тотчас же распадающиеся на части.

Тонкослоистые породы, каковы сланцы, мелкозернистые гнейсы, сланцеватые песчаники и известняки, распадаются на тонкие пластинки, и редко можно найти утес, на поверхности которого не лежали бы массы этих пластинок и листков, напоминающих черепки.

Мягкие и однородные породы: глины, мергеля распадаются на мелкие остроугольные обломки, часто кубической формы, величиной в грецкий орех и мельче, или же на округлоугловатые зерна и пыль.

Некоторые плотные известняки и некоторые граниты, преимущественно одноцветные (белые или розовые), расслаиваются на чрезвычайно тонкие пластинки. Явление это Вальтер объясняет тем, что

поверхностные слои имеют большую амплитуду колебаний температуры, чем более глубокие, и эти слои, с большей амплитудой колебаний, отделяются трещиной от глубже лежащих слоев; но, очевидно, такое объяснение недостаточно, так как тогда этот способ расслаивания наблюдался бы и на целом ряде других однородных пород.

Крупнозернистые породы, каковы многие граниты, гнейсы, диориты, диабазы, крупнозернистые гранитовые порфиры, песчаники и конгломераты разрушаются наиболее сильно, так как отдельные элементы таких пород расширяются и сжимаются различно, обладая различной теплоемкостью и различными коэффициентами расширения. При разрушении все такие породы рассыпаются в дресву или песок, и тогда распадение идет на большую глубину.

Разрушению горных пород в пустынях способствует и работа песчинок, передвигаемых ветром. Действие шлифующих песчинок также проявляется различным образом, в зависимости от характера шлифуемых пород.

Породы со скрытозернистой структурой, как роговики и фельзиты, однородные и твердые, не столько царапаются, сколько шлифуются, и потому обыкновенно являются с наиболее блестящей поверхностью. Близки к этим породам и кварциты, сплошной или мелкозернистой структуры, поверхность которых представляется иногда как бы шагреневой.

Породы порфировой структуры дают поверхность, усеянную как бы оспинами; последние соответствуют тем местам, где находились более мягкие зерна полевых шпатов.

Мелкозернистые песчаники, дозольно плотные и твердые, дают шероховатую поверхность, почти без всякого блеска. Породы гранитовой структуры (граниты, сиениты, габбро, диориты) образуют бугорчатую поверхность. Самые выдающиеся бугорки принадлежат зернам кварца, как наиболее противостоящим разрушению. Меньшей высотой отличаются бугорки полевого шпата, а углубления соответствуют чешуйкам слюды и зернам авгитов и роговых обманок.

Породы с жилками кварца и известкового шпата отшлифовываются таким образом, что кварцевые жилки выступают на фоне породы в виде гребешков, а жилки известкового шпата в виде желобков.

Тонкослоистые кремнистые и кварцевые породы получают ребристую поверхность, в зависимости от неодинаковой твердости различных слоев.

Сланцеватые породы расщепляются на тонкие листочки, отделяемые друг от друга желобками. Известняки, наконец, получают бугорчатую и в то же время сглаженную (шлифованную) поверхность. Вообще же можно сказать, что более мягкие породы песок точит, а более твердые—шлифует и полирует.

Особенно многочисленны наблюдения Вальтера над разрушением пород в различных пустынях и вообще над явлениями выветривания, переноса и отложения пустынного материала. Вальтер также наблюдал появление трещин на самых разнообразных горных породах. Трещина проникает постепенно в глубину, так что нередко можно видеть гальки с трещинами, дошедшими только до половины. Часто целая система трещин разбивает породу по различным направлениям. На известняке и гранитных скалах наблюдаются зачастую периферические трещины, которые отделяют от породы концентри-

ческие оболочки. Эти оболочки иногда имеют толщину листа бумаги, иногда же являются в виде корок до 10 сантим. толщиной[1]).

Радиальные трещины, по Вальтеру, появляются при охлаждении нагретой породы, а периферические—при нагревании. Интересны для данного вопроса приводимые им опыты Зикенбергера. Последний нагревал на песчаной бане три кремневых гальки пустыни. При температуре в 60° Ц. одна галька распалась на две части, при 80° обе половины так же, как и остальные гальки, образовали скорлуповатые оболочки, соответствующие своим изгибом наружной поверхности галек, при 100° от всех трех галек остались только пластинчатые, ланцетовидные или напоминающие острие ножа обломки, часто очень тонкие и острые по краям. По своим формам многие из них напоминали те кремневые обломки, которыми пользовался, в качестве домашних инструментов и орудий для охоты, палеолитический человек.

Гальки пустынных областей, обтачиваясь и шлифуясь песчинками, превращаются в типичные для пустынь трехгранники.

Иногда в разрушении горных пород пустыни принимают участие и соли. Притягивая ночью небольшие количества влаги, соли, находящиеся на поверхности, переходят в раствор, который просачивается в мелкие трещинки. Дневное нагревание заставляет соли вновь кристаллизоваться в трещинах, что влечет за собой дальнейшее расширение последних.

Явления механического разрушения пород, особенно типичные для пустынь, где амплитуда колебаний температуры может достигать нескольких десятков градусов[2]), наблюдаются, однако, и в полярных странах. В Гренландии, по данным Дригальского, лучи солнца способны довольно значительно нагревать горные породы, в то время, как температура воздуха остается невысокой. Порой разница между температурой нагретой скалы и воздуха достигает 20° Ц. Нагретые верхние слои округленных скал расширяются и отщепляются от холодного внутреннего ядра, издавая при этом особый звук; после этого наружные куски отпадают, и таким образом скала постепенно разрушается.

Ту работу, которая в пустынных областях совершается кристаллизацией солей, в умеренных и особенно холодных широтах производит замерзающая вода, забирающаяся по трещинам даже в очень плотные породы. Непосредственные определения показывают, что даже те горные породы, которые практически считаются водонепроницаемыми, содержат в себе большие или меньшие количества воды. Сильное охлаждение породы, вызывая замерзание воды в трещинах, создает силу, способную произвести громадную работу. Об этой силе можно судить по общеизвестному опыту, в котором толстостенное чугунное ядро, наполненное водой, разрывается на куски при охлаждении ниже 0°.

На отвесных скалах наблюдается нередко образование массы обломков, благодаря действию мороза. Явление происходит чаще всего в весенние месяцы по утрам. Кусок породы, оторванный силой замерзшей воды, удерживается на некоторое время, при помощи того же льда, в связи с остальной породой. Действием солнечных лучей лед расплавляется, и кусок породы, не удерживаемый более ничем, падает вниз.

---

[1]) См. также Steeruwitz.

[2]) См. Harding, Schirmer, Dastague, Shaler.

Тулэ наблюдал на берегах одной из бухт Ньюфаундленда механическое разрушение пород, связанное с приливами и отливами. Зимой, во время прилива, вода заполняет все поры и трещины береговых пород, и так как воздух в это время холодный, то вода при отливе замерзает в трещинах, и результатом этого является постоянное образование обломков, во множестве усеивающих берег. Насколько быстро происходит распадение пород под влиянием мороза, свидетельствуют наблюдения Штейнегера на одном из островов Берингова моря. Исследователь посетил юго-восточную оконечность острова, мыс Толстой, первый раз в сентябре 1882 года и заметил между обломками горных пород, лежавших у подножия утеса, один кусок породы, имевший более 6 футов в диаметре; на нем не было и следов растрескивания. Возвратившись сюда в апреле 1883 года, он мог видеть только многочисленные обломки кубической формы с острыми ребрами и с одинаковыми приблизительно размерами, около 2 дюймов. О скорости выветривания в арктических странах, благодаря действию замерзающей в трещинах воды, имеются также указания в работе Tarr'a [1]).

Механическое выветривание, резко заметное в пустынных областях и арктических странах, не столь резко обнаруживается в широтах умеренных, во-первых, потому, что оно сочетается здесь с химическим и органическим выветриванием, а, во-вторых, и потому, что значительные пространства этих широт покрыты рыхлыми наносами. Однако, внимательнее присматриваясь к таким областям, где на поверхность выходят твердые коренные породы, нетрудно видеть, что и здесь механическое выветривание является очень часто наиболее существенным процессом почвообразования и обыкновенно идет рука об руку, или даже впереди химического и органического выветривания.

Только в обильно увлажняемых тропических странах механическое выветривание сильно маскируется энергичным химическим разложением. Но и в тропических областях механическое выветривание встречает благоприятные условия в резких изменениях температуры поверхностных пород. Максимальная температура, которая определялась на земной поверхности в тропиках, была 84,6° Ц., тогда как температура тропического дождя не превышает 23° Ц. Таким образом, получается громадная амплитуда в 60°, значение которой в процессах механического выветривания легко понимается на основании предыдущего.

### Химическое выветривание

Факторами химического выветривания являются воздух, вода и различные водные растворы. Действие воздуха обусловливается содержанием в нем кислорода, благодаря которому в природе совершается ряд окислительных процессов, и содержанием углекислоты. Действие воды выражается в гидратации, растворении и разложении различных минеральных соединений. В природе обыкновенно действует не чистая вода, а различные слабые водные растворы. Чаще всего при обсуждении процессов выветривания можно говорить о работе воды, содержащей углекислоту. В поверхностных горизонтах земной коры углекислота образуется в значительных количествах, благодаря рассмотренным выше процессам гумификации, а также благодаря жизнедеятельности корней растений. В зависимости от различных

[1]) О действии мороза см. также Kerr и Davison, C.

условий (температуры, влажности, воздухопроницаемости почвы, количества разлагающихся органических веществ, количества и степени развития растений, живущих на данном месте, силы ветра и пр.), количества углекислоты в поверхностных слоях земной коры могут быть различны, но во всяком случае этот воздух содержит значительно больше углекислого газа, чем атмосферный, при чем количество углекислоты при углублении возрастает. Поэтому и просачивающаяся атмосферная вода насыщается углекислотой и становится более энергичным растворителем, чем чистая вода. Если к воде присоединяются и растворимые органические кислоты, то энергия этого природного реактива еще значительнее повышается. Повышает эту энергию и возрастание температуры. Реакции, производимые атмосферной водой, могут еще более усложняться, если эта последняя содержит в растворе различные соли.

Результаты работы воды, углекислой воды и различных органических кислот и их производных могут исследоваться двояким способом: с одной стороны, можно штудировать непосредственно в природе превращение в поверхностных горизонтах земной коры одних минералов в другие, выясняя химическим анализом различие состава первоначального минерала или породы и продуктов их разложения, с другой стороны, можно в лаборатории испытывать действие на различные минералы и горные породы указанных выше реактивов.

Переходя к фактической стороне накопившегося в литературе по вопросам химического выветривания материала, мы рассмотрим первоначально данные лабораторных исследований, а затем уже обратимся к наблюдениям в природе и аналитической проверке этих наблюдений.

### Опытные данные о химическом действии воды и растворов на минералы и горные породы

Еще старые опыты Дюроше показали, что различные минералы способны поглощать воду. Он держал 4 года под стеклянным колпаком во влажном воздухе ортоклаз, санидин, альбит, олигоклаз, слюду, роговую обманку, авгит, магнетит, железный блеск, пиролюзит и браунит и нашел, что все эти минералы поглощают воду. Количество воды, выделяющейся между 15 и 100° Ц., возросло до 0, 38%, между 100° и темнокрасным калением—от 0,05 (полевой шпат) до 2,66% (слюда) и между 100° Ц. и яркокрасным калением—от 0,02 до 0,23%.

Опыты Лемберга с действием воды на силикаты при высокой температуре также привели его к заключению, что силикаты при этих условиях гидратизируются.

Опыты Джонстона, в которых изучалось действие воды и воды, насыщенной углекислотой, на минералы из группы слюд, показали, что эти минералы поглощают воду, при чем изменяют свои физические свойства. Так, например, мусковиты, содержащие до 2,5% воды, отличаются высокой эластичностью, а гидромусковиты, с 4 и более процентами воды, имеют сгибающиеся листочки. Приводим параллельные анализы мусковитов, произведенные Джонстоном.

I. Свежий мусковит.
II. Мусковит, пролежавший год в дестиллированной воде. } Гидромусковиты.
III. То же—в углекислой воде. }
IV. Свежий биотит.
V. Биотит, лежавший год в воде.
VI. „ „ „ „ углекислой воде.

| | I | II | III | IV | V | VI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 47,76 | 46,95 | 46,33 | 41,02 | 40,79 | 42,10 |
| $Al_2O_3$ | 35,13 | 34,45 | 34,86 | 17,99 | 16,81 | 19,45 |
| $Fe_2O_3$ | — | — | — | 10,50 | 9,85 | 8,20 |
| FeO | 3,95 | 3,84 | 3,69 | — | — | — |
| MgO | 0,80 | 0,77 | 0,83 | 20,04 | 18,90 | 17,35 |
| $K_2O$ | 9,91 | 9,62 | 9,85 | 9,35 | 7,99 | 8,14 |
| $Na_2O$ | сл. | сл. | сл. | сл. | сл. | сл. |
| $H_2O$ | 2,43 | 4,19 | 4,42 | 1,71 | 5,52 | 5,83 |

Из сообщенных данных можно сделать заключение, что поглощенная силикатами вода первоначально растворяется в минерале, но что этим дело не оканчивается.

Как из этих и других опытов Джонстона, так и из приводимых ниже данных можно сделать вывод, что, вскоре после соприкосновения с водой, начинается глубокое изменение химического состава минерала, не имеющее, однако, ничего общего с процессами прямого растворения.

Старые опыты Кеннготта и Гофманна и более новые— Дёльтера, Клэрка и Штейгера, Zambonini показали, что щелочные и щелочно-земельные алюмосиликаты обнаруживают, при взбалтывании с водой, щелочную реакцию. Штейгер обрабатывал 5 грам. тонко измельченного порошка минералов 500 куб. сантим. воды в колбе в течение одного месяца. Затем жидкость отфильтровывалась и титровалась, в присутствии метилоранжа, соляной кислотой. Количество протитрованной щелочи для всех исследованных минералов вычислялось затем, как $Na_2O$, и полученные величины сравнивались. Эти величины колебались между 0,05 и 0,07 (альбит, лейцит, шабазит) и 0,32, и 0,57 (пектолит, мусковит).

Щелочная реакция силикатов обусловливается, очевидно, тем, что вода, действуя на минерал, вступает в конце концов в химическое взаимодействие с последним, при чем щелочный или щелочноземельный металл замещается водородом. Судя по тому, что минерал при этом может содержать какие угодно количества воды, нужно думать, что реакция протекает постепенно, т. е. замещение металла водородом может итти в любых количествах.

Реакция, однако, протекает в большинстве случаев сложнее, так как замечается, что, наряду с обогащением минерала водой и отщеплением щелочи, или, правильнее, замещением металлов оснований водородом, происходит частичный распад минерала.

Еще в 1835 году Форхгаммер показал, что если порошок ортоклаза подвергнуть нагреванию с водой в папиновом котле при температуре 125—222°, то отделяется силикат калия. Братья Роджерс, действуя углекислой водой на ортоклаз и целый ряд других минералов (серпентин, хлорит, роговая обманка и пр.), показали, что в водный раствор переходят щелочи, щелочные земли, кремнезем и глинозем, однако, не в тех отношениях, какие существуют в минералах, послуживших для опытов. Позже с ортоклазом производили опыты Добрэ, Стоклаза, которые, как и предыдущие исследователи, констатировали переход в раствор щелочей, кремнезема и некоторого количества глинозема.

По новейшим данным Cushman'a и Hubbard'a, действие воды на ортоклаз ускоряется, если обработку водой вести совместно с растиранием порошка силиката, ибо образующийся на поверхности зерен минерала продукт разложения, обволакивая зерно тонкой плен-

кой, преграждает доступ воды к свежему минералу. Ускоряет реакцию также прибавка к воде электролита и электролиз.

Авторы приходят, между прочим, к заключению, что всего количества отщепляющейся щелочи, при действии воды, получить в растворе нельзя, так как часть калия абсорбируется продуктом выветривания, который они считают коллоидным глинистым силикатом. В этом последнем заключении сказывается, несомненно, некоторое увлечение коллоидами, сделавшееся весьма заметным в различных областях исследования, после того как на коллоиды вообще обратили внимание и химия коллоидов стала делать быстрые успехи. По нашему мнению, нет никаких данных для такого вывода, и наблюдающиеся факты могут быть объяснены и без всякого участия коллоидов и абсорбции, как это будет видно дальше.

Неправильные заключения делаются затем и в работе Функа, который показал, что вода из порошка полевого шпата вытягивает 0,1—0,2% всего заключавшегося в нем количества калия. При этом даже на сравнительно крупных, упавших на дно сосуда, частичках полевого шпата обнаружен, при помощи Гундесгагеновского метода окрашивания, продукт разложения. Действуя в другом опыте водою же, в которую пропускался ток углекислоты, Функ получил 0,7% щелочи и пришел к выводу, что углекислота препятствует образованию коллоидов, а следовательно, и абсорбции калия. Между тем, полученные результаты проще объясняются тем, что углекислота усиливает гидролиз, так как из наблюдений в природе известно, что и в тех случаях, когда в разложении полевого шпата несомненно участвует углекислота, получается, в конечном итоге, коллоидоподобный каолин.

Не вполне возможно согласиться и с Роландом, который утверждает, что при гидролизе алюмосиликата под влиянием воды получаются свободная щелочь, коллоидный кремнезем и кремнеглиноземная кислота, которая под влиянием углекислоты распадается на коллоидный глинозем и коллоидный кремнезем. Такое распадение, как увидим далее, вовсе не представляет обычного, всюду наблюдающегося процесса, а получается лишь при некоторых определенных условиях.

Опыты Бейера затронули не только вопрос о действии на ортоклаз чистой воды, но и различных слабых водных растворов. В его опытах 1 килограмм отмученного полевого шпата обливался в каждом сосуде 2,5 литрами дестиллированной воды, при чем в различных сосудах находились:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| В 1, 2 и 3 | только | вода | | |
| „ 4 | „ | „ | с $\frac{1}{10}$ эквив. | $Ca(HO)_2$ |
| „ 5 и 6 | „ | „ | „ 1 „ | $CaCO_3$ |
| „ 7 и 8 | „ | „ | „ $\frac{1}{25}$ „ | гипса |
| „ 9 и 10 | „ | „ | „ $\frac{1}{5}$ „ | $Ca(NO_3)_2$ |
| „ 11 и 12 | „ | „ | „ $\frac{1}{5}$ „ | $(NH_4)_2SO_4$ |
| „ 13 и 14 | „ | „ | „ 1 „ | MgO |
| „ 15 и 16 | „ | „ | „ $\frac{1}{5}$ „ | $K_2CO_3$ |
| „ 17 и 18 | „ | „ | „ $\frac{1}{5}$ „ | $NaNO_3$ |
| „ 19 и 20 | „ | „ | „ $\frac{1}{5}$ „ | NaCl |
| „ 21 | „ | „ | „ $\frac{1}{5}$ „ | FeO |

Опыты начаты 11-го июня 1866 года и продолжались до октября того же года. В начале ноября было приступлено к анализам, которые дали нижеследующие результаты (цифры обозначают граммы):

| | $K_2O$ | $Na_2O$ | CaO | MgO | $R_2O_3$ | $SiO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Дестиллир. вода . . . . . | 0,051 | 0.078 | 0,058 | 0,006 | — | 0,049 |
| 2. „ „ с воздухом . . . . | 0,037 | 0,064 | 0,044 | 0,005 | — | — |
| 3. „ „ CO . . . . . | 0,071 | 0,114 | 0,076 | 0,004 | 0,009 | 0,069 |
| 4. „ „ $CaCO_3$ . . . . | 0,042 | 0,073 | 0,112 | 0,009 | — | 0,019 |
| 5. „ „ $CaCO_3+CO_2$ . . | 0,067 | 0,094 | 0,273 | 0,018 | — | 0,034 |
| 6. „ „ с гипсом . . . . | 0,053 | 0,074 | — | 0,016 | — | 0,033 |
| 7. „ „ „ + $CO_2$ . . . | 0,068 | 0,097 | — | 0,016 | — | 0,062 |
| 8. „ „ $Ca(NO_3)_2$ . . . . | 0,041 | 0,062 | — | 0,016 | — | 0,036 |
| 9. „ „ „ + $CO_2$ . . . | — | — | — | 0,017 | — | 0,045 |
| 10. „ „ $(NH_4)_2SO_4$ . . . . | 0,161 | 0,094 | 0,122 | 0,035 | — | 0,066 |
| 11. „ „ „ + $CO_2$ . . . | 0,162 | 0,107 | 0,147 | 0,015 | — | 0,056 |
| 12. „ „ $K_2CO_3$ . . . . . | — | — | сл. | сл. | — | 0,026 |
| 13. „ „ „ + $CO_2$ . . | — | — | 0,029 | 0,007 | — | 0,029 |
| 14. „ „ $NaNO_3$ . . . . . | 0,089 | — | 0,049 | 0,003 | 0,005 | 0,060 |
| 15. „ „ „ + $CO_2$ . . . | 0,096 | — | 0,120 | 0,008 | 0,009 | 0,032 |
| 16. „ „ NaCl . . . . . | 0,163 | — | 0,091 | 0,008 | 0,004 | 0,032 |
| 17. „ „ „ + $CO_2$ . . . | 0,183 | — | 0,123 | 0,006 | 0,006 | 0,057 |

Приведенная таблица довольно наглядно показывает, что резкой разницы между результатами действия воды и различных растворов не замечается. Наиболее значительные изменения наблюдаются в тех случаях, если металл взятой соли способен заместить металл полевого шпата; тогда в растворе оказывается больше калия, натрия и кальция. Но так как у полевого шпата реакции замещения идут вообще туго, то и здесь разница не особенно резка. Энергичнее всего действует $(NH_4)_2SO_4$. В растворе всегда находится больше оснований, чем кремнезема, что лишний раз подчеркивает ту мысль, что при действии воды на силикаты яснее всего обнаруживается отщепление оснований. Вопрос о переходе в раствор глинозема в работе Бейера не ясен, так как глинозем определялся вместе с железом.

Материалы Бейера использовал позже Фиттбоген, который оперировал с ними, промыв предварительно каждый из образцов тремя литрами воды. Результаты опытов получились такие же, как у Бейера; замечено только, что, при вторичной обработке, щелочи переходят в раствор в меньших количествах, чем при первичной (см. выше, Cushman and Hubbard).

Вопросом о действии углекислой воды на минералы и горные породы занимался позже Рихард Мюллер. Он исследовал разлагаемость адуляра, олигоклаза, роговой обманки, авгита, оливина, магнетита, апатита и серпентина. Для исследования употреблялась химически чистая вода, насыщенная при 3 атмосферах давления и 12° Ц. углекислотой. Склянки, служившие для опытов, вмещали около 1100 гр. воды; после наполнения они плотно закрывались пробками и ставились в погреб при постоянной температуре на два месяца. Результаты получились следующие:

| | Адуляр | Олигоклаз | Рогов. обм. | Авгит | Оливин | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ . . . . . | 0,155 | 0,237 | 0,419 | — | 0,873 | В % каждой из составных частей в отдельности. |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 0,137 | 0,171 | сл. | — | — | |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | сл. | сл. | 4,829 | 0,942 | 8,733 | |
| MgO . . . . . | — | — | — | — | 1,291 | |
| CaO . . . . . | сл. | 3,213 | 8,528 | — | сл. | |
| $K_2O$ . . . . . | 1,353 | сл. | — | — | — | |
| $Na_2O$ . . . . . | — | 2,367 | сл. | — | — | |
| В % всего минерала . . | 0,328 | 0,533 | 1,536 | 0,307 | 2,111 | |

Из приведенных цифр видно, что плагиоклаз разлагается заметно сильнее ортоклаза, что натрий относительно слабее отщепляется, чем кальций и что калий отщепляется труднее других оснований. Особенно значительно разлагается роговая обманка.

Автор полагает, что кремнезем переходит из силикатов в раствор в виде гидрата и что глинозем, в качестве такового, несколько растворим в углекислой воде. С таким толкованием, однако, нельзя согласиться. При тех условиях, в каких ставились опыты Мюллера, в растворе должно было получаться некоторое количество углекислой щелочи, а последняя, как известно, способна несколько растворять алюмосиликат. Таково наиболее вероятное толкование результатов, полученных Мюллером.

Аналогичные результаты получались и в опытах Sicha, который оперировал с помощью воды с углекислотой при различных давлениях и в различные промежутки времени. Исследованию подвергались роговая обманка, полевой шпат и слюда при давлении от 10 до 50 атмосфер; продолжительность опытов от 1 до 84 дней.

Эти опыты еще нагляднее показали, что при действии углекислой воды в раствор переходят несравненно большие количества оснований, чем кремнезема. В данном случае растворимость кремнезема положительно ничтожна в сравнении с растворимостью щелочей и щелочных земель. Ясно, следовательно, что при действии углекислой воды значительная часть среднего алюмосиликата превращается в кислый, но не менее ясно и то, что таким превращением дело не ограничивается, а что вместе с тем происходит отчасти растворение или разложение минерала. К сожалению, в работе Sicha, как, впрочем, и во многих других, не хватает исследования нерастворимых остатков, а потому полное толкование результатов реакции является возможным только в силу того, что эти остатки известны нам из природных реакций.

Нам известна, впрочем, работа Сестини, в которой подвергались некоторому изучению остатки от действия углекислой воды. Исследователь изучал действие этого реактива на минералы авгитово-роговообманковой группы. Две литровые склянки вмещали по 280 гр. авгита в зернах размерами от 1 до 22 мм. и по 750 куб. сант. воды; в одну из них вводилась еще углекислота. Затем склянки помещались на вращательной машине и подвергались вращению в течение 50 часов (20 оборотов в минуту). По истечении этого срока оказалось, что в первой склянке получилось 3,52 гр. тонкого порошка и 0,161 гр. растворенного вещества, во второй (с $CO_2$)—3,35 гр. порошка и 0,2668 растворенных веществ. В растворе определено:

| | I | II |
|---|---|---|
| $SiO_3$ | 0,0243 | 0,033 |
| $Fe_2O_3$ | 0,0043 | 0,0195 |
| CaO | 0,0271 | 0,0246 |
| MgO | 0,0140 | 0,036 |

Оставшийся порошок содержал некоторое количество белого вещества, растворявшегося в азотной и серной кислотах и заключавшего $Al_2O_3$ и $Fe_2O_3$ в отношении большем, чем в авгите. Метод, употребленный автором, не дает, однако, возможности решить вопрос о природе белого вещества. Была ли это механическая смесь гидратов полуторных окислов с кремнеземом, или белое вещество целиком представляло какой-либо глинообразный силикат, остается неясным. Сам исследователь полагал, что углекислая вода растворяет

метасиликат и оставляет нерастворимым алюмосиликат, но с этим едва ли можно согласиться.

Разложение углекислой водой 20 гр. диопсида привело к получению 0,0476 растворенного вещества, в котором определено:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 0,007 |
| $Fe_2O_3$ | 0,0018 |
| CaO | 0,0146 |
| MgO | 0,0058 |

Тремолит, диаллаг, азбест, как и предыдущие минералы, дают с водой щелочную реакцию. При обработке 20 гр. тремолита двумя литрами воды получилось в растворе 0,0920 гр. вещества такового состава:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 0,0068 |
| $Fe_2O_3$ | 0,0014 |
| CaO | 0,0194 |
| MgO | 0,0160 |

Земятченский подвергал тонко растертый порошок клинохаора действию воды в течение нескольких суток и исследовал затем состав частичек минерала, не оседавших в продолжении суток, и мельчайших частиц, висевших в воде два месяца. Если сравнить состав свежего минерала (1) с составом более крупных (2) и более мелких (3) частиц, то получается следующее:

| | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 31,35% | 30,80% | 26,27% |
| $Al_2O_3(+Fe_2O_3)$ | 18,72 | 19,88 | 15,25 |
| MgO | 34,73 | 27,95 | 21,57 |
| $H_2O$ | 14,93 | 20,65 | 33,05 |
| Гигроск. воды | — | — | 3,85 |

Частичные отношения компонентов таковы:

| | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 2,85 | 2,65 | 2,92 |
| $Al_2O_3$ | 1 | 1 | 1 |
| MgO | 4,74 | 3,13 | 3,60 |
| $H_2O$ | 4,53 | 5,89 | 12,22 |

Таким образом, и у хлоритов ясно заметно убывание основания (MgO) и возрастание конституционной воды.

Чтобы закончить с опытными исследованиями, касающимися силикатов, упомянем еще, что, по данным Дельтера, жидкая $CO_2$, при обыкновенной температуре, но продолжительном действии, извлекает из нефелина всю известь, растворяет натр, несколько меньше кремнезем, калий только отчасти и очень мало глинозема. Ясно, что и при такой постановке опытов результаты оказываются аналогичными тем, которые получались и другими исследователями[1]).

[1]) Следует отметить еще работы Джонстона, исследовавшего вопрос о действии воды с $CO_2$ на оливин и др. минералы и горные породы, а также старые исследования Делесса, Ген Розе, Фогеля, изучавшего, между прочим, вопрос о влиянии степени измельчения силикатов (главн. обр. стекол) на энергию действия воды, и Фейхтингера (см. Knop. Agric. Chemie.II, 179), ставившего опыты с растворами различных солей аммония и силикатамн (хлорит, гранат, роговая обманка, стильбит), см. также работы Лемберга, Эйхгорна, Daikuhara.

Из новейших исследователей укажем Газельгоффа, Генриха, Митчерлиха, Дюмон, Дрейбродт и Ринне.

Интересно, что при обработке соляной и разведенной серной кислотой можно извлечь из слюды почти весь глинозем, при чем оставшиеся пластинки, состящие из водного кремнезема, не теряют кристаллического характера (Ринне, Дрейбродт).

Выветривание алюмосиликатов представляет, как уже видно из предыдущего, довольно сложный процесс, почему мы и нашли необходимым изложить более или менее подробно результаты опытных исследований в области этой группы минералов. С сернистыми соединениями, окислами и солями угольной, серной, фосфорной кислот, а также с галоидными солями дело обстоит значительно проще, в виду чего мы здесь и не будем касаться опытных исследований в этой области, а укажем на них попутно, когда пойдет речь о выветривании в природе отдельных минералов.

Переходим теперь к опытам с различными горными породами; не останавливаясь на исследованиях Дитриха, Cossa и Клара, отметим лишь работу Струве.

Исследование разлагаемости водой финляндского гранита, произведенное Струве, возникло, благодаря появлению трещин и углублений в гранитной Александровской колонне в Ленинграде вскоре после ее постановки. Для решения вопроса, почему так быстро начала выветриваться колонна, Струве и поставил свои два опыта. В первом из них было взято 2,444 гр. гранита в виде порошка. Углекислота пропускалась ежедневно по нескольку часов и через 5 дней все было оставлено в покое, пока не осела муть, на что потребовалось 2—3 дня. По прошествии этого времени в растворе найдено около 1% минеральных веществ. Во втором опыте взято было 4,017 гр. гранита; углекислота пропускалась 8 дней по 4 часа ежедневно. Анализы растворов приводятся ниже:

| | I | II |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 0,110% | — |
| FeO | 0,206% | 0,156 |
| CaO | 0,307% | 0,199 |
| MgO | 0,123% | 0,085 |
| $K_2O$ | 0,242% | 0,052 |

Получив такие результаты, Струве обратил внимание, главным образом, на FeO, и так как было известно, что ортоклаз и олигоклаз исследованных гранитов не содержит железа, то исследователь заключил, что закись железа перешла в раствор из слюды[1]).

Отметим, наконец, и работу Ф. Струве, в которой изучалось действие углекислой воды на порошки базальта, фонолита, гнейса, гранита, глинистого сланца и порфира при обыкновенной температуре. Оказалось, что прежде всего переходят в раствор известь, натр и кали, затем небольшие количества кремнезема[2]).

Подводя итоги всем перечисленным опытным исследованиям, подчеркнем еще раз, что результаты всех опытов почти одни и те же. Вода чистая, вода с углекислотой и слабые соляные растворы, действуя на алюмосиликаты, отщепляют преимущественно основания, продуктом же побочной реакции являются кремнезем и небольшие количества глинозема. Последние (кремнезем, частью глинозем), окись железа и окислы марганца и являются теми веществами, которые при процессах почвообразования могут временно находиться в золеобразном состоянии, могут превращаться и в гели, вообще проявлять свойства настоящих коллоидов. Эту группу веществ мы и можем,

[1]) К этому же вопросу относятся и следующие статьи: Эйхвальд. СПБ. Ведомости № 279, 1861 г., Nordenskiold, A. Beskrifning ofver de i Finland funna mineralier, Helsingfors, 1855; Златковский, Зап. СПБ. Минер. Общ., II серия, ч. IX, 1874, стр. 115.

[2]) О действии текучей воды см. Thoulet, Comptes rendus, CXII, 1891.

строго говоря, трактовать, как коллоиды выветривания (Корну). Как можно усмотреть из опытов, коллоиды выветривания представляют лишь ничтожную часть той массы веществ, которые вступают в реакцию. Гораздо большая часть этой массы представляет остатки выветривания, иногда аморфные, иногда кристаллические. О химической природе этих остатков мы пока говорить не будем, оставляя этот вопрос до знакомства с явлениями выветривания в природе.

Как бы ни были малы количества коллоидов выветривания, пренебрегать ими не приходится, так как выветривание—процесс длительный, и за продолжительные периоды могут накопляться, при соответственных условиях, заметные количества коллоидов выветривания; эти последние могут иногда образовать новые минеральные продукты совершенно определенного состава. Повидимому, такое происхождение следует приписать некоторым магнезиальным силикатам типа палыгорскита. На такие соображения наталкивает нахождение пленок или пластинок подобных силикатов по трещинам выветривающихся кристаллических пород, иногда недалеко от поверхности. Магнезиальные силикаты и алюмосиликаты, как продукты, возникающие из коллоидов выветривания, устойчивее по отношению к факторам выветривания, чем силикаты и алюмосиликаты с иными основаниями, а потому легче других сохраняются в поверхностных горизонтах земной коры.

### Опыты над выветриванием пород в природе

Исследования Дитриха были направлены к выяснению энергии механического выветривания. Для опытов исследователем были взяты: 1) пестрый песчаник, 2) раковистый известняк, 3) базальт и 4) ретский известняк. Все эти породы были измельчены и просеяны через сита с отверстиями в 8 и 10 мм. Отсеянными кусками пород были наполнены 4 одинаковых ящика, объемом в ½ куб. фута каждый. Ящики были предоставлены действию атмосферных агентов в течение 4 лет, после чего исследовался механический состав выветрившихся масс. Результаты оказались следующие:

| | Пест. пес. | Раков. извест. | Базальт | Рет. изв. |
|---|---|---|---|---|
| Мелкозем (<⅓ мм.) . . . . . | 2,61% | 1,38% | 0,47% | 3,12% |
| Песок (2—4 мм.) . . . . . | 4,32 | 4,87 | 2,52 | 49,44 |
| Неизмен. куски . . . . . | 93,07 | 93,75 | 97,01 | 47,44 |

В 1879 году аналогичная работа была опубликована Гильгером, который взял для своих опытов песчаник двух сортов, юрский известняк и слюдяной сланец. Две первые породы были взяты в кусках, имевших 10—20 мм. в поперечнике, а две вторые—в кусках от 4,5 до 6,5 мм. Под цинковые ящики, в которые насыпались породы, подставлялись пустые цинковые же ящики, где собиралась атмосферная вода с растворенными веществами. Результаты механического анализа пород через три года после постановки опытов были таковы:

| | Песчан. I | Песчан II | Известняк | Слюдян. слан. |
|---|---|---|---|---|
| Мелкозем . . . . . | 0% | 24,4% | 0,23% | 1,1% |
| Мелкий песок (2—3 мм.) . . . | 18,3 | 22,6 | 3,3 | 39,6 |
| Грубый „ (4—5 „ ) . . . | 53,8 | 1,27 | 0,16 | 7,27 |

В 1886 году Гильгер совместно с Шютце опубликовали более обширную работу с гораздо большим количеством цифровых данных.

В этой работе затрогиваются как вопросы механического, так и химического выветривания. Объектами наблюдения служили образцы тех же пород, которые исследовались и в предыдущей работе.

Изучение механического состава пород после девятилетнего выветривания привело к следующим заключениям:

Желтый песчаник (Personatus-Sandstein) через 9 лет сохранил в своем составе $^1/_3$ кусков первоначальной величины: около $^1/_3$ общего количества составлял мелкозем (частицы мельче $^1/_2$ мм.) с примесью иловатых частиц. В период разрушения породы можно было наблюдать, что песчаник, как только началось его распадение, тотчас же стал давать мелкоземистые частицы, а также и иловатые. Отсюда легко сделать вывод, что цемент песчаника быстро выветривается, освобождая склеенные зерна.

Белый песчаник (Stubensandstein) дал за тот же период времени значительно меньше мелкозема, чем желтый песчаник, а именно 2,87%, но зато много появилось частиц размерами 0,5—1 мм. (37,28%). Зерен первоначального размера осталось только 21,21%, да и те носили на себе явные следы выветривания.

Юрский белый известняк дал меньшие величины механического разрушения. Количество зерен первоначального размера уменьшилось на 1,45%, мелкозема же за 8 лет образовалось всего 0,3%.

Слюдяной сланец сохранил около половины зерен первоначального размера, а именно 48,26%, и приобрел 3,24% мелкозема.

О химическом выветривании означенных пород дают представление следующие цифровые данные:

Желтый песчаник

| | Порода 1875 г. | Мелкозем 1876 г. | Мелкозем 1880 г. | Ил 1880 г. | Ил 1884 г. |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 82,31 | 82,31 | 85,21 | 24,44 | 33,89 |
| $SiO_2$ (раств.) | 9,81 | 9,84 | 7,32 | 7,88 | 8,91 |
| $Fe_2O_3$ | 2,18 | 2,34 | 2,16 | 26,69 | 23,92 |
| $Al_2O_3$ | 1,00 | 1,31 | 2,36 | 17,43 | 13,91 |
| CaO | 0,18 | 0,25 | 0,29 | 1,56 | 0,69 |
| $K_2O$ | 1,61 | 0,99 | 1,10 | 3,01 | 1,71 |
| $Na_2O$ | 0,57 | 0,69 | 0,78 | 2,14 | 1,07 |
| $SO_3$ | 0,54 | 0,56 | — | 0,28 | — |
| $P_2O_5$ | 0,45 | 0,08 | 0,03 | 0,35 | 0,45 |
| $H_2O$ | 1,12 | 1,18 | 0,96 | 10,18 | 11,28 |
| Орган. вещ. | — | 0.24 | 0,08 | 2,41 | 4,85 |

Из аналитических данных ясно, что иловатые частицы, где скопляются и мельчайшие продукты механического выветривания и продукты химического разложения, особенно обогащаются полуторными окислами, водой и сильно беднеют кремнеземом. Обогащение полуторными окислами происходит потому, что при выветривании породы последние почти не выносятся, а остаются или в виде свободных гидратов, или в виде глины. Понижение количества кремнезема объясняется частью тем, что кварц, как минерал твердый, меньше разрушается механически, чем силикаты, и, следовательно, попадает в сравнительно небольшом количестве в состав иловатых частиц. Кремнезем силикатный, как мы видели из предыдущих опытов, при выветривании отчасти уносится. Этими двумя причинами объясняется как обеднение иловатых частиц кремнеземом, так и некоторое обогащение их основаниями.

Опыты Гильгера и Шютце были продолжены Фидлером, из цифровых данных которого видно, что в период 1884—1890 г. продукты выветривания песчаников и сланца мало изменили свой состав (см. таблицу).

| | Желтый песчаник | | Белый песчаник | | Слюдяный сланец | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ил 1884 г. | Ил 1890 г. | Ил 1884 г. | Ил 1890 г. | Ил 1884 г. | Ил 1890 г. |
| $SiO_2$ . . . . | 42,83 | 44,27 | 52,06 | 52,46 | 48,65 | 47,45 |
| $Fe_2O_3$ . . . . | 23,29 | 25,94 | 2,68 | 3,26 | — | 2,16 |
| $Al_2O_3$ . . . . | 13,94 | 13,17 | 27,05 | 27,87 | 27,18 | 29,70 |
| CaO . . . . | 0,69 | 0,44 | 1,13 | 0,68 | 1,03 | 1,57 |
| $K_2O$ . . . . | 1,74 | 2,35 | 3,38 | 2,68 | 3,91 | 3,31 |
| $Na_2O$ . . . . | 1,07 | 1,27 | 3,06 | 2,92 | 2,16 | 2,06 |
| $H_2O$ . . . . | 11,28 | 13,46 | 10,27 | 9.70 | 7,91 | 7,61 |
| FeO . . . . | — | — | — | — | 7,28 | 6,31 |
| MgO . . . . | — | — | — | — | 0,87 | 0,78 |

Что продукты выветривания, в виде иловатых частиц, представляют в значительной степени механический детритус свежей породы, показывают особенно ясно анализы слюдяного сланца. В продуктах его выветривания (1884 г.) находится 7,28% FeO, которая несомненно принадлежит или первичным минералам, как и в свежем слюдяном сланце, или промежуточным продуктам выветривания, о которых речь впереди. Растворимость ила в кислоте нисколько не выше растворимости в том же реактиве свежей породы.

Биссингер, продолжавший исследование после Фидлера, отметил, между прочим, что слюдяной сланец потерял особенно заметно кремнезем, как и белый песчаник, а известняк потерял 22% углекислой извести.

Аналогичные опыты были организованы Газельгоффом[1]) с пестрым песчаником, граувакком, раковистым известняком и базальтом. За четыре года атмосферные осадки выщелочили из этих пород следующие количества в граммах:

| | $SiO_2$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | $SO_3$ | $P_2O_5$ | Сумма |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Из 16 кило пестрого песч. . . . . | 0,0182 | 0,1800 | 0,0368 | 0,0173 | 0,0474 | 0,0148 | 0,0043 | 0,8172 |
| Из 18 кило граувакки | 0,0235 | 1,0345 | 0,1155 | 0,0104 | 0,0161 | — | 0,0011 | 2,9227 |
| Из 19 кило раков. известн. . . . . | 0,0015 | 1,3993 | 0,0393 | 0,0057 | 0,0037 | — | — | — |
| Из 21 кило базальта | 0,0155 | 0,1339 | 0,4570 | 0,0540 | 0,1400 | — | — | — |

## Органическое выветривание

### Роль растений в процессах выветривания

Растения, поселяясь на минеральном субстрате, оказывают несомненное влияние на процессы выветривания, действуя как чисто механически, так и химически.

Механическая работа растений проявляется в разрыве и разрыхлении пород, производимых корнями, особенно древесными. Живые корни обладают значительной силой, и нередко в скалистых местах можно наблюдать, как, забираясь в трещины породы и разрастаясь в них, древесные корни отрывают от скал большие обломки горных пород. Едва ли не большей силой обладают мертвые корни, способные

[1]) См. также опыты Мора с базальтом.

впитывать в себя большие количества влаги. Способность деревянистой массы сильно набухать давно была подмечана, и ею стали пользоваться при разработке каменоломен. С этой целью в трещины горных пород загонялись клинья, которые затем поливались водой. Набухание клиньев вызывало сильное расширение трещин, и от породы таким путем отделялись более или менее крупные куски. Тот же процесс и естественно может происходить в природе при условии существования в трещинах горных пород мертвых корней.

Но растения, и не только высшие, могут действовать на горные породы также химически, при помощи продуктов их жизнедеятельности. На роль бактерий в этих процессах впервые обратил внимание Мюнц, нашедший нитрифицирующие бактерии на голых скалах. О роли бактерий в мобилизации фосфорно-кислых солей говорилось уже выше [1]).

Исследования Бассалика показали, что бактерии способны разлагать и силикаты, благодаря выделению углекислоты. По его мнению, бактерии вообще способны воздействовать на породы продуктами своей жизнедеятельности, а именно: путем выделения $CO_2$, органических кислот, аммиака (обмен основаниями с минералами), азотистой и азотной кислот (автор почему-то пропускает серную кислоту).

В своих опытах с порошком ортоклаза Бассалик показал, что при различных культурах бактерий разлагалось в среднем до 0,91% ортоклаза, тогда как в контрольных стерильных сосудах разлагаемость измерялась всего лишь 0,38%. В фильтратах явственно обнаруживалось присутствие K и $SiO_2$, а также иногда слабое вскипание от соляной кислоты.

Особенно сильно разлагает полевой шпат Bacillus extorquens, благодаря своей большой энергии дыхания. В опытах с этим микроорганизмом количество разложенного полевого шпата достигало 3,5%.

В природе химическое выветривание пород под влиянием низших растений отмечалось нередко. Так, например, проф. Соллас указывает на образование в известняках полукруглых углублений под влиянием растворяющего действия лишайника Verrucaria rupestris. Вообще лишайники и мхи, представляющие обыкновенно первых поселенцев на твердых, в том числе и кристаллических, породах, явственно разрушают эти последние [2]).

В долине Инна в Тироле, близ замка Амбраз, находится мраморная колонна, простоявшая на месте свыше 200 лет. Когда-то гладкая и отполированная, она покрыта в настоящее время целой системой углублений, ямок, вытравленных лишаями, которые действовали и химически, и механически. В местах, где лишаи растут наиболее энергично, наблюдаются отставшие от колонны мельчайшие ромбоэдры кальцита, которые смываются затем водой и уносятся ветром.

Наблюдалось (Бахман) разрушение лишайниками слюды и граната, что приписывалось действию выделяемой углекислоты. Однако, есть указание на выделение лишайниками и щавелевой кислоты. Кажется, впервые это было отмечено Зенфтом. Шкателов нашел щавелевую кислоту в лишайниках, живущих на известняках южного берега Крыма. Такие лишайники способствуют образованию в природе щавелевокислого кальция (минерал тиршит). На некоторых из массивных железных полос цепного моста на Дунае в Будапеште наблюдается разрушающая деятельность лишаев.

---

[1]) См. также Sakett, Patten and Brown. Centralbl. f. Bacter. II Abt. B. XX.

[2]) См. также Еленкин.

Действие грибов на горные породы наблюдалось Кунце, а также де-Грация и Камиола.

Ту же работу разрушения производят водоросли, особенно морские (Gomontia polyrrhiza, Siphonocladus voluticola, Zygomitus reticulatus, Mastigoleus testarum), разрушающие прибрежные скалы. На горах также можно встретить водоросли (особенно виды из рода Phormidium), образующие зеленые покровы на окаймляющих узкие трещины в скале поверхностях, если достаточно влаги.

Разрушительной деятельностью отличаются и мхи. Если снять дернину весьма распространенного мха (Grimmia apocarpa) с боковой поверхности известковой глыбы, то легко заметить, что вблизи того места, где сходятся стволики моховой дернинки, подстилающий камень пронизан ризоидами и разрыхлился [1]).

О действии разлагающим образом на горные породы корней высших растений известно еще со времени опытов Либиха и Сакса, показавших, что корни растений вытравляют мраморные и известковые отполированные пластинки. Не вполне выясненным является вопрос, как действуют корни растений на силикатные породы. Вопрос этот не ясен прежде всего потому, что о природе корневых выделений нет еще общепринятых представлений [2]). Новейшие работы в этой области (Стоклаза и Эрнст, Aberson, Дояренко) не дают согласных результатов. В то время как Стоклаза и Аберсон считают единственной кислотой, выделяемой корнями растений, углекислоту, Дояренко полагает, что кроме углекислоты выделяются и другие кислоты. Он отмечает, между прочим, что корни горчицы и гречихи извлекают из нефелина и слюды гораздо больше калия, чем вода с углекислотой.

Прямые опыты Дитриха, Петерса, Сестини и de Angelis d'Ossat не дают определенных указаний на способ действия корней растений, хотя два последние автора и утверждают, что в их опытах наблюдалась каолинизация.

Выводы Дитриха и Петерса должны быть принимаемы с осторожностью, так как эти исследователи оперировали в своих опытах с весьма неоднородным материалом. Так, Дитрих культивировал мотыльковые, гречиху и злаки в сосудах, содержавших пестрый песчаник и базальт. Первая порода бралась в количестве 9 фунтов на сосуд, вторая—в количестве 11 фунтов. По окончании культурных опытов оказалось, что вода с небольшим количеством азотной кислоты извлекает из песчаника и базальта растворимые вещества, при чем таковых оказалось больше в сосудах с мотыльковыми и меньше всего в сосудах с зерновыми хлебами. Конечно, из таких опытов никакого определенного ответа получить нельзя прежде всего потому, что исследователь не может поручиться, что во всех сосудах песчаник и базальт имели вполне одинаковый химический состав, или, говоря другими словами, содержали одинаковое количество разлагаемых слабыми растворами кислот минеральных веществ.

В опытах Петерса изучалось, между прочим, действие растений на песчанистые суглинки, которые смешивались с перегнившими органическими веществами. На основании своих опытов Петерс приходит к следующим выводам: 1) благодаря выветриванию (в ящиках, где не было растений) в почве повышается во время опыта содержание растворимых в соляной кислоте веществ, 2) если сравнить

[1]) См. Кернер. Жизнь растений, т. I, 1901 г., стр. 256—257.

[2]) Литературу вопроса до 1896 г. см. у Czapek. Zur Lehre von der Wurzelausscheidungen. Jahrb. f. Wissensch. Botanik. Bd. XXIX, 1896.

повышение, которое обнаруживается, с одной стороны, в содержании веществ, растворимых в соляной кислоте, а с другой,—растворимых в воде, то оказывается, что процессы в почве в период вегетации растений клонятся к тому, чтобы увеличить содержание веществ, растворимых в воде; 3) в период вегетации превращение веществ, растворимых в соляной кислоте, в соединения, растворимые в воде, сильнее, чем переход нерастворимых в кислотах веществ в растворимые. Опыты Петерса приводят его, наконец, к заключению, что почвы после культуры содержат меньше веществ, растворимых в воде, чем до культуры. Что же касается веществ, растворимых в соляной кислоте, то после культуры количество растворимых кальция, иногда магния и кремнезема повышается, а количество щелочей понижается. Разница, в большинстве случаев, выражается, впрочем, сотыми процента.

Хотя на основании всего того, что нам известно до сих пор о процессах выветривания, выводы Петерса вполне вероятны, однако, самая постановка опытов вызывает еще большие возражения, чем методика Дитриха, так как суглинки, да еще в смеси с органическими веществами, представляли более сложную и неопределенную по составу среду, чем опытные материалы Дитриха.

Сестини оперировал с гранитным песком о-ва Эльбы, просеянным через металлическое сито. От этого песка были отобраны все минералы, кроме кварца, слюды и полевого шпата. Для удаления мелкозернистых и глинистых частиц песок был промыт несколько раз водой и на каждый его килограмм было взято 100 гр. $CaCO_3$, 10 гр. $Ca_3P_2O_8$ и 30 гр. гипса. Все это было перемешано с песком в однородную смесь. Из смеси взято $^1/_2$ килограмма на каждый стеклянный сосуд, при чем в первом сосуде культивировались луговые травы при густом посеве, а во втором—отдельные бобовые растения. Культурные опыты продолжались 11 месяцев, после чего содержимое сосудов было исследовано. Результаты этого исследования помещены в нижеследующей таблице:

| | Сосуд I | Сосуд II |
|---|---|---|
| Мелкозем, высуш. при 100° Ц. . . . . | 70,73 | 34,405 |
| Корни и растит. остатки . . . . . | 7,265 | 1,837 |
| Глина, высушенная при 100° Ц. . . . . | 1,966 | 0,323 |

Так как опытный материал не содержал перед началом культуры мелкозема, то Сестини приходит к выводу, что образование мелкозема есть результат деятельности корней. Там, где этих последних было много (I сосуд), получилось и много мелкозема, в сосуде, где росли отдельные растения, оказалось меньше мелкозема и иловатых частиц. Мелкозем, подвергнутый анализу по методу Шлезинга, дал следующие цифровые данные:

| | В 100 част. мелкозема содержится: Сосуд I | Сосуд II |
|---|---|---|
| Гигроскоп. воды . . . . . | 4,46 гр. | 3,15 гр. |
| Потери при прок. . . . . | 16,17 „ | 17,01 „ |
| Глинист. вещ. при 120° Ц. . . . . | 2,78 „ | 0,94 „ |
| Гравия или песка ($<^1/_3$ мм.) . . . . | 45,95 „ | 32,09 „ |
| Разница (до 100%) . . . . . | 30,65 „ | 46,81 „ |

Разница состояла, главным образом, из $CaCO_3$,$CaSO_4$,$Ca_3(PO_4)_2$ и карбонатов щелочей. Позже Сестини поставил еще контрольные опыты с тем же песком, всыпанным в 2 сосуда уже без примеси солей.

В одном сосуде культивировались растения, из другого тщательно удалялись всякие ростки; результаты получились следующие:

| | С растениями | Без растений |
|---|---|---|
| Мелкозем . . . . . | 33,5 гр. | 14,97 гр. |
| Глина . . . . . | 0,402 „ | 0,105 „ |

Чтобы доказать, что полученная им в первом опыте глина представляла действительно глину в химическом смысле, Сестини подвергал ее нагреванию с серной кислотой и водой в запаянной трубке в течение 6 часов при температуре 120° Ц. По окончании реакции в фильтрате определено для первого сосуда—0,043 гр. $Al_2O_3$ (на 0,208 гр. взятого вещества) и для второго сосуда—0,011 гр. $Al_2O_3$ (на 0,058 гр. глины). Из этих данных исследователь заключил, что он имел дело с галлуазитом.

Работа Сестини вызывает, однако, ряд возражений, и его существенные выводы остаются недоказанными. Прежде всего, контрольные опыты, поставленные исследователем, не соответствовали той постановке, которая была принята им в первом опыте, так как вначале с гранитным песком были смешаны в довольно большом количестве различные соли, которых не было в контрольном опыте. Следует заметить, что эти соли, сами по себе, в присутствии воды могли реагировать с элементами взятого для опыта песка и, следовательно, результаты нельзя относить всецело на счет деятельности корней. Далее, контрольные опыты показывают, что и в отсутствие корней и солей образуется мелкозем, в силу чего остается невыясненным, какую часть мелкозема в первых опытах можно отнести на счет деятельности корней.

Вопрос о химическом выветривании еще менее разъяснен. Дело в том, что Сестини разлагал „глину“ при таких условиях, при которых разлагаются и полевые шпаты. Процентное содержание глинозема, полученное им (в первом случае—20,67%, во втором—18,96%), гораздо больше соответствует содержанию этого окисла в ортоклазе, чем в галлуазите или каолините. Говоря короче, химические исследования Сестини скорее приводят к выводу, что его „глина“ представляла тонкий полевошпатовый ил.

В работе de Angelis d'Ossat объектом исследования служила лейцитовая лава, порошком которой наполнялись два сосуда: один—со злаками и бобовыми, другой—контрольный. Через год в первом было найдено 2% глины, во втором следы. Что представляла собой „глина“, не ясно, автор же отмечает, что разложению подвергались и полевые шпаты, и лейцит.

Конечно, если корни растений выделяют только углекислоту, то нет ничего удивительного в том, что они могут вызвать каолинизацию алюмосиликатов, но едва ли этот процесс может заканчиваться в короткие промежутки времени. Если же, кроме углекислоты, выделяются еще муравьиная, щавелевая и какие-нибудь другие органические кислоты, как это наблюдается (Стоклаза, l. c.) при интрамолекулярном дыхании, то распад алюмосиликатов может быть и глубже.

### Действие веществ гумуса на минералы и горные породы

Вопрос этот в настоящее время должен быть коренным образом пересмотрен, так как все опыты прежних исследователей вопроса имели дело не с определенными составными частями гумуса, а с неизвестными комплексами последнего, чаще всего с так называемой гуминовой кислотой, а иногда и просто с торфом.

Большая часть исследований была направлена на выяснение той реакции, которая происходит между фосфорнокислыми солями и „гуминовой кислотой“ или производными этой группы. Вопрос этот штудировался многими агрономами и агрикультур-химиками, в виду того практического значения, которое он имеет для сельского хозяйства. Еще Кноп наблюдал, что если твердую „гуминовую кислоту“ (он оперировал с верещатниковой почвой) привести в соприкосновение с растворами фосфорнокислых солей, то часть „гуминовой кислоты“ переходит при этом в раствор. Аналогичные данные были получены Пелузом и Фреми, наблюдавшими реакцию фосфорнокислых солей с бурыми веществами табака, Шумахером, который показал, что никакие соли не поглощаются так энергично гумусом, как соли фосфорной кислоты, Кенигом, нашедшим, что раствор гуминовых веществ в аммиаке растворяет $Ca_3(PO_4)_2$, и Детмером. Позже тем же вопросом занимались Симон, Эйхгорн, Тархов, Белецкий, Риндель и др.

Симон организовал свои опыты следующим образом: он смешивал порошок испанского апатита со свежеосажденной „гуминовой кислотой“, прибавлял дестиллированной воды и взбалтывал эту смесь. Отфильтровав через 24 часа, он получил в фильтрате бурую жидкость. Разрушив органическое вещество, Симон нашел значительное количество фосфорной кислоты в растворе. Оказалось, что сто частей гуминовой кислоты переводят в раствор 34,36 част. $P_2O_5$. Другой опыт с фосфорнокислым кальцием привел к заключению, что 100 ч. гуминовой кислоты растворяют 37,38 ч. $P_2O_5$. По анализам Симона в фильтрате на 3,17 мм. извести приходится 7,085 мм. фосфорного ангидрида.

Опыты Эйхгорна, в которых фосфориты приводились в соприкосновение с гуминовой кислотой, привели его к выводу, что фосфорная кислота переходит в раствор в виде кислого фосфата кальция и, частью, в свободном виде. По данным Эйхгорна, гуминовая кислота (а также и торф) способна разлагать и соли других минеральных кислот, поглощая их основания и освобождая кислоту. Если 4 грамма гуминовой кислоты обрабатывать 50 куб. см. 10% раствора $CaCl_2$ и, отфильтровав через 24 часа жидкость, повторить такую обработку последовательно несколько раз, то каждая новая обработка дает меньшее количество освобождающейся соляной кислоты, чем предыдущая. Количество освободившейся кислоты можно выразить объемами аммиака, пошедшего на ее титрование; вот цифры:

После I обработки на нейтрализ. пошло 8,0 куб. см. № $H_2$
„ II „ „ „ „ 2,5 „ „ „
„ III „ „ „ „ 1,6 „ „ „
„ IV „ „ „ „ 1,2 „ „ „
„ V „ „ „ „ 0,9 „ „ „

Риндельль приводил торф в соприкосновение с различными солями, при чем определялась: концентрация в 200 куб. см., выраженная в миллимолях: a) употребленного раствора, b) концентрация катиона, найденная после обработки раствором торфа, c) количество поглощенного катиона и d) концентрация свободной кислоты. Результаты получились следующие:

Раствор NaCl

| a. | b. | c. | d. |
|---|---|---|---|
| 12,63 | 12,68 | —0,05 | 0,12 |
| 25,26 | 24,96 | 0,30 | 0,14 |
| 37,89 | 37,80 | 0,09 | 0,16 |
| 50,52 | 50,42 | 0,10 | 0,16 |
| 63,15 | 61,99 | 1,16 | 0,18 |

Раствор $CaCl_2$

| a. | b. | c. | d. |
|---|---|---|---|
| 12,70 | 12,47 | 0,23 | 0,23 |
| 25,40 | 25,27 | 0,10 | 0,24 |
| 50,79 | 49,96 | 0,83 | 0,26 |

Раствор $NH_4Cl$

| a. | b. | c. | d. |
|---|---|---|---|
| 24,96 | 24,99 | 0,03 | 0,08 |
| 49,92 | 49,94 | —0,02 | 0,12 |
| 199,70 | 198,20 | 1,50 | 0,18 |

Раствор $NaC_2H_3O_2$

| a. | b. | c. | d. |
|---|---|---|---|
| 24,86 | 23,94 | 0,92 | 0,99 |
| 49,72 | 48,18 | 1,54 | 0,95 |
| 99,46 | 97,36 | 2,10 | 0,88 |

Раствор $Ca(C_2H_3O_2)_2$

| a. | b. | c. | d. |
|---|---|---|---|
| 25,08 | 24,46 | 0,62 | 1,06 |
| 50,18 | 49,12 | 1,06 | 1,12 |
| 100,36 | 98,16 | 2,20 | 1,32 |

Отсюда следует, что соли сильной кислоты, как соляная, разлагаются очень слабо, соли же более слабой (уксусной) кислоты разлагаются весьма заметно.

Какие составные части гумуса или торфа действуют при такого рода реакциях, неизвестно, но что эти реакции химические—в этом можно не сомневаться. В природных почвах такие реакции идут далеко не всегда, так как там во многих случаях кислоты „гуминовой группы" насыщены основаниями. В тех почвах, однако, где имеются свободные кислоты гумуса, реакция должна быть заметна. Благоприятное действие фосфоритов на подзолистых почвах, повидимому, стоит в связи с подобного рода реакциями.

Если к смеси гуминовой кислоты с фосфоритом прибавить какую-нибудь соль другой минеральной кислоты, то разложимость фосфорита возрастает (см. Тархов, Белецкий).

Отношение гуминовых веществ к различным солям, а частью минералам и горным породам, изучалось также и Зенфтом. Последний имел дело собственно не с кислотами гумуса, а с щелочными растворами „гуминовой группы". В первом своем докладе по этому вопросу он приходит к следующим выводам:

1. Если щелочные растворы „гуминовой группы" приходят в соприкосновение с растворимыми в воде солями, то они растворяют эти соли, при чем или оставляют их неизмененными, так что они впоследствии выпадают из жидкости в своем первоначальном виде, или превращают их в соли гумусовых кислот, если кислоты этих солей обладают большим сродством к щелочам гуминовой жидкости, чем к основаниям, с которыми они соединены. Последний случай относится к сернокислым солям тяжелых металлов. Получающиеся таким путем соли органических кислот впоследствии превращаются в карбонаты.

2. Если щелочные растворы „гуминовой группы" приходят в соприкосновение с нерастворимыми в воде солями, то они могут поглощать таковые в неразложенном состоянии и впоследствии выделять в таком же виде, когда гуминовая группа разлагается до углекислоты.

Подобным образом относится большинство углекислых солей, фосфаты, арсениаты и сульфаты щелочных земель и тяжелых металлов; то же наблюдается и с хлористым серебром. Между силикатами оказываются более или менее растворимыми (разлагаемыми) цеолиты и некоторые полевые шпаты, тогда как слюда, обыкновенные авгиты и роговая обманка частью разлагаются и превращаются в землистую массу.

Эти соображения Зенфта не сопровождаются никакими цифровыми аналитическими данными, почему и нет возможности судить, поскольку правильны высказанные заключения. Кроме сообщенных уже заключений, Зенфт указывает на способность щелочных растворов „креновой группы" растворять окислы. Реакция эта наблюдалась им по отношению к гидратам глинозема и окисей железа и марганца.

Несколько позже Зенфт снова возвращается к тому же вопросу и высказывает следующие положения: все соли гумусовых кислот оказываются растворителями минералов; наименьшей силой обладают соли ульминовой группы, которые могут растворять только карбонаты. Сильнее действуют соли „гуминовой группы", растворяя не только карбонаты, но и сульфаты. Наибольшей энергией отличаются соли „креновой группы", именно аммиачные: они растворяют карбонаты, сульфаты, простые силикаты и фтористые соли. Все растворенные соли остаются в растворе лишь до тех пор, пока гумусовые соли не превратились в углекислые. В этом последнем случае растворенные соли выпадают из раствора в кристаллическом виде. Интересно, между прочим, отношение растворенных в гумусовых растворах солей тяжелых металлов к таким минералам, как никкелевый блеск, лёллингит, пирит и свинцовый блеск. Эти рудные минералы действуют на тяжелые металлы находящихся в растворе солей так, что последние правильно осаждаются вокруг рудных минералов.

И эти положения, подобно предыдущим, никакими фактическими данными не сопровождаются.

Наконец, Зенфту же принадлежит и следующий опыт: он действовал на гранит и базальт в порошках (по 5 ф. каждый) навозной жижей, и по прошествии 6 месяцев оказалось, что порошки в значительной степени разложились. Из порошка гранита получилось слишком три фунта глинистой массы охряно-желтого цвета, в которой можно было различать зерна кварца и пластинки слюды; базальт дал более 2 ф. глинистой массы. Эти наблюдения, конечно, не дают возможности сделать сколько-нибудь определенное заключение как о ходе реакции, так и о характере получившихся продуктов.

Попытка разъяснить ход реакции при действии на силикаты „гуминовой кислоты" была сделана Мещерским. Исследователь оперировал с полевым шпатом следующего состава:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 65,02 |
| $Al_2O_3+Fe_2O_3$ | 23,93 |
| $CaO$ | 0,25 |
| $MgO$ | сл. |
| $K_2O$ | 7,21 |
| $Na_2O$ | 4,39 |

„Гуминовая кислота" приготовлялась из сахара и имела состав: 57,17C, 4,59H, 0,28 золы и 37,96% O. Опыты велись частью в запаянных трубках, частью в ящиках на воздухе.

Один из опытов в запаянной трубке был поставлен следующим образом: 4 гр. полевого шпата, 2 гр. перегноя и 25 гр. воды нагревались в запаянной трубке при 115° в течение месяца, ежедневно по

9—12 часов. При вскрывании трубки выделялась с шипением углекислота, из чего явствует, что во время опыта произошло некоторое распадение гуминовой кислоты. Фильтрование содержимого трубки дало темный фильтрат и бурый остаток на фильтре. Темный фильтрат, выпаренный досуха, оставил 0,205 гр. черного вещества, после прокаливания которого получилось 0,150 гр. золы. Бурый остаток подвергался обработке аммиаком с небольшим количеством углекислого аммония, после чего все бурое вещество перешло в раствор, а оставшееся нерастворенным приняло почти белый цвет. В аммиачном растворе найдено 0,073 гр. золы, в состав которой входили кремнезем и полуторные окислы. Что касается анализов остатков после обработки, то полученные Мещерским результаты возбуждают различного рода вопросы. Так, например, анализируя в одном из опытов остаток от обработки продукта реакции водой, исследователь получил такие данные:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 13,65 |
| $Al_2O_3+Fe_2O_3$ | 15,98 |
| $K_2O$ | 7,53 |
| $Na_2O$ | 2,23 |
| $H_2O$ | 1,38 |
| Гумуса | 27,80 |

Определяя мокрым путем перегной, Мещерский полагает, что перегной после опыта имел тот же состав, что и до опыта. Однако, уже то обстоятельство, что при вскрытии трубок обнаруживается выделение углекислоты, указывает, что какое-то изменение органического вещества произошло. Таким образом, количество воды, определенное Мещерским по разности, не может считаться определенным достаточно точно. Перечисляя приведенный выше анализ на вещество без гумуса, исследователь получает следующие цифры:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 60,35 |
| $Al_2O_3+Fe_2O_3$ | 22,10 |
| $K_2O$ | 10,40 |
| $Na_2O$ | 2,95 |
| $H_2O$ | 1,91 |

Это перечисление не дает, впрочем, представления о составе того продукта, в который превратился ортоклаз, так как анализированный остаток представлял смесь неразложившегося еще ортоклаза с продуктами его разложения и органоминеральным веществом, которое не растворилось в воде. Есть основание полагать, что часть щелочей, особенно калия, связана в виде органоминерального вещества; из предыдущего видно, что ту же роль играют отчасти полуторные окислы и кремнезем.

Анализ продукта, промытого аммиаком с небольшим количеством углекислого аммония, у Мещерского, к сожалению, не полон; результаты этого анализа таковы:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 54,75% |
| $Al_2O_3+Fe_2O_3$ | 20,64 |
| Щелочей и щел. зем. (по разн.) | 11,81 |
| $H_2O$ | 12,74 |

В виду того, что порошок имел рыжеватый цвет, весьма возможно, что он содержал некоторое количество гумусовых веществ; в этом случае определенное количество воды выше действительного,

а часть минеральных веществ могла быть связана с гумусом. В общем, валовой анализ не дал ясного представления о том продукте, в который превратился ортоклаз.

Другая серия опытов была поставлена Мещерским иначе. Он приготовлял ящики из белой жести, по 15 см. в ребре, с двумя днами. Среднее дно было продырявлено и свободно вынималось, у нижнего дна было сделано отверстие для спуска атмосферной воды; оно замыкалось пробкой. Среднее дно покрывалось полотном, на котором насыпалось 300 гр. ортоклаза и 60 гр. перегноя. Ящик был выставлен на открытое место в парке, где он стоял 6 месяцев. В конце опыта получилось 350 куб. см. желто-бурой жидкости, которая содержала 0,013 гр. минерального вещества. Аммиак и углеаммиачная соль извлекли из 3,768 гр. смеси 0,034 гр. зольных элементов. Анализ смеси не дает, как и в предыдущем случае, ясного представления о характере продукта разложения ортоклаза. Сам исследователь делает из своих опытов такие выводы:

1. При действии перегноя, в присутствии воды, на ортоклаз, последний разлагается, отдавая перегною свои составные части и получая взамен их воду; с наибольшей легкостью выделяется при этом кремнезем, глинозем и натр, с наименьшей—кали. Следовательно, разложение ортоклаза гуминовыми веществами идет совершенно иначе, чем разложение под влиянием воды, при обыкновенном выветривании—на нерастворимый каолин и кремнещелочную соль, переходящую в раствор.

2. Перегной при этом отчасти разлагается на $CO_2$ и $H_2O$, отчасти же образует сложные гуминово-минеральные соединения, растворимые и нерастворимые в воде. Соединение, растворимое в воде, содержит в своем составе приблизительно на 1 часть перегноя 3 части минеральных веществ. Соединения, нерастворимые в воде, но растворимые в аммиаке, заключают минеральных веществ много меньше.

С этими выводами, особенно с первым из них, не вполне можно согласиться.

Прежде всего в опытах Мещерского приходится учитывать не действие „гуминовой кислоты", если только искусственный продукт его опытов можно отожествлять с „гуминовой группой" почвы, а щелочное производное этой группы, так как, при продолжительном действии воды, особенно в первом опыте и в присутствии „гуминовой группы", гидролиз полевого шпата должен был протекать достаточно энергично. В конечном итоге реакция протекала между полевым шпатом и сложными комплексами полученных продуктов. Поэтому вопрос о действии на полевой шпат гуминовой кислоты может считаться в этих опытах невыясненным.

Родзянко оперировала в своих опытах не с „гуминовой кислотой", а с щелочными растворами последней или с ее минеральными производными. Действуя щелочными растворами на разлагаемые кислотами силикаты, Родзянко наблюдала, что основание силиката обменивается с основанием щелочного раствора и одновременно с этим другие элементы силиката входят в соединение с радикалом гуминовой кислоты. Реакция вскоре прекращается. При действии минеральных производных гуминовой кислоты на силикаты реакция идет долго и разложение силиката значительно и в том случае, если в растворе нет большого избытка щелочи. Разложение силикатов щелочными растворами минеральных производных гуминовой кислоты начинается раньше и идет быстрее, чем разложение их при действии щелочного раствора свободной „гуминовой кислоты". Всего сильнее разлагают силикаты железные и алюминиевые производные гуминовой кислоты.

Неразлагаемые кислотами силикаты, растертые в порошок и приведенные в соприкосновение с щелочными растворами „гуминовой кислоты", постепенно ими разлагаются; разложение силикатов минеральными производными „гуминовой кислоты" происходит быстрее, чем разложение свободной „гуминовой кислотой"; всего сильнее действуют, как и в предыдущем случае, железные и алюминиевые производные гуминовой кислоты.

Разложение 1 грамма полевого шпата (ортоклаза) раствором „гуминовой кислоты" в 10% аммиаке в закупоренном сосуде происходит через 64,5 часов. При процессе разложения ортоклаза, по словам Родзянко, получается каолин, который постепенно выпадает из раствора, но количество образовавшегося за все время разложения силиката каолина составляет не более 50% теоретического выхода каолина при реакции разложения ортоклаза.

Эти выводы покойной исследовательницы не сопровождаются, с сожалению, никакими цифровыми данными; в работе нет, между прочим, никакого доказательства того, что действием на ортоклаз гуминовокислой щелочи на самом деле получается каолинит.

Недостаточность сообщенных выше исследований и отсутствие во многих случаях аналитических данных побудило нас поставить ряд опытов[1]) как с природной „гуминовой кислотой", так и с ее щелочными солями. Для опытов взяты были две порции „гуминовой кислоты": первая—из лесного суглинка, вторая—из подзола. Гуминовая группа из лесного суглинка содержала ничтожное количество зольных элементов, среди которых железо почти отсутствовало, гуминовая группа из подзола содержала 2,03% золы, в составе которой находилось 60,57% $Fe_2O_3$.

Опыт 1. Тонкий порошок натролита (галактита) из Цхра-Цхаро (на Кавказе) кипятился несколько часов в воде, в которой было взвешено 0,2688 гр. порошка сухого гуминового вещества. По окончании опыта получился буроватый фильтрат, в котором было определено:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 1,56% |
| CaO | 0,06 |
| $Na_2O$ | 0,64 |

Полуторных окислов не оказалось и следов. Результаты опыта дают основание заключить, что гуминовая группа в первый момент действует на алюмосиликаты подобно углекислоте, отнимая основание и способствуя отщеплению избытка кремнезема. При современных сведениях о составе гуминовой группы такое заключение довольно вероятно: парафиновая, агроцериновая, лигноцериновая и смоляные кислоты почти не растворимы в воде, и едва ли те слабые растворы их, которые получаются при кипячении, в состоянии разложить нацело частицу алюмосиликата. Но они несомненно усиливают гидролиз, который в данном случае происходит под влиянием воды. Когда, благодаря гидролизу, в растворе окажется большее количество щелочи, то начинает действовать щелочной раствор гуминовой группы, а его действие, как мы это видели из опытов Мещерского и увидим еще непосредственно ниже, существенно иное.

Опыт 2-й. Порошок гидротомсонита ($H_2Na_2$, Ca) ($Al_2Si_2O_8 . 5H_2O$) из Чаквы кипятился 15 часов с щелочным и щелочноземельным (Ca) раствором гуминовой группы. В вытяжке найдены $SiO_2$, $Al_2O_3$ и CaO.

---

[1]) Глинка К.

Состав гидротомсонита приведен в I столбце, а продукта, полученного по окончании реакции, во II-м.

| | I | II |
|---|---|---|
| $H_2O$ | 29,77 | 26,41 |
| $SiO_2$ | 35,40 | 33,78 |
| $Al_2O_3$ | 29,30 | 28,50 |
| CaO | 4,22 | 8,86 |
| $Na_2O$ | 1,15 | 2,43 |

Опыт 3-й. Псевдоморфозы каолинита по биотиту из Искорости кипятились в порошкообразном состоянии 30 часов с раствором гуминовой группы в едком кали (гуминовая группа из подзола). По окончании реакции отстоявшаяся жидкость была слита, и из нее. после охлаждения, выпала аморфная гелеобразная масса, в составе которой были найдены $SiO_2$, $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$, $K_2O$, вода и немного органического вещества. После выпадения осадка фильтрат еще содержал в растворе $SiO_2$ и полуторные окислы. Состав всевдоморфозы, взятой для опыта (I), крупнозернистой части продукта реакции (II) и ее мелкозернистой части приводится в таблице. Оставшиеся после реакции вещества ясно кристалличны.

| | I | II | III |
|---|---|---|---|
| $H_2O$ | 14,11% | 13,40% | 14,34% |
| $SiO_2$ | 46,33 | 44,83 | 40,30 |
| $Al_2O_3$ | 37,10 | 36,27 | 34,59 |
| $Fe_2O_3$ | 2,03 | 2,63 | 7,17 |
| CaO | 0,07 | 0,00 | — |
| MgO | 0,13 | 0,17 | 0,83 |
| $K_2O$ | — | 2,66 | 2,70 |

Аналогичные вышеприведенным результаты получены при реакциях щелочных растворов гуминовой группы с биотитом и некоторыми цеолитами. Эти опыты дают возможность сделать следующие выводы:

1. Щелочные растворы гуминовой группы представляют чрезвычайно энергичный реактив.

2. При действии их на природные алюмосиликаты происходит не только частичное разложение последних, но и сложный обмен между неразложенной частью алюмосиликата и минеральным комплексом раствора, при чем в обменную реакцию, кроме щелочей и щелочных земель, вступают и полуторные окислы.

3. При содействии щелочных растворов гуминовой группы может, повидимому, происходить замещение водорода кислых алюмосиликатов и кремнеглиноземных кислот.

4. В случаях пересыщения щелочных растворов гуминовой группы полуторными окислами и глиноземом, последние, присоединяя к себе щелочь и воду, могут выпадать в виде аморфных желатинозных осадков.

Чтобы закончить с вопросами о действии на силикаты и алюмосиликаты веществ гумуса, остановимся еще на работах Никласа и Никифорова.

Опыты Никласа ставились таким образом, что едва ли из них можно сделать какие-либо определенные выводы. Прежде всего с порошками различных минералов и горных пород (полевой шпат, авгит, роговая обманка, слюда, лабрадорит, фонолит) смешивались не какие-либо определенные составные части гумуса или хотя бы определенные группы гуминовых веществ, а торф, который представлял

весьма неопределенную смесь как органических, так и минеральных веществ. Чтобы выяснить, что извлекал из минералов и горных пород торф, опыты ставились таким образом, что смеси торфа с порошком минералов, находившиеся в стеклянных сосудах несколько лет, обрабатывались водой и определялись перешедшие в раствор вещества (a). Параллельно с этим делались водные вытяжки из одного торфа (b) и из чистых порошков минералов (c) и также определялись вещества, перешедшие в раствор. Путем вычитания из величин (a) величин (b) и (c) определялись количества веществ, перешедших в раствор, благодаря действию торфа.

При этом неизвестно, находились ли контрольные порции чистого торфа в тех же стадиях разложения, как и торф, заключавшийся на несколько лет в смеси с порошками минералов в стеклянные сосуды, иначе говоря, неизвестно, дали ли контрольные порции такие же количества минеральных веществ, растворимых в воде, как и те порции, которые были в сосудах. Принимая во внимание, что даже не особенно большие колебания в растворимости минеральных веществ в обоих упомянутых случаях могли дать большую разницу конечного результата, мы и не можем придавать цифрам Никласа решающего значения. Сам автор приходит к заключению, что действие торфа на силикаты во всяком случае чрезвычайно малое.

Никлас применял также электролиз, при чем электролизу подвергался, с одной стороны, чистый торф, а с другой—смеси порошков минералов с торфом. Оказалось, что при содействии электролиза в жидкости, собранной на катоде, обнаружены заметные количества растворимых продуктов, в том числе и полуторных окислов. Исследователь заключает отсюда, что под влиянием торфа железо и алюминий отщепляются от силикатов и переносятся электрическим током на катод. К сожалению, автор совсем не применял электролиза к порошкам минералов, взятых с теми же количествами воды, но без торфа, а потому и нельзя сделать заключения о том, какую роль играл здесь торф.

Если даже после всего сказанного и допустить, что торф действовал отщепляющим образом на глинозем и железо, то и тогда останется невыясненным, какая составная часть торфа действовала таким способом, как это указывает исследователь, т. е. вопрос о действии на силикаты и алюмосиликаты определенных составных частей гумуса остается нерешенным.

Таковы опытные данные по вопросу о роли веществ гумуса в процессах выветривания силикатов и алюмосиликатов. Очевидно, они недостаточны, особенно при современных представлениях о составе гумусовых веществ.

Не дают определенных указаний и те исследования, которые были направлены к изучению процессов, совершающихся под влиянием веществ гумуса в природе. К числу таких исследований принадлежит работа Никифорова[1]). Исследователь производил анализы обломков кристаллических горных пород, выветрившихся в торфяниках. Для анализа были взяты: обломок гнейса из коллекции Мюнхенского университета (неизвестного происхождения), гнейсовый валун с поверхности маленького болота в окрестностях Мюнхена, куски диорита и гнейса, найденные под слоем полутораршинного торфа. Исследователь отмечает, что около самого болота проходит конечная морена, и взятые им обломки пород, можно полагать, занесены сюда

[1]) Журн. опытн. агрон. 1908 г., кн. 9, стр. 385.

ледником. При таких условиях, конечно, нет полной уверенности, что валуны, очутившиеся, в конце концов, в болоте, не подвергались выветриванию и ранее того, при совершенно неизвестных условиях.

Сравнивая между собой состав выветрившихся и невыветрившихся частей упомянутых пород, исследователь получил следующие результаты:

| | Гнейс № 1 | | Гнейс № 2 | | Диорит № 1 | | Диорит № 2 | | Гнейс № 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Свеж. | Выветр. | Свеж. | Выветр. | Свеж. | Выветр. | Свеж. | Выветр. | Свеж. | Выветр. |
| $H_2O$ . . | 0,38 | 0,56 | 1,04 | 1,29 | 1,91 | 2,90 | 1,34 | 2,68 | 0,59 | 0,70 |
| $SiO_2$ . . | 73,86 | 79,38 | 76,55 | 78,98 | 53,22 | 54,33 | 54,78 | 55,43 | 71,42 | 75,80 |
| $Al_2O_3$ . . | 14,40 | 11,15 | 13,44 | 12,33 | 18,41 | 18,08 | 18,76 | 17,53 | 16,03 | 14,62 |
| $Fe_2O_3$ . | 1,14 | 0,89 | 1,30 | 1,26 | 9,23 | 9,30 | 10,39 | 10,06 | 1,42 | 0,41 |
| $Mn_3O_4$ . | сл. | — | — | — | 0,08 | 0,05 | 0,20 | 0,18 | 0,44 | 0,15 |
| CaO . . | 1,19 | 0,66 | 2,76 | 2,36 | 6,29 | 5,85 | 6,33 | 6,14 | 1,18 | 0,43 |
| MgO . . | 0,30 | 0,19 | 0,35 | 0,19 | 3,43 | 2,17 | 1,67 | 1,09 | 0,23 | 0,03 |
| $K_2O$ . . | 5,89 | 5,06 | 1,06 | 1,31 | 3,11 | 3,18 | 1,03 | 1,55 | 4,28 | 4,84 |
| $Na_2O$ . . | 3,94 | 2,05 | 3,49 | 2,33 | 4,26 | 4,14 | 5,49 | 5,34 | 4,41 | 3,02 |

Если судить об энергии процессов выветривания по количеству химически связанной воды, то следует притти к заключению, что все образцы гнейсов очень мало затронуты выветриванием, а разницы состава наружных и внутренних частей кусков нужно скорее отнести на счет неоднородности состава. Наружные части валунов, потерявшие путем механического обтирания часть своих полевых шпатов, легко подвергающихся истиранию, должны были обогатиться кварцем, что, в сущности, и обнаруживается анализом. Несколько более выветрившиеся диориты так мало отличаются по составу от свежих пород, что какого-нибудь вывода о направлении процессов выветривания сделать совершенно невозможно. Свежие и выветрившиеся образцы различаются по составу не более того, что можно ожидать и для различных частей куска свежего кварцевого диорита.

При столь малых разницах в составе делать подсчеты потери отдельных составных частей несколько рискованно, а если принять у гнейса обогащение наружных частей кварцем, то вычисления потери, в предположении неподвижности кремневой кислоты, как это сделал Никифоров, еще более шатки. Только при этих условиях и можно было получить столь маловероятные результаты, что полуторные окислы вымывались сильнее, чем основания.

О взаимодействии веществ гумуса с кремнеземом в литературе имеется целый ряд указаний. Еще Вердейль и Ризлер говорили о связи кремнезема с черными кислотами почвы[1]). Давно было известно и о способности аммиачного раствора „креновой кислоты“ растворять кремнезем (Karsten). В связи с этим обстоятельством находится отчасти присутствие кремнезема в водах ручьев, рек, которые почти всегда содержат в растворе органические вещества; отсутствие окраски еще не указывает на отсутствие в воде органических веществ[2]). Может быть, этой способностью гуминовых веществ растворять кремнезем объясняются во многих случаях процессы окремнения в природе (Julien).

[1]) По тому же вопросу см. Thenard, Friedel и Vogel. N. Repert. Pharm 1871, XX (143—146).

[2]) См. Detmer и Stolba; Ossian Aschan (Bidr. till kanned of Finland Natur och Volk utg. of Finska Vet. Soc. Helsingfors, 1908) указывает, что в реках, вода которых окрашена в бурый цвет, содержится меньше органического вещества (17—18 гр. в куб. метре), чем в слабо окрашенных или почти бесцветных водах рек известковых областей (38 и до 69 гр. на куб. метр); см. Högbom. Bull of the Geolog. Inst of Upsala. Vol. XVIII, 1922.

## Выветривание минералов в природе

Мы рассмотрим здесь процессы разложения только таких минералов, которые чаще других встречаются в составе различных материнских пород, дающих начало почвенным образованиям.

### Сернистые соединения

Пирит (серный колчедан) и марказит ($FeS_2$) (см. Julien, A, Lacroix, Winchell, A.) принадлежат к числу минералов, весьма распространенных в поверхностных горизонтах земной коры, и в различных почвообразующих материнских породах встречаются чаще, чем какие бы то ни было сернистые соединения. Можно даже сказать, что остальные сернистые соединения не имеют никакого значения в процессах почвообразования и могут встречаться лишь в исключительных случаях.

Наиболее обычный тип разложения пирита и марказита под влиянием воды и кислорода воздуха состоит в превращении их в сернокислые соли железа и в образовании частицы свободной серной кислоты, согласно следующему уравнению:

$$FeS_2+H_2O+7O=FeSO_4+H_2SO_4$$

Сернокислое железо получается чаще всего в виде $FeSO_4 . 7H_2O$, но иногда образуются одновременно и соли окиси. Серная кислота, действуя на окружающие породы, дает начало различным сернокислым солям: извести, магнезии, глинозема. Соли окиси, в свою очередь, дают начало разнообразным соединениям, частью двойным солям. Все такие соли, выветриваясь далее, образуют гидраты окиси, чаще всего по составу отвечающие лимониту.

Иногда пирит непосредственно переходит в природе в гидраты окиси железа. H. Stokes отмечает, что пирит и марказит разлагаются циркулирующей щелочной водой, при чем остается на месте гидрат окиси, а сера уходит в виде сернистых металлов и тиосолей.

В некоторых случаях, при выветривании пирита, выделяется сера. Для процессов почвообразования особенное значение имет первый тип выветривания $FeS_2$. Его можно наблюдать, между прочим, в окрестностях Саратова, у подножия Соколовой горы, в триасовых доломитах Болеслава (б. Келецкой губ.) и во многих других местах; аналогичные реакции протекают в различных болотных почвах, где образуется пирит или марказит (Palla, van Bemmelen, Schucht[1]).

### Окислы

Кварц является одним из наиболее распространенных в природе окислов, входя в состав продуктов выветривания разнообразных пород, так как и механические, и химические разрушения кварца совершаются очень медленно, кроме того другие разности кремнезема (халцедон), а также гидраты кремнезема (опал) превращаются на земной поверхности в кварц. Вследствие этого большинство продуктов выветривания обогащается кварцем. Однако, абсолютно нерастворимым в природе кварц считаться не может. Известны случаи, когда наблюдалось растворение кварца, в то время как другие составные части породы оставались нетронутыми. Так, Hayes наблюдал резкие вытравления на кремнистых жеодах каменноугольных известняков и на каменноугольных конгломератах, при чем замечалось, что кварц даже сильнее разъедается, чем кремни. Исследователь ставит в связь это

[1]) См. болотные почвы.

явление с деятельностью гумусовых веществ. Акад. Карпинский изучал еврейский камень из Мурзинки, где кварц был выщелочен, а полевой шпат остался цел[1]). Напомним старые указания Делесса, согласно которым даже горный хрусталь уступает действию воды.

Более энергичного растворения кварца можно ожидать в тех случаях, когда на него действуют растворы углекислых щелочей и щелочные псевдорастворы гумуса, а последние нередко встречаются в природе, иногда и в значительных количествах (солонцы).

Гематит (железный блеск, красный железняк), нередко составляющий значительную подмесь к различным силикатным породам, на земной поверхности является соединением неустойчивым. Он превращается в различные гидраты окиси железа, обычно гелеобразные. Образование того или другого гидрата может зависеть от климатических условий; так, например, в тропических и субтропических почвах весьма распространен маловодный гидрат, по составу отвечающий турьиту. Присутствие в растворах, из коих выпадают гидраты, солей и углекислоты может действовать также водоотнимающим образом (Штремме).

Корунд, подобно гематиту, хотя и значительно медленнее, гидратизируется. Сравнительно с гематитом, корунд пользуется небольшим распространением в породах и относительно редок в почвах.

### Алюминаты и ферриты

Шпинели, встречаясь в небольших количествах в различных горных породах, могут принимать участие и в процессах почвообразования. Из них соли глинозема выветриваются труднее солей окиси железа. Первые оставляют, при выветривании, на месте гидраты глинозема, вторые—гидраты окиси железа. Чистые соли окиси железа относятся собственно к группе магнитного железняка, который, при выветривании в умеренных климатических широтах, чаще всего превращается в гидрат, отвечающий по составу лимониту. Труднее выветривается титано-магнетит (изерин), который, наряду с гидратами окиси железа, дает мало исследованные титанистые соединения. Магнетит способен в небольших количествах растворяться в воде: по Бишофу в 10000 ч. воды растворяется 0,033—0,036 ч. магнетита. В опытах Мюллера (см. стр. 94) в раствор переходило (в углекислой воде) 0,307% $Fe_2O_3$.

### Силикаты

В этой группе мы рассмотрим только те соединения, в состав которых не входят полуторные окислы ($Al_2O_3$, $Fe_2O_3$, $Cr_2O_3$ и пр.). Все такого рода минералы могут быть рассматриваемы в качестве солей или продуктов присоединения к солям орто- или метакремневой кислот, тогда как минералы, содержащие, наряду с кремнеземом, и полуторные окислы, должны считаться солями кремнеглиноземных, кремнежелезных и пр. кислот[2]).

Природные гидраты кремнезема (различные опалы), как уже указывалось выше, в природе нередко переходят в халцедон и кварц, почему в почвах мы обычно не находим опалов в сколько-нибудь значительных количествах. Причиной этого последнего явления служит и то, что отщепляющийся при выветривании силикатоз и

---

[1]) Новейшие исследования Ферсмана приводят к заключению, что здесь действовали пнейматолитические процессы.

[2]) Вернадский.

алюмосиликатов кремнезем вступает в соединение с органическими веществами почвы, а также уносится из почвы в водных растворах или псевдорастворах.

Соли кремневых и кремнеглиноземных кислот, на что обращалось внимание при рассмотрении опытных исследований, начинают процесс своего превращения поглощением некоторого количества воды, которая первоначально, повидимому, растворяется в частице минерала, а затем производит и химическое его изменение. Таким же образом в силикатах и алюмосиликатах, богатых закисью железа, происходит растворение кислорода, что также в конце концов ведет к химической реакции выделения гидратов окиси железа.

Таковы начальные фазы выветривания всех вообще силикатов и алюмосиликатов; подробности будут рассмотрены для каждой группы силикатов и алюмосиликатов в отдельности.

Группа оливинов. Чаще всего в породообразующих породах встречается оливин $(Mg, Fe)_2SiO_4$. На земной поверхности, поглощая воду и кислород, первоначально не изменяющие его однородности, оливин затем постепенно превращается в змеевик или серпентин— $H_2Mg_3(SiO_4)_2 . H_2O$. Реакция эта протекает не без участия углекислоты, так как вместе с образованием серпентина наблюдается и выделение углесолей. Ее можно представить в следующем виде (упрощенном):

$$2Mg_2SiO_4 + CO_2 + 2H_2O = MgCO_3 + H_2Mg_3Si_2O_8 . H_2O,$$

или, если исходить от формулы оливина — $(Mg, Fe)_2 SiO_4$, то в таком виде:

$$4(Mg, Fe)_2SiO_4 + 5CO_3 + 2H_2O = MgCO_3 + 4FeCO_3 + H_2Mg_3Si_2O_8 . . H_2O + 2SiO_2.$$

Кремнезем, правда, при этом выделяется в виде опала и только впоследствии переходит в кварц, а $FeCO_3$ превращается, под влиянием воды и кислорода воздуха, в гидрат окиси железа.

Корну утверждает, что процесс серпентинизации не представляет простого выветривания, так как при последнем получаются только коллоидальные продукты, но мы уже отметили (стр. 84) свое несогласие с этим взглядом. Если стать на ту точку зрения, что выветривание есть явление, в котором углекислота вытесняет кремнекислоту из ее соединений, то серпентинизация ничем не будет отличаться от выветривания. Не следует при этом упускать из виду, что выветривание началось на земной поверхности с тех пор, как на последней появилась органическая жизнь, а может быть и раньше, и что многие, наблюдаемые нами в настоящее время, явления выветривания принадлежат отдаленному прошлому, а с течением времени, даже и по мнению Корну, коллоидные продукты выветривания могут превращаться в кристаллические. Необходимо добавить к сказанному, что когда речь идет об остатках выветривания, то едва ли правильно вообще называть их коллоидами, даже и в том случае, если они не представляются кристаллическими. Эти остатки нам неизвестны в состоянии золей, они сразу образуются в гелеобразном виде, а не выпадают, в виде гелей, из псевдорастворов, и если, находясь в виде суспензий, они и проявляют некоторые свойства коллоидов, то таковые же свойства проявляют и тонкие порошки заведомо кристаллических минералов, даже кварца.

Из опытов Джонстона, а также и из ряда наблюдений, о которых будет речь далее, совершенно ясно, что многие минералы способны отдавать часть своего состава в окружающий их водный раствор, способны обмениваться с этим раствором составными частями, сохраняя при этом кристаллическую форму. Говоря образно,

из здания, представляющего кристаллическую молекулу, можно вытащить отдельные кирпичики, можно заменить их другими, не уничтожая самого здания. Правда, это, как мы увидим, возможно не всегда: если здание сложно и кирпичи вытягиваются из разных частей его, оно может быть и разрушено. И такие случаи наблюдаются при выветривании.

На образовании серпентина процесс разложения оливина не заканчивается. Серпентин, выветриваясь дальше, теряет свой магний и переходит сначала в более кислые соли и, наконец, в свободную кислоту (опал).

Таким образом, выветривание оливина (средней соли ортокремневой кислоты) существенно состоит в его постепенном переходе в различные кислые соли, при чем основание выносится в виде углекислых солей, а затем в кислоту (змеевик или серпентин имеет состав кислой соли ортокремневой кислоты, к которой присоединяется частица воды; есть основания, впрочем, считать его конституцию более сложной).

Как увидим ниже, этот тип разложения присущ не только всем силикатам, но также алюмо- и феррисиликатам, при действии на последние воды и углекислоты. Поэтому ко всем остальным характеристикам явлений выветривания мы можем добавить еще, что выветривание есть образование мутабильных соединений (Ферсман), т. е. соединений, непрерывно меняющихся в своем составе. При выветривании богатых FeO оливинов получаются, в качестве промежуточных продуктов распада, феррисиликаты.

Группа безглиноземных пироксенов и амфиболов. Подобно предыдущей группе, эти соли метакремневой кислоты ($RSiO_3$) дают в природе соединения того же типа, что и серпентин (так называемый антигорит). В этом случае происходит переход средней метакремневой соли в кислую ортокремневую, и дальнейший процесс распада совершается так же, как и у серпентина, получившегося из оливиновых минералов. Возможен, однако, переход безглиноземных авгитов и роговых обманок и в тальк ($H_2Mg_3Si_4O_{12}$), представляющий кислую метакремневую соль [1]):

$$\underset{\text{энстатит}}{4\ MgSiO_3} + H_2O + CO_2 = \underset{\text{тальк}}{H_2Mg_3(SiO_3)_4} + MgCO_3.$$

Такие превращения свойственны, понятно, только тем минералам описываемой группы, которые богаты магнезией и не содержат глинозема и окиси железа. Подобно серпентину, тальк не представляет конечной стадии разложения, так как он способен обогащаться водой, теряя при этом магний. В результате опять получаются опалы и $MgCO_3$.

Чисто известковые и марганцовые минералы этой группы также, повидимому, дают промежуточные кислые соединения, прежде чем распасться на опалы и углесоли. У родонита (Chester) марганец выделяется в конце концов в виде пиролюзита.

### Алюмосиликаты и феррисиликаты

Группа полевых шпатов. Мы ставим на первое место эту группу минералов как потому, что ее представители являются наиболее распространенными алюмосиликатами в большинстве почвенных типов, так и потому, что один из типов их разложения многократно изучался и ему посвящена обширная литература.

[1]) По отношению к происхожденню талька следует сделать те же замечания, которые сделаны выше по отношению серпентинизации.

При действии воды и углекислоты, все полевые шпаты превращаются в каолин, не имеющий обычно кристаллического характера, но по своим химическим свойствам вполне идентичный с кристаллическим каолинитом. Отсутствие кристалличности в конечном продукте распада полевого шпата давало повод утверждать, что кристаллический каолинит не может быть вообще продуктом выветривания. Но и происхождение не кристаллического или неясно кристаллического каолина трактовалось различными исследователями не одинаково, при чем некоторые из них противопоставляли каолинизацию выветриванию (Штуцер, отчасти Штремме). Рёзлер и Вайншенк утверждали даже, что каолин вообще не является продуктом выветривания, а образуется, как результат послевулканического действия газов или термальных вод. Иные исследователи ставили происхождение каолина в связь с деятельностью болотных вод (Раманн, Вюст), другие отмечали случаи образования каолина под влиянием холодных углекислых источников (Гагель, Штремме).

Те исследователи, которые противополагали каолинизацию выветриванию, отмечали, что выветривание это—окислительный процесс, а каолинизация—восстановительный, что при выветривании происходит механическая дезинтеграция пород, а при каолинизации таковой не наблюдается (Штремме, Штуцер).

Изучая литературу по вопросам каолинизации, нетрудно, однако, притти к заключению, что всюду в природе, где работают вода и углекислота, откуда бы последние ни получались и какова бы ни была температура воды, вызывают процесс каолинизации. Таким образом, каолин в природе образуется и под влиянием термальных источников, и под влиянием холодных углекислых источников, и под влиянием болотных вод, и под влиянием поверхностного выветривания, а потому и не может быть одной общей теории, охватывающей генезис всех каолиновых месторождений вообще. Отметим, что в некоторых случаях возможно, повидимому, выделение каолинита и из растворов.

Если мы прибавим к сказанному, что каолин может образоваться и на земной поверхности, и на различных глубинах, куда проникают перечисленные выше природные реактивы, то будет понятно, что залежи каолина могут быть различны и по внешнему виду. Еще больше усложняет вопрос то обстоятельство, что месторождения каолинов различны по возрасту, различны по количеству времени, пошедшего на их образование, и что процесс каолинизации изучали чаще всего там, где он давно уже закоичился, где каолин ясно виден, где нельзя уже наблюдать первых стадий разложения, где, следовательно, механическая дезинтеграция уже не заметна.

Достаточно отметить несомненное присутствие каолина в тропических и особенно субтропических продуктах поверхностного выветривания, чтобы не спорить о том, что каолин может образоваться путем выветривания. Здесь же можно наблюдать, что каолинизация идет параллельно с механической дезинтеграцией выветривающейся породы, что каолинизация может сопровождаться окислительными процессами, что наблюдается определенное ослабление каолинизации с глубиной и пр.

Если каолинизация идет под влиянием болотных вод или на глубинах, мало доступных кислороду воздуха, то она будет сопровождаться восстановительными процессами, при чем каолин будет освобождаться от окислов железа, в противоположность тому, что мы наблюдаем при тропическом выветривании.

Каолин или каолинит представляет свободную кремнеглиноземную кислоту ($H_2Al_2Si_2O_8 . H_2O$), откуда ясно, что конечная стадия распада алюмосиликатов под влиянием воды и углекислоты аналогична таковой же простых силикатов: и в том, и в другом случаях получаются свободные кислоты. Такая аналогия позволяет допустить, что и в первых фазах выветривания этих двух групп силикатов должно быть много общего, и на самом деле мы знаем, что алюмо- и феррисиликаты начинают свой процесс распада с поглощения небольших количеств воды, которые, изменяя свойства алюмосиликатов, вначале не разрушают их однородности. Так, Лемберг указывал на изменения физических свойств полевых шпатов при поглощении ими воды; то же говорят опыты Джонстона со слюдой, описанные выше. Дальнейшая стадия выветривания должна заключаться в отщеплении щелочей и щелочных земель и постепенном замещении их водородом, а у более кислых, богатых кремнеземом, полевых шпатов и в одновременном отщеплении избыточного кремнезема, который может выпадать в виде опала и затем постепенно превращаться в кварц, а может и уноситься в растворе или псевдорастворе из продуктов выветривания. Таким образом, мы принимаем, что всякий полевой шпат, раньше чем превратиться в свободную кислоту, должен пройти ряд промежуточных стадий, в виде кислых солей, ближе пока не изученных. Повидимому, в этих случаях разрушение кристаллической сетки полевого шпата происходит уже на первых стадиях выветривания.

Уже превращение ортоклаза в слюду, принадлежащую к группе мусковита, можно рассматривать, как переход средней соли в соль кислую, хотя эта природная реакция едва ли принадлежит зоне выветривания. По данным Лакруа, такое превращение чаще всего идет в трещинах спайности, и мало-по-малу весь минерал превращается в массу пластинок бесцветной слюды, которые часто бывают скрытокристаллическими. Превращенные в слюду полевые шпаты становятся мутными, теряют свой стеклянный блеск, принимая восковой; твердость их уменьшается, а плотность возрастает. Невооруженному глазу они представляются желтыми. Это превращение часто бывает неправильным, появляясь частью в центре, частью на периферии кристалла.

Несколько образцов полуразложенных полевых шпатов исследовано Левинсоном-Лессингом, который называет процесс разложения пелитизацией в отличие от каолинизации, хотя едва ли можно сомневаться в тождестве этих двух процессов. Исследователь изучал, очевидно, первые фазы процесса, иногда, может быть, усложнявшиеся и реакциями замещения. Таковые возможны, как мы знаем из опытов Бейера, при действии слабых соляных растворов, а последние всегда принимают участие в процессах выветривания. Приведем здесь некоторые данные Левинсона-Лессинга.

Полевой шпат из порфиритоида. Пелитизирован, но есть и бесцветные участки листочков с яркой аггрегационной поляризацией. Его состав таков:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 50,09% |
| $Al_2O_3$ | 29,64 |
| $CaO$ | 14,04 |
| $MgO$ | 1,11 |
| $Na_2O$ | нет |
| $H_2O$ | 5,43 |

Продукт выветривания совершенно не содержит натра, тем не менее считать его за вещество, полученное из анортита, нельзя, ибо

в этом последнем случае продукт выветривания содержал бы меньше кремнезема. Следовательно, мы имеем здесь дело с плагиоклазом группы битовнита или лабрадора, где весь натр выщелочен и замещен водой. Приведем затем анализы Фогта, исследовавшего лабрадор и различные стадии его выветривания. К сожалению, исследования Левинсона-Лессинга, как и исследования Фогта, не дают ясного указания, представляло ли исследованное вещество однородный продукт или смесь нескольких продуктов. Более вероятным представляется последнее предположение, но и в этом случае простой расчет показывает, что далеко не всегда в этой смеси мы можем принять присутствие неразложенного полевого шпата, каолина и кремнезема, что в иных случаях в состав смеси входят и промежуточные продукты между полевым шпатом и каолинитом—кислые алюмосиликаты.

| | Лабрадор свежий | Лабрадоры, отчасти каолинизированные | | Более или менее чистые | каолины |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ . . . . . | 54,5 | 50,03 | 49,16 | 48,61 | 47,72 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 27,0 | 28,60 | 29,60 | 29,45 | 37,40 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 2,5 | 1,62 | 1,88 | 3,40 | 1,59 |
| CaO . . . . . | 9,0 | 4,21 | 3,47 | 0,68 | 0,23 |
| MgO . . . . . | 1,0 | 2,95 | 1,67 | 0,49 | 0,11 |
| $K_2O$ . . . . . | 1,0 | ок.1,00 | — | — | 0,44 |
| $Na_2O$ . . . . . | 5,0 | ок.1,00 | — | — | 0,76 |
| $H_2O$ . . . . . | — | 11,90 | 13,63 | 16,38 | 11,66 |

Из цифровых данных видно, что в то время как натр выщелочился почти нацело, извести сохранилось около половины. Отсюда. конечно, нельзя еще заключить, что альбитовая частица разрушается вообще легче, чем анортитовая, так как в той группе плагиоклазов, к которой относятся приведенные анализы, число анортитовых частиц более числа альбитовых.

Что каолинит получился из лабрадора действием воды и углекислоты, явствует из того, что иногда, хотя и редко, кальцит находится вместе с каолинитом.

При исследовании процесса выветривания в Чакве близ Батума нам удалось выделить из полуразложенной породы (авгитового андезита) продукт промежуточного распада местных полевых шпатов. Анализ этого продукта (II) приводится ниже наряду с анализом свежего полевого шпата [1]):

| | I | II |
|---|---|---|
| $H_2O$ . . . . . | 0,20 | 11,21 |
| $SiO_2$ . . . . . | 65,49 | 57,08 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 20,06 | 23,32 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | — | 1,08 |
| CaO . . . . . | 1,58 | сл. |
| MgO . . . . . | 0,19 | 0,42 |
| $K_2O$ . . . . . | 5,92 | 2,82 |
| $Na_2O$ . . . . . | 6,71 | 4,25 |

Реакции превращения полевых шпатов в каолин представляют обычно в таком виде

[1]) О выветривании полевых шпатов см. Bischoff, Struve, Gehlen, Fuchs, Forchhammer, Fournet, Malaguti, Crasso, Suckow, Roth. О каолинизации лабрадоров, в частности, кроме Фогта см. Rose, Delesse, Лаврский, Самойлов, Kossmann. Bericht uber die Thätigkeit der naturw. Section der Schles. Ger. im Jahr 1885.

$K_2Al_2Si_6O_{16}+CO_2+2H_2O=H_2Al_2Si_2O_8 . H_2O+K_2CO_3+4SiO_2$
ортоклаз

$Na_2Al_2Si_6O_{16}+CO_2+2H_2O=H_2Al_2Si_2O_8 . H_2O+Na_2CO_3+4SiO_2$
альбит

$CaAl_2Si_2O_8+CO_2+2H_2O=H_2Al_2Si_2O_8 . H_2O+CaCO_3$
анортит каолинит

Вероятно, точнее было бы их изображать так:

$K_2Al_2Si_6O_{16}+mCO_2+pH_2O=(K, H)_2Al_2Si_2O_{2m+4}+mK_2CO_3+qSiO_2$.

где m, p и q могут быть и дробными, если количество частиц полевого шпата принять за единицу.

Против такого последовательного и постепенного распада полевого шпата возражал Гинзбург, но его доводы, по нашему мнению, недостаточны. Гинзбург, между прочим, упустил из виду, что в упомянутом выше продукте выветривания чаквинских полевых шпатов доказано отсутствие частиц свежего полевого шпата, а при этих условиях его нельзя трактовать иначе, как промежуточный продукт распада или смесь таковых. Эти промежуточные продукты распада своим внешним видом и некоторыми физическими свойствами гораздо ближе напоминают каолин, чем полевой шпат, откуда следует, что отличить промежуточные продукты распада простым глазом или под микроскопом, в шлифах, от каолина невозможно. Они окрашиваются фуксином так же, как каолин.

Весьма вероятно, что иногда реакция распада полевых шпатов протекает и сложнее, что, наряду с переходом в глину, часть полевого шпата растворяется в образующейся углекислой щелочи или разлагается целиком. Выше рассмотренные опытные исследования показывают нам, что глинозем, хотя и в небольших количествах, переходит из алюмосиликатов в раствор.

Группа слюд. Выветривание слюд, повидимому, происходит легче, чем выветривание ортоклаза Лабораторные исследования показывают, что мусковит гораздо энергичнее отщепляет свою щелочь, чем ортоклаз; о том же свидетельствуют культурные опыты Вотчала и Прянишникова [1]), согласно которым растения гораздо успешнее развиваются, если калийные соли доставляются в виде мусковита, чем в том случае, когда источником калия является ортоклаз. Аналогичные результаты получил Самойлов, культивируя гриб Aspergillus niger. Особенно легко разлагаются черные слюды (группа биотита). Во всякой поверхностной породе, содержащей биотит, происходит весьма заметное на глаз изменение слюды, носящее название выцветания. По исследованиям Цшиммера, выцветание обусловливается прежде всего выделением $Fe_2O_3$ (в виде гидрата). Наряду с этим выделением идет потеря калия и замещение его водородом. Конечным продуктом выветривания мусковита, состав которого может быть определен формулой $(K, H)_2Al_2Si_2O_8$, является каолинит. Продукты выветривания биотитовых слюд, состав которых выражается формулой $(K, H)_2(Al,Fe)_2Si_2O_8 . (Mg,Fe)_2SiO_4$, насколько удалось выяснить до сих пор, разнообразны. Мы знаем в настоящее время несколько типов распада, а именно

1. Выцветание, которое заканчивается образованием из биотита каолинита. Обычно, такой каолинит сохраняет внешнюю форму произведшего его биотита и некоторые свойства биотита. При этой реакции происходит образование вторичного кварца, являющегося, главным образом, продуктом конечного распада оливинового ядра биотита.

[1]) Дневник XI съезда русск естествоисп. и врачей.

Обычно в каолините, полученном из биотита, сохраняется небольшое количество окиси железа, большая же часть феррисиликата, входящего в состав биотита, разлагается. Выцветание—весьма распространенный в природе тип выветривания биотита. Его факторами являются вода и углекислота. Органические вещества, повидимому, играют роль лишь постольку, поскольку они способствуют выносу из продукта выветривания железа, получившегося при распаде феррисиликата. Титановая кислота, не представляющая редкости в составе биотита, выделяется при этом процессе в виде тонких игл рутила. Иногда образуется и промежуточная стадия в форме включений ильменита (титанистого железняка).

Постепенную каолинизацию биотита нам удалось проследить на образцах этого минерала из Белой Церкви (Киевского округа). В ниже приводимой таблице сообщаем аналитические данные для ряда последовательных продуктов выцветания биотита.

| | Свежий биотит. Уд. в. 3,11 | Темный золотистый биотит. Уд. в. 2,83. | Серебристый биотит. Уд. в. 2,80. | Белые пластинки с еле заметным зеленоват. оттенком |
|---|---|---|---|---|
| $H_2O$ | 2,37 | 5,05 | 5,44 | 12,76 |
| $SiO_2$ | 36,63 | 34,71 | 40,93 | 43,36 |
| $TiO_2$ | 1,28 | 3,19 | 0,46 | — |
| $Al_2O_3$ | 17,37 | 15,46 | 19,43 | 34,31 |
| $Fe_2O_3$ | 6,75 | 12,56 | 8,92 | 3,98 |
| FeO | 15,41 | 2,80 | 1,94 | — |
| MnO | 1,04 | 0,80 | — | — |
| MgO | 9,73 | 15,77 | 13,80 | 2,43 |
| CaO | 0,23 | 1,89 | 0,50 | — |
| $K_2O$ | 8,15 | 7,32 | 7,52 | 2,67 |
| $Na_2O$ | 0,94 | 0,68 | 0,87 | 0,33 |
| Сумма | 99,90 | 100,2 | 99,81 | 99,84 |

Конечные стадии того же процесса нам удалось разыскать среди выветривающихся биотитов Искорости (по ж. д. Киев-Ковель) и с. Хажина б. Бердичевского у. Эти стадии являются в виде белых пластинок и обломков кристаллов с шелковистым блеском и ясно выраженной спайностью. Их состав приводится непосредственно ниже.

| | Псевдоморфозы каолинита по биотиту | |
|---|---|---|
| | Искорость | Хажин |
| $H_2O$ | 14,11 | 15,43 |
| $SiO_2$ | 46,33 | 44,76 |
| $TiO_2$ | — | 1,14 |
| $Al_2O_3$ | 37,40 | 36,61 |
| $Fe_2O_3$ | 2,03 | 2,04 |
| CaO | 0,07 | сл. |
| MgO | 0,13 | 0,06 |
| | 100,07 | 100,04 |

2. Выветривание биотита с сохранением феррисиликата. Этот тип распада представляется довольно редким и найден был нами в нижних горизонтах полуболотных почв Белой Церкви. Получающийся при этом типе распада зеленый порошкообразный продукт, при иссле-

довании под микроскопом, оказывается состоящим из мелких двупреломляющих листочков; он залегает обыкновенно внутри плотных комков. Его образование связано, повидимому, с условиями слабой аэрации почвы, что в болотных образованиях обычно.

Особенной прочностью зеленый порошкообразный продукт не отличается и, при благоприятных условиях, также каолинизируется. Процесс превращения биотита в зеленое порошкообразное вещество и дальнейшей каолинизации этого последнего представлен в нижеследующей таблице:

| | Серебрист. биотит | Ярко-зеленый порошок | Грязно-зеленый порошок | Слабо-зелен. каолиноподоб. масса | Белая каолиноподобн. масса |
|---|---|---|---|---|---|
| $H_2O$ | 5,44 | 9,24 | 10,88 | 11,25 | 12,77 |
| $SiO_2$ | 40,93 | 48,67 | 48,82 | 47,76 | 46,20 |
| $TiO_2$ | 0,46 | 0,20 | 0,21 | — | — |
| $Al_2O_3$ | 19,43 | 23,60 | 23,77 | 34,47 | 37,28 |
| $Fe_2O_3$ | 8,92 | 10,03 | 9,89 | 2,62 | 1,44 |
| $FeO$ | 1,94 | 1,57 | 0,76 | — | — |
| $MgO$ | 13,80 | 3,01 | 2,73 | 1,86 | 0,64 |
| $CaO$ | 0,50 | сл. | сл. | — | — |
| $K_2O$ | 7,52 | 2,92 | 2,60 | 1,94 | 1,28 |
| $Na_2O$ | 0,87 | 0,31 | 0,28 | 0,24 | 0,21 |
| Сумма | 99,81 | 99,94 | 99,95 | 100,14 | 99,82 |

3. Среди выветривающегося биотита Белой Церкви были найдены голубовато-зеленые листки, состав которых таков:

| | |
|---|---|
| $H_2O$ | 9,62 |
| $SiO_2$ | 35,68 |
| $Al_2O_3$ | 18,76 |
| $Fe_2O_3$ | 4,91 |
| $FeO$ | 6,54 |
| $MgO$ | 20,29 |
| $MnO$ | 1,78 |
| $K_2O$ | 2,40 |
| $Na_2O$ | 0,10 |

Повидимому, это также продукт изменения биотита, но получился ли он при процессах выветривания, или представляет продукт более раннего метаморфоза, неясно. Повидимому, в его образовании принимали участие растворы магнезиальных солей.

Особенно богатые окисью железа слюды (лепидомелан), повидимому, выделяют все железо в виде гидрата окиси. Аналогично со слюдами выветривается глауконит.

Группа нефелина (нефелин, содалит, гаюин, нозеан и др.). Возможность превращения нефелина в калийную слюду, доказанная опытным путем (Тугут) и такое же превращение его, наблюдавшееся в природе (Бишоф), приводят к выводу, что конечным продуктом выветривания этого минерала, при действии воды и углекислоты, является каолиновая глина. Для нозеана и гаюина наблюдались в природе переходы в каолин (Fritsch, Sellem). Других типов распада, повидимому, не отмечалось.

Лейцит. Хотя составу этого минерала ($K_2Al_2Si_4O_{12}$), отвечает свободная кислота $H_2Al_2Si_4O_{12}$ (пирофиллит), однако, перехода лейцита в эту именно кислоту не наблюдалось. Как и кислые полевые шпаты, лейцит, отщепляя избыток кремнезема и щелочь постепенно

превращается в каолиновую глину; согласно Блюму, процесс начинается с поверхности и распространяется в глубину. Кристаллы первоначально становятся матовыми, непрозрачными и покрываются белой тонкозернистой коркой. Кристаллы сохраняют свою форму вплоть до полного разложения [1]).

Группа граната. Минералы этой группы особенной распространенностью в почве не отличаются, однако, во всех почвах Сев. Европы, образовавшихся из ледниковых наносов, присутствуют в небольших количествах. Обычно встречается альмандин. Представляя, как и магнезиальные слюды, продукты присоединения к алюмосиликатному (слюдяному) ядру ортосиликатной группы ($R_2Al_2Si_2O_8 . R_2SiO_4$), они должны отличаться и сходными типами превращений. Легче других выветривается, повидимому, гроссуляр ($CaAl_2Si_2O_8 . Ca_2SiO_4$), труднее — альмандин ($(Mg, Fe)Al_2Si_2O_8 . (Mg, Fe)_2SiO_4$ и пироп ($MgAl_2Si_2O_8 . Mg_2SiO_4$). При выветривании гранаты переходят в глины каолинового типа.

Так же выветриваются и минералы группы эпидота [$3(CaAl_2Si_2O_8) . Ca(HO)_2$]. По мнению акад. Вернадского, минералы группы мелилита представляются изомерами гранатов. Они являются продуктами присоединения алюмо- или феррисиликатов к оливиновому ядру, т. е. их состав может быть выражен формулой $pR_2SiO_4 . qRAl_2Si_2O_8$. В частности, мелилит имеет состав $p(Ca_2SiO_4) . qCaAl_2Si_2O_8$. Эти минералы, при выветривании, глин не дают, а превращаются в конечном итоге в опалы, образуя, в качестве промежуточных продуктов, силикаты, богатые гидроксильными группами, т. е. кислые силикаты.

Группа глиноземсодержащих пироксенов и амфиболов.

Наиболее распространенные минералы этой группы представляют изоморфные смеси, в которых роль растворителя играет метасиликат ($RSiO_3$); в нем растворены два алюмо- (ферри-) силиката: так называемый силикат Чермака (хлоритоидное ядро)—$RAl_2SiO_6$ и эгириновый силикат — $R_2(Fe,Al)_2Si_4O_{12}$. В природе выветривание авгитов (пироксенов) происходит энергичнее, чем выветривание роговых обманок (амфиболов), что, быть может, находится в зависимости от различия в величине частицы этих двух минеральных групп.

При выветривании авгитов образуется своеобразная глина, при чем превращение в эту глину совершается рядом последовательных этапов. Теоретически представляя себе ход глинистого выветривания авгита, нужно думать, что начало этого процесса состоит в разрушении метасиликата, количественно преобладающего. Конечный распад этого последнего должен повести к образованию углесолей кальция и магния, выделению гидратов окиси железа и выносу кремнезема. Эти теоретические соображения подтверждаются наблюдениями в природе. В пример промежуточного продукта выветривания авгита можно привести изученный нами образец из Фрисарки Волынской губ. (Глинка К.). Образец взят из глубоких горизонтов выветривания, куда органические кислоты гумуса проникают в ничтожных количествах. Полуразложенный авгит сохраняет кристалличность, но становится мягким, глинообразным; его окраска грязновато-зеленая. Состав этого промежуточного продукта выражается следующими данными:

| | |
|---|---|
| $H_2O$ | 8,38% |
| $SiO_2$ | 51,36 |
| $Al_2O_3$ | 18,97 |

[1]) О каолинизации лейцита см. также Rammelsberg.

| | |
|---|---|
| $Fe_2O_3$ | 13,27% |
| FeO | 1,71 |
| CaO | 3,27 |
| MgO | 2,34 |
| | 99,30 |

Полное превращение авгита в глину с разрушением всего метасиликата и с выпадением из раствора изоморфной смеси хлоритоидного и эгиринового ядер, при чем металлы этих ядер замещены водородом, можно наблюдать в Чакве близ Батума, где находятся, между прочим, псевдоморфозы глинистого вещества по авгиту (Глинка, К.). Состав этого глинистого вещества, имеющий ясное кристаллическое строение, определяется следующими данными:

| | |
|---|---|
| $H_2O$ при прокал. | 14,63% |
| $SiO_2$ | 50,08 |
| $Al_2O_3$ | 28,97 |
| $Fe_2O_3$ [1]) | 5,60 |
| MgO | 0,64 |

Минерал напоминает своим составом, так называемый, анауксит, глинистое вещество, слагающее псевдоморфозы по авгиту в Билине (Богемия). До последнего времени не было, однако, анализов вполне чистого билинского анауксита, который, как и чаквинский, ясно кристалличен. Наиболее точным в этом смысле может считаться анализ фон-Гауэра, цифры которого все же значительно отличаются от цифр В. Смирнова, исследовавшего позже чистый кристаллический билинский анауксит. Приводим параллельно анализы обоих исследователей [2]):

| | Ф. Гауэр | В. Смирнов |
|---|---|---|
| $H_2O$ | 10,58% | 12,64% |
| $SiO_2$ | 56,50 | 50,75 |
| $Al_2O_3$ | 26,06 | 33,34 |
| $Fe_2O_3$ | 5,44 | 2,45 |
| CaO | 0,90 | 0,32 |
| MgO | 0,58 | 0,27 |

Наряду с ясно кристаллическим анаукситом из авгита получается и не кристаллическая глина, близкая по составу к анаукситу, называемая цимолитом.

Аналогичные с авгитовыми промежуточные продукты выветривания роговой обманки анализированы Лембергом из эклогита.

| | I | II |
|---|---|---|
| $H_2O$ | 1,77% | 10,44% |
| $SiO_2$ | 52,23 | 37,82 |
| $Al_2O_3$ | 4,52 | 11,50 |
| $Fe_2O_3$ | 4,08 | 7,10 |
| MgO | 18,30 | 29,34 |
| CaO | 19,10 | 8,39 |

Группа цеолитов. Для изучения типов выветривания этих богатых водою алюмосиликатов мы располагаем целым рядом данных, полученных частью при исследовании процессов выветривания среди красноземов Чаквы, частью при изучении тех же процессов среди подзолистых почв горы Цхра-Цкаро на Кавказе (Глинка, К.).

[1]) Часть $Fe_2O_3$ принадлежит, повидимому, лимониту.

[2]) По вопросу о выветривании авгитов см. также Knop и Lemberg.

1-й тип. При выветривании цеолитов (томсонита или склецита) среди краснозема Чаквы происходит превращение последних в глину, отличающуюся от каолиновой; к этой глине примешивается небольшое количество свободного гидрата глинозема. Состав продукта выветривания таков:

| | |
|---|---|
| $H_2O$ при 100° Ц. | 15,87% |
| $H_2O$ „ прокал. | 11,12 |
| $SiO_2$ | 37,65 |
| $Al_2O_3$ | 34,53 |
| CaO | 0,56 |

В массе этой глины, в виде тонких белых жил, прорезающих местами красную массу чаквинских продуктов выветривания, сохранились кое-где кристаллические сростки белого цвета, лишь с поверхности иногда подернутые пленкой гидрата окиси железа. Состав этих кристаллов такой:

| | |
|---|---|
| $H_2O$ при 100° Ц. | 13,98% |
| $H_2O$ „ прокалив. | 15,79 |
| $SiO_2$ | 35,40 |
| $Al_2O_3$ | 29,30 |
| CaO | 4,22 |
| $Na_2O$ | 1,15 |

Из аналитических данных получается формула $(H_2, Na_2, Ca)\,Al_2Si_2O_8 . 5H_2O$, из которой видно, что минерал представляет кислый алюмосиликат, одну из промежуточных стадий превращения цеолита в глину. Этот кислый алюмосиликат разлагается соляной кислотой так же легко, как произведший его цеолит, но отличается от последнего значительно меньшей твердостью и отсутствием плавкости.

2-й тип, наблюдавшийся на Цхра-Цкаро, близок к предыдущему в том смысле, что и здесь мы наблюдаем переход средней соли в соль кислую, но есть и некоторая разница. Выветриванию подвергался радиально-лучистый натролит (галактит), который, постепенно расщепляясь на тонкие волокна, превратился, в конце концов, в мякинообразную массу, сложенную из перепутанных тонких кристалликов-волоконец. Состав натролита (I) и продукта его выветривания (II) представлен в нижеследующей таблице[1]):

| | I | II |
|---|---|---|
| $H_2O$ | 10,57 | 15,50 |
| $SiO_2$ | 47,01 | 44,16 |
| $Al_2O_3$ | 27,93 | 28,60 |
| $Fe_2O_3$ | сл. | 2,12 |
| CaO | 2,48 | 7,45 |
| $Na_2O$ | 12,21 | 2,05 |

Очевидно, что, наряду с замещением части натрия водородом, другая его часть замещается кальцием. Одновременно происходит и замещение глинозема железом. Понятно, такого рода реакции не могли произойти при действии только воды и углекислоты; вероятнее всего, что, наряду с последними, действовали и вещества гумуса.

3-й тип наблюдался также у цеолитов Цхра-Цкаро, добытых из подзолистых горизонтов местных почв. Плотный цеолит, расщепляясь на отдельные волоконца, превращается, в конце-концов, в вату,

[1]) О выветривании натролита см. также Cornu, F. u. Schuster, C.

состоящую из тончайших иголочек. Химический состав плотного цеолита (I) и полученного из него продукта распада (II) приводится в таблице:

| | I | II |
|---|---|---|
| $H_2O$ | 13,05% | 13,64% |
| $SiO_2$ | 42,44 | 47,42 |
| $Al_2O_3$ | 28,87 | 25,23 |
| $Fe_2O_3$ | — | 1,07 |
| CaO | 11,81 | 8,95 |
| $Na_2O$ | 3,60 | 3,52 |

Из сопоставления аналитических данных видно, что выветривание лишило цеолит части оснований и глинозема, увеличив процентное содержание кремнезема. Количество воды осталось почти без перемены. Короче говоря, распад цеолита совершается таким образом, как если бы на него действовала кислота более энергичная, чем угольная и ей подобные. В виду условий залегания цеолита становится вероятным предположение, что он выветривался под влиянием более подвижных и энергичных кислот гумуса.

Задумываясь над фактами, касающимися выветривания в природе алюмосиликатов, мы приходим к заключению, что выветривание одного и того же минерала может направиться различными путями, в зависимости от условий, при которых совершается процесс выветривания. Следовательно, не только разложение органических веществ приводит в природе к неодинаковым комплексам гумуса, но и распад минералов дает неодинаковые продукты выветривания. Иначе говоря, весь процесс почвообразования целиком должен быть неодинаков при различных природных условиях, и каждая определенная комбинация этих условий должна дать и определенный процесс, а значит, и определеиный почвенный тип.

Чтобы закончить с выветриванием отдельных минералов, нам остается еще рассмотреть превращение солей галоидных и других кислот, каковы фосфорная, серная, угольная и проч. В большинстве случаев здесь процессы много проще и яснее, так как большая часть этих соединений растворима в воде. Таким образом, выветривание чаще всего заключается в растворении и выносе этих минералов из выветривающейся породы. Наблюдаются, впрочем, иногда и другие процессы: окисление, гидратация, восстановление и пр.

Фосфорнокислые соли. Из последних особенно интересны превращения вивианита ($Fe_3(PO_4)_2 . 8H_2O$), подробно изученные С. Поповым на Керченском полуострове. Встречающийся здесь вивианит, как видно из приводимого ниже анализа, не представляет чистой железной соли; часть закиси железа здесь замещена магнезией, известью и окисью марганца. Минерал имеет формулу $(Fe, Mn, Mg, Ca)_3(PO_4)_2 . 8H_2O$ и получил от исследователя название паравивианита.

| | | |
|---|---|---|
| $P_2O_5$ | 27,01 | |
| FeO | 39,12 | 43,53 |
| MnO | 2,01 | |
| MgO | 1,92 | |
| CaO | 0,48 | |
| $H_2O$ | 28,75 | |

При выветривании происходит постепенное окисление железа, при чем минерал остается кристаллическим, пока все закисное железо

не перейдет в окисное. Поповым изучены следующие стадии превращений:

$3RO \cdot P_2O_5 \cdot 8H_2O$ — паравивианит (исходный минерал)
$RO \cdot Fe_2O_3 \cdot P_2O_5 \cdot 7H_2O$ — α керченит
$5RO \cdot 2Fe_2O_3 \cdot 3P_2O_5 \cdot 23H_2O$ — β керченит
$RO \cdot 4Fe_2O_3 \cdot 3P_2O_5 \cdot 21H_2O$ — оксикерченит
$3Fe_2O_3\ 2P_2O_5 \cdot 17\ H_2O$ — бераунит.

Карбонаты. При нормальном давлении и средних температурах, т. е. при тех условиях, которые существуют на земной поверхности, карбонаты отличаются следующей растворимостью:

В 10.000 част. углекислой воды:

| | |
|---|---|
| $CaCO_3$ | 10 ч. |
| $MgCO_3$ | 13,1 „ |
| $FeCO_3$ | 7,2 „ |
| $MnCO_3$ | 4—5 „ |

Впрочем, растворимость природного углекислого кальция может меняться в зависимости от того, встречается ли он в виде кальцита, арагонита или люблинита. Растворимость карбонатов, как и других солей, находится также в зависимости от состава действующих на них почвенных растворов[1]).

Две последние соли на земной поверхности неустойчивы: первая из них, при действии воды и кислорода воздуха, переходит в один из гидратов окиси железа, чаще всего в лимонит, вторая превращается в пиролюзит или гидраты окиси марганца.

Сульфаты. В 10.000 ч. воды растворяется в среднем около 20 ч. ангидрита и 25 ч. гипса. В углекислой воде растворимость не повышается, но позышается в присутствии NaCl и $Na_2SO_4$. Барит ($BaSO_4$) требует для растворения одной части 40.000 частей воды (Фрезениус); азотнокислый аммоний повышает растворимость.

Некоторые сернокислые соли способны поглощать воду: так, например, ангидрит в природе очень часто переходит в гипс. Некоторые соли закисей металлов, в присутствии воды и кислорода воздуха, переходят в окисные соли, например, железный купорос ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$). Наконец, в присутствии органических веществ и при содействии микробиологических процессов сернокислые соли восстановляются, переходя в сернистые соединения. Последние, в присутствии воды и углекислоты, дают карбонаты и $H_2S$. Из группы сульфатов в продуктах выветривания особенно распространены гипс и глауберова соль, реже встречаются сернокислые соли магния, например, эпсомит ($MgSO_4 \cdot 7\ H_2O$). Сульфаты железа, глинозема встречаются обычно там, где выветриваются пирит и марказит.

Галоидные соли. Из этой группы особенно распространены в продуктах выветривания хлористые соли, а из последних—NaCl. Встречаются, хотя и значительно реже, KCl, $MgCl_2$ и даже $CaCl_2$. Высокая растворимость хлористых солей обусловливает то обстоятельство, что в почвах они встречаются в особо благоприятных случаях. О бромистых и иодистых солях можно не упоминать, фтористые же могут встречаться в качестве остатков первичных минералов (напр., плавиковый шпат).

Азотнокислые соли присутствуют в небольших количествах во всех почти почвах, но накопляться, в виду их легкой растворимости, могут лишь в исключительных случаях (сухие, бездождные области).

[1]) По отношению к карбонатам см. Cameron, F. and Bell, J. U. S. Depart. of Agricult., Bureau of soils, Bull. № 49.

## Выветривание горных пород

### А. Массивные кристаллические породы

После ознакомления с выветриванием отдельных групп силикатов и алюмосиликатов нет надобности подробно останавливаться над выветриванием массивных кристаллических пород. Мы отметим здесь лишь те различия в продуктах выветривания, которые наблюдаются у более кислых и менее кислых пород.

Первая группа, куда относятся граниты и их аналоги, а также сиениты и элеолитовые сиениты с их аналогами, состоят, по преимуществу, из алюмосиликатов со слюдяным ядром, каковы полевые шпаты, слюды, нефелин. Все эти минералы при выветривании дают одну и ту же глину—каолинит. В породах основных, каковы диориты, диабазы, габбро и их аналоги, кроме алюмосиликатов со слюдяным ядром, большую роль играют минералы с хлоритоидным ядром (авгиты, роговые обманки), дающие при выветривании анауксит. В тех же основных породах, в качестве вторичных минералов, нередки цеолиты, при выветривании дающие иногда галлуазит.

Кроме того, кислые породы не богаты железом, и потому продукты их выветривания окрашены сравнительно слабо в желтоватые, буроватые и розоватые цвета. Основные породы, как богатые железом, обычно дают интенсивно бурые или красные продукты выветривания.

### Б. Кластические породы

Из этой группы мы рассмотрим выветривание глинистых сланцев, песчаников, известняков и доломитов, глин и суглинков.

Глинистые сланцы состоят из обломков различных минералов, частью даже продуктов их разложения. Тем не менее они способны разлагаться и дальше, превращаясь нередко в глинистые массы. В большинстве случаев, окрашенные в черные и темно-серые цвета, глинистые сланцы буреют при выветривании, благодаря выделению лимонита, или принимают красную окраску, если выделяется турьит.

В 1847 году Дюмон заметил, что сланцы Арденн сильно изменены атмосферными агентами на значительную глубину. Они теряют свой цвет и превращаются в нежную глинистую массу, мало пластичную, желтого, сероватого или серого цветов. Поверхностный, суглинистый покров одевает, как бы плащом, всю страну, занятую сланцами. На возвышенных точках этот покров утоняется, по котловинным местам становится мощнее. Такое распределение продукта выветривания объясняется не только механическим сносом частиц из более высоких пунктов в пониженные места, но и большей энергией самого процесса выветривания по котловинным участкам, где скопляется большее количество атмосферной воды. Что продукт образовался на месте, а не нанесен механически водой, доказывает присутствие обломков коренной породы до самых верхних горизонтов рыхлой массы; по мере углубления количество этих обломков возрастает[1]).

Некоторые сланцеватые породы подвергаются выветриванию в сравнительно короткое время. Замечалось, например, относительно каменноугольных сланцев, что довольно крупные их куски в течение нескольких лет рассыпаются в землистую массу. Быстрому ходу выветривания в данном случае способствует разложение пирита, часто

[1]) См. также Firket.

сопровождающего такие сланцеватые породы, а также и органических веществ, которых всегда достаточно в каменноугольных сланцах[1]).

О химическом характере одного из типов выветривания глинистых сланцев дает представление следующая таблица:

| | Глинист. сланец | Глина | Потеря | % сохран. сост. част. | % утрач. сост. част. |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ . . . . . | 44,15 | 24,17 | 25,34 | 42,33 | 57,57 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 30,84 | 39,90 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 14,87 | 17,61 | 1,23 | 91,22 | 8,78 |
| CaO . . . . . | 0,48 | нет | 0,48 | 0,00 | 100,00 |
| MgO . . . . . | 0,27 | 0,25 | 0,08 | 71,84 | 28,16 |
| $K_2O$ . . . . . | 4,36 | 1,24 | 3,39 | 22,04 | 77,96 |
| $Na_2O$ . . . . . | 0,51 | 0,23 | 0,33 | 0,36 | 99,64 |
| Пот. при прок. . . | 4,49 | 16,62 | 0,00 | 287,37 | нет |

Как видно из аналитических данных, продукт выветривания состоит почти исключительно из полуторных окислов, кремнезема и веществ, удаляемых прокаливанием, т. е. воды и органических соединений. В данном примере интересно, между прочим, обратить внимание еще на одно обстоятельство, а именно на бедность продукта выветривания кремнеземом. Если вычислить частичные отношения глинозема и кремнезема, то окажется, что на одну частицу глинозема приходится одна частица кремнезема. Такое отношение заставляет заподозреть присутствие в продукте выветривания свободных гидратов глинозема.

Выветривающиеся песчаники рассыпаются в рыхлую песчанистую массу, иногда в глинистый песок. Консистенция продукта выветривания зависит, между прочим, и от того, содержит ли песчаник алюмосиликаты и в каком количестве. При большем содержании последних продукт выветривания получается более связный, глинистый, при небольшом их количестве—более рыхлый, песчанистый, рассыпчатый. То обстоятельство, что, выветриваясь, песчаник рассыпается в песок, указывает на уничтожение при выветривании цементирующего вещества. Последним чаще всего бывает кремнезем, реже углекислая известь, глина и пр. Окислы железа, повидимому, гораздо реже являются цементом, хотя порой и кажется, что в так называемых железистых песчаниках роль цемента играют гидраты окиси железа. Насколько иногда такое заключение является ошибочным, показывает следующий опыт Шпринга. Он обрабатывал сланцеватый девонский песчаник 30% соляной кислотой, которая извлекла из породы все железо, и тем не менее порода продолжала оставаться связной. Но она легко распадалась при кипячении в растворе едкого кали, который растворял кремнезем и глинозем.

Таким образом, если выветривается песчаник с кремнеземистым цементом, то следует ожидать в нем прежде всего значительной убыли кремнезема. Это соображение подтверждается приводимыми ниже аналитическими данными, принадлежащими Вольфу. Данные относятся к пестрому песчанику триасовой системы из окрестностей Вюртемберга.

| | Песчаник | Первая стадия выветрив. | Почва | Потеря |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ . . . . . | 92,39 | 82,89 | 82,29 | 49,23 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 3,76 | 10,19 | 10,32 | 0,00 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 1,49 | 3,17 | 2,86 | 0,00 |

[1]) По вопросу о выветривании сланцев см. также у Левинсона-Лессинга и Cosyns, G.

| | Песчаник | Первая стадия выветрив. | Почва | Потеря |
|---|---|---|---|---|
| $Mn_3O_4$ . . . . . | 0,01 | 0,15 | 0,23 | 0,00 |
| CaO . . . . . | 0,09 | 0,07 | 0,13 | 0,027 |
| MgO . . . . . | 0,11 | 0,16 | 0,24 | 0,00 |
| $K_2O$ . . . . . | 1,90 | 2,78 | 3,06 | 0,30 |
| $Na_2O$ . . . . . | 0,08 | 0,39 | 0,43 | 0,00 |

Порода лишилась значительного количества кремнезема и некоторого количества извести и кали. Благодаря этому в продукте выветривания наблюдается обогащение глиноземом[1]).

Выветривание известковых и доломитовых пород представляет, по крайней мере, в первых стадиях, по преимуществу процесс растворения и выноса углесолей. Каждый известняк и каждый доломит, однако, как бы чисты они ни были, никогда не состоят только из углекислых солей извести и магнезии, а содержат обычно кремнезем (в виде кварца, халцедона, опалов), углесоли или гидраты окиси железа и различные силикаты. Иногда количество последних примесей ничтожно и выражается десятыми долями процента, в других случаях оно измеряется несколькими процентами. При разложении известковой или доломитовой породы рассеянные в массе ее посторонние примеси скопляются, концентрируются и образуют глинистую или суглинистую массу желто-бурого, красно-бурого или даже красного цветов. Само собой разумеется, что для получения небольшого слоя этой глинистой массы требуется иногда выветривание громадной толщи известняков или доломитов. Легче совершается накопление продуктов выветривания в мергелях, содержащих уже значительное количество примеси к углекислой извести. Для сравнения состава известняков и продуктов их выветривания мы располагаем нижеследующими данными:

| | Известняк | Глина | Потеря | % сохран. сост. час. | % утрач. сост. част. |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ . . . . . | 4,13 | 33,69 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 4,19 | 30,30 | 0,35 | 88,65 | 11,35 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 2,35 | 1,99 | 2,13 | 10,44 | 89,56 |
| MnO . . . . . | 4,33 | 14,98 | 2,49 | 42,41 | 57,59 |
| CaO . . . . . | 44,79 | 3,91 | 44,32 | 1,07 | 98,93 |
| MgO . . . . . | 0,30 | 0,26 | 6,25 | 10,62 | 89,38 |
| $K_2O$ . . . . . | 0,35 | 0,96 | 0,23 | 33,63 | 66,37 |
| $Na_2O$ . . . . . | 0,16 | 0,61 | 0,085 | 46,74 | 53,26 |
| $H_2O$ . . . . . | 2,26 | 10,76 | 0,95 | 58,37 | 41,63 |
| $CO_2$ . . . . . | 34,10 | 0,00 | 34,10 | 0,00 | 100,00 |
| $P_2O_5$ . . . . . | 3,04 | 2,54 | 2,73 | 10,24 | 89,76 |

В таблице перечисление произведено в том предположении, что абсолютное количество кремнезема остается постоянным.

Переход от нетронутой карбонатной породы к продукту ее выветривания наблюдается постепенный и, как всегда, граница между двумя этими породами выражается волнистой линией. Нередко в массе известняка или доломита наблюдаются так называемые „карманы“ или „колодцы“, более или менее глубоко вдающиеся в коренную породу углубления, выполненные продуктом выветривания[2]).

[1]) Напомним цитированные уже опыты Гильгера, Шютце и Фидлера; о выветривании песчаников см. также Blanck, E.

[2]) См. Guignet, Arcelin, Соколов и особенно большую работу van den Broeck.

Интересную область для наблюдений над процессами выветривания известковых пород представляют окрестности Ойцова в южной части б. Келецкой губернии. Здесь нередко можно находить, в качестве продуктов выветривания верхнеюрских известняков, красные глины, переполненные кремнями. Там и сям разбросаны отдельные свидетели интенсивности процессов выветривания, в виде столбов, причудливых известковых скал, напоминающих развалины древних замков. Поверхность этих скал нередко представляется источенной, покрытой углублениями, произведенными растворяющим действием атмосферной воды, а частью и разнообразными растениями. Подобные явления описаны для различных местностей, где на поверхность выходят известковые породы.

Согласно исследованиям Д о л л ь ф у с а, можно указать на окрестности Дьеппа, где материнской породой является мел. Последний во всем районе дает ясные доказательства выветривания. Он обычно покрыт глиной с кремнями, которая и представляет продукт разложения меловых пород.

О специальных условиях выветривания известковых пород в средиземноморском прибрежье нам придется еще говорить подробнее в третьей части нашего курса. Здесь упомянем только, что продукты выветривания известняков Пиринейского, Аппенинского и Балканского полуостровов выделяются своим интенсивно-красным цветом, что находится в связи с местными климатическими условиями.

В частности, по отношению к выветриванию доломитов и доломитизированных известняков следует отметить, что при действии на них атмосферной воды прежде всего выщелачивается $CaCO_3$ и небольшое количество $MgCO_3$ (B i s c h o f f). То же самое получил и Ш е р е р. По данным Д е л ь т е р а и Г е р н е с а доломитовый известняк, после обработки углекислой водой в течение 48 часов, отдал в раствор кроме $CaCO_3$ лишь заметные следы $MgCO_3$.

В ы в е т р и в а н и е л е с с а. Не только твердые породы, но и рыхлые, рассыпчатые подвергаются процессам выветривания. Не лишен этой способности и лесс. Наблюдая мощные толщи последнего, нетронутые в своих поверхностных горизонтах процессами размывания, нетрудно заметить, что толщи эти совершенно явственно распадаются на две зоны: нижнюю и верхнюю. Первая обыкновенно имеет гораздо большую мощность, окрашена в светлые оттенки буровато-желтого цвета, содержит большее количество углекислой извести как в виде конкреций, так и в порошкообразном состоянии. Вторая (верхняя) отличается меньшей мощностью, темнобуроватым и красноватым или, наоборот, бледным беловатым оттенками и нередко полным отсутствием углесолей. Изменяется в значительной степени и механический состав поверхностной массы: она становится более мелкоземистой, вязкой, содержит больший процент зерен иловатых (0,01 мм. в диаметре), тогда как в типичных лессах больше всего содержится частиц размерами от 0,05 до 0,01 мм. [1]).

Изменение окраски указывает на процессы химического выветривания; оно является или следствием разложения железистых минералов и выделения при этом гидратов окиси железа или следствием выноса их. Отсутствие углесолей в поверхностных горизонтах [2]) сви-

[1]) См., напр., W a h n s c h a f f e. Die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. 1901.

[2]) Следует оговориться, что обеднение углесолями наблюдается далеко не во всех типах выветривания; как увидим ниже, иногда, наоборот, наблюдается некоторое обогащение. Вообще, богатство различных горизонтов лесса углесолями находится в зависимости от климатических условий.

детельствует о растворяющем действии атмосферных вод; о действии просачивающейся воды говорит и нахождение известковых конкреций в более глубоких горизонтах лесса (Koechlin-Schlumberger)[1].

Выветрившийся лесс, лишенный углесолей и побуревший, называется в Германии „Laimen". О различии в составе свежего и выветрившегося лесса дает представление следующая табличка (Rosenbusch. Elemente der Gesteinslehre, 1901, p. 429).

I. Свежий лесс.

II. Выветрившийся лесс.

| | I | II |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 62,30 | 73,64 |
| $Al_2O_3$ | 7,25 | 11,36 |
| $Fe_2O_3$ | 3,02 | 4,44 |
| MnO | 0,14 | 0,18 |
| CaO | 11,22 | 1,25 |
| MgO | 2,25 | 1,23 |
| $Na_2O$ | 1,03 | 1,18 |
| $K_2O$ | 1,06 | 1,43 |
| $H_2O$ | 2,32 | 5,18 |
| $P_2O_5$ | 0,15 | 0,15 |
| $CO_2$ | 9,22 | — |

Выветривание глин. Различные древние глины (каменноугольные, юрские, меловые), выходя на поверхность, подвергаются выветриванию. Результаты этого последнего наиболее резко бывают заметны в тех случаях, когда эти коренные породы богаты органическими веществами, окрашивающими их в темносерые и черные цвета, или имеют синеватые и зеленоватые оттенки, связанные с присутствием закисных соединений железа. И те, и другие, выветриваясь, изменяют резко свои цветовые оттенки в буроватые, красновато- или желтовато-бурые, что находится в связи с окислением органических веществ и соединений железа. Такие продукты выветривания юрских глин исследованы, между прочим, в Нижегородской губернии (Сибирцев), где они находятся иногда в связи с черноземными почвами.

В известном труде фан-ден-Брека находим ряд сведений о выветривании глинистых и суглинистых пород, принадлежащих к группе послетретичных наносов. Нижние части долины Сены заняты четвертичными осадками, носящими название серого дилювия. Это породы ясно слоистые, состоящие из песков и галечников с глинистыми и мергелистыми включениями. Они всегда содержат углекислую известь в виде обломков известковых пород. На более высоких точках долины серый дилювий замещен породой, имеющей совершенно иной вид. Это красный дилювий, состоящий из красноватой, более или менее песчанистой глины, заключающей угловатые кремни, куски песчаника и окремненного известняка; чисто известковых пород в нем обычно не содержится. Иногда красный дилювий находится также и в низких местах долины, налегая на серый дилювий. Первый принимает в этих случаях другой вид, чем на плато; он содержит, как и подстилающий серый дилювий, округленные и окатанные валунчики, но совершенно не содержит известковых пород. В целом ряде разрезов можно видеть, что в этих последних случаях красный дилювий представляет не что иное, как и продукт выветривания серого.

---

[1]) См. противоположное мнение у van Horen.

Наши ледниковые глины, несмотря часто на свою вязкость и слабую проницаемость для атмосферных вод, также подвергаются процессам выветривания, отражающимся не только на мелкоземистых частях породы, но и на твердых включениях (валунах, гальках). Выветривание мелкоземистой массы выражается внешним образом в изменении окраски.

Валуны часто совершенно рассыпаются в дресву, что особенно типично для валунов слюдистого сланца и некоторых разностей гранитов.

## В. Породы органогенные

Породы органического происхождения могут быть разбиты на три группы, связанные между собой переходными образованиями, а именно [1]):

I. Сапропелиты: Органический ил растительного и животного происхождения, содержащий углеводороды; иногда служит источником образования нефти. Сюда относятся битуминозные известняки, сланцы и др.

Переходная группа: плотные каменные угли.

II. Гумусовые породы: Образования из растительных остатков. Торф.

Переходная группа: смолистые торфы.

III. Липтобиолиты: Смолы (янтарь), воск.

При сохранении без доступа воздуха первая группа органогенных веществ битюминируется, при чем исчезает только кислород, вторая группа обугливается, т. е. обогащается углеродом на ряду с потерей водорода и кислорода, третья группа—не изменяется.

При доступе воздуха органогенные породы поглощают кислород. Анализы свежего и выветривавшегося янтаря, приводимые непосредственно ниже, показывают, что при этом отношение между углеродом и водородом почти не изменяется.

| | Свежий янтарь | Несколько затронутый выветр. | Выветривш. янтарь |
|---|---|---|---|
| C . . . . . | 78,36 | 74,36 | 66,91 |
| H . . . . . | 10,48 | 9,94 | 9,16 |
| O . . . . . | 11,16 | 16,70 | 23,93 |
| Отнош. C:H . . . . | 7,3 | 7,4 | 7,4 |

Тот же процесс, по мнению Рихтерса, наблюдается и в гумусовых углях.

### Деятельность человека, как фактор выветривания

С развитием фабричной и заводской деятельности атмосфера фабричных центров стала обогащаться такими газами, которые обычно в ней отсутствуют. В связи с этим в крупных городах стали наблюдаться весьма своеобразные процессы выветривания. Такие процессы были обнаружены Е. Кайзером на Кельнском соборе. Собор этот построен из песчаника, состоящего в главной своей массе из кварца, цементированного каолином и доломитом или бурым шпатом. В песчанике изредка попадаются полевые шпаты, мусковит, циркон,

[1]) Stremme und Späte.

апатит, магнетит и барит. Состав песчаника представлен следующими аналитическими данными:

| | | | |
|---|---|---|---|
| В кипящей воде растворяется: | $CaO$ | 0,1% | |
| | $SO_3$ | нет | |
| | $MgO$ | 0,1 | |
| В горячей HCl: | $CaO$ | 3,8 | |
| | $MgO$ | 1,7 | |
| | $Fe_2O_3$ | 1,1 | (FeO—1,0) |
| | $CO_2$ | 7,2 | |
| Не растворяется: | $SiO_2$ | 77,2 | |
| | $Al_2O_3$ | 8,1 | |
| | $K_2O$ | сл. | |
| | | 99,6 | |

При выветривании от столбов здания отслаиваются скорлупы, при чем между такими скорлупами и ядром столба обнаруживаются белые прослойки. Анализы песчаника, взятого из ядра столба, внешней скорлупы и белого прослойка, дают следующие результаты:

| | Ядро столба | Внешн. скорл. | Белый прослоек |
|---|---|---|---|
| $SO_3$ | 0,6 | 1,8 | 4,5 |

Полный анализ белого прослойка таков:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 80,4% |
| $Al_2O_3+Fe_2O_3$ | 8,8 |
| $CaO$ | 2,1 |
| $MgO$ | 2,0 |
| $K_2O$ | сл. |
| $CO_2$ | 2,3 |
| $SO_3$ | 4,5 |

Сравнение этого анализа с анализом свежего песчаника показывает, что при изменении породы наблюдается обеднение ее углесолями и параллельное обогащение сульфатами. Очевидно, последние получаются на счет первых.

Кайзер объясняет появление сульфатов действием сернистого газа, выделяемого заводскими трубами и трубами паровозов.

Аналогичные явления наблюдаются в Штуттгарте (Marienkirche), где образуется, главным образом, сернокислый магний, и в Мюнхене (здание ратуши), где наблюдается образование, на ряду с сернокислым магнием, и гипса.

**Круговорот легко подвижных продуктов почвообразования в природе**

Говоря о круговороте подвижных продуктов почвообразования, мы будем иметь в виду круговорот солей и отчасти газов (преимущественно углекислоты), образующихся при распаде органических веществ и при выветривании минералов (соли). Мы не можем здесь, конечно, охватить полностью весь происходящий в природе круговорот веществ, так как это завело бы нас слишком далеко, а потому мы сознательно суживаем свою задачу. Несомненно, что целый ряд солеобразных продуктов и газов попадает в атмосферу из вулканов, фумаролл, из глубоких источников и трещин земной коры, но на этих явлениях мы останавливаться не будем, отметив лишь, что среди тех веществ, которые вносятся в почву с атмосферными

осадками, находятся не только продукты почвообразования, но и продукты земных глубин, так или иначе попадающие в атмосферу.

Для полного количественного учета веществ в круговороте данных недостаточно, и нам придется больше останавливаться на качестве явлений, отмечая количественную сторону там, где это возможно.

Из главы о гумусе мы уже знаем, что микробиологические процессы приводят к образованию целого ряда кислот, из коих только углекислота образуется (отчасти и при содействии высших растений) в таких количествах. для усреднения которых в почве не хватает оснований. Остальные кислоты, как серная[1]), фосфорная, азотная, нейтрализуются частью теми основаниями, которые находятся среди зольных элементов, частью основаниями, отщепляющимися от силикатов. Хлор также находят в золе растений, а потому и хлористые соли могут получаться при распаде органических остатков в почве.

Остановимся первоначально на круговороте углекислоты. По теории Шлезинга, регулятором содержания углекислоты в атмосфере, помимо ветров, служит море. Определяя повторно содержание в морской воде углекислоты и карбонатов, он нашел, что в литре такой воды растворено 98.3 миллигр. углекислоты и такое количество карбонатов, которое эквивалентно 98,3 мг. серного ангидрида. Отношение эквивалентов углекислоты и оснований = 4,47 : 24,8; откуда следует, что углекислота связана в значительной степени в виде бикарбонатов. Шлезинг указывает, что чистая вода, находясь в соприкосновении с карбонатами щелочных земель и атмосферой, содержащей углекислоту, растворяет некоторое количество карбонатов, которое возрастает с увеличением парциального давления углекислоты в атмосфере. Следует ожидать, что между морем и атмосферой существует постоянный обмен: если количество углекислоты в воздухе уменьшается, море отдает в воздух часть своей углекислоты, в силу чего выпадает из раствора некоторое количество карбонатов, в виде средней соли, если же содержание углекислоты воздуха возрастает, море поглощает избыток, на счет которого образуется некоторое количество бикарбонатов. Регулирующее действие моря допустимо, однако, лишь тогда, если содержание в нем углекислоты значительно больше того количества, на которое может измениться состав воздуха. Чтобы доказать, что такое условие существует на самом деле, Шлезинг приводит следующий расчет: если принять, что море равномерно разлито по всему земному шару, то глубина его будет около 1000 метров. Количество углекислоты в прямоугольной призме, имеющей 1000 м. высоты и 1 кв. метр в основании, будет 98,3 кило. Из этого количества половина связывается основаниями, а другой половиной можно располагать для регулирования содержания углекислоты воздуха. Если принять, что атмосфера имеет равномерный состав и содержит 0,0003 об. углекислоты, то вертикальная призма атмосферы с основанием в 1 кв. метр заключает только 4,7 кило углекислоты. Следовательно, море содержит в 10 раз большее количество углекислоты, чем вся атмосфера, и, конечно, во много раз больше того количества, которым выражается колебание в составе атмосферы.

Переходим теперь к круговороту азота. Азотнокислые соли, часть которых используется растениями, накопляются в почвах лишь в очень исключительных случаях, чаще всего в местностях с особенно сухим климатом. В большинстве же случаев остаток нитратов, не пошедший

[1]) Иногда в природе констатируется свободная серная кислота, как результат **окисления** (серы см. мат. для изуч. ест.-произв. сил СССР № 59. Сера.—Сборник статей **Влодавца**, Волкова, Ферсмана и Щербакова. Ленингр. 1926).

на питание растений и ускользнувший от процессов денитрификации, вымывается в грунтовые воды, откуда попадает в ручьи, реки и, наконец, моря. По наблюдениям Вельбеля, в литре лизиметрической воды под неудобренной почвой содержится в различные года и в различные периоды года от 0,178 до 0,664 гр. на глубине 25—50 см. (данные относятся к черноземной зоне). В ключах и колодцах того же района Вельбель находил содержание от 5 до 35 миллигр. на литр, а в воде р. Днестра—всего 1,5 миллигр. на литр.

Несмотря на то, что в морские бассейны приносится довольно большое количество азотнокислых солей, в морской воде эти соли отсутствуют. Напротив, присутствие в ней аммиака может считаться твердо установленным (Marchand и Буссенго), и Шлезинг определяет его содержание средним числом в 0,4 мг. на литр воды[1]) Очевидно, попадая в море, азотнокислые соли разлагаются, при чем происходит их превращение в аммиак и его соли (углекислый аммоний) [2]), но как протекают эти процессы, достоверно еще неизвестно; можно думать, что в море азотнокислые соли проделывают новый круговорот при посредстве питающихся ими морских растений и разлагающих остатки последних микроорганизмов.

По мере уменьшения в атмосфере парциального давления аммиака (углекислого аммония), из моря выделяется часть аммиачных соединений в атмосферу. Потери аммиачных соединений из атмосферы происходят при содействии атмосферных осадков. Азотнокислый аммоний, находящийся в атмосфере в виде мельчайшей пыли (Буссенго), всегда увлекается атмосферными осадками, что же касается углекислого аммония, присутствующего в виде паров, то он также может увлекаться дождями, но может и увеличивать свое содержание в воздухе после дождя. Все зависит от состава и температуры облаков и плотности слоев воздуха, проходимых дождем. Аммиак в воздухе был открыт Шеелэ, а определение его количества было произведено Грегером[3]). Различные авторы дают для аммиака неодинаковые числа (в куб. метре воздуха от 0,02 до 0,04 мг.; есть и большие числа). Летом и осенью атмосфера богаче аммиаком, зимой—беднее. Ночью воздух содержит больше аммиака, чем днем. Для иллюстрации этих положений могут служить нижеследующие определения Фодора:

| | |
|---|---|
| Осень 1876 г. | 0,0558 мг. |
| Зима 1877 г. | 0,0251 „ |
| Весна 1877 г. | 0,0303 „ |
| Лето 1877 г. | 0,0488 „ |
| Осень 1877 г. | 0,0344 „ |
| День } с 20/IX 1877 | 0,04609 „ |
| Ночь } по 1/VI 1878 | 0,04745 „ |

Барраль вместе с Бино обратили внимание на то, что содержание аммиака в дождевой воде больше, чем азотной кислоты, и высказали предположение, что соединения азота находятся не только в грозовых дождях, но и в дождях вообще, а также в росе и тумане. Все эти наблюдения подтверждены были впоследствии Буссенго, который производил свои исследования над составом атмосферных

---

[1]) Dieulafait дает несколько иные цифры, а именно от 0,13 мг. в Бенгальском заливе до 0,36 (у берегов Кохинхины); см. также Тирлиц. N. Jahrb. f. Minerai—1854.

[2]) H. J. Brown определил в 100.000 метр. воздуха от 0,6601 до 0,7826 гр. $(NH_4)_2CO_3$.

[3]) Эрисман. Гигиена, 1901 г.

осадков вдали от жилищ, в лесной местности. Его определения дали следующие результаты:

| | $NH_3$ | $HNO_3$ |
|---|---|---|
| | В миллиграмм. на литр | |
| Дождь | 0,6 | 0,2 |
| Снег | 0,55 | 0,42 |
| Туман | — | 0,39—1,83 |
| Роса | — | 0,07—0,68 |

По исследованиям опытной станции в Gembloux (Бельгия), наибольшее количество азота содержится в инее. По данным Вельбеля, относящимся к Плотянской опытной станции, в различного рода осадках содержатся следующие количества аммиака:

| | |
|---|---|
| Снег | 0,915 мг. |
| Дождь | 0 964 „ |
| Грозовый дождь | 1,229 „ |
| Изморозь | 2,7 „ |
| Град | 2,75 „ |
| Иней | 4,2 „ |
| Роса | 5,0 „ |
| Туман | 5,57 „ |

В сухое время года осадки содержат больше азота, чем во влажное, и с непродолжительными дождями выпадает большее количество азота, чем с продолжительными. Этот вывод Буссенго был подтвержден затем исследованиями Кнопа, Вольфа и Эйглинга.

Соединения азота далеко не на всем земном шаре выпадают на земную поверхность в одинаковых количествах. В этом отношении особенно выделяются тропические области, где по наблюдениям Müntz и Marcano выпадают и азот вообще, и азотная кислота в больших количествах, чем в умеренных областях. Наблюдения упомянутых исследователей относятся к Венецуэле (Каракас) и дают следующие цифры: среднее годовое количество свыше 2 мг. на литр, максимальное, определенное в одной пробе дождя, было 16,25 мг., минимальное 0,2 мг. На остр. Соединения, по Raimbault, среднее содержание азотной кислоты—2,67 мг. на литр. В год на гектар для Каракаса получается 3,78 кило, для о. Соединения 0,93. Для сравнения приводим цифры некоторых исследователей, относящиеся к умеренной зоне земного шара:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Буссеиго | 0,18 мг. | на | литр | 0,33 | кило | на | гектар |
| Лооз и Гильберт | 0,42 „ | „ | „ | 0,83 | „ | „ | „ |

К сожалению, не всегда можно сравнивать цифры старых определений с более новыми, так как не все исследователи пользовались одинаковыми методами, что, по данным Warrington'a, дает значительную разницу в результатах [1]).

Не так ясен вопрос относительно различия в количествах аммиака тропических и внетропических широт. Müntz и Marcano определили это содержание для Каракаса в 1,55 мм. на литр атмосферных осадков, что по сравнению с цифрой Буссенго для Liebfrauenberg'a (0,52 мг.) и цифрой Лооза и Гильберта для Ротгэмстедта (0,97 мг.) представляет довольно значительную разницу.

[1]) В большинстве случаев исследователи не отделяли азотистую кислоту от азотной. В последнее время Anderson, U. G. (Chem. News, T. 110, 1914) отмечает, что азотной к-ты maximum наблюдается летом, а minimum—зимой. Для азотистой кислоты отношения обратные.

Однако, заключения Müntz и Marcano были оспариваемы Леви, который указывал на ряд данных для Франции, Англии, Италии и Германии, доставивших цифры для аммиака даже большие, чем нашли Müntz и Marcano в тропиках. Правда, Мюнц ссылался на то, что европейские определения относятся преимущественно к большим городам, тем не менее он не вполне опроверг возражения Леви, и вопрос продолжает оставаться спорным.

Чтобы закончить с аммиаком, приведем здесь ряд определений, преимущественно европейских:

| | | |
|---|---|---|
| Dalime (Германия) | 1,4 | мг. на литр |
| Regenwalde | 2,5—2,8 | „ „ „ |
| Флоренция | 1,4 | „ „ „ |
| Париж (Montsouris) | 3,6 | „ „ „ |
| Ротгэмпстедт (Англия) | 1,4 | „ „ „ |
| Марсель | 3,2 | „ „ „ |
| Лион | 4,4 | „ „ „ |
| Тулуза | 1,6 | „ „ „ |
| Нант | 1,9 | „ „ „ |

По данным Müntz и Lainé, и у южного полюса количество аммиака в атмосферных осадках не отличается от тех величин, которые определялись для умеренных климатов.

Во всяком случае ясно, что аммиака содержится в атмосфере и атмосферных осадках умеренных областей земного шара больше, чем азотной кислоты. По данным Бретшнейдера, наиболее бедны аммиаком осенние осадки, а наиболее богаты весенние.

Общее количество азота, доставляемого таким образом верхним горизонтам земной коры, достигает ощутительных величин, что видно из следующих цифр:

| | | |
|---|---|---|
| Германия (опред. Бретшнейдера) | 11,1219 | кило на гект. в год |
| Montsouris (близ Парижа) | 14,283 | „ „ „ „ „ |
| Ротгэмпстедт (Англия) | 4,321 | „ „ „ „ „ |
| Gembloux (Бельгия) | 10,313 | „ „ „ „ „ |
| Flahult (Швеция)[1] | 11,10 | „ „ „ „ „ |
| Плоти (СССР) | 4,25 | „ „ „ „ „ |
| Флоренция (Италия) | 13,02 | „ „ „ „ „ |
| Токио (Япония) | 2,644 | „ „ „ „ „ |

Кроме углекислоты и соединений азота, в круговорот вступают соединения серы и хлора, которые также получаются при процессах почвообразования, хотя, как мы отметили выше, и не исключительно.

Вымывание всех вообще солей, получающихся в процессах почвообразования, из почвы в грунтовые воды, в ручьи и реки находится прежде всего в зависимости от климатических условий. Чем больше влаги, тем меньше в почве остается солей. Но для объяснения дальнейшего передвижения солей и концентрации лишь определенных солей в морских бассейнах недостаточно знать распределение влаги по земной поверхности и степень растворимости отдельных солей. Здесь необходимо еще считаться с поглотительной способностью верхних слоев земной коры. Мы намеренно употребляем выражение „верхние слои земной коры", так как указанной выше способностью отличаются

[1]) v. Feilitzen, Hand Lugner, J.; об азотистых соединениях в атмосферных осадках. см. Miller, N. H. J. Journ. Agr. Science, vol. I, p. 280—303; Wilson, B D. Soil Science, vol. XI, № 2, 1921; Crowther and Buston, Hudig (Гронингеи, Голландия), Juritz (Ю. Америка), Shutt and Dorrand (Ottava), Knight (Iowa), литература у Wilson.

не только почвы, но и всякие поверхностные иловатые наносы, в том числе иловатые осадки речного дна и прибрежный ил морей. Отсылая читателя за подробностями к главе о поглотительной способности почв, мы укажем пока, что и основание, и кислоты поглощаются почвами не одинаково. В то время, как калий поглощается весьма энергично, натрий поглощается более слабо; соли извести отличаются меньшей растворимостью, чем соли магнезии, и потому сильнее удерживаются почвой. Из кислот совершенно не поглощаются соляная и азотная, может поглощаться иногда серная (в присутствии извести) и энергично поглощается фосфорная. Если прибавить к сказанному, что в морских бассейнах углекислая известь идет на построение раковин животных, и припомнить, какие превращения испытывают в морских бассейнах азотнокислые соли, то можно наперед предсказать, какие основания и кислоты должны концентрироваться в океанических водах. Очевидно, там должно быть больше всего хлористых солей; второе место должно принадлежать сернокислым. Из оснований больше всего должно быть натра, а затем магнезии. Имеющиеся анализы морских вод подтверждают вышесказанные предположения.

Установить количества, в которых из почвы поступают в грунтовые воды хлористые и сернокислые соли, пока нет возможности, за отсутствием достаточного количества данных. Можно только утверждать, что эти количества должны различаться в различных климатических зонах; даже в одной и той же зоне эти количества неодинаковы в сухие и влажные годы, как это было установлено наблюдениями на Ротгэмпстедской опытной станции. Такая же закономерность существует и по отношению к содержанию хлоридов и сульфатов в грунтовых и речных водах, что видно из нижеследующих данных, собранных Коссовичем:

| | Cl | $SO_3$ |
|---|---|---|
| | В миллиграмм. на литр | |
| **Подзолистая зона** | | |
| Прудовые и грунтовые воды из парка Лесного Инст. . . . | 12,4—39,7 | 10,1—31,8 |
| Р. Череха Псковской губ. . . . . | 33,0 | — |
| Дренажные воды в Ротгэмпстедте . . . . . | 10,7 | 24,7 |
| **Черноземная зона** | | |
| Колодезь Великоанад. леснич. . . . . | 124,0 | 1031,0 |
| То же . . . . . | 283,0 | 1812,0 |
| Колодезь с. Благодатного бывш. Мариуп. у. . . . . | 146,0 | 32,0 |
| **Область древних красноземов** | | |
| Из родника Чаквин. удельн. имен. . . . . | 3,4 | 0,3 |
| Из р. Чаквы Батумск. окр. . . . . | 6,8 | 1,3 |

Приносясь реками в морские бассейны и концентрируясь там, хлористые и сернокислые соли могут попадать из морей и океанов в атмосферу при распылении ветрами морской воды и испарении водяной пыли в атмосфере. С другой стороны, соли, остающиеся на земной поверхности, также попадают в атмосферу. Весь этот материал, разносясь атмосферными течениями, вместе с осадками вновь попадает на земную поверхность, и количество доставляемых таким образом солей не может считаться ничтожным.

По данным, собранным Миллером и Коссовичем[1]), в различных пунктах земного шара выпадают на земную поверхность следующие количества хлора и серной кислоты:

[1]) См. работы Knox, W. K. (Chem. News, 1915, T. 109) и Artis B. (Jbidem 1916, T. 113), где приведены данные для штата Айова.

| | Годы | Колич. осадков (мм.) | Миллигр. на литр Cl | Миллигр. на литр $SO_3$ | Киллограммы на гектар в год Cl | Киллограммы на гектар в год $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ленингр. Лесной Институт . . . . | 1909—11 | 625,6 | 2,54 | 12,66 | 16,85 | 78,90 |
| Охтенское леснич. . . . . | „ | 671,3 | 2,12 | 11,81 | 14,18 | 78,97 |
| Павловск. метеор. обсерв. . . . . | 1909—10 | 545,8 | 1,46 | 3,11 | 7,95 | 16,90 |
| Заполье Лужск. у. . . . . | „ | 484,0 | 3,03 | 2,24 | 14,61 | 10,80 |
| Шатиловск. оп. стан. Тульск. г. . . | „ | 476,4 | 2,23 | 1,93 | 9,16 | 0,87 |
| Мариуп. оп. леснич. быв. Екатериносл. губ. . . . . | „ | 401,6 | 3,28 | 14,17 | 13,12 | 56,67 |
| Боровое опытн. лесн. Самар. г. . . | 1909—11 | 395,3 | 4,00 | 2,06 | 15,76 | 7,61 |
| Ротгэмштедт . . . . . | 1877—8 / 1900—1 | 731,0 | 2,28 | 2,57[1] | 16,67 | 19,51[1] |
| Новая Зеландия . . . . . | 1884—8 | 751,4 | 8,83 | 2,22 | 66,63 | 16,75 |
| Британская Гвиана . . . . . | 1890—1900 | 2601,2 | 5,04 | — | 131,10 | — |
| Цейлон . . . . . | 1898—9 | 2086,1 | 9,72 | — | 202,48 | — |

Просматривая таблицу, нетрудно заметить, что максимальные количества хлора падают на местности, расположенные вблизи океанов (Нов. Зеландия, Британская Гвиана, Цейлон), максимальные же количества серной кислоты приурочены к фабрично-заводским районам (Лесной Институт, Охтенское лесничество, Мариупольское лесничество). Влияние океанов на распределение хлора было прослежено Джексоном (D. Jackson) в С. Америке на составе вод источников. Соединив кривыми пункты, где источники содержали одинаковое количество хлора, автор получил изохлоры, которые направлялись параллельно берегу Атлантического океана, при чем содержание хлора менялось обратно пропорционально расстоянию от берега.

### Закономерность в распределении по земной поверхности продуктов почвообразования

Подводя итоги процессам почвообразования, напомним, что в почвах образуются следующие группы соединений:

1. Органические и органоминеральные вещества или почвенный гумус.
2. Различные минеральные соли, каковы азотнокислые, углекислые, сернокислые, фосфорнокислые и пр., а иногда и соли органических кислот: щавелевокислые и др.
3. Водные окислы железа, алюминия и марганца.
4. Различные глины (каолин, анауксит и пр.) и кислые соли из группы силикатов и алюмосиликатов (промежуточные продукты выветривания).
5. Кварц и другие трудно разлагаемые минералы (некоторые соединения титана, циркония и пр.).
6. Новообразования (магнезиальн. алюмосиликаты типа палыгорскита и т. п.)[2].

О цеолитах или цеолитоподобных минералах в настоящее время едва ли нужно упоминать; современные минералоги и петрографы в достаточной мере разъяснили, что цеолиты не представляются минералами выветривания.

---

[1]) 1881—87.

[2]) Мы не останавливаемся здесь на работе Гансена (Ганса), который намечает три типа выветривания: а) глинистый, в) латеритный и с) гидратный, так как считает, что его воззрения являются во многом чисто теоретическими соображениями, не подтверждаемыми наблюдениями в природе. Это особенно относится к типу гидратного выветривания.

О закономерностях в распределении гумуса мы уже говорили в своем месте, теперь же необходимо отметить закономерности в географии других продуктов почвообразования. Из последних особенно резко выделяются соли, в размещении которых по земной поверхности наиболее ярко отражается влияние климата.

Области, богатые атмосферными осадками, как, например, зона тропических дождей, отчасти подтропическая, а также области, богатые влагой в силу малой ее испаряемости, какова зона лесов холодно-умеренного пояса, совершенно лишены солей в горизонтах почвы или содержат соли при некоторых исключительных условиях. Таковые в умеренной полосе осуществляются среди заболоченных котловин, где почвенные воды не имеют оттока.

Напротив, все области с малым количеством атмосферных осадков или высоким испарением богаты солями, и, чем суше область, тем ближе к поверхности скопляются эти соли. Уже по северным окраинам степных областей умеренной зоны в глубоких горизонтах почвы встречается углекислая известь. В степных почвах к углекислой извести начинает прибавляться гипс, а по котловинам степей появляются и еще более растворимые соли. В пустынных степях углесоли и гипс начинают приближаться к поверхности, благодаря чему иногда самые поверхностные горизонты почв вскипают от кислоты. В то же время по котловинам чаще и в больших количествах скопляются легко растворимые соли, каковы хлориды и сульфаты щелочей, сода и пр. В пустынях некоторые соли образуют на поверхности целые корки большей или меньшей мощности. В исключительно бездождных пустынях сохраняются и могут накопляться даже столь легко растворимые соли, как нитраты щелочей.

Не столь резко, хотя и достаточно определенно, выражено влияние климата на распределение по земной поверхности другой группы продуктов выветривания—гидратов полуторных окислов и окислов марганца. Наибольшее скопление свободных гидратов окиси алюминия и железа наблюдается в тех поясах земного шара, где распад силикатов, алюмо- и феррисиликатов идет наиболее энергично. Таковыми областями являются прежде всего тропики, обильные влагой. Здесь почвы содержат не только максимальные количества гидратов окиси железа, но и глинозема, а также и окислов марганца. Мало того, и в качественном отношении местные гидраты окиси железа, как, впрочем, и вообще в областях с высокой температурой, отличаются от гидратов других областей своим красным цветом (см. латериты). В лесных областях холодно-умеренных зон гидраты полуторных окислов (гл. обр., железа) и окислы марганца также накопляются, но далеко не в таких количествах, как в тропиках. Кроме того, в виду специальных условий выветривания этих широт (см. подзолы), указанные соединения концентрируются нередко в определенных горизонтах почвы. В других климатических областях гидраты полуторных окислов хотя и встречаются, но не образуют конкреционных форм, и если гидраты окиси железа и могут быть замечены, благодаря своей окраске, то гидраты глинозема должны быть разыскиваемы специальными химическими исследованиями. Так как здесь гидраты глинозема должны встречаться редко и в сравнительно небольших количествах, то их следует разыскивать только среди иловатых частиц почвенных масс, где, главным образом, сосредоточиваются продукты распада. Так именно поступал Гильгард. Он исследовал те частицы почв, которые оставались во взвешенном состоянии в воде после 24-часового отстаивания. Масса, состоявшая из этих

мельчайших частиц, разлагалась соляной кислотой, а остаток от разложения выщелачивался содой (Loughridge); оказалось, что в большинстве случаев количество кремнезема, выщелоченного содой, было меньше количества глинозема, растворившегося в соляной кислоте, откуда следует заключить, что в почвенных массах содержались гидраты глинозема. Упомянутые исследования касаются частью почв бассейна Миссисипи, частью почв Калифорнии (в долинах и предгорьях Сьерра-Невада), из коих последние нередко содержат в своем составе и соду.

Анализируя ряд русских глин, Алексеев также пришел к заключению, что последние содержат в своем составе гидраты глинозема. Возможно поэтому, что уже материнские породы тех почв, которые анализировал Гильгард, содержали в себе гидраты глинозема, и в этом случае нахождение последних в почвах не стоит в связи с современными процессами почвообразования. Шлезинг применял следующий метод для определения гидратов глинозема в почвах: он подвергал 5 гр. почвы обработке одним литром слабого (около $^1/_2\%$) раствора едкого натра при кипячении в течение получаса и определял затем в вытяжке количества глинозема и кремнезема. Работа велась, главным образом, с мадагаскарскими почвами (см. латериты), но попутно исследователь изучал и несколько французских почв, не подвергая их предварительному отмучиванию, как это делалось в работе Гильгарда. Несмотря на это, для некоторых почв получились такие данные, которые позволяют заподозреть присутствие в них гидратов глинозема.

Что касается накопления кремнезема в виде кварца, то таковое может быть констатировано во всех случаях так называемого оподзоливания. В наиболее резкой форме наблюдается среди зоны лесов холодно-умеренного пояса. Накопление кремнезема в виде корок в некоторых пустынных районах мы рассмотрим позже, при характеристике пустынных корок вообще.

Образование глин наиболее заметно в тех областях, где выветривание происходит преимущественно под влиянием воды и углекислоты (тропические и подтропические области) и, повидимому, почти отсутствует там, где действующим реактивом выветривания являются подвижные кислоты гумуса.

Приведенные краткие данные, в связи с теми фактами, которые были отмечены при изучении выветривания отдельных минералов в природе, достаточно определенно указывают, что не только в географии растений и животных, но и в географии химических процессов среди поверхностных горизонтов земной коры существует ясная закономерность, виновником которой прежде всего является климат.

---

## ЛИТЕРАТУРА

### Компендиумы и статьи общего характера

Bemmelen, v. Zeitschr. f. anorg. Chemie, Bd. 66, 1910, 322—357.

Bischof. Lehrbuch der chem. u. physikal. Geologie. 2 Aufl. I—III, 1862—1871.

Blum. Die Pseudomorphosen der Mineralreichs, I—IV, 1841—1879.

Boué A. Ueber die Rolle der Veränderung d. anorgan. Festens im grossen Massstabe in d. Natur.—Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissensch. Bd. LVII, Jannuarheft, Jahrg. 1868.

Broeck, van der, F. Mémoire sur les phénomènes d'altération des dépôts superficiels pas l'infiltration des eaux météoriques étudiés dans leurs rapport avec la géologie stratigraphique.—Mém. couronnés et mém. des savants étrangers, publiés par l'Acad. royale de sc., des lettres et des beaux arts de Belgique. T. XLIV, fasc, I, 1881.
Clarke, F. W. The data of geochemistry.—U. S. Geol. Surv. Bull. № 330. Washington, 1908.
Cornu. Kolloid. Zeitschr. B. IV, H. 2 u. 3.
Daubrée. Etudes synthétiques de géologie expérimentale. 1879.
Doelter. Allgemeine und chemische Mineralogie 1890.
Fournet. Mémoire sur la décomposition des minéraux. 1834.
Ganssen. R. (Gans) Mitteil. aus d. Laborator. d. preuss. Geolog. Landesandt., H. 4, 1922.
Heim. Einiges über die Verwitterungsformen der Berge, 1874.
Hise van, Cd. R. Monographs of the U. S. Geol. Surv. 47, Washington, 1901.
Lacroix. Minéralogie de France et de ses colonies. T. I, 1893—95, T. II, 1896, T. III, 1901.
Lang. Zentralbl. f. Mineral., 1910, № 3.
Lang. R. Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde, Stuttgart, 1920.
Lang. R. Fortschr. d. Mineral, Krist. und Petrogr. Bd. VII, 1922.
Lasaulx. Chemische Prozesse in der Geologie.—Kenngots Handwörterbuch, Bd. 1, 1882, p. 127—156.
Merill. Treatise on rocks, rock-weathering and soils. 1897.
Niklas. Chemische Verwitterung der Silikate und der Gesteine. 1902.
Rammelsberg. Handbuch der Mineralshemie. 1875.
Rosenbusch. Elemente der Gesteinslehre. 1901.
Roth, J. Allgemeine und chemische Mineralogie. Bd. I—II, 1879, 1883—1885, III, 1891.
Russel. Bull. of the U. S. Geol. Survey, № 52, 1889 (литература).
Suckow. Die Verwitterung im Mineralreich, 1848.
Zopf. Zeitschr. für die gesamte Naturwissensch.—Neue Folge, 1872, Bd. V.

## Механическое выветривание

Adie. Transact. Royal Soc. of Edinburgh., Vol. XIII.
Bartlett. Amer. Journ. of Sc., Vol. XXII, 1832.
Davison. Geolog. Magaz., 1889.
Dastague. Bull. de la Soc. géograph., 1874.
Drygalski. Verhandl. d. Gesellsch. für Erdkunde. Berlin, 1891.
Fraas. Geologisches aus dem Orient. Stuttgart, 1867.
Harding. Journ. of the Royal Geogr. Soc., 1877, Vol. XLVII.
Ивченко. Ежег. по геол. и минер. России, т. VI, вып. 4—5; т. VII. вып. 2, 7, 8; т. VIII, вып. 6—7.
Kerr. Americ. Journ. of Sc., 1881, XXI, p. 345—348.
Livingston. Peterm. Mitteil., XXII.
Мушкетов. Туркестан, 1886.
Обручев. Зап. Русск. Минер. Общ., 1895, XXXIII, 229.
Oppenheim. Peterm. Mitteilung., 1896, III.
Philippi. Peterm. Mitteilung., 1856, p. 63.
Schirmer. Le Sahara, 1893.
Shaler. Proc. Boston Soc. of nat. history, XII, 1869.
Steeruwitz. 4th Ann. Rep. Survey of Texas, 1842.
Tarr. Americ. Geologist, 1897, XIX.
Thoulet. Comptes rendus, CIII, 1886, p. 1193—94.
Tiltze. Zeitschr. d. Ver. f. Erdkunde. Wien, 1886.
Ulrich. Wollny-Forschung, Bd. XVIII, 1895.
Walther, I. Die Denudation in der Wüste. Leipzig, 1890.
Lithogenesis der Gegenwart, 1894.

Walther, J. Das Gesetz der Wüstenbildung, 1924; 4-е издание; есть русский перевод с первого изд. с дополнениями о русских пустынях Л. С. Берга и В. А. Дубянского, 1912.

## Данные о действии воды, углекислой воды и некоторых соляных растворов на минералы и горные породы

Beyer. Landw. Versuchst., Bd. XIV, 1871, p. 314.
Bissinger, L. Ueber Verwitterungsvorgänge bei kristallinischen und Sedimentärgesteine. Inaug.-Dissert. Erlangen, 1894.
Brogniart. Arch. d.-Museum. Vol. I. 1839.
Cameron, F. K. and Bell, J. M. Bull. № 30 and 49, Burean of soils. U. S. Depart. of Agric., 1905.
Clar, C. Tschermak's mineral. u. petrograph. Mitteil, 1883, V, 385.
Clarke und Steiger. Americ. Journ. of Science, 1900 (4), 9; Bull. № 167 U. S. Geolog. Survey, 1900, pp. 156, 159.
Cossa, A. Landw. Versuchst., Bd. VIII, 1866, p. 54—57.
Cushmann, A. D. and Hubbart, P. Bull. №№ 28, 29 Office of public Roads. U. S. Dep. of Agric.; реф. Neues Jahrb. f. Miner., 1908, Bd. II, H. 1.
Daubrée, Comptes rendus, 1867, LXIV, p. 339—345.
Delesse. Ann. de chim. et de phys. T. XLI, 1854; реф, Горн. Журн., 1854, XI.
Dietrich. Journ. f. prakt. Chemie, Bd. LXXI, p. 129; Jahresber. d. Agrikulturchem., 1871.
Doelter. Tscherm miner. u. petrograph. Mitteil. XI, 1890, p. 319—330.
Doelter u. Hoerness. Pogg. Ann., 82, 1851.
Dreibrodt. O. Beitrag zur Kenntnis der Baueritisierung. Inaug.-Dissert. Leipzig, 1912.
Dumont. Comptes rendus, CLXIX, p. 870, 1653.
Durocher. Comptes rendus, XXXVI, p. 1390.
Ebelmen. Ann. des. mines Vol. VII, 1845.
Eichhorn. Zeitschr. d. k. höher. landw. Lehranst. zu Poppelsdorf, 1859, p. 133.
Feichtinger, см. Knop. Agrikulturchemie, II, 179.
Ферсман. Соединения переменного состава в земной коре. Сборник в честь 25-летия научн. деят. В. И. Вернадского. Москва, 1914.
Fedler. Ueber Verwitterungvorgänge etc. Inaug. Diss. Erlangen, 1890.
Fittbogen. Landw. Jahrbücher, 1873.
Flight. Journ. Chem. Soc., 1882, 159—162.
Forchhammer. Pogg. Ann., 1835, p. 331—356.
Funk. Zeitschr. f. angewandt. Chemie, 22, 145—146.
Fournet, Ann. de chimie et de physique, Vol. XV, 1833.
Глинка. К. Зап. Мин. Общ., т. XXXVII, вып, 2.
Geer, de. Geol. Fören. Förhandling. Stockholm. Nov. 1885.
Haselhoff. Landw. Versuchst., 1908, 70.
Haushofer. Journ. f. prakt. Chem., Bd. 103, p. 121.
Hillebrandt. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, Math. nat. Kl. Bd. CXV, Abt. 2.
Hilger. Landw. Jahrbücher, VIII, 1879.
Headden, W. P. Amer. Journ. Sc. (4), Vol. XVI, 1903.
Henrich. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1910.
Hoffmann, E. Untersuch. über d. Einfluss von gewöhnl. Wasser auf Silikate. Inaug.-Diss. Erlangen, 1882.
Johnstone. Quart. Journ. Geol. Soc. of London, Vol. XLV, 1889, p. 363—368.
„ Transact. Edinb. Geol. Soc., Vol. V, p. 282, 1887.
„ Proceed. Roy. Sop. of Edinb., Vol. 15, №№ 127, 128; 1888.
Kenngott. Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 101, p. 1 u. 474, Bd. 103, p. 289—305; Neues Jahrb. f. Miner., 1867.
Knigth, N. Proc. Jowa Acad. Sc., 15, 1908.
Lemberg. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch., 1870, XXII, 1883, XXXV.

Mach, F. Verh. d. Ges. d. Naturforsch. u. Aerzte, 1903, II, 1. Hälfte.
Mitscherlich, E. A. Landw. Jahrbücher, 1907.
Mohr, E. C. J. Bull. Dept. Agric. Indes Néerland, 1909, № 32.
Müller, R. Tscherm. miner. u petrogr. Mitteil, 1877, H. 1.
Pfaff. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch, 1872.
Pichard. Ann. chim. phys., 5 série, XV, 1878.
Ramann, E. Zentralbl. f. Miner., Geol. u. Pal., 1921, № 8 u. 9.
Rinne, F. Ber. math.-phys. Klasse d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch, 63, 1911, p. 441—445.
Rohland, P. Kolloid-Zeitschrift, 1906, 1907.
Rogers. Sillim. Amer. Journ., 1848 (2), 5.
Rose, H. Pogg. Ann. 82, 545.
Земятченский П. Отчеты о деятельности КЕПС'а при Акад. Наук. № 18, 1923. стр. 93—108.
Sicha. Untersuch. über die Wirkungen des beim hohen Drucke mit $CO_2$ gesättigt. Wasser auf einige Mineralien. Inaug.-Diss. Leipzig, 1891.
Sestini, F. Atti soc. Tosc. di scien. natur. Pisa, 1900.
Schütze, R. u. Hilger. Landw. Jahrbücher, Bd. XV, 1886.
Struve. Mém. de l'Acad. de Sc. de St. Pétersb. Série VII, T. VI, № 4; Горн. Журн. 1863, V.
Struve, F. Pogg. Ann. VII, pp. 341—372; 429—450.
Stoklasa. Landw. Versuchst., Bd. XXVII, pp. 197—207.
Vogel. Jahresber. d. Agrik.-Chemie, 1868, 208.
Zambonini. Memor. R. Acad. Lincei, 1905 (5), 5 e 6.

## Действие растений и микроорганизмов на процессы выветривания

Angelis d'Ossat, de. Atti R. Acad. d. Lincei, 5 serie, 1910, 19, I, № 3.
Aberson, H. Jahrb. f. wissensch. Botanik, Bd. 47, 1909, p. 41—56.
Bachmann. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch., Bd. XXII, XXIX.
„ Jahrb. f. wissensch. Botanik, Bd. XLIV, p. 1.
Bassalik. Zeitschr. f. Gährungsphysiologie, 1912, т. II, 1913, т. III.
Branner. Americ. Journ. of Sc. (4), Vol. 3, 1897, pp. 438—442.
Dietrich. Jahresber. d. Agrik.-Chemie, Bd. VI
Дояренко. Тр. 1-го Мендел. Съезда, 1909, стр. 455—464.
Еленкин. Почвоведение, 1901, № 4.
Goodchild, J. G. Geolog. Magaz. 1890, p. 468.
Grazia, de, S. e Camiola. G. Biederm. Centralbl. f. Agrikulturchemie, Bd. XXXVII.
Кернер. Жизнь растений. Спб., 1900—1901.
Kunze. G. Jahrb. f. wissensch. Botanik, Cd. XLII, p. 357.
Liebig. Chem. Briefe, p. 273 u. Ann. d. Chimie u. Pharm. Bd. 105, 1858, p. 139.
Müntz, A. Comptes rendus, 1890, CX, p. 1370.
Peters. Landw. Versuchst., Bd. IV, p. 117—137.
Sachs. Botan. Zeit., 1860, p. 117.
Шкателов. Прот. засед. Кружка любит. естествозн. и с.-хоз. в Ново-Александрии, 1904.
Senft. Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen, 1862.
Sestini, F. Landw. Versuchst., 1900, H. 1 u. 2.
Sollas. Brit. Assoc. 1880, p. 586.
Stoklasa, J. und Ernst, A. Jahrb. f. wissensch. Botanik, 1908, Bd. 46, p. 55—102.

## Действие гумусовых веществ на соли, минералы и горные породы

Berzelius. Jahresber. d. Chemie, XVII, p. 210.
Белецкий. Известия Петровск. Акад., 1880.
Ballenegger, R. Földtani közlöny. Bd. XLVIII, 1918.
Blanck, G. und. Rieser, A. Chemie der Erde, Jena, 1925.
Collet. Revue génér. agronomique, 1908, № 3.

Daubree Comptes rendus, XX, p 1775 1780
Detmer Landw Versuchstat, 1871
Ebermayer. Wollny Forschung, Bd XIII H 1 u 2 1890
Fichhorn Landw Jahrbucher, Bd VI, 1875, Bd VI, 1877 p 957—968
Friedel et Crafts Bull de soc chim, 1863, V
Hayes, W Bull geolog Soc of America, p 213—220, 1897
Hermann Journ. f prakt Chemie, 1842, 27.
Julien Proc of the amer assoc for the advanc of science Vol XXVIII, 1879. Salem 1880
Karsten Pogg Ann, 1826, VI, 359
Kindler Pogg Ann, 1836, XXXVII, 203 206
Konig. Zentralbl. f Agrik-Chemie Bd III, p 77
Knop Der Kreislauf der Stoffe, Bd II
Мещерскии Журн русск. физико хим общ 1883, стр 414
Никифоров Журн Оп Агрон, 1908, 9, 385
Pelouse et Fremy (см Simon)
Ramann Neues Jahrb f Mineral, 1896
„ Jahrb d k preuss geol Landesanst fur 1885
Risler et Verdeil Recherches sur l'humus Principe d'agronomie de Gasparin Appendice
Родзянко Труды VIII съезда русск. естеств и врачей, 1890, стр 144
Rindell Internat Mitteil f Bodenkunde, 1911, H 1, p 67—81
Senft. Zeitschr d deutsch geol Gesellsch Bd 23, 1871, Bd 26 1874
„ Steinschutt und Erdboden, 1867
Савич Матер по изуч русск почв. Вып VIII, 1893
Schumacher Ann d Landwirt in den k preuss Staaten Bd XLIX, p 322—351
Sprengel Die Bodenkunde Leipzig 1837
Stolba Dingler's Polytechn Journ Bd CXIII, H 2
Tamm, O Bull Geolog Inst Upzala, vol XIII, 1916
Тархов Изв. Петров Акад 1881.
Thenard Comptes rendus, LXX 1870 p 1412
Thugutt Mineralchemische Studien Dorpat, 1891

## Выветривание в природе

Andre Arch des scienc physique et naturelles T 29, № 114, 1867, реф. Горн Журн 1867, IX, 505,
Arcelin Annales de l Acad de Macon Paris, 1877
Barnitzke Zeitschr f prakt Geolog 1909, p 357—473
Blake, Geolog Recon of California, 1858, pp 146, 286
Benedicks, C Neues Jahrb 1908, Bd I, H 2, p 186 (реф)
Blanck, E Landw Versuchst 1906, H III u. IV, pp 161—217.
Blanck, C u Passarge, S Abhandl. auf d Geb d'Auslandkunde Bd. M. Beihe C, Naturwiss Bd 6, 1925
Casoria, E Staz sperim agrar ital XVI, 754
Chester N Jahrb f Miner, 1888, I, 187
Clark, W. S. Ann d Chemie u Pharm LXXX, 122, 1851.
Cosyns, G. Bull de la soc belge de geologie T. XXI, 1907
Crasso Poggend Ann. 1840, Bd. 49, pp 381—387
Cornu, F Kolloid-Zeitschr Bd IV, 1909 (о цеолит.)
Cornu, F und Schuster, C Tscherm miner u. petrogr. Mitteil. Bd. XXVI, H. IV, 1907.
Deecke, W Monatsbl d Bad Schwarzwalder, 1916, № 19
Delesse N Jahrb. f Mineral, 1848, 35
Derby. Journ. of Geology, Vol 4, p 529, 1896
Dollfuss Ann de la soc geolog du Nord, T IV, 1876—77.
Dumont. Mémoires de l'Acad. royale de sc de Belgique, T XX, 1847
Ebelmen Ann des mines Vol VII, 1845, et XIII, 1847

Eckenbrecher Tscherm miner u petrogr Mitteil Bd III 1871
Endell N Jahrb f Mineral 31 Beil Bd 1910 1 54
Firket Ann de la soc geolog de Belgique I, p 60
Frohde Mecklenb landw Annal 1868 p 175
Fuchs Denkschrift d k Akad d Wissensch zu Munchen 1819 u 1820
Fritsch N Jahrb f Mineral, 1865
Funaro Angiolo Staz sperim agrar ital XVI p 272
Gagel Zentralbl f Mineralogie etc 1910, №№ 8 u 9
, Zeitschr d deutsch geol Gesellsch, 1903 Dec Monatsber 55 4—5 und Stremme Zentralbl f Mineral etc 1909, №№ 14 u 15
Gehlen Schweiggers Journ f Chem u Phys 1811, I, 447
Гинзбург, Я Каолин и его генезиз Изв. Спб Политехн Инст 1912 т XVII отд техн естеств и матем (литература)
Глинка К Исслед в области процесс. выветрив —Тр Спб Общ Ест т XXXIV вып 5
Gmelin Poggend Ann XIV 1828 p 360
Guignet Comptes rendus 1869, LIX p 1028
Hanamann Fuhlings landw Zeitung, 1878, p 350—352
Hazard Landw Versuchst 1879, XXIV, p 225 251
Hilgert u Lampert Landw Versuchst 1886, XXXIII, p 161—169
Horen van Bull Acad royale de scien de Belgique 2 serie T XXV
Julien Ann of the New York Akad of Sc Vol III and IV
Kaiser F Neues Jahrb f Miner 1907, Bd II, H 1
Kampen, G van Verhandl d 2 Agrogeol Conferenz zu Stockholm 1911
Карпинский, А Зап Мин Общ 1901, вып 1 проток, стр 23
Клемм Труды Общ испыт прир при Харьк Унив 1877, т XI
Koechlin Schlumberger, Bull. de la Soc geol de France, 2 serie T XVI
Knop Neues Jahrb f Miner 1877, pp 699—700, Landw Versuchst 1878
Lacroix Bull de la soc geol de France, 1897
Lang Zentralbl f Miner etc 1910, № 3, pp 19—76
Лаврский Труды Казан Общ Естеств, 1900
Laufer Zeitschr d deutsch geolog Gesellsch 1878
Левинсон Лессинг Тр Спб Общ Ест, т XVI, вып 2
, Исслед по теорет петрографии в связи с изуч изверж пород Центр Кавказа Юрьев 1898 стр 389—399
Lemberg Zeitschr d deutsch geol Ges 1870, 1875, 1876 1877, 1883
Leeden van Zentralbl f Mineral etc, 1910, № 15
Malaguti Comptes rendus, 1841, p 737
Murakozy Foldtani kozlony, 1892, реф N Jahrb f Miner 1894, I 291
Reichardt E Chem Zentralbl 1874, p 694
Попов С Труды Геол Музея Акад Наук, т IV, 1910, вып 7
Rose, G Reise nach d Ural, Bd I, p 344
Rosler, H N Jahrb f Miner etc XV, 1902 p 231 393 (литерат)
„ Zeitschr f prakt Geol 1908, p 251
Ruhle, S Ueber die Verwitterung von Gneis Diss -Refer Chem Centralbl 1915, II
Самойлов Я Bull de Natur de Moscou, № 4 1902
„ Из поездки в С Америку —Тр Комм Москов с хоз. Института по иссл фосфоритов 1914
Sauer Zeitschr f prakt Geologie, 1909, p 527
Selle, v. Zeitschr f Ges Naturw Halle a S 1907 p 321—421
Sellem N Jahrb f Mineral 1851
Scheerer N Jahrb f Miner 1866
Сибирцев, Н Матер к оценке зем Нижегор губ. Сергачский у, 1884
Соколов Н. Изв Геолог Комит, 1887, т VI
Sterry Hunt Americ Journ of Sc, vol XXVI, 1883, p 190 (литература)
Stockhard, A Landw Versuchst 1859, p 176

Stremme, H. Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1908, XVI, H. 3.
„ N. Jahrb. f. Miner. etc. 1909, Bd. II, p. 91—120.
„ Zentralbl. f. Mineral. etc. 1908, 622—32 u. 661—69.
„ „Почвоведение“ 1912 № 2.
„ Chem. Zeitung, 35 pp. 529—31.
„ Landw. Jahrb., 1911.
„ und Späte. Zeitschr. f. angewandt. Chemie, 1907, XX, H.43.
Streng, A. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges. 1887, p. 621, Protokoll.
Stutzer, O. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1905, p. 333—336.
Thoulet. Comptes rendus, CVIII, p. 753.
Thugutt. N. Jahrb. f. Miner. etc. Bell.-Bd. 9, 1895, pp. 554—623.
„ Rozpraw. wydziału matem.-przyrodnicz. Akad. Umijetnosci w Krakowie, T. XXXIX.
„ Zentralbl. f. Mineral. etc. 1911, № 4, p. 97—107.
Tscheimak. Miner. u. petrogr. Mitteil. 1874.
Vernadsky. Zur Theorie d. Silikate. Zeitschr. f. Kryst. XXIV, H. 1, 1901.
„ Об изомерии в группе алюмо- и феррисиликатов.—Изв. Акад. Наук, 1909.
Vogt, J. H. L. Transact. of the Americ. Instit. of mining. engineers. Richmond Meeting, February, 1891.
Weinschenk. Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1903.
Weiss, F. Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1910.
Weiss, G. Jahresb. u. Mitt. d. oberrhein. geol. Ver. N. F. Bd. VI. 1916.
Wiegel. H. Zentralbl. f. Miner. etc. 1907, № 12.
Wolff, G. Landw. Versuchst. Bd. VII, p. 272—302.
Wüst, E. Zentralbl. f. Mineral. 1907, № 3; Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1907, XV, H. 1.
Земятченский, П. Каолинит. образов. южной России.—Тр. Спб. Общ. Ест. 1896, XXI, вып. 2.
Zschimmer. Die Verwitterungsprod. d. Magnesiaglimmers und der Zusammenhang zwisch. chem. Zusammensetz. u. opt. Axenwinkel d. Glimmer. Inaug.-Diss. 1898.

## Круговорот продуктов почвообразования в природе

Barral. Comptes rendus, tt. XXIV et XXXV.
Bobierre. Comptes rendus, t. LVIII, 1864. pp. 755—757.
Boussingault. Comptes rendus, t. XLVI, p. 1123.
Chabrier. Comptes rendus, t. LXXIII, 1871, p. 485—488.
Chairy. Compter rendus, t. XCIX, 1884, p. 869.
Cloez. Comptes rendus, t. LII, 1861, pp. 527—529.
Dieulafait. Comptes rendus, t. LXXXVI, 1878, p. 1470.
Eugling. Ber. über die Tätigkeit der landw. chem. Versuchst. des Landes Vorarlberg, 1876—1877.
Failyer. Ann. Rep. Kansas Exper. Stat. 1889.
Feilitzen von, H. and Lugner, J. Journ. of Agric. Sc. Vol. III.
Harrison and Williams. Journ. Amer. Chem. Soc. 1897, I, 19.
Jorissen, W. P. Chem. Weekblad. 3, 42.
Kellner, Sawano, Joshii, Makino. Landw. Jahrbücher, Bb. XV, 1886, p. 701—711.
Коссович, П. О круговороте серы и хлора на земном шаре.—Сообщения из Бюро по землед. и почвов. Учен. Комит. Главн. Упр. Земл. и Зем. 1913, Сообщ. XII (литерат.).
Lévy. Annuaire de l'observatoire de Montsouris, 1877—1883.
„ Comptes rendus, t. LXXXIV, 1887, pp. 273 et 1335, t. XCI, 1880, p. 94, CXIII, p. 804.
Lawes, Gilbert and Warrington. Journ. Roy. Agric. Soc. England, 2 ser. Vol. 17—19, 1883.
Luca de. Comptes rendus, t. LIII, 1861, pp. 153—156.
Miller, N. H. J. Proc. of the Chem. Soc., 18, № 250, 88, 89.
Müntz. Comptes rendus, t. CXIV, 1892, p. 184.
Müntz et Aubin. Comptes rendus, t. XCV, 1882, pp. 788 et 919, t. XCVII, 1883, p. 240.
Müntz et Marcano. Comptes rendus, t. CVIII, 1889, p. 1062, t. CXIII, p. 779.

Muntz et Laine. Comptes rendus, 1911, № 17
Passerini. Stas Sperim sgrar ital Vol XIX, 229.
Peterson, W and Hort, E Journ. Amer Chem Soc, 1911
Pincus u. Kossig Landw. Versuchst Bd IX, p 465—476
Пивоваров Почвоведение, 1906, № 1—4 (литерат)
Reichart Zeitschr f. deutsche Landwirte, 1864, p. 177—184
Schloesing Comptes rendus, t LXXX, 1875, pp 175—178 et 265- 268, t LXXXI, 1875, pp 81—84 et 1252—1254 t LXXXII, 1876 pp 747—846, 969—1085
„ Comptes rendus, XC, 1880, p 1410
Stoklasa Biederm Zentralbl 1897, p 361 (перев с чешской работы 1883 84 гг)
Struve Zeitschr f. analyt Chemie, 1871, 11—28
Truchot Comptes rendus, t LXXVII 1873, p 1159
Tuxen Tidskrift for Landokonomie, V Bd 9, 1890 pp 325 345
Warrington Journ chem Soc August 1889
Вельбель Журн Оп Агрон, 1903.
Витынь Журн Оп Агрон 1911, 20

## Общие заключения о процессах выветривания

Алексеев Мат для классифик русск глин Зап Русск Техн Общ 1896, №№ 6, 7
Cornu Kolloid Zeitschr Bd IV 1909
Докучаев Зап Спб Минер Общ, ч XXXVII стр. 158
Hilgard, F Agricult Science, Vol VI № 4 (Wollny Forsch. Bd XVI, H 1 u 2)
Joughridge Proceedings of the americ associat for the advancem of science—Portland Meeting, 1873
Rosler Neuer Jahrb. f Mineral XV Beil Bd 2 Heft 1902.
Schloesing Comptes rendus, t CXXXII, 1901, № 20
Wolff, E Wurtemb naturwiss Jagreshefte, 23. Jahrg 1 H., p 78
Земятченский. Дневник XI съезда Русск естеств и врачей.

# ЧАСТЬ II

# ОБЩИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

ГЛАВА I

# Морфология почв и методы ее изучения

Почва, как мы уже знаем, характеризуется своеобразными внешними признаками, которые необходимо тщательно изучать, так как эти признаки должны быть положены в основу определения типа почвообразования в поле. При этом необходимо твердо помнить, что почвой называется продукт выветривания, оставшийся на месте своего образования. Как таковой, он должен запечатлеть в себе все те влияния внешних и внутренних факторов, благодаря которым он образовался. На морфологии почвенного типа должны сказаться и местные климатические условия, комбинация тепла и влаги, и условия растительные, и характер материнской породы. Каждый из этих факторов вносит свою лепту в процесс почвообразования.

Почва прежде всего характеризуется определенными чертами строения, варьирующими в зависимости от условий почвообразования. Под строением почвы понимается та картина, которая рисуется наблюдателю в вертикальном разрезе поверхностной части земной коры. Это картина часто очень сложная и пестрая, требующая особой внимательности для своего точного воспроизведения.

Самый поверхностный горизонт чаще всего окрашен органическими веществами (гумусом) на большую или меньшую глубину. По мере углубления окраска ослабевает или, наоборот, становится интенсивнее, и переход от окрашенного гумусом горизонта к неокрашенному или иначе окрашенному всегда бывает постепенным. Граница между двумя соседними горизонтами поэтому почти никогда не выражается прямой линией [1]). Под гумусовыми горизонтами нередко наблюдаются различные другие изменения материнской породы: она белеет или в ней появляются бурые, синие, зеленые пятна, карманы и прожилки. Иногда образуются и сплошные горизонты, резко отличающиеся цветом от поверхностных гумусовых. В иных случаях наблюдаются на различных глубинах особые выделения, то в виде более или менее легко растворимых солей, каковы сернокислые и углекислые, то в виде окислов и их гидратов (гидраты окиси железа, алюминия, окислы марганца), то в виде более сложных по составу конкреций и прослойков. Наконец, порой на некоторой глубине появляются вторые обычно менее резко выраженные, чем поверхностные, и часто даже не сплошные, гумусовые горизонты. Распределение всех отдельных горизонтов, пятен и прожилок в почвенном разрезе не случайно: оно связано с теми процессами, благодаря которым формируется почва, с передвижением влаги и воздуха в почвенных массах, с деятельностью растительных корней и микроорганизмов, с жизнью животного царства почвы. Короче говоря, строение почвы,

[1]) В виду этого, русские почвоведы избегают слова „слой", с которым связано представление о массе, ограниченной сверху и снизу параллельными друг другу плоскостями, а употребляют термин „горизонт".

или, что то же, общий облик морфологии почвенного разреза, представляет собой как бы зеркало тех сложных процессов, которые в почве совершались и совершаются.

К числу важных морфологических признаков, наблюдаемых на девственных почвах или почвах, долгое время не бывших в распашке, относится структура почвы, свойственная обычно гумусовым горизонтам почвенных образований, но иногда наблюдаемая и на таких горизонтах, в которых гумуса на глаз не заметно[1]). Структура эта весьма разнообразна: она может быть пороховидной, зернистой, как у девственного чернозема[2]), при чем величина зерен может колебаться довольно значительно, комковатой, как у тех же черноземов на больших глубинах, или ореховатой, как у деградированных суглинков, линзовидная или чечевитчатая, призматическая или столбчатая (у солонцов, солонцеватых почв и пр.).

Кроме того, в некоторых горизонтах почвы наблюдается определенное сложение, напр., листоватое или пластинчатое в горизонтах $A_2$ подзолов и солонцов, губчатое или целлюлярное у латеритов.

Некоторым почвам свойственна пористость или ячеистость определенных горизонтов, которая иногда соединяется с пластинчатым сложением.

Одна и та же почва может обладать в различных горизонтах неодинаковыми структурой и сложением: верхние горизонты могут быть пластинчатые, а более глубокие ореховатые или столбчатые, или верхние горизонты зернистые, средние—ореховатые, а нижние—призматические.

Не менее важным морфологическим признаком является цвет почвы, если, конечно, он является результатом почвообразования, а не зависит от окраски материнской породы. В поверхностных горизонтах почвы цвет часто связан с веществами гумуса, но иногда зависит от соединений железа, марганца, различных солей. Гумусовые вещества сообщают почвам различные оттенки черного, серого и бурого цветов, соединения железа (гидраты окиси, силикаты и другие соли окиси и закиси железа) окрашивают почву во все цвета спектра, окислы марганца дают черный (иногда с блеском) и бурые цвета, соли щелочей и щелочных земель белые и т. д.

Главнейшие морфологические признаки почвенных типов должны быть изучены в природе, что в особенности относится к строению и структуре почв. С этой целью копаются ямы на такую глубину, до которой еще заметно влияние процессов почвообразования на материнскую породу. Указать определенно для всех случаев те средние глубины, до которых приходится дорываться, невозможно, так как глубины эти весьма разнообразны. Пособием при установлении глубин почвенных разрезов могут служить естественные, по возможности, свежие разрезы по берегам рек, оврагов, а еще лучше только что выкопанные колодцы, кирпичные ямы, железнодорожные выемки и пр.

Нужно при этом заметить, что почвовед не всегда может ограничиваться только теми глубинами, где процессы почвообразования заметны простым глазом, а должен всегда помнить, что следы этих

---

[1]) Структурность почвы связана в значительной мере с явлениями коагуляции тонких суспензий почвы (см. главу о механическом составе).

[2]) Зернистая структура чернозема, по нашему мнению, есть результат коагуляции тонких суспензий почвы под влиянием растворов двууглекислого кальция. Такую же структуру можно наблюдать в перегнойно-карбонатных почвах. Об образовании некоторых структур и сложений почвы см. Глинка, К. Дисперсные системы в почве, 1924; Гедройц. К. Изв. Госуд. Инст. Оп. Агр., т. IV, № 3, 1926.

процессов могут так или иначе сказаться вплоть до уровня грунтовых вод, даже если последние достаточно глубоки, так как, с одной стороны, атмосферная влага может проникать до грунтовой воды, а, с другой стороны, грунтовая вода может подниматься в горизонты почвы и, следовательно, влиять на процессы почвообразования.

Выкопав яму, одну из ее стенок делают вертикальной, стараясь выбирать стенку таким образом, чтобы она была хорошо и притом равномерно освещена. Последнее важно потому, что при различном освещении горизонты почвы кажутся неодинаково окрашенными, даже в том случае, когда они имеют один и тот же цветовой оттенок. Вертикальная стенка подчищается затем лопатой и небольшой острой лопаточкой или ножом, чтобы выступили все детали разреза; мелкоземистые частицы, осыпавшиеся при изготовлении вертикальной стенки и маскирующие иногда профиль, тщательно сдуваются.

По изготовлении и надлежащей обработке вертикальной стенки, приступают к измерениям с помощью линейки или рулетки, на которых нанесены деления в сантиметрах. Измеряется прежде всего отдельно мощность каждого горизонта, сколько-нибудь отличающегося цветом, структурой или другими какими-либо особенностями от других горизонтов. Так как ни один из них не отграничивается прямыми линиями, то и мощность их, очевидно, колеблется, и пределы этих колебаний следует отметить. Если в почве имеются выделения солей или конкреций, то необходимо отметить глубину, с которой они встречаются. Если присутствуют соли, то среди них часто есть углекислая известь, глубины скопления которой определяют по вскипанию с разведенной соляной кислотой.

Если почва структурна, то необходимо измерить величины структурных отдельностей в различных горизонтах: диаметр зерен или орехов, длину и ширину столбов, мощность слоиков или пластинок, размеры пор или ячеек. При этом следует отметить, не различаются ли цветовые оттенки наружных и внутренних частей зерен или орехов, или оттенки верхней и нижней поверхностей пластинок.

В записную книжку заносятся все сделанные измерения и характеристика отдельных горизонтов почвы по цвету, структуре, механическому составу (песчаный, супесчаный, суглинистый). Отмечаются также формы выделения солей (мицелий, пятна, прожилки, конкреции, сплошные горизонты и пр.) и других образований (гидраты окиси железа, алюминия, окислы марганца и т. п.), ходы животных (их размеры, очертания, цвет), относительная влажность отдельных горизонтов и все вообще признаки, которые могут быть уловлены в вертикальном сечении почвы. Параллельно зарисовывается в записной книжке и схема полученного разреза.

Затем приступают к выемке монолитных и сборных образцов.

При навыке можно брать монолитные образцы без всякого прибора, имея лишь заготовленный заранее деревянный ящик. В этом случае форму монолита изготовляют сперва на стенке разреза, а затем надвигают на эту форму раму разборного деревянного ящика (см. рисунок 1). После этого обрезают ножом выступающую из рамы часть формы и навинчивают к раме крышку. Затем форма подрезается с задней стороны и монолит вынимается и кладется на землю передней частью, задняя часть формы срезается ножом в уровень с рамой и навинчивается вторая крышка. Взятые таким образом монолиты доходили в наши лаборатории в превосходном состоянии из самых отдаленных азиатских частей СССР (б. Амурская обл., Якутская республика).

Так как выемка монолитов и перевозка их бывают иногда затруднительны, то очень часто составляют сборные разрезы почв. С этой целью берут образцы из каждого отдельного горизонта, стараясь при этом, по возможности, не нарушить структуры. Для выемки образцов выбирают такие участки горизонта, где он наиболее типично выражен. Вынутые образцы завертываются аккуратно в плотную оберточную бумагу, обвязываются бечевкой и затем уже помещаются в мешки. Влажные образцы, по доставке их на место ночлега, просушиваются в сухом помещении или на воздухе и затем уже окончательно упаковываются, при чем каждый образец снабжается ярлыком, на котором поставлен № разреза из записной книжки и буква горизонта.

В последнее время входит в употребление такого рода обозначение: буквой А обозначают горизонты элювиальные, т. е. такие, из минеральной массы которых что-либо выносится механически или химически при процессе почвообразования. Те же горизонты являются аккумуляционными по отношению к органическим или органоминеральным соединениям (Захаров). Буквой В обозначают иллювиальные горизонты, т. е. такие, куда что-либо вмывается, вносится из верхних горизонтов. Наконец, буквой G можно обозначать так называемые глеевые горизонты (Г. Высоцкий), т. е. такие, которые формируются не столько под влиянием воды, просачивающейся с поверхности, сколько под влиянием поднимающихся к поверхности грунтовых вод. Материнская порода обозначается буквой С. Так как нередко бывает, что и горизонты элювиальные, и горизонты иллювиальные, и горизонты глеевые не однородны по всей их массе, то употребляют обозначения $A_1$, $A_2$, $B_1$, $B_2$ и т. д.



Рис. 1. Изготовление формы монолита.

Мы предлагаем буквой $A_2$ именовать резко выщелоченные горизонты, буквой $B_1$—иллювиальные горизонты силикатного характера, $B_2$—карбонатные и $B_3$—гипсовые.

При сплошном исследовании больших территорий, напр., губернии, рекомендуется прежде всего произвести рекогносцировку с целью выяснить те изменения почвенного покрова, которые связаны с изменением климата на данной территории. С этой целью исследуемая площадь пересекается несколькими маршрутами в том направлении, в каком изменяется климат (в европ. части СССР—примерно с СЗ на ЮВ). На каждом маршруте ямы копаются только на совершенно равнинных участках и притом в условиях одинакового типа растительности и одинакового характера материнских пород. Этим путем намечаются границы почвенных зон или подзон.

Указанный порядок начала работ дает возможность исследователю ознакомиться с главнейшими почвенными типами и разностями исследуемой территории и выяснить закономерность их распределения в пространстве; после этого удобнее планировать детальные исследования.

При исследовании малых территорий полезно располагать маршруты перпендикулярно речным долинам или горным хребтам.

Занося в путевой журнал подробные описания почвенных разрезов, исследователь должен отметить кроме того: 1) географическое положение пункта, где сделан разрез (полезно этот пункт отметить, по возможности, на имеющейся у экскурсанта путевой карте или плане); 2) рельеф местности, где заложена почвенная яма (на склоне, на равнине, в котловине и пр.); 3) характер растительного покрова (желательно попутно собрать и наиболее типичные виды местной дикой флоры); 4) местное название почвы.

Для каждого из почвенных типов исследованной площади желательно взять монолитные образцы, что рекомендуется, по возможности, делать в конце полевых работ, когда не только определены главнейшие разности почв, но известны и места их наиболее типичного развития. Другие почвенные образцы можно брать меньших размеров (1—4 кило), смотря по тому, предназначаются ли они для лабораторных исследований, или только для дополнительного изучения некоторых морфологических признаков. Последнее является особенно важным для установления цветовых оттенков поверхностных горизонтов почв и для сравнения этих оттенков у различных почвенных типов и разностей. Дело в том, что при полевых работах, где зачастую приходится изучать почвенные разрезы в различной степени увлажнения, при различном освещении (утром, днем и перед солнечным закатом), трудно бывает точно отметить, а тем более сравнить цветовые оттенки нескольких почвенных типов и разностей. В лаборатории, где можно изучать образцы с более или менее одинаковой степенью влажности и при одинаковом освещении, изучение цветовых оттенков проще и легче.

Насколько однородны бывают цветовые оттенки представителей одного и того же почвенного типа, взятых на больших расстояниях друг от друга, показывает следующий факт. Во время первой международной конференции по почвоведению в Будапеште нам приходилось сравнивать цвет каштановых почв Венгрии с цветом таких же почв из Румынии и из Омской и Тургайской губ. азиатской части СССР. Цветовые оттенки оказались настолько одинаковыми, что получалось впечатление, будто все упомянутые образцы были вынуты из одной и той же ямы. Это впечатление усиливалось и полной однородностью всех других морфологических признаков.

Произведя изучение морфологических свойств почв, отбирают типичные образцы для лабораторного исследования, которое состоит в изучении механического состава почвы, ее минералогического состава, физических свойств и, наконец, химического состава и свойств. При этом необходимо помнить, что главная наша задача заключается в разъяснении того процесса, который привел к образованию того или иного почвенного типа. При образовании почвы обычно происходит передвижение различных соединений, частью механическим, частью химическим путем, из одного горизонта в другой. Лабораторное исследование должно быть направлено так, чтобы можно было выяснить, что потеряли одни и что приобрели другие горизонты. Поэтому как исследование химических свойств, так и изучение механического состава и физических свойств не может ограничиваться только верхним горизонтом почвы. Напротив, должны быть изучены, каждый в отдельности, все горизонты почвенного разреза, которые могли быть выделены при исследовании в поле, и свойства этих горизонтов должны быть сравнены с таковыми же свойствами материнских

пород. При выборе образцов для исследования в природе необходимо очень внимательно следить за тем, чтобы в образце не попалась кротовина или иное какое-либо включение.

## ЛИТЕРАТУРА

Богушевский. Труды Вольн.-Эконом. Общ. 1890, № 2.
Высоцкий, Г. „Почвоведение", 1899, 1900, 1901.
Глинка, К. Сборник инструкций и программ для участников экскурсий в Сибирь. СПБ. 1914.
Докучаев. Русский чернозем. 1883.
„ Матер. к оценке земель Нижегородской губ., т. I.
Захаров, С. Краткий курс практ. занятий по почвоведению, 1925.
Рисположенский. Протоколы Казан. Общ. Естеств., прилож. № 114, 1890.
„ Описание коллекции почв Волжско-Камского края. Казань, 1894.
Сибирцев, Н. Программы для исследования почв в поле.—Записки Ново-Александр. Института с. хоз. и лесов., т. IX, приложение, 1895, и „Программы и наставления Спб. Общ. Естествоиспытателей", последнее издание.
Касаткин и Красюк. Указания к производству полевых почвенных исследований. Петроград, 1917.
Красюк, А. Почвы и их исследование в природе. Ленинград, 1926.
Филатов, М. Русский почвовед, № 1, 1914.

## ГЛАВА II

# Механический состав почв и явления коагуляции

Изучение механического состава почвенных масс, несмотря на сравнительно малую точность употребляющихся для этой цели методов исследования, имеет все же, в соединении с некоторыми другими определениями, большое значение. Когда изучаются со стороны механического состава отдельные горизонты одного и того же почвенного разреза, то получается возможность судить о том, переносятся ли при почвенном процессе мелкоземистые частицы из одного горизонта в другой. Когда изучается параллельно механический состав различных почв какой-либо территории и их материнских пород, особенно принадлежащих к группе наносов, то становится возможным классифицировать почвы данной территории на глинистые, суглинистые, супесчаные и песчаные, а также до некоторой степени судить о способе происхождения материнских пород (наносов), на которых почвы образовались.

Все существующие методы почвенного механического анализа [1]) дают возможность разделить взятую навеску почвы на ряд групп, отличающихся величиной своих частиц, при чем, однако, не все исследователи придерживаются однородной терминологии в обозначении частиц различных размеров, как это видно из прилагаемой таблицы.

| Величина частиц | Кноп | Лоренц | Фаддеев | | | Осборн |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Камни | | | |
| > 10 мм. | Скелет | Камни и хрящ | Хрящ | Крупный | Каменистые | Крупнозем |
| 10—7 | | | | Средний | | |
| 7—5 | | | | Мелкий | | |
| 5—3 | | | | | | |
| 3—2 | | | | | | |
| 2—1 | | Песок Крупный | Песок | Крупный | Песчаные | |
| 1—0,5 | | Песок Средний | | Средний | | |
| 0,5—0,25 | | Песок Мелкий | | Мелкий | | |
| 0,25—0,05 | Мелкозем | Пыль | Пыль | Крупная | Землистые | Песок |
| 0,05—0,01 | | | | Мелкая | | Ил |
| 0,01—0,005 | | Глина | Ил | Крупный | | Пыль и глина |
| 0,005—0,0015 | | | | Средний | | |
| < 0,0015 | | | | Мелкий | | |

[1]) Мы не имеем возможности описывать здесь многочисленные методы и аппараты для механического анализа, отсылая читателя к соответственным работам, сообщенным в списке литературы.

При исследовании почв Нижегородской губ. принято было следующее обозначение:

| | | |
|---|---|---|
| Скелет | > 2 мм. | хрящ |
| | 2—1 | крупный песок |
| | 1—0,5 | средний „ |
| | 0,5—0,05 | мелкий „ |
| Мелкозем | 0,05—0,01 | пыль |
| | 0,01 и мельче | ил (глина) |

Согласно Фаддееву, ил может быть разделен на группы (см. таблицу).

В последнее время Аттерберг предложил новый принцип классификации почвенных частиц, получаемых при механическом анализе. Он нашел опытным путем, что между отдельными величинами зерен можно, на основании физических свойств, установить три границы, а именно:

1) Зерна размерами в 0,2 мм.[1]) представляют границу водопроницаемости, так как, начиная с этой величины, они уже сильно задерживают воду.

2) Зерна размерами в 0,02 мм. представляют предел коагуляции (свертывания) в слабых соляных растворах.

3) Зерна размерами 0,002 мм. представляют границу Броуновского движения.

Вместе с тем оказывается, что песок крупнее 2 мм. обладает совсем незначительной капиллярностью; хорошую капиллярность обнаруживают частицы размерами 0,2—0,02, у частиц же 0,02—0,002 очень высокая капиллярность, но все более замедляющееся движение воды по капиллярам. Более тонкие частицы обнаруживают очень замедленное движение и могут на поверхности совсем высохнуть, сохраняя, однако, запас воды в глубине.

На основании изложенного, Аттерберг предлагает следующую классификацию:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Хрящ | Грубый | 20—6 | мм. |
| | Мелкий | 6—2 | „ |
| Песок | Грубый | 2,0—0,6 | „ |
| | Более мелкий | 0,6—0,2 | „ |
| Песок | Очень тонкий | 0,2—0,06 | „ |
| | Песчаная пыль | 0,06—0,02 | „ |
| Суглинок (ил) | Шлуф | 0,02—0,006 | „ |
| | Schlick | 0,006—0,002 | „ |
| Глина | | мельче 0,002 | „ |

Эту последнюю фракцию в более поздней работе Аттерберг называет коллоидным илом, разделяя ее еще так: частицы от 0,002—0,0006 мм.—грубый коллоидный ил, а частицы мельче 0,0006 мм.—тонкий коллоидный ил. Давая такие названия, Аттерберг основывается на данных Szigmondy, согласно которому частицы грубее 0,00025 мм. называются субмикронами[2]), т. е. относятся уже к категории частиц, обнаруживающих свойства коллоидов. Так как при этом граница как Броуновского движения, так и пластичности, по данным Аттерберга, лежит между 0,005—0,002 мм.,

[1]) Позже Аттерберг нашел более удобным взять вместо 0,2, 0,02 и 0,002—величины 0,3, 0,03 и 0,003.

[2]) Субмикроны видимы еще в ультрамикроскопе, как отдельные частицы.

то и предел обнаружения коллоидных свойств Аттерберг полагает между этими размерами частиц.

Коагуляция суспензий и коллоидов. Говоря о коллоидных свойствах мельчайших почвенных частиц, мы имеем в виду их способность коагулировать, т. е. стягиваться, свертываться под влиянием электролитов.

Давно уже было замечено, что если на почвенные суспензии, взмученные в воде, действовать растворами электролитов, то суспензии свертываются, собираясь в более крупные хлопья, и падают на дно сосуда. Такое явление получило название коагуляции.

Старые исследования, появившиеся еще до развития коллоидной химии (работы Шульце [1]), Шеерера [2]), Шлезинга [3]), А. Майера [4]), Бодлендера [5]), Гильгарда [6]) и др.), установили:

1) что электролиты способны свертывать или коагулировать почвенные суспензии, а неэлектролиты коагуляции не вызывают;

2) что коагуляция появляется лишь тогда, когда раствор электролита достиг определенной концентрации, ниже которой этот раствор не обнаруживает действия (так называемый ныне электролитический порог);

3) что величина концентрации для различных электролитов различна;

4) что растворы, в которых находится ион гидроксил $(OH)^1$, делают почвенные суспензии устойчивыми.

Согласно теории коагуляции, развиваемой Фрейндлихом [7]), устойчивость суспензий зависит от разности потенциалов между дис, персной фазой и дисперсионной средой. Если эта разность велика, суспензии устойчивы, при понижении же величины разности устойчивость ослабевает.

Сущность действия электролитов на суспензии заключается в том, что ионы электролита, заряженные положительно, нейтрализуют отрицательный заряд почвенных суспензий, частицы которых становятся вследствие этого электрически нейтральными или почти нейтральными. Вследствие этого частицы более не отталкиваются друг от друга, а, соединяясь в группы, образуют более крупные частицы, которые и падают затем на дно сосуда.

Фрейндлих делит электролиты по величине их осаждающей способности на следующие группы:

1) Электролиты, катионы которых абсорбируются сильнее анионов (катион водорода, катионы тяжелых металлов, органические катионы).

2) Электролиты с сильнее абсорбирующимися анионами (соли органических кислот, щелочи).

3) Электролиты, у которых оба иона абсорбируются более или менее одинаково (соли легких металлов).

Если принять эти положения, то по отношению к отрицательным суспензиям почвы необходимо придти к заключению, что они должны осаждаться электролитами первой группы, так как абсорбирующийся катион понижает величину отрицательного электрического заряда

---

[1]) Schultze. Ann. phys. Chem. (5), 9, 1866.

[2]) Scheerer, Th. Ibidem. (3) 22, 1851.

[3]) Schloesing, Th. Comptes rendus.T. 129, 1868.

[4]) Mayer, A. Wollny's Forschung, 1871.

[5]) Bodländer. Neues Jahrb. f. Mineralogie etc. Bb. II, 1893.

[6]) Hilgard, El. Wollny's-Forsrhung, 2, 1879; см. также Quincke. Ann. Phyr. Chim. (2) 113, 1861 и Ann. d. Phys. 4 Folge, Bd. VI, H. 1, 1902 u. Bd. VII. Thoulet, J. Ann. des mines (8), 19, 1891.

[7]) Freundlich, Kapillarchemie. Leipzig, 1909.

взвешенных частиц, что, в свою очередь, понижает степень устойчивости суспензоида. Наоборот, электролиты второй группы, где сильнее поглощается анион, повышают отрицательный заряд суспензоида и делают его, следовательно, более устойчивым. В подтверждение указанного положения можно привести опыты Машгаупта [1]), который показал, что едкий натр слабых концентраций (0,005—0,0137 норм.) стабилизирует, т. е. делает более устойчивыми отрицательные суспензии, в концентрациях от 0,0137—0,015 не действует совершенно и коагулирует суспензии только при более высоких концентрациях. Начиная от концентрации 0,04 норм., коагуляция идет уже быстро.

Из металлических катионов наиболее энергично коагулирует водород, что было показано в опытах Hall'a и Morrison'a [2]) с суспензиями каолина. Относительная способность коагуляции частиц каолина под влиянием различных катионов показана в нижеследующей таблице:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $H^{\cdot} = 20$<br>$Al^{\cdot\cdot\cdot} = 20$<br>$Ca^{\cdot\cdot} > 5$<br>$Mg^{\cdot\cdot} < 5$<br>$K^{\cdot} < 1$<br>$Na^{\cdot} = 0{,}5$ | Анион во всех случаях $SO_4^{\cdot\cdot}$ | $H^{\cdot} > 20$<br>$Ca^{\cdot\cdot} > 10$<br>$K^{\cdot} < 2$<br>$Na^{\cdot} > 1$ | Анион во всех случаях $Cl^{\cdot}$ | $H^{\cdot} > 20$<br>$Ca^{\cdot\cdot} = 10$<br>$Ba^{\cdot\cdot} = 10$<br>$K^{\cdot} > 2$<br>$Na^{\cdot} < 1$ | Анион во всех случаях $NO_3^{\cdot}$ |

Наиболее обстоятельные исследования по вопросу о действиях электролитов на илистые суспензии были произведены К. К. Гедройцем [3]). Исследователь оперировал с красной глиной, которая отмучивалась в чашках с водой (высота воды—7,5 см.), и мутная жидкость сливалась в бутыль. Из этой бутыли бралась суспензия, которая не осаждалась в течение трех дней, и эта суспензия служила затем для опытов.

В цилиндрические сосуды (Несслера) с отметками в 50 и 100 куб. см. помещалось 50 куб. см. суспензии и такой же объем изучаемого раствора электролита. После этого содержимое цилиндра взбалтывалось, и цилиндр устанавливался на штатив.

Наблюдение заканчивалось через двое суток, хотя во всех случаях, когда происходила коагуляция, она завершалась вполне уже в течение одних суток.

На первую очередь было поставлено изучение коагулирующего действия кислот, при чем испытывались как минеральные (соляная, азотная, серная, ортофосфорная), так и органические кислоты (муравьиная, лимонная, щавелевая, уксусная). Результаты опытов сведены в нижеследующей таблице, которая показывает величины концентрации, выраженные в долях нормальности (см. таб. на стр. 163).

Из приведенных цифр видно, что сильные кислоты (соляная, азотная, серная) действуют почти одинаково и притом наиболее энергично по сравнению с другими кислотами; слабее действует ортофосфорная кислота, а еще слабее органические кислоты.

Выводов по отношению к почвенным процессам из этих данных, как нам кажется, сделать нельзя, так как трудно ожидать, чтобы в почвах могли встретиться свободные и притом хорошо растворимые

---

[1]) Maschhaupt, I. G. Landw. Versuchstat. Bd. 83, 1914.

[2]) Hall, A. D. und Morrison, C. G. T. Journ. Agric. Science, 2, 1907; эти же выводы можно сделать и из некоторых более старых работ с глинистыми суспензиями.

[3]) Гедройц. Действие электролитов на глинистые суспензии. Бюро по землед. и почвов. Ученого Комит. Глави. Управл. Землеустр. и Земледел. Сообщение XXIV Петроград, 1915.

| Кислоты | Полное свертывание суспензии | Неполное свертывание суспензии | Свертывания нет (электролитический порог) |
|---|---|---|---|
| Соляная . . . . . | 0,005 — 0,0025 | 0,005 — 0,0005 | 0,001 — 0,0005 |
| Азотная . . . . . | 0,005 — 0,0025 | 0,005 — 0,0005 | 0,0015 — 0,0005 |
| Серная . . . . . | 0,005 — 0,0025 | 0,005 — 0,0005 | 0,0015 — 0,0005 |
| Ортофосфорная . . . . | 0,025 — 0,005 | 0,025 — 0,0025 | 0,005 — 0,0025 |
| Муравьиная . . . . . | 0,1 — 0,005 | 0,05 — 0,005 | 0,0125 — 0,005 |
| Лимонная . . . . . | 0,125 — 0,05 | 0,125 — 0,025 | 0,05 — 0,025 |
| Щавелевая . . . . . | > 0,5 | > 0,5 — 0,025 | немного ниже 0,02 |
| Уксусная . . . . . | 0,5 — 0,25 | 0,5 — 0,125 | 0,25 — 0,125 |

кислоты в сколько-нибудь значительных концентрациях, за исключением, может быть, тех случаев, когда в почве есть выветривающийся серный колчедан или окисляющаяся сера. Тогда может временно появиться свободная серная кислота, пока она не будет связана каким-нибудь основанием. Что касается органических кислот, входящих в состав почвенного перегноя, то они, во-первых, значительно менее подвижны, чем исследованные К. К. Гедройцем органические кислоты, а, во-вторых, их концентрация слишком слаба для того, чтобы можно было допустить какое-либо коагулирующее их действие. И на самом деле, в наименее насыщенных основаниями почвах, каковыми являются подзолы, никакой коагуляции суспензий в поверхностных горизонтах почвы не наблюдается: эти почвы всегда бесструктурны. Муравьиную и щавелевую кислоты, хотя и находили иногда в почвах, но находили обычно в виде солей, а не в свободном состоянии, и вообще трудно думать, чтобы какая-либо кислота могла продолжительное время существовать в свободном состоянии в почвах, кроме слабых и мало подвижных кислот почвенного перегноя и углекислоты. Тем не менее, конечно, указанные опыты не теряют своего интереса и значения.

Изучение коагулирующего действия щелочей еще более интересно, так как случаи появления в некоторых почвах (солонцы) гидроксильного иона далеко не представляют редкости. К. К. Гедройцем были испытаны едкая известь и едкий натр, при чем результаты получились следующие:

| Щелочи | Полное свертывание суспензии | Неполное свертывание суспензии | Свертывания нет (электролитический порог) |
|---|---|---|---|
| Едкая известь . . . . . | 0,0040 — 0,0020 | 0,001 — 0,0005 | 0,001 — 0,0005 |
| Едкий натр . . . . . | ок. 0,05 | 0,05 — 0,0225 | ок. 0,0225 |

Особенно интересны опыты над коагуляцией суспензий с помощью солей. Для хлористых солей однозначных металлов получены

нижеследующие результаты, показывающие, что ни одна из этих солей не имеет столь сильного коагулирующего действия, как соляная кислота, т. е. что ион водорода обладает значительно большей коагулирующей способностью, чем ионы однозначных металлов.

| Соли | Полное свертывание суспензии | Неполное свертывание суспензии | Свертывания нет (электролитический порог) |
|---|---|---|---|
| Хлористый литий . . . . | 0,125 — 0,05 | 0,125 — 0,0125 | ,025 — 0,0125 |
| „ аммоний . . | 0,125 — 0,05 | 0,125 — 0,0125 | 0,025 — 0,0125 |
| „ натрий . . . | 0,125 — 0,05 | 0,025 — 0,0125 | 0,025 — 0,0125 |
| „ калий . . . . | 0,125 — 0,05 | 0,125 — 0,0125 | 0,025 — 0,0125 |
| „ рубидий . . | 0,05 — 0,025 | 0,05 — 0,005 | 0,0125 — 0,005 |
| Азотнокислое серебро . | 0,025 — 0,0125 | 0,025 — 0,0025 | 0,005 — 0,0025 |

Из всех испытанных хлористых солей наибольший интерес для почвоведа представляет соль натрия, так как натровые соли чаще всего встречаются в почвах как в виде хлористой, так и в виде сернокислой. Соли калия в почвах находятся значительно реже и в меньших количествах.

Минимальное количество хлористого натрия в растворе, могущее вполне коагулировать суспензии, равно 0,05 норм., что соответствует 2.925 гр. на литр воды. Такие концентрации солей в некоторых солончаках, повидимому, возможны.

Для солей двузначных металлов результаты, полученные Гедройцем, таковы:

| Соли | Полное свертывание суспензии | Неполное свертывание суспензии | Свертывания нет (электролитический порог) |
|---|---|---|---|
| $HgCl_2$ . . . . . | не свертывает вовсе | | |
| $MgCl_2$, $CaCl_2$, $SrCl_2$, $CdCl_2$, $BaCl_2$, $MnCl_2$, $NiCl_2$, $CoCl_2$ . . . . . | 0,005 — 0,0025 | 0,005 — 0,0005 | 0,00125 — 0,0005 |
| $CuCl_2$ . . . . . | 0,0025 — 0,00125 | 0,0025 — 0,00025 | 0,0005 — 0,00025 |

Из этих цифр видно, что двузначные ионы, в качестве коагуляторов, действуют столь же энергично, как ион водорода соляной кислоты, откуда следует, что приведенные выше данные Hall'a и Morrison'a не являются достаточно точными, так как, согласно этим данным, коагулирующая способность иона водорода чуть не в четыре раза больше, чем ионов Ca и Mg.

При исследовании вопроса о коагулирующем действии солей железа и алюминия Гедройцем было наблюдено особое явление (это больше всего касается соли железа—$FeCl_3$), которое и раньше было известно из работ Бехгольда[1]), Нейссера, Фридемана[2])

[1]) Bechhold. Zeitschr. f. physik Chemie. Bd. 48, 1904.
„ Die Kolloide in Biologie und Medizin. 1912.

[2]) Friedemann, H. Archiv f. Hygiene. Bd. 55, 1906; Zeitschr. f. exper. Pathologie Bd. 3, 1906.

и Бекстона[1]) с сотрудниками. Явление заключалось в том, что при действии на суспензии раствора $FeCl_3$ отмечаются две концентрации с максимальной коагулирующей способностью, в промежутке которых свертывания не происходит. Такое „явление зон" объясняют тем, что из растворов хлорных железа и алюминия выделяются коллоидные гидраты окисей, несущие положительный электрический заряд. Эти коллоиды, покрывая частицы суспензий или абсорбируясь ими, дают положительно заряженные частицы, которые осаждаются уже анионом раствора. В силу этого концентрация электролита должна повыситься настолько, чтобы перейти соответственный электролитический порог.

В опытах Гедройца с $FeCl_3$ между концентрациями 0,01 и 0,001 норм. обнаружена была зона неосаждаемости, а выше этой концентрации (1,0 — 0,025) и ниже ее (0,001 — 0,0005 н.) происходит коагуляция. Хлористый алюминий, при концентрации в цилиндре около 0,000125 норм. и ниже ее, не осаждает суспензии, при концентрации около 0,00025 н. и выше вполне осаждает, а между 0,00025 и 0,000125 вызывает неполное осаждение.

Подводя итоги вышеописанным опытам, Гедройц делает такие выводы:

1) Слабое действие $HgCl_2$ и органических кислот зависит от малой степени их электролитической диссоциации и характера катиона.

2) Из остальных испытанных электролитов наименьшей коагулирующей способностью отличается едкий натр.

3) У солей с одинаковым анионом обнаруживается неодинаковая способность коагуляции: она тем больше, чем выше значность катиона. Так, двузначные катионы коагулируют при меньших концентрациях, чем однозначные, но при больших, чем трехзначные.

4) Действие соляной кислоты (ион водород) сильнее, чем хлористых солей с однозначными ионами, и приближается по силе к хлоридам с двузначными катионами.

Далее исследователь поставил вопрос о влиянии кислотности и щелочности на свертывающую способность солей. Испытывалось действие кислотности на растворы солей NaCl и $CaCl_2$, при чем в качестве кислоты служила серная кислота. В опыте с NaCl, раствор которого имел концентрацию 0,0125 норм., т. е. такую, при которой раствор этой соли уже не вызывает коагуляции, концентрация серной кислоты менялась от 0,001 н. до 0,000025 н., т. е. опять-таки в тех пределах, в которых серная кислота, сама по себе, коагуляции суспензии не вызывает. Оказалось, что концентрации серной кислоты в пределах 0,001 — 0,000075 н., в присутствии раствора 0,0125 н. хлористого натрия, вызывают коагуляцию суспензии, при чем концентрация 0,000075 н. дает неполную коагуляцию, осаждая, однако, большую часть суспензии.

В опыте с $CaCl_2$ бралась концентрация соли 0,0005 н., а концентрации кислоты те же, что и в предыдущем опыте с NaCl. Результаты получились те же, что и с хлористым натрием.

Из этих опытов вытекает заключение, что смесь соли и кислоты обладает большей коагулирующей силой, чем сумма соли и кислоты, взятых в отдельности, иначе говоря, прибавка ничтожной концентрации кислоты к раствору соли значительно повышает силу коагуляции.

Не останавливаясь подробно на опытах, имевших своей целью выяснить влияние щелочности на свертывающую способность солей,

---

[1]) Buxton, B. H. u Schoffer, P. Zeitschr. f. physik. Chemie, 1906.
„ „ Teague, O. Ibidem; см. работы тех же авторов в Zeitschr. f. phys. Chemie, 1907.
„ „ „ Kolloid-Zeitschr. Bd. II, 1908.

отметим лишь общие выводы, полученные исследователем. Эти выводы таковы:

1) Едкий натр и средняя сода коагулируют суспензии слабее, чем хлористый натрий, тогда как едкая известь коагулирует более энергично, чем хлористый кальций.

2) Осаждающая способность солей в концентрациях, лишь немного превышающих величину электролитического порога, понижается в присутствии небольших количеств едкого натра и соды. Подобное действие щелочи обнаруживается в этом случае еще и тогда, когда эта щелочь прибавлена в ничтожном количестве.

3) Едкий натр в концентрациях между 0,01—0,0005 норм. увеличивает устойчивость суспензии, препятствуя самопроизвольному ее осаждению.

Далее исследовалась осаждающая способность углекислых солей натрия, при чем оказалось, что если выразить концентрацию растворов едкого натра, углекислого и двууглекислого натрия в натрии, который все они содержат, то их коагулирующая способность по отношению к илистой суспензии приблизительно одна и та же, несмотря на то, что, казалось бы, те из, указанных соединений, которые дают в водном растворе ионы $(OH)'$ т. е. едкий натр и в меньшей степени $Na_2CO_3$, должны обнаруживать меньшую способность коагулирования. Возможно, как полагает исследователь, одной из причин такого противоречия между наблюдением и предположением является неодинаковая степень электролитической диссоциации у изученных соединений. Электролитический порог для $Na_2CO_3$ лежит в пределах 0,05—0,025 норм.

Что касается коагулирующей способности кальциевых солей, то исследование этого вопроса дало такие результаты:

| | Электролитический порог | |
|---|---|---|
| | в нормальн. един. | в % |
| $CaCl_2$ . . . . . | 0,00125 — 0,0005 | 0,047 — 0,019 |
| $Ca(NO_3)_2$ . . . . . | ниже 0,00125 | ниже 0,047 |
| $Ca(OH)_2$ . . . . . | 0,001 — 0,0005 | 0,037 — 0,019 |
| $CaSO_4$ . . . . . | ниже 0,00125 | ниже 0,047 |
| $Ca(HCO_3)_2$ . . . . | „ 0,00125 | „ 0,047 |

Исследователь сопровождает эти цифры, указывающие на одинаковую приблизительно способность кальциевых солей коагулировать илистые суспензии, замечанием, что на самом деле осаждающая способность этих солей должна более или менее различаться в зависимости от степени их электролитической диссоциации и рода аниона.

Попытки выяснить вопрос об обратимости или необратимости коагуляций илистых суспензий также были сделаны Гедройцем. Обратимый характер коагуляция почвенных суспензий имела бы в том случае, если бы получившийся при коагуляции осадок мог бы вновь восстановить степень своей дисперсности при уничтожении той силы, которая эту дисперсность нарушила.

Гедройц поставил опыты по изучению осадков илистых суспензий, свернутых растворами NaCl, $CaCl_2$ $BaCl_2$, и $FeCl_3$, при чем оказалось, что суспензия, свернувшаяся под влиянием NaCl, возвращается в первоначальное состояние, если раствор NaCl удален и замещен таким же объемом воды. После действия HCl, $CaCl_2$ и $BaCl_2$ возвращение к дисперсному состоянию происходит лишь частично, а при осаждении хлорным железом полученный осадок совершенно не способен вернуться к дисперсному состоянию.

Наконец, в работе Гедройца подверглись изучению вопросы о зависимости коагулирующего действия электролитов от степени дисперсности почвенной суспензии, а также и от ее концентрации.

Уже из теории коагуляции должно следовать, что уменьшение размера частиц суспензии, повышающее величину поверхности этих частиц, должно вызывать увеличение электрического заряда суспензии, а потому для нейтрализации этого заряда потребуется и большая концентрация электролита. Это положение подтверждено было и опытным путем, который определенно показал, что „величина электролитического порога находится в зависимости от степени дисперсности суспензии: чем мельче почвенные частицы, тем выше та предельная концентрация электролитов, при которой они вызывают еще свертывание частиц, тем устойчивее суспензия".

Что же касается скорости коагулирующего действия электролитов, то она также находится в зависимости от степени дисперсности суспензии, при чем зависимость эта обратная при концентрации электролитов, не сильно превышающих величину электролитического порога, и прямая—в противном случае.

Понижая концентрацию илистой суспензии, тем самым уменьшают скорость коагуляции этой последней. Это понятно, так как чем больше расстояние между частицами в водной среде, тем больше требуется времени на то, чтобы эти частицы могли соединиться в группы, после чего собственно и происходит их опускание на дно сосуда.

Сделанные Гедройцем наблюдения и выводы потребуют, несомненно, различных поправок и оговорок, если от суспензий чистой глины мы перейдем к суспензиям различных почв, где, помимо нейтральных в химическом смысле частиц глины, мы можем встретить гумусовые коллоиды, различные соли и частицы силикатов и алюмосиликатов, отщепляющих основания при соприкосновении с водой. Опыты Проневича, произведенные в моей лаборатории, показали, что суспензии подзолов, чернозема, солонца значительно различаются между собой в способности коагуляции под влиянием электролитов.

В последнее время опубликованы интересные наблюдения Я. Я. Витынь[1]) над коагуляцией суспензий из глеевого суглинка, горизонтов подзолистой почвы, мергелистого суглинка и лугового известняка. Коагуляторами служили $H_2SO_4$, $CO_2$, $Ca(HO)_2$, $NaHCO_3$, $NaCl$, $CaSO_4$, $Ca(HCO_3)_2$, $Ca(HCO_3)_2 + NaHCO_3$.

Мы не можем здесь исчерпать богатого содержания работы Витыня и отметим лишь некоторые моменты.

Суспензии глеевой почвы характеризуются не только ненасыщенностью (присутствие ионов $H'$), но и содержанием поглощенных ионов $K'$ и $Na'$; последние следует считать важнейшими факторами, повышающими степень дисперсности глинистых суспензий этих почв и уменьшающими их чувствительность по отношению к электролитам. Отсюда видно, что катионы, поглощенные суспензиями, или гидролитически отщепляющиеся от силикатов и алюмосиликатов, оказывают большое влияние на чувствительность суспензий к электролитам.

Тормозящее действие на коагуляцию суспензий раствора $NaHCO_3$ особенно велико в тех случаях, когда почва нуждается в кальции (т. е. является ненасыщенной). Автор объясняет это тем, что здесь происходит образование $Na_2CO_3$, благодаря чему, в конечном итоге, появляются стабилизирующие ионы $(OH)'$. Это объяснение применимо лишь в случае более высоких концентраций $NaHCO_3$.

---

[1]) Wityn. J. Mitteilungen der Internat. Bodenkunde. Geselsch. Neue Folge, Bd. II, № 1, 1926.

Кроме того, отрицательное влияние $NaHCO_3$ заключается в том, что эта соль тормозит растворение $Ca(HCO_3)_2$.

Общие положения, которые могли быть высказаны по отношению к илистым суспензиям, могут быть отнесены и к почвенным коллоидам, так как между теми и другими резкой разницы нет. Коллоиды, как мы знаем, являются системами более высоко дисперсными, а поэтому все то, что в предыдущем исследовании относится к частицам с повышающейся дисперсностью, должно также относиться и к коллоидам.

Так, еще старые исследования свойств почвенного перегноя показывают, что последний переходит в состояние золя в присутствии гидроксильных ионов. На этом отчасти основывается способ извлечения из почвы перегноя с помощью раствора соды. Говорим „отчасти", так как не исключена возможность образования растворимых натриевых солей. Золи гумуса коагулируются минеральными кислотами (действие иона водорода), хотя наиболее высокодисперсные составные части почвенного перегноя остаются при этом в состоянии золя и могут быть коагулированы солями тяжелых металлов (напр., меди). И здесь, однако, возможность образования солей не исключена.

Условия коагуляции золя гидрата окиси железа, содержащего 0,000295 гр. $Fe_2O_3$ в 1 кб. см., изучались Аарнио[1]). В одном из своих опытов он брал раствор серной кислоты, содержавший в 1 кб. см. 0,0000442 гр. $SO_3''$, и получил следующие результаты:

| Раствор $SO_3''$ | Золь гидрата $Fe_2O_3$ | Раствор $SO_3''$ | Золь гидрата $Fe_2O_3$ | |
|---|---|---|---|---|
| 5 кб. см. | 0,1 кб. см. | 2 кб. см. | 0,1 кб. см. | Осадка нет |
| 2 „ „ | 0,2 „ „ | 2 „ „ | 1,0 „ „ | Получается осадок |
| 2 „ „ | 0,3 „ „ | 2 „ „ | 5,0 „ „ | |
| 2 „ „ | 0,5 „ „ | 2 „ „ | 9,0 „ „ | Осадка нет |
| 2 „ „ | 6,0 „ „ | 2 „ „ | 10,0 „ „ | |
| 2 „ „ | 7,0 „ „ | — | — | |
| 2 „ „ | 8,0 „ „ | | | |

Таким образом, ион $SO_4$ осаждает гидрат окиси железа в отношениях $1Fe_2O_3 : 1.49SO_3$ до $1Fe_2O_3 : 0.06\ SO_3$.

Опыт с фосфорной кислотой (в 1 кб. см. 0,00008498 гр. $P_2O_5$) дал такие результаты:

| Золь гидрата $Fe_2O_3$ | Фосф. к-та | Золь гидрата $Fe_2O_3$ | Фосф. к-та | |
|---|---|---|---|---|
| 2 кб. см. | 0,1 кб. см. | 2 кб. см. | 0,3 кб. см. | Осадка нет |
| 2 „ „ | 0,2 „ „ | 2 „ „ | 0,4 „ „ | |
| 2 „ „ | 0,5 „ „ | 2 „ „ | 20,0 „ „ | Получается осадок |
| 2 „ „ | 1,0 „ „ | 2 „ „ | 40,0 „ „ | |
| 2 „ „ | 5,0 „ „ | 2 „ „ | 50,0 „ „ | |
| 2 „ „ | 10,0 „ „ | 2 „ „ | 100,0 „ „ | |
| 2 „ „ | 105,0 „ „ | 2 „ „ | 110,0 „ „ | Осадка нет |

Этот опыт дает пределы колебаний от $1\ Fe_2O_3 : 0{,}07\ P_2O_5$ до $1Fe_2O_3 : 14{,}40\ P_2O_5$. Наконец, опыты с осаждающим действием раствора $Ca(HCO_3)_2$ на золь гидрата окиси железа (в 1 кб. см. 0,000412 CaO) дали колебания от $1Fe_2O_3 : 0{,}02$ CaO до $1Fe_2O_3 : 2{,}81$ CaO.

Коагуляция золя гидрата окиси алюминия изучалась Аарнио по отношению к тем же ионам, как и для гидрата окиси железа.

---

[1]) Aarnio, B. Suomen geologinen toimisto. Geoteknillisiä Tiedonantoja, № 16, Helsinki, 1915.

В опыте с серной кислотой (в 1 кб. см. 0,0000442 гр. $SO_3$) и золем гидрата $Al_2O_3$ (0,00082$Al_2O_3$ в 1 кб. см.) получились такие результаты:

| Серная к-та | Золь гидрата $Al_2O_3$ | Серная к-та | Золь гидрата $Al_2O_3$ | |
|---|---|---|---|---|
| 5 кб. см. | ',1 кб. см. | 100 кб. см. | 0,1 кб. см. | Осадка нет |
| 5 „ „ | 0,5 „ „ | 100 „ „ | 0,2 „ „ | |
| 5 „ „ | 1,0 „ „ | 100 „ „ | 0,3 „ „ | |
| 10 „ „ | 0,1 „ „ | 100 „ „ | 0.4 „ „ | |
| 10 „ „ | 0,5 „ „ | — | — | |
| 10 „ „ | 1,0 „ „ | — | — | |

| Серная к-та | Золь гидрата $Al_2O_3$ | Серная к-та | Золь гидрата $Al_2O_3$ | |
|---|---|---|---|---|
| 100 кб. см. | 0,5 кб. см. | 50 кб. см. | 3,0 кб. см. | Получается осадок |
| 100 „ „ | 0,6 „ „ | 50 „ „ | 4,0 „ „ | |
| 50 „ „ | 1,0 „ „ | 25 „ „ | 1,0 „ „ | |
| 50 „ „ | 2,0 „ „ | 25 „ „ | 5,0 „ „ | |
| 25 „ „ | 6,0 „ „ | 25 „ „ | 10,0 „ „ | Осадка нет |

Получающиеся здесь соотношения весовых количеств $Al_2O_3$ и $SO_3$ колеблются от $1Al_2O_3$: 10,78 $SO_3$ до $1Al_2O_3$ : 0,27 $SO_3$.

Опыт с фосфорной кислотой (0,008498 $P_2O_5$ и 0,000295 $Al_2O_3$ в 1 куб. см.) дал соотношения от $1Al_2O_3$ : 0,58 $P_2O_5$ до $1Al_2O_3$ : 1,44 $P_2O_5$.

Опыт с осаждением раствором двууглекислого кальция (0,000412 гр. CaO и 0,000415 гр. $Al_2O_3$ в 1 куб. см.) обнаружил, что осаждение начинается с отношения $1Al_2O_3$: 0,25 CaO и продолжается при увеличении концентрации раствора $Ca(HCO_3)_2$, при чем границы этой концентрации, прекращающей осаждение, не достигнуто.

Взаимное осаждение коллоидов. Вопрос о взаимном осаждении коллоидов мы затронем лишь постольку, поскольку он поможет нам осветить некоторые почвенные процессы.

В немецкой литературе целый ряд работ был посвящен вопросу о взаимном осаждении коллоидов кремнезема и глинозема[1]). Не входя в рассмотрение спора о том, представляют ли коллоидные осадки (жели) содержащие одновременно кремнезом и глинозем, механические смеси, абсорбционные или химические соединения, мы остановимся над вопросом о том, какое значение могли бы иметь эти взаимно осажденные жели или, как их называют, обменные цеолиты, в процессах почвообразования.

Как мы видели выше, золь кремнезема, как отрицательный коллоид, легко вымывается из почв, в растворах которых присутствуют ионы $(OH)^-$. С другой стороны, тот же золь должен коагулировать в почвах, где в растворе могут быть ионы $H^+$ или ионы металлов Ca, Mg и пр. Кроме того, как утверждает Эренберг, золь глинозема, будучи весьма чувствителен к электролитам, в почве находится чаще всего в виде желя, что мы и на самом деле наблюдаем в почвах латеритного типа.

В виду всего сказанного, в большинстве случаев трудно ожидать, чтобы золи кремнезема и глинозема могли встретиться в почве

[1]) Gans. Jahrb. d. Geolog. Anstalt, 1905; Stremme, H. Monatsber. d. deutsch. geolog. Gesellsch. Bd. 62. 1910. № 2; Stremme, H. Centralbl. f. Miner., Geologie u. Paläont., 1908, № 20 u. 21 Thugutt, St. I. Ibidem, 1911, № 4; Stremme, H. Ibid. 1911, № 7; van Léeden. Zeitschr. f. die keram, Glas-und verwandten Industrie. Coburg. 1910, № 35; Thugutt. St. I. Centralbl. f. Mineral. etc. 1912, № 2.

друг с другом в сколько-нибудь заметных количествах, а если бы и встретились, то едва ли эта встреча была бы сколько-нибудь продолжительной, так как указанные смешанные жели не так уже прочны.

Поэтому мы не придаем сколько-нибудь серьезного значения этим, так называемым, „обменным цеолитам" в почвенных процессах и в жизни почв. Во всяком случае их существование в почвах является в такой же мере не доказанным, как и существование в них настоящих цеолитов.

Есть, однако, в почвах и вполне осязательные результаты взаимного осаждения коллоидов, и таковыми являются о р т ш т е й н о в ы е образования подзолистых почв. Для разъяснения генезиса последних А а р н и о[1]) еще в 1913 г. поставил ряд опытов, чтобы выяснить условия взаимного осаждения золей гумуса и железа. С этой целью исследователь брал коллоидный раствор (золь) гидрата окиси железа, содержавший 0,000295 гр. $Fe_2O_3$ в 1 кб. см., и профильтрованную водную вытяжку из торфа, содержавшую в 1 кб. см. 0,00020 гр. гумуса, определенного по И щ е р е к о в у.

Определенные количества того и другого золей смешивались в стеклянном цилиндре и оставлялись затем в спокойном состоянии на 24 часа.

Результаты оказались следующие:

| Гумусов. золь | Золь гидрата $Fe_2O_3$ | Гумусов. золь | Золь гидрата $Fe_2O_3$ | |
|---|---|---|---|---|
| 5 кб. см. | 0,5 кб. см. | 5 кб. см. | 4,0 кб. см. | Осадка нет |
| 5 „ „ | 1,0 „ „ | 5 „ „ | 5,0 „ „ | |
| 5 „ „ | 1,5 „ „ | 5 „ „ | 6,0 „ „ | |
| 5 „ „ | 2,0 „ „ | 5 „ „ | 6,5 „ „ | |
| 5 „ „ | 3,0 „ „ | — | — | |
| 5 „ „ | 7,0 „ „ | 5 „ „ | 13,0 „ „ | Осадок получается |
| 5 „ „ | 8,0 „ „ | 5 „ „ | 14,0 „ „ | |
| 5 „ „ | 9,0 „ „ | 5 „ „ | 15,0 „ „ | |
| 5 „ „ | 10,0 „ „ | 5 „ „ | 16,0 „ „ | |
| 5 „ „ | 11,0 „ „ | 5 „ „ | 17,0 „ „ | |
| 5 „ „ | 12,0 „ „ | 5 „ „ | 17,5 „ „ | |
| 5 „ „ | 18,0 „ „ | 5 „ „ | 17,5 „ „ | |
| 5 „ „ | 19,0 „ „ | — | — | Осадка нет. |

Отношение между весовыми количествами железа и гумуса, при которых получался осадок, было 1 : 0,48 до 1 : 0,19.

При втором опыте с другим торфом отношения железа и гумуса были от 1 : 2,18 до 1 : 0,15.

Исследователь полагает, что различие отношений в двух опытах зависит от неодинакового содержания минеральных веществ в испытанных образцах торфа: в первом на 5 кб. см. раствора содержалось 0,00012 гр. минеральных веществ, а во втором 0,000269, т. е. вдвое большее количество.

Диализированный золь гумуса, взятого в первом опыте, осаждал гидрат окиси железа в отношениях $Fe_2O_3$ к гумусу от 1 : 2,79 до 1 : 0,90.

Для золя гидрата окиси алюминия эти отношения колебались от 1 : 30,12 до 1 : 1,2.

Диализированный гумусовый раствор, полученный действием аммиака на торф, дал для гидрата окиси железа отношения от

[1]) A a r n i o, B. Internat. Mittel. f. Bodenkunde. 1913.

$1Fe_2O_3$: 2,46 гумуса до $1Fe_2O_3$: 0,82 гумуса. Соответственные отношения для гидрата окиси алюминия были от 1 : 26,62 до 1 : 5,32.

Таким образом, высокое содержание гумуса не мешает передвижению железа, а глинозем осаждает.

Позже тот же исследователь [1]) несколько расширил свои опыты и сделал из них такие выводы по отношению к гидрату окиси железа:

1) Весовые отношения между окисью железа и гумусом, в случаях их взаимного осаждения, не превышают 1 : 3 и не падают ниже 0,2.

2) Гумусовые золи разных мест оказывают неодинаковое влияние на золь гидрата окиси железа.

3) Особо следует отметить отношение между недиализированными и диализированными золями гумуса: поглощенные гумусом катионы понижают осаждающую способность гумусового золя.

По отношению к золю гидрата окиси алюминия выводы таковы:

1) Гумусовые золи осаждают гидрат глинозема в различных количественных отношениях, колеблющихся между $1Al_2O_3$ : 30 гумуса и $1Al_2O_3$ : 1 гумуса.

2) Осаждение гидрата окиси алюминия требует, таким образом, большего количества гумуса, чем осаждение гидрата окиси железа.

3) Недиализированный золь гумуса действует, как коагулятор, слабее, чем диализированный.

Аарнио произвел также опыт взаимного осаждения золей гидрата окиси железа и кремнекислоты. Золь кремнезема содержал в 1 куб. см. 0,00024 гр. $SiO_2$, а золь гидрата окиси железа—0,00056 гр. $Fe_2O_3$. Опыт дал такие результаты:

| Золь кремнезема | Золь гидрата $Fe_2O_3$ | Золь кремнезема | Золь гидрата $Fe_2O_3$ | |
|---|---|---|---|---|
| 2 кб. см. | 0,1 кб. см. | 2 кб. см. | 0,5 кб. см. | |
| 2 „ „ | 1,0 „ „ | 2 „ „ | 10,0 „ „ | Осадок получается |
| 2 „ „ | 2,5 „ „ | 2 „ „ | 20,0 „ „ | |
| 2 „ „ | 5,0 „ „ | 2 „ „ | 21,0 „ „ | |
| 2 „ „ | 21,5 „ „ | 2 „ „ | 22,5 „ „ | Осадка нет |
| 2 „ „ | 22,0 „ „ | 2 „ „ | 25,0 „ „ | |

Из этого опыта видно, что отношения весовых количеств $Fe_2O_3$ и $SiO_2$ колеблются между $1Fe_2O_3$ : 0,86 $SiO_2$ и $1Fe_2O_3$ : 0,64$SiO_2$.

Исследователь сопровождает свои наблюдения замечанием, что взаимное осаждение коллоидов гидрата окиси железа и кремнезема для почвенных процессов имеет малое значение. Это происходит потому, что кремнезем в почвенном растворе находится в минимальных количествах и лишь очень постепенно переходит в растворимую форму, тогда как гидрат окиси железа гораздо скорее превращается в золь.

Опыты с коллоидными формами окислов марганца и гидратов этих окислов нам неизвестны, хотя можно не сомневаться в том, что и эти последние способны взаимно осаждаться гумусовыми золями, так как неоднократно наблюдалось присутствие марганца в ортштейновых конкрециях суглинистых подзолов и иногда в довольно значительных количествах [2]).

---

[1] Aarnio, B. Suomen geologinen toimisto. Geoteknillisiä tiedonantoja, № 16. 1915. Helsinki.

[2]) Тумин, Г. Мат. к оценке земель Смоленской губ., Дорогобужский у. Glinka, K. Földtani Közlöny 1911, XLI, 13.

Защитное действие гумусовых золей. Защитными называют коллоиды в том случае, если они поддерживают дисперсное состояние другого коллоида.

Известно свойство некоторых органических веществ, в том числе и гумуса, поддерживать или даже повышать дисперсное состояние золота [1]).

Для почвоведа особый интерес представляет защитное действие гумуса по отношению к иловатым суспензиям почвы.

Впервые о защитных свойствах гумуса еще в 1874 г. высказался Шлезинг [2]), отметив, что количество электролита, потребное для коагуляции глины, меняется в зависимости от находящегося в растворе гумата; при большом содержании последнего требуется бо́льшее количество электролита.

Приоритет Шлезинга в этом вопросе был восстановлен Эренбергом [3]). Последний объясняет защитное действие гумуса тем, что он обволакивает тонкие суспензии, которые вследствие этого начинают проявлять свойства, присущие гумусовому коллоиду, а потому значительно слабее подвергаются коагулирующему действию электролитов. При таких условиях глина, например, пептизируется [4]) такими количествами щелочи, которые, превышая электролитический порог, могли бы коагулировать глинистые суспензии без гумуса [5]).

Опыты Каппена [6]) показали, что раствор грубого гумуса (водная вытяжка), будучи взболтан с глинистой почвой, остаётся мутным в течение недель. Если же пропускать такой раствор сквозь почву средней связности, то он настолько уплотняет ее, что в течение 24 часов ни одна капля раствора сквозь нее не проходит.

С этим наблюдением стоит как бы в противоречии то положение, которое мы встречаем у старых исследователей, например, у Зенфта. Эти исследователи утверждали, что гумус делает глину более рыхлой, рассыпчатой, т. е. понижает ее связность.

Эренберг [7]) объясняет это противоречие двояко: 1) весьма возможно, что гумус понимался исследователями, как это нередко и до сих пор можно встретить в немецкой литературе, как не вполне разложившиеся остатки растительных организмов. Такие торфообразные остатки весьма пористы и потому могут действительно способствовать разрыхлению глины; 2) возможно также, что большие количества гумусового коллоида способны свертывать суспензии, подобно тому, как, например, значительные концентрации едкого натра свертывают суспензии, тогда как малые концентрации оказывают пептизирующее влияние. Прямых опытов в этом направлении, однако, не имеется.

Броуновское движение. Тончайшие частицы почвенного ила, будучи помещены в капле воды на предметное стекло, обнаруживают под микроскопом так называемое броуновское движение. Явления, наблюдаемые здесь, по мнению физиков (Perrin), аналогичны тем движениям, какие принимаются для газовых частиц, наполняющих какой-либо сосуд.

---

[1]) Оствальд, В. Мир обойденных величин. 1922.

[2]) Schloesing, Th. Comptes Rendus. T. 78. 1874.

[3]) Ehrenberg, P. Die Bodenkolloide. 3 Aufl. 1922, стр. 128.

[4]) Пептизацией называется увеличение степени дисперсности коллоида.

[5]) По тому же вопросу см. Fickendey, E. Journ. f Landw. 54, 1906; Spangenberg, A. Erkenntniss d. Tongiessens. Dissert. Darmstadt, 1910; Sven Oden. Journ. f. Landw. Bd. 67, H. 3. 1919.

[6]) Kappen, H. Landw. Versuchst. Bd 89, 1916.

[7]) Ehrenberg, P. Die Bodenkolloide. 3 Aufl. 1922.

Броуновское движение у коллоидов значительно интенсивнее, чем у суспензий, и приближается иногда к скоростям движущихся молекул.

Броуновское движение обнаруживается не только в воде, но и в других жидкостях. Прибавление к воде электролитов, вызывающих коагуляцию, создает слипание частиц, т. е. увеличение их размеров. Это соединение частиц является результатом нейтрализации одним из ионов электролита заряда частиц.

### Классификация почв по механическому составу

Отделяя при помощи того или иного из существующих методов механического анализа скелетные части от мелкоземистых и определяя количества тех и других, мы получаем возможность классифицировать почвы по степени их глинистости или песчанистости. Эти признаки почвы являются второстепенными, более мелкими классификационными признаками, и пользование ими возможно лишь после того, как установлен генетический тип почвы. Мы хотим этим сказать, что, называя почву глинистой, суглинистой, супесчаной и пр., очень мало ее характеризуют, так как любой генетический тип почвы (чернозем, подзол, солонец) может иметь все эти разности.

Устанавливая механические разности почв, многие русские исследователи пользовались так называемым двучленным отношением, т. е. брали отношение между глиной (частицы $<0{,}01$ мм.) и суммой других элементов. Таким путем устанавливались, например, следующие градации:

| Глина ($<0{,}01$ мм.) | | Песок ($>0{,}01$ мм.) | Название почвы. |
|---|---|---|---|
| 1 | : | 0,5—1 | Глинистая почва |
| 1 | : | 2—3 | Тяжелый суглинок |
| 1 | : | 1 | Средний суглинок |
| 1 | : | 5—6 | Легкий суглинок, суглино-супесь. |
| 1 | : | 7—10 | Супесь |
| 1 | : | 11—30 | Глинистый песок |

Однако, двучленное отиошение далеко не всегда в достаточной мере характеризует механический состав почвы. В качестве примера Тумин приводит следующие два анализа:

| | Глина $<0{,}01$ мм. | Песчаная пыль 0,1—0,01 мм. | Песок 0,1—3 мм. |
|---|---|---|---|
| Почва А . . . . . | 6,44 | 7,37 | 86,19 |
| Почва В . . . . . | 5,97 | 70,47 | 23,56 |

У обеих почв почти одинаковое двучленное отношение, а именно:

у А отношение глины к песку $= 1 : 14{,}5$
у В „ „ „ „ $= 1 : 15{,}8$,

между тем последняя почва принадлежит к группе лессовидных суглинков, а первая—к группе глинистых песков.

В виду сказанного Тумин предлагает трехчленную формулу, где за единицу принимается так же, как и в двучленной формуле, количество глины, и с этим количеством сравниваются отдельно количества песчаной пыли и песку. Формула получает такой вид:

1 (глина) : a (песч. пыль) : b (песок)

Можно писать и более подробные формулы, вводя в них и относительные количества хряща и щебня; тогда формула получает такой вид:

$$\frac{1 : a : b}{c\ (\text{хрящ}) : d\ (\text{щебень})}$$

Рассматривая формулы механического состава для различных почв, Тумин убедился в том, что трехчленные формулы могут давать некоторые представления и о генезисе тех наносов, на которых образуются почвы. Делювиальные процессы, например, ведут к обогащению песчаной пылью и обеднению песком, элювиальные, наоборот,—к обогащению песком и к обеднению песчаной пылью. Таким образом. формулы для делювия и элювия примут вид:

$$1 : (a + x) : (b - y) \text{ — делювий}$$
$$1 : (a - x) : (b + y) \text{ — элювий}$$

При образовании аллювия возможны два случая: 1) отложение из медленно текущих вод и 2) отложение из быстро текущих вод. В первом случае падает содержание песка и песчаной пыли, во втором—тот и другой компоненты возрастают. Поэтому для аллювия возможны две формулы:

$$1 : (a - x) : (b - y) \text{ — отложения медленного тока}$$
$$1 : (a + x) : (b + y) \text{ — „ быстрого тока}$$

Все эти формулы, с нашей точки зрения, недостаточны для характеристики почвы со стороны механического состава прежде всего потому, что они не учитывают самых тонких—суспензоидных и коллоидных частиц почвы, от которых, по преимуществу, зависят как физические, так и химические свойства почв.

Поэтому прежде всего следует сосредоточить внимание на определении количеств тончайшего ила почвы, а затем уже подходить к формулам.

Гедройц показал [1]), что количество тончайшего ила зависит от характера поглощенного почвой иона. Так, если сравнить механический состав почвы, насыщенной и ненасыщенной натрием, то получаются такие разницы в механическом составе:

| | 0,25—0,01 мм. | 0,01—0,005 мм. | 0,005—0,001 мм. | 0,001—0,0 мм. |
|---|---|---|---|---|
| Кубанский чериозем с 80—100 см. глубины (поглощенные катионы Ca и Mg). | 15,2 | 26,3 | 15,8 | 39,9 |
| Тот же чериозем, насыщенный натрием . . . . . | 13,0 | 19,2 | 5,6 | 59,8 |

## ЛИТЕРАТУРА


Appiani. Staz. sperim. agr. ital. Vol. XX, fasc. III—IV, 1893.

Barus. Bull. U. S. Geolog. Survey. № 36.

Bliss, W. J. A. Physical Review, Vol. II, March-April, 1895, p. 241—386.

Bodländer. Neues Jahrb. f. Mineral. 1893, II, p. 147.

Brewer. Amer. Journ. of. Science, Ser. 3. Vol. XXIX, 1885.

Comber. N. Transact of the Faraday Soc., № 60, Voc. XX, part 3, 1925.

Coutts, R., Crowther, E., Keen, B. and Oden Sv. Proceed. of the Royal Soc. Vol. 106. 192.

Deetz. Zeitschr. f. analyt. Chemie, XII, p. 429.

Durham, W. Chem. News, T. 30, № 767, p. 57 and T. 37, № 949, p. 47.

Гедройц, К. Коллоидальная химия и почвоведение. Журн. Оп. Агр. 1908, кн. 2.


[1]) Гедройц, К. Журн. Оп. Агрон., т. XXII, ч. 1.

Гедройц. Действие электролитов на илистые суспензии из Бюро по земл. и почвов. Сообщ. XXIV, 1915.
Ehrenberg, P. Die Bodenkolloide, 3 Anfl., 1922.
Gessner, H. Koll. Zeitschr., 1926.
Hilgard, E. W. Americ. Journ. of Sc. Vol. VI, Oct. 1873.
„ Proceed. of the eighth meeting of the Society for the promotion of agric. Science, 1887, p. 48—51.
„ Agricultur. Science, Vol. VII, № 2, p. 502—508; № 4, p. 156—160.
„ Wollny's-Forschungen. Bd. II, p. 441; Bd. VI, p. 52; Bd. XIX, p. 402.
Houdaille et Semichon. Comptes rendus. T. CXV, 1892, p. 1015.
Копецкий. „Почвоведение", 1902, № 1 (извлечение Н. П. Адамова).
Krauss. Intern. Mit. f. Bodenk., 3—4, 1923.
Максимович, Изв. Общ. Любит. Естествозн. и Антропол., т. XXXIX, 1, 1880.
Mayer, A. Wollny's-Forschungen. Bd. II, p. 251, Bd. V, p. 228, Bd. XIX, p. 193.
Maschhaupt. Landw. Versuchstat., T. LXXXIII, 1914.
Novak u. Smolik. Spravi vyzkumnych ústava zemedelskich, Praha, 1925.
Novak, V. Comptes rendus de la conference agropedologique á Prague, 1924.
Oden Sven. Journ. für Landwirtsch. Bd. 67, H. 3. 1919.
Orth, A. Amtlich. Bericht d. 50 Versammlung deutsch. Naturforsch. u. Aerzte in München, 1877.
Osborne, Th. B. Annual Report of the Connecticut Agricult. Experim. Station for 1886 and 1887. New Haven, 1887 and 1888; Wollny's-Forschungen. Bd. X, 1888, p. 196.
Pappada, N. Kolloid-Zeitschr., Bd. IV, H. 2 u. 3, 1909.
Perrin, J. Les atomes, 1914. Paris.
Poquillon. Bull. de la Soc. chim. de Paris, 1900, № 4, p. 115, 161; „Почвоведение" 1900, № 4.
Quincke, G. Annal. d. Physik, 4 Folge. Bd. VI, H. 1, 1902, p. 57—96, 631—682, 701—744, Bd. VII, 57—97.
Ramsay. Chem. News, 65, p. 90, 1892.
Robinson, W. Journ. Agr. Sci, Vol. XII. 1922.
Rohland. Kolloid.-Zeitschr. T. XI, 1912 u. Landw. Jahrb. T. XLIV, 1913.
Сабанин, А. „Почвоведение", 1903, № 1 и 2.
Sachse u. Becker. Landw. Versuchst. Bd. XLIII, p. 15 u. Bd. XLV, p. 137—146.
Scarlata. Staz. sper. agrar. ital. 32, p. 634—637.
Schöne, E. Ueber Schlämmanalyse u. einen neuen Schlammapparat. Berlin, 1867; Bull. de la Soc. de Natural. de Moscou, 1867. № 2.
Seiwerth, Ad. Glasnik za Tumske pokuse, 1, 1926. Zagreb in Jugoslavia.
Серебряков. Механ. анализ почвы по методу Вильямса. Нижполиграф, 1923.
Соколовский, А. Изв. Петровской с.-х. Акад. 1920; Intern. Mitt. f. Bodenk. 1923, H. 3—4.
Sikorski. Oesterr. landw. Wochenbl. 1894, № 33, p. 259.
Spring. Revue générale des sciences pures et appliquées. 30 Juin. 1902.
Tschaplowitz. Zeitschr. f. analyt. Chemie, 1892, Bd. 31, p. 487.
Тумин, Г. Ежегодн. по геол. и миннер. России, т. XII, вып. 1—2.
Whitney. Agricultur. Science, Vol. VII, 1893, p. 85—88.
Wigner. Landw. Versuchst. T. LXXXIII, 1914.
„ Boden u. Bodenbildung in kolloid-chemischer Betrachtung. Dresden u. Leipzig. 1918.
Williams. Wollny's Forschungen, Bd. XVIII, p. 225—350 (литерат. указания).
„ Изв. Петровской Акад., 1889.
Яковлев. Тр. Вольн.-Эконом. Общ., 1890 (литерат. указания).
Филатов, М. Почвоведение, 1925 г., № 4.
Фрейберг, И. „Почвоведение", 1900, № 1.

## ГЛАВА III

# Петрографический состав почвенных масс

Разделив при помощи механического анализа почву на ряд отдельных фракций, мы получаем четыре существенных группы элементов: хрящ, песок, песчаную пыль и ил или глину. Изучение трех первых групп в петрографическом отношении не представляет особых затруднений, что же касается ила, то при современных средствах исследования нет возможности изучить вполне его минералогическую природу при помощи микроскопа. Требуется содействие некоторых химико-аналитических операций, чтобы подойти к вопросу о составе почвенного ила.

Для знакомства с петрографическим характером почвенного скелета можно изучать отдельно каждую фракцию механического анализа, что дает возможность установить некоторую законность в распределении отдельных минералов или минеральных групп в различных фракциях механического анализа. Если желательно только ознакомиться с общим петрографическим характером почвы, то достаточным оказывается изучить фракцию зерен, имеющих размеры от 0,25 до 0,05 мм. Более мелкоземистые фракции труднее поддаются разделению при помощи тяжелых жидкостей. Названная группа зерен содержит в себе большинство тех минералов, из коих слагается почва; в ней не хватает только некоторых вторичных минералов, сосредоточивающихся, главным образом, в группе иловатых частиц. Наоборот, в крупно-зернистых элементах скелета может не хватать очень многих и первичных минералов, особенно таких, которые в материнской породе были в виде мелких зерен, в виде микроскопических включений.

Избранную фракцию механического анализа прежде всего разделяют по удельному весу, при помощи тяжелых жидкостей, наливаемых в обыкновенную делительную воронку[1]). Из тяжелых жидкостей наиболее удобной является бромоформ (уд. в. 2,85), потому что жидкость эта бесцветна, не разлагается при соприкосновении с минералами, легко отмывается от минералов с помощью бензола, который, в свою очередь, легко улетучивается. Для исследования берут 5 грамм. почвенного порошка и, наполнив делительную воронку бромоформом, всыпают в нее навеску почвы, перемешивают все стеклянной палочкой, которая обмывается в ту же воронку бромоформом, и прикрывают воронку покровным стеклом. Последнее необходимо, в виду летучести бромоформа, пары которого хотя и не производят такого сильного эффекта, как пары хлороформа, однако, не могут считаться и вполне безвредными.

---

[1]) Можно употреблять также прибор Harad'a и особенно E. Kaiser'a. Centralbl. f. Mineral. etc. 1906, 475—477. При разделении более мелких частиц можно применить центрофугирование. Трусову удалось этим путем изолировать из иловатых частиц тяжелые минералы с уд. весом 3,2.

Через несколько минут все минералы, имеющие больший уд. вес, чем бромоформ, опускаются в нижнюю часть воронки и могут быть осторожным открыванием крана переведены из нее в подставленный снизу стаканчик. В этот стаканчик прибавляют затем немного бензола, взбалтывают и сливают жидкость в большую бутылку, где собираются все отбросы бромоформа и бензола. Содержимое стаканчика промывают еще несколько раз бензолом, сливая последний каждый раз в ту же бутылку, пока не будет удален бромоформ, после чего оставляют стаканчик в теплом месте для испарения остатков бензола.

На воронку приливают затем по каплям бензола, постоянно помешивая палочкой, пока не начнет опускаться на дно вторая фракция минералов, которую отделяют и промывают, подобно первой. Такую же операцию повторяют еще несколько раз, пока вся взятая навеска не будет разделена на ряд фракций различных уд. весов. Таким последовательным осаждением можно получить 5—6 фракций, причем первые из них содержат тяжелые минералы и сростки последних с кварцем, средние содержат, по преимуществу, кварц, частью плагиоклазы, а в последних преобладают ортокластические полевые шпаты и микроклин, хотя к ним обычно примешивается и кварц. Следовательно, разделить навеску этим способом на группы, которые состояли бы из одного какого-либо минерала, не удается, но важно уже одно то обстоятельство, что таким путем возможно обособить группу тяжелых минералов, которых часто бывает немного в почвенных массах и которые ускользают от исследователя, если он будет изучать целиком всю фракцию механического анализа, приготовляя из нее шлифы по одному из способов, предлагаемых петрографами для изучения рыхлых пород.

Наибольшее разнообразие минералогического состава представляет первая фракция, названная выше тяжелыми минералами; это разнообразие отчасти проявляется во второй фракции, где те же тяжелые минералы находятся в виде сростков с кварцем или полевыми шпатами.

Перед исследованием группы тяжелых минералов можно отделить от них при помощи сильного простого магнита магнитный железняк. Для этого порошок минералов рассыпают тонким слоем на листе бумаги и проводят магнитом по нижней поверхности листа несколько раз в одном и том же направлении, пока не отойдут в сторону все притягиваемые магнитом зерна. От оставшихся минералов на шероховатой бумаге можно отделить слюды, которые, при наклонении листа бумаги, пристают к последнему, тогда как остальные минералы скатываются. Оставшиеся минералы могут быть подвергнуты действию электромагнита, при помощи которого отделяются минералы, содержащие в своем составе достаточное количество железа. Наконец, некоторые минералы могут быть разделены при помощи других тяжелых жидкостей, которых известно в настоящее время много. Из таковых укажем жидкость Тулэ с удельным весом 3,196, жидкость Рорбаха с удельным весом 3,588; жидкость Breon с удельным весом до 5,0. Первая из этих жидкостей представляет раствор $HgJ_2$ в KJ (отношение весовых количеств солей 1:1,24); раствор сгущают выпариванием и охлаждают,—индикатором служит турмалин, плавающий в этой жидкости. Жидкость Сушина—Рорбаха приготовляется из $BaJ_2$ и $HgJ_2$. Соли быстро отвешиваются в отношении 100:130, помещаются в колбу, хорошо перемешиваются и облизаются 20 куб. см. воды и все помещается на нагретую заранее масляную

баню (до 150—200°), при чем содержимое колбы помешивается палочкой. Когда все растворится и прокипятится, перемещают раствор в фарфоровую чашку и выпаривают до тех пор, пока в жидкости не начнет плавать эпидот из Зульцбахталя. Затем дают жидкости остыть, при чем часть двойной соли выпадает из раствора. Тем не менее по охлаждении раствор настолько уплотняется, что в нем плавает топаз. Жидкость эту нельзя разбавлять водой на холоду, а только при кипении, приливая воду по каплям. На холоду, впрочем, можно поступать так: приливать осторожно воду, чтобы слой ее не смешивался со слоем жидкости, и оставлять затем в покое, пока не совершится диффузия. Зерна минералов должны быть сухие.

Наконец, жидкость Breon приготовляется из сплавленной смеси $PbCl_2$ и $ZnCl_2$. Смесь обоих хлористых металлов помещают в пробирку, которую вертикально ставят в песчаную баню и нагревают до 400° Ц. Когда получится однородный сплав, в пробирку бросают зерна минералов, при чем одни из них опускаются на дно, другие плавают. После этого пробирку вынимают, несколько охлаждают и помещают в холодную воду, где сплав застывает. Тогда разбивают пробирку и из нижней части сплава добывают тяжелые минералы, а из верхней—более легкие.

Из двух первых жидкостей, путем разбавления водой, можно приготовить ряд других, различающихся друг от друга по уд. весу десятыми и сотыми долями единицы. Установив уд. вес каждой из этих жидкостей с помощью весов Вестфаля или индикаторов, употребляют их для определения уд. весов исследуемых зерен. Зерно, которое не будет ни тонуть, ни плавать в какой-либо жидкости, имеет уд. вес последней. При помощи жидкости Breon можно предварительно отделить минералы с уд. весом, большим 3,5.

Кроме уд. весов, можно определять плавкость минеральных зерен и изменение цвета при прокаливании. Для определения плавкости помещают испытуемое зерно на платиновую пластинку, которую накаливают пламенем паяльной трубки. Плавкие минералы при этом приплавляются к пластинке, неплавкие остаются свободными.

При изучении оптических признаков минеральных зерен под микроскопом полезно производить попутно и химические реакции (разложение кислотами, микрохимические пробы). Не останавливаясь на методике микроскопического исследования, отсылаем читателя к специальным руководствам по петрографии (Zirkel, Rosenbusch, Michel-Lèvy et Lacroix, Steinriede).

Здесь мы рассмотрим лишь типические признаки минералов, чаще всего встречающихся в составе почвенного скелета, имея в виду, по преимуществу, почвы северной и средней частей СССР, а затем попытаемся подойти к характеристике состава почвенного мелкозема.

### Минералы почвенного скелета

Кварц. В громадном большинстве почв кварц играет в составе скелета весьма существенную роль; его количество может достигать 90 и более процентов. Чаще всего он является в виде зерен, то окатанных, то более или менее угловатых, а иногда и в виде пластинок. Бесцветен или окрашен в желтоватые, буроватые и красноватые цвета гидратами окиси железа, окутывающими поверхность зерен. Под микроскопом в тонких пластинках дает неяркие поляризационные цвета. Показатель преломления почти равен таковому же канадского бальзама. Твердые, жидкие и газообразные включения встречаются нередко. Спайности нет. Удельный вес 2,651.

Полевые шпаты. Из них чаще встречаются ортоклаз и микроклин, реже известково-натровые плагиоклазы (по крайней мере в русских почвах, лежащих на ледниковых наносах). Ортоклаз является в виде зерен, обычно менее окатанных и округленных, чем кварц. Цвет зерен от мясокрасного до белого. Под микроскопом обнаруживает спайность в виде прямых трещин. Если наблюдаются две системы трещин, то они образуют между собой прямой угол. Поляризационные цвета низкие, синевато-серые. Соляная кислота даже при нагревании не действует, плавиковая кислота разлагает. Плавится очень трудно в тонких осколках.

Зерна микроклина простым глазом не отличимы от зерен ортоклаза и окрашены часто в те же цвета. Под микроскопом обнаруживает характерную решетчатую структуру. Реакции те же, что и у ортоклаза. Известково-натровые плагиоклазы характеризуются полисинтетическими двойниками. Поляризационные цвета несколько выше, чем у ортоклаза. Соляная кислота разлагает при нагревании тем легче, чем богаче плагиоклаз известью.

Слюды. Из последних чаще всего встречаются мусковит и биотит. Мусковит в виде бесцветных пластинок, обладающих ясной пластинчатой структурой, благодаря хорошо выраженной спайности по (001). Эта структура ясно наблюдается по краям пластинок, особенно при помощи окраски фуксином. Так как биссектриса выходит почти перпендикулярно (001), то легко получается интерференционная фигура с большим углом оптических осей (далеко отстоящие друг от друга ветви гиперболы). Кислоты, за исключением плавиковой, действуют слабо. Биотит является чаще всего в виде желтобурых пластинок, обнаруживающих по краям столь же хорошо спайность, как и мусковит. Редко пластинки биотита имеют желтовато-зеленую окраску. Сильно плеохроичен в разрезах, не параллельных (001); на спайных листках плеохроизм почти совершенно отсутствует. Небольшой угол оптических осей. Соляная кислота действует при высокой температуре.

Большинство пластинок слюд, особенно биотита, находимых в почвах, в значительной степени утратили упругость, свойственную этим минералам в свежем состоянии. По всей вероятности, мы имеем здесь уже сильно обогащенные водою слюды (промежуточные кислые соли).

Роговые обманки. Зерна их обыкновенно окрашены в различные оттенки зеленых цветов, иногда они почти черные. Часто имеют более или менее ясную столбчатую форму. При раздавливании зерна на предметном стекле в капле воды, оно распадается на призматические осколки, обнаруживающие явственный плеохроизм. Последний мало заметен в светлозеленых разностях (лучистый камень) и наиболее ясен в темнозеленых и буровато-зеленых. Угол погасания или меньше $10^0$, или между 13 и $18^0$. Бесцветные роговые обманки (антофиллит, жедрит) встречаются реже. В группе тяжелых минералов почвы роговые обманки вообще играют видную роль (сев. СССР, Голландия).

Авгиты. Отличаются от роговых обманок большими углами погасания ($36$—$55^0$). Цвета изменяются в зависимости от химического состава (бесцветный, зеленый, буроватый). Поляризационные цвета выше, чем у роговых обманок, плеохроизм же значительно слабее. Кислоты, как и на роговые обманки, действуют слабо. Встречаются, по крайней мере в почвах севера СССР, повидимому, значительно реже роговых обманок.

Гранаты. Довольно распространенным минералом из этой группы является альмандин. Обычно встречается в виде светло-розовых прозрачных зерен. Под микроскопом осколки зерен почти бесцветны. Благодаря высокому показателю преломления, дают резкий рельеф. Чаще всего изотропны. После сплавления разлагаются соляной кислотой.

Эпидот. Бесцветный или светложелтый, редко желтый, светло-зеленый или бурый. Показатель преломления высокий и поэтому рельеф резкий. Поляризационные цвета очень яркие. Плеохроизм у слабо окрашенных разностей почти незаметен. По длинному протяжению кристаллов погасает прямо (по трещинам спайности, параллельным (001) угол погасания чаще 2—8°, но бывает и больше). Соляная кислота разлагает лишь после прокаливания.

Глауконит. Зеленые зернышки с аггрегатной поляризацией. Встречен в черноземах Воронежской губ., где материнские породы заимствовали свой состав в значительной мере от третичных пород.

Титанит. Бесцветный до белого, иногда желтоватый и красноватый, по большей части мало прозрачный. При светлой окраске плеохроизм едва заметен. Показатель преломления очень высокий, вследствие чего рельеф необыкновенно резкий. Разлагается серной кислотой; раствор от прибавления перекиси водорода становится оранжево-желтым. Поляризационные цвета не выше, чем у кварца.

Хлориты. Встречаются в виде светло- или темнозеленых листочков, просвечивающих. Показатель преломления немного выше, чем у канадского бальзама, почему рельеф не резкий. Плеохроизм перпендикулярно спайным пластинкам слаб, а поляризационные цвета не высоки. Отчасти разлагаются холодной крепкой соляной кислотой с выделением студенистого кремнезема.

Турмалин. Обыкновенно в виде мелких кристалликов призматической формы. Цвет желый, бурый, зеленый, изредка фиолетовый. Резкая абсорбция обыкновенного луча. Показатель преломления высокий, поляризационные цвета ярки. Кислоты не действуют.

Магнетит. Зерна его легко отбираются при помощи простого магнита. Они имеют черный цвет, металлически синеватый блеск в отраженном свете. Иногда встречаются хорошо образованные октаэдры (красноземы окрестностей Чаквы в Закавказье). На ряду с магнетитом встречается и титаномагнетит, черный, матовый, в виде зерен. От магнетита легко отличается по удельному весу: у магнетита удельный вес 5,1—5,2, у титаномагнетита—4,6—4,8.

Лимонит образует охристо-желтые, желто-бурые и пр. аггрегаты, обыкновенно окутывающие другие минеральные зерна почвы. Действием соляной кислоты, особенно при нагревании, переводится в раствор, при чем освобождаются те зернышки, к которым он был примешан.

Турьит. Имеет широкое распространение в красноцветных почвах тропических и субтропических областей (в СССР в красноземах Чаквы). Некоторыми исследователями ошибочно принимался за красный железняк. Имеет красный цвет и, подобно лимониту, окутывает и проникает зерна и аггрегаты других минералов. Легко растворяется в соляной кислоте.

Другие гидраты окиси железа (гетит, ксантосидерит) встречаются реже.

Рутил. Попадается в виде мелких светложелтых кристаллов, обычно продолговатой, иногда овальной формы. Показатель преломления очень высок, почему рельеф чрезвычайно резкий. Двупреломление

настолько велико, что даже в мельчайших кристаллах появляются цвета высших порядков (синевато-стально-серый). Погасают параллельно длинному размеру. Иногда является в почвах в виде коленчатых двойников.

Апатит. Встречается в виде бесцветных зерен, но иногда и окрашенных в желтоватые и буроватые оттенки. В окрашенных разностях ясный плеохроизм. Абсорбция более значительная для необыкновенного луча, чем для обыкновенного (отличие от турмалина). Двупреломление небольшое, почему поляризационные цвета не высоки. Растворяется в кислотах и в растворе молибденовый аммоний дает желтый осадок.

Кальцит. Показатель преломления не велик и рельеф в канадском бальзаме не особенно резок. Двупреломление значительно и поляризационные цвета ярки. В соляной кислоте на холоду растворяется с выделением углекислоты. Не меняет цвета при краткозременном кипячении порошка его с раствором азотнокислого кобальта, в отличие от арагонита, который при этих условиях принимает синевато-фиолетовую окраску.

Доломит. По оптическим признакам сходен с кальцитом, но труднее растворяется в холодной HCl. Смесь уксусной кислоты и фосфорнокислого аммония действует с выделением углекислоты, но вскоре реакция прекращается, ибо на поверхности образуется пленка аммиачно-магнезиальной соли.

Еще реже перечисленных минералов встречаются циркон, анатаз, тальк, серпентин, диаспор, дистен, ставролит (последний в почвах северной части СССР не редок).

Большинство указанных минералов, за исключением кварца и полевых шпатов, оседает в бромоформе в первых же фракциях.

Если желательно изучить химический состав почвообразующих минералов, а это всегда интересно по отношению к наиболее распространенным минералам, каковы полевые шпаты, роговые обманки, слюды, гранаты, приходится иметь дело с большими количествами почв. Как видно из приводимых ниже данных, относящихся к почвам Псковской губ., тяжелых минералов в почвах содержится в среднем около 1% (оговариваемся, что такое содержание обычно для почв северной части СССР, лежащих на ледниковых наносах, и может резко изменяться в других местах, а особенно в почвах, получающихся непосредственно из кристаллических пород), при чем главную роль играют роговые обманки, гранаты и отчасти слюды. Из сказанного ясно, что нужно употребить от 200 до 300 грамм почвы, чтобы набрать для анализа достаточное количество тяжелых минералов. Для получения требуемых количеств полевых шпатов почвы нужно много меньше, так как полевых шпатов в наших почвах довольно много.

Обратимся к рассмотрению петрографического анализа нескольких псковских почв (см. таблицы).

Приведенные цифры ясно показывают, что тяжелых минералов в составе почвенного скелета содержится немного. Единственным исключением является почва № 2, которая оказалась богатой преимущественно гидратами окиси железа.

Что касается кварца, то еще Лауфером и Ваншаффе было отмечено, что количество его повышается по мере уменьшения размеров частиц. То же впоследствии было указано и Заббаном. По-видимому, однако, это обобщение требует известной поправки в том смысле, что увеличение количества кварца наблюдается только до определенного размера зерен, повидимому, до 0,05, а иногда, может

быть, между 0,25 и 0,05 (см. нижеприводимые таблицы, а также два анализа Трусова). Среди зерен меньшего размера количество кварца вновь понижается, о чем уже была речь в глазе о выветривании, при обсуждении результатов работ Гильгера и Шютце (см. стр. 99).

| Название почв и размер зерен | 1. Тяжелые минералы | 2. Минералы и сростки с уд. в. ок. 2,7 | 3. Кварцевая группа | 4. Кварцево-полевошпатов. группа | 5. Группа с преоблад. полев. шпат. | 6. Более легкие ингредиен. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| № 1. Супесь | | | | | | |
| 2 мм. . . . . | 1,31 | 2,85 | 70,17 | 12,93 | 9,43 | — |
| 1 мм. . . . . | 0,51 | 1,53 | 77,69 | 10,25 | 6,92 | 1,29 |
| 0,5 мм. . . . . | 0,85 | 0,61 | 85,27 | 7,85 | 4,90 | 0,71 |
| 0,25 мм. . . . . | 1,16 | 0,77 | 78,94 | 8,98 | 5,68 | 1,55 |
| Среднее . . . . . | 0,96 | 1,44 | 78,01 | 10,00 | 6,73 | 0,9 |
| № 2. Легкий суглин. | | | | | | |
| 2—1 мм. . . . . | 8,54 | 34,615 | 56,41 | — | — | — |
| 1—0,5 мм. . . . . | 0,77 | 2 30 | 85,38 | — | 9,61 | — |
| 0,5—0.25 мм. . . . . | 4,55 | 15,85 | 80,15 | — | 5,79 | — |
| Среднее . . . . . | 4,62 | 17,58 | 73,98 | — | — | — |
| № 3. Глинисто-гравельный песок | | | | | | |
| 2—1 мм. . . . . | 1,91 | 3,35 | 56,93 | 23,92 | 13,40 | 1,43 |
| 1—0,5 мм. . . . . | 0,34 | 1,04 | 67,70 | 18,05 | 12,84 | — |
| 0,5—0,25 мм. . . . . | 0,394 | 1,37 | 95,36 | — | 2,26 | — |
| Среднее . . . . . | 0,88 | 1,92 | 73,33 | 13,99 | 9,5 | 0,48 |
| № 4. Суглино-супесь | | | | | | |
| 2—1 мм. . . . . | 0,7 | 4,16 | 76,38 | 12,5 | — | 5,55 |
| 1—0,5 мм. . . . . | 2,27 | 3,40 | 80,68 | 11,36 | — | 3,40 |
| 0,5—0,25 мм. . . . . | 0,735 | 2,94 | 82,14 | 10,50 | — | 1,47 |
| Среднее . . . . . | 1,235 | 3,5 | 79,73 | 11,15 | — | 3,47 |
| № 5. Легкий суглинок | | | | | | |
| 2—1 мм. . . . . | 1,40 | 3,73 | 69,15 | 26,16 | — | — |
| 1—0,5 мм. . . . . | 0,64 | 1,92 | 74,35 | 18,05 | — | — |
| 0,5—0,25 мм. . . . . | 0,99 | 0.82 | 86,40 | 11,27 | — | — |
| 0,25—0,05 мм. . . . | 0,65 | 0,326 | 86,27 | 10,15 | — | 0,326 |
| Среднее . . . . . | 0,92 | 1,70 | 79,04 | 16,48 | — | 0,081 |
| № 6. Средний суглинок | | | | | | |
| 2—1 мм. . . . . | 1,10 | 6,54 | 70,0 | 22,83 | — | — |
| 1—0,5 мм. . . . . | 1,11 | 1,92 | 81.11 | 16,66 | — | — |
| 0,5—0.25 мм. . . . . | 1,14 | 1,51 | 81,06 | 17,01 | — | — |
| Среднее . . . . . | 1,22 | 3,32 | 77,39 | 18,81 | — | — |
| № 7. Тяжелый суглинок | | | | | | |
| 2—1 мм. . . . . | 0,26 | 5,98 | 69,82 | 23,93 | — | — |
| 1—0,5 мм. . . . . | 0,61 | 4,36 | 74,03 | 20,96 | — | — |

Все приведенные данные относятся к почвам подзолистого типа. Для чернозема Рязанской губ. мы располагаем следующим анализом Трусова.

| | Диам. част. | Тяжелые минералы | | | Кварцев. гр. | Полевошп. | Более легкие минер. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | уд. в. >3,2 | 3,2—2,79 | 2,79—2,67 | 2,67—2,6 | 2,6—2,5 | 2,5—2,4 | < 2,4 |
| Гор. А. . . . . | >0,25 мм. | 2,66 | 0,97 | 0,97 | 90,18 | 1,7 | 0,36 | |
| Гор. С. . . . . | | 0,32 | 0,9 | 3,6 | 89,56 | 3,78 | 0 03 | |
| Гор. А. . . . . | 0,05—0,01 | 5,42 | 3,89 | 0,24 | 96,11 | 94,34 | | |
| Гор. С. . . . . | | | | | | | | |

Тяжелые минералы, согласно выводам Заббана, также увеличиваются в количестве, по мере уменьшения размеров зерна; это заключение вполне вероятно на основании всего того, что нам известно о процессах выветривания.

Фогель фон Фалькенштейн и Шнейдерхён изучали петрографический характер дюнных песков в окрестностях Эберсвальде с количественной стороны, а также пытались выяснить вопрос, насколько минералы верхних почвенных горизонтов больше выветрились, чем минералы материнской породы. Результаты исследований сведены в таблице на стран. 184.

Из таблицы можно усмотреть, что наибольшему выветриванию подверглись известковые алюмосиликаты, меньшему — калийные и магнезиальные.

Чтобы закончить с составом почвенного скелета, укажем еще на одно интересное наблюдение, хотя и не относящееся к почвам, но имеющее значение и для почвоведа. Исследование Шредером фандер-Кольком голландских песков привело его, между прочим, к следующим выводам: в ледниковых песках среди группы тяжелых минералов рогозая обманка преобладает над гранатами, а в песках аллювиальных наблюдается обратное отношение.

### Состав почвенного мелкозема

Минералогический состав почвенного мелкозема представляет большой интерес, так как в нем сосредоточиваются преимущественно и новообразования, и остатки выветривания, т. е. то, что составляет массу вторичных минералов почвы. К сожалению, почвенный ил очень мало поддается микроскопическому изучению, и изолировать из него возможно иногда лишь только тяжелые минералы с помощью центрофугирования. В этом иле сосредоточивается и значительное количество гумуса, который может быть удален окончательно только путем прокаливания, т. е. операции, которая сильно изменяет многие минералы.

Составить некоторое представление о составе почвенного ила можно, главным образом, с помощью химического исследования, которое приводит к убеждению, что в массе ила, на ряду с вторичными образованиями, каковыми являются гидраты окиси железа, окислы марганца, гидраты окиси алюминия, может быть некоторые магнезиальные алюмосиликаты, вещества гумуса и пр., существуют еще и мельчайшие частички первичных минералов или, по крайней мере, промежуточных продуктов распада.

Как изменяется химический состав иловатых частиц по мере уменьшения их диаметра, видно из нижеприведенных данных Пухнера [1]), относящихся к почве на третичной глине (I) и почве на лессе (II). К какому типу почвообразования относятся эти почвы, в точности неизвестно, но нужно думать, что к подзолистому. Из анализов Пухнера ясно, что по мере уменьшения размеров иловатых частиц, последние довольно резко беднеют кремнеземом и не менее резко обогащаются гумусом, полуторными окислами и окислами марганца. Количество оснований несколько, а иногда и заметно понижается. Во второй почве известь в значительной мере присутствует в виде углекальциевой соли.

---

[1]) По тому же вопросу см. также Рудзинский. Изв. Моск. С.-Хоз. Инст., т. IX, 1903 и Жолцинский. Журн. Оп. Агр. 1908, кн. 2.

| Фракции по уд. в. | Материнская порода С | | | | | | Суммы отдельн. минерал. | | | Почвенные горизонты А | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | С | | А | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Плагиоклаз . . . | 0,41 | 2,80 | 9,55 | 0,10 | — | — | % 12,86 | Содерж. Ca | % 9,16 | 0,57 | 4,03 | 4,54 | 0,02 | — | — |
| Ортоклаз . . . . | 3,18 | 2,11 | 6,40 | 0,15 | — | — | 11,84 | K | 10,62 | 5,42 | 5,11 | — | 0,09 | — | — |
| Микроклин . . . . | 1,53 | 1,40 | — | — | — | — | 2,93 | | 2,84 | 2,84 | — | — | — | — | — |
| Хлорит . . . . . | — | — | — | 0,11 | — | — | 0,11 | Mg | 0,06 | — | — | — | 0,06 | — | — |
| Роговая обм. . . . | — | — | — | — | 0,25 | 0,12 | 0,37 | и | 0,35 | — | — | — | — | 0,23 | 0,12 |
| Авгит . . . . . | — | — | — | — | 0,03 | — | 0,03 | | 0,04 | — | — | — | — | 0,04 | — |
| Руды . . . . . | — | — | — | — | — | 0,28 | 0,28 | Fe | 0,26 | — | — | — | — | — | 0,26 |
| Апатит . . . . . | — | — | — | — | 0,06 | — | 0,06 | P | 0,03 | — | — | — | — | 0,03 | — |
| Гранат . . . . . | — | — | — | — | — | 0,18 | 0,18 | | 0,17 | — | — | — | — | — | 0,17 |
| Титанит . . . . . | — | — | — | — | — | 0,03 | 0,03 | | 0,03 | — | — | — | — | — | 0,03 |
| Мусковит и биотит | — | — | — | — | — | 0,02 | 0,02 | | 0,02 | — | — | — | 0,02 | — | — |
| Кварц . . . . . | — | 7,74 | 63,55 | — | — | — | 71,29 | | 76,42 | 2,48 | 21,82 | 51,12 | — | — | — |
| | | | | | | | 100,00 | Сумма | 100,00 | | | | | | |

| | | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $Mn_3O_4$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | $P_2O_5$ | Гумус | Сумма |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. | 0,01 | 87,51 | 1,63 | 2,49 | сл | сл. | 0,39 | 4,14 | 2,35 | 0,03 | 0,74 | 99,28 |
| | 0,005 | 72,08 | 15,20 | 5,14 | 0,70 | „ | 1,42 | 1 02 | 2,29 | 0,08 | 1,48 | 99,41 |
| | 0,0015 | 63,22 | 20,48 | 8,95 | 1,10 | 0,04 | 1,08 | 0,12 | 2,01 | 0,08 | 2,00 | 99,08 |
| | <0,0015 | 51,05 | 27,76 | 12,50 | 3,65 | сл. | 0,15 | 0,01 | 1,18 | 0,19 | 3,32 | 99,81 |
| II. | 0,01 | 71,45 | 7,28 | 3,77 | 1,54 | 7,23 | 2,41 | 0,81 | 3,25 | 0,15 | 0,11 | 98,00 |
| | 0,005 | 63,95 | 14,20 | 4,98 | 1,88 | 6,28 | 2,08 | 0,70 | 3,05 | 0,12 | 0,76 | 98,00 |
| | 0,0015 | 59,40 | 19,41 | 6,86 | 1,94 | 4,09 | 1,45 | 0,67 | 3,02 | 0,17 | 0,89 | 97,85 |
| | <0,0015 | 50,23 | 29,97 | 9,85 | 2,79 | 3,39 | 1,19 | 0,56 | 2,48 | 0,03 | 1,97 | 102,46 |

Из данных Лауфера и Ваншаффе мы вправе заключить, что среди иловатых частиц почвы находятся и первичные минералы. Эти исследователи анализировали ил ледникового мергеля и затем приготовляли из этого ила солянокислую вытяжку. Результаты получились следующие:

| | Валов. состав | Вытяжка |
|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 16,61% | 1,60% |
| $Fe_2O_3$ | 6,38[1]) | 0,75 |
| $K_2O$ | 3,38 | 0,08 |
| $Na_2O$ | 2,38 | сл. |
| MgO | 1,15 | 0,48 |

Эти цифры дают возможность заключить, что щелочи и щелочные земли находятся в иле в трудно растворимом состоянии. Содержание железа преимущественно в виде закиси и слабая его растворимость тоже говорят в пользу присутствия первичных минералов (гранаты, роговые обманки, авгиты и пр.).

Мы располагаем и другими данными, позволяющими сделать аналогичные выводы. Известно, например, что, после предварительного, даже слабого, прокаливания, гранаты и роговые обманки, в сыром виде не разлагающиеся соляной кислотой, легко уступают действию этого реактива. Иззестно также, что каолинит, после слабого прокаливания, легко растворяется в крепком растворе едкой щелочи (Земятченский). Следовательно, если слабо прокаленный почвенный ил подвергнуть последовательно действию растворов едкого кали и соляной кислоты, то можно вытянуть из него всю химическую глину, все окислы железа и глинозема, а также и железисто-магнезиальные силикаты (или, по крайней мере, значительную их часть). В остатке от этих обработок должны получиться кварц, мусковит, ортоклаз и такие минералы, на которые означенные реактивы совсем не действуют (рутил, турмалин, циркон и пр.)[2]). По количеству этого остатка можно судить о том, какую роль первичные минералы играют в составе почвенного ила, как и вообще ила многих глин. Для суждения об этом вопросе мы располагаем следующими данными.

При обработке весьма пластичной красной девонской глины указанным способом получилось 45,28% совершенно белого остатка, содержавшего калийные алюмосиликаты (ортоклаз, мусковит), а также рутил и турмалин. Такая же обработка ила из почвенных горизонтов валунной глины (частицы 0,01—0,005 мм.) Псковской губернии дала 37,65% белого остатка приблизительно того же состава. Наконец, исследование по тому же способу частиц мельче 0,005 мм. диаметром дало 11,8% остатка. Все эти данные достаточно ясно говорят в пользу присутствия среди иловатых частиц почвы различных первичных минералов.

[1]) Fe находится, главным образом, в виде закиси.

[2]) О рутиле и цирконе в глинах см. Teall. Neues Jahrb. f. Mineral. 1889, II, 442 (рефер.). Hutchings. Geolog. Magaz. (3), 8, 1891. Mak Mahon. Ibidem.

Считаем необходимым оговориться, что в группу „первичных минералов" мы здесь относим и те промежуточные кислые соли, которые получаются при выветризании силикатов и алюмосиликатов. Так как при превращении в кислые соли силикаты и алюмосиликаты раздробляются в то же время механически, образуя иногда тончайшие неделимые, в чем мы неоднократно убеждались при изучении выветривания слюд, авгитов и цеолитов, то трудно сомневаться в том, что значительная часть таких кислых солей попадет именно в группу иловатых частиц.

## ЛИТЕРАТУРА


Berendt, G. Die Umgegend von Berlin. Abh. zur. geolog. Spezialkarte von Preussen, Bd. II, H. 3, 1877.

Biéler-Chatelan. Bull. Soc. nat. d'agriculture de France, 1906.

Caughey, W. and Fry, W. Bull. № 91. U. S. Dep. of Agric. Bureau of Soils.

Cayeux. Comptes rendus, 1905, 140, 1270.

Cayeux. Introduction à l'étude petrographique des roches sédimentaires.-Mémoires pour servir á l'explication de la carte géologique detailleé de France Texte et atlas. Paris, 1916.

Delage et Lagatu. C. R. 139, 140, 141.

Delage et Lagatu. Constitution de la terre arable.—Monpellier, 1905.

„ „ et Sicard. Etude analyt. des terres arables formées par le schiste sericiteux granulitisé, 1907.

Dumont. Comptes rendus, 1904, 138, p. 215; 140.

Farsky, F. Prager landw. Wochenbl., 8. Jahrg., 1877, p. 35.

Глинка, К. Петрографич. характер Новоржевских и Великолуцких почв.—Зап. Ново-Александр. Инст. С. Х. и Лесов., т. XI, вып. 2, 1898.

Глинка, К. К вопросу о водных алюмосиликатах и глинах. Там же. 1899.

„ Тр. Почвенного Инст. Акад. Наук, т. II, 1927.

Hendrik, J. and Newlands, G. Journ. of Agric. Sci. Vol. XIII, part. 1, 1923.

Laufer u. Wahnschaffe. Untersuchungen des Bodens der Umgegend Berlins.—Abhand zur geolog. Spezialkarte von Preussen. Bd. III, H. 2.

Luedecke. Zeitschr. f. Naturwissensch., Bd. 65, H. 4 u. 5, 1892.

Meunier, St. Annales agronom. Avril, 1877.

Orth, A. Die geognostisch-agronom. Kartierung etc. 1875.

„ Tageblatt d. Naturforscher-Wersamml. zu Cassel, 1878, p. 249.

Puchner, H. Landw. Versuchst., 1907, 66, 463.

Retgers. Neues Jahrb. f. Mineralogie, 1895, Bd. I (литература).

Sabban. Mitt. aus d. grossherz. Mecklenb. Geolog. Landesanstalt, VIII, Rostok, 1897.

Schroeder v. d. Kolk. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch., 1896, Bd. XLVIII. N. Jahrb. f. Mineralogie, 1895, I, 272—276.

Senft. Der Steinschutt nnd Erdboden, 1867.

Земятченский. Каолинитовые образования южной России, 1896.

Sigmont, A. Földtani közlöny, 1908, XXXVIII, 3—4, p. 220.

Steinriede. Anleitung zur mineralogischen Bodenanalyse, 1920, 2 Auflage.

Трусов. Материалы по изучению русских почв. Вып. 20, 1911 г.

„ „ „ „ „ „ Вып. 21, 1911 г.

Vogel von Falckenstein, K. u. Schneiderhöhn, H. Internat. Mitteil. für Bodenkunde. Bd. II, 1912, p. 204.

Wahnschaffe, F. Anleitung zur wissenschaftl. Bodenuntersuchung, 2. Aufl.

Weise, G. Landw. Versuchst. 1877, p. 1.

Вильямс. Изв. Петровской С.-Хоз. Академии, 1893.

## ГЛАВА IV

# Химический состав почв

Исследование химического состава почв может преследовать различные цели: 1) комбинируя химический анализ с минералогическим, возможно получить указания на состав минералов, слагающих почву; 2) изучая химический состаз и свойства различных горизонтов почвенного разреза, можно судить о характере и направлении процесса почвообразования, т. е. разъяснить генезис того или иного почвенного типа, и, наконец, 3) исследуя химический состав почв, можно способствовать выяснению истории различных элементов в земной коре.

Почвоведы, в громадном большинстве случаев, занимались лишь второй из перечисленных задач, и это понятно, так как с того времени, когда сделалось ясным, что процессы почвообразования протекают различно при различных внешних условиях, мысль исследователей была направлена на то, чтобы установить различие этих процессов в различных почвенных типах. Но само собой разумеется, что и двух других задач не следует забывать, на что уже обращал внимание почзоведов акад. Вернадский. По его мнению, в почвах, кроме P, Ti, C и N, должно увеличиваться, по сравнению с горными породами, содержание Mn, V, F, повидимому Li, Zr, U и Th. Он обращает также внимание на необходимость искать в почвах Rb, так как последний входит в состав полевых шпатов и слюд, найден в составе морской и озерной воды, находится, наконец, в золе растений, особенно свеклы. На ряду с этим он ставит вопрос и о цезии, таллии.

В литературе имеются некоторые указания и на другие элементы, обычно не определяемые почвенным анализом, а именно Ba, As. Так, например, по данным Failyer'a во всех исследованных им почвах (50 образцов) оказался барий, максимальное содержание которого достигало 0,11%. Headden и Грунер говорят о нахождении мышьяка в почвах. По данным последнего, в почвах Рейхенберга в Силезии определялось от 0,026 до 1,426% мышьяка в верхних горизонтах. По мере углубления, количество мышьяка падало. Повидимому, и мышьяк, там, где он находится в составе земной коры, способен накопляться в горизонтах выветривания.

В 1921 г. акад. Вернадским сделана сводка литературных данных, указывающих на нахождение в почвах целого ряда химических элементов, кроме тех, которые обычно определялись шаблонными химическими анализами. Эти элементы следующие:

Серебро—повидимому, широко распространено в организмах. Форхгаммером найдено в глинах.

Золото—констатировано в живом веществе старыми работами.

Бор—широко распространен во всех горных породах, во всех растениях и, повидимому, животных. Найден был в почвах во всех случаях, когда его искали.

Висмут обычно находится в известняках; может быть и в почвах.

Бром встречается во всех растениях и животных; необходимо должен быть и в почвах.

Иод давно был указан в почвах.

Литий находится в каждой почве, в которой спектроскопически искался.

Кобальт нередок в растениях; в глинах указан Форхгаммером.

Никкель широко распространен в растениях; должен быть и в почве.

Хром обычен в растениях.

Свинец найден в растениях и во всякой природной углекислой извести.

Селен находится в организмах, морской грязи и осадочных породах.

Олово обычно находится в растениях и источниках.

Ванадий встречается в животных организмах, растениях, глинах.

Цинк и медь, как уже отмечалось в главе о гумусе, находятся во всех растениях и животных.

Вернадский считает, кроме того, возможным нахождение в почвах церия и группы элементов редких земель.

Робинзон и сотрудники открыли в американских почвах следующие элементы:

| | |
|---|---|
| Cr—от следов до 0 025% | Li—следы |
| Va— „ 0,01 „ 0,08 | Rb—от сл. до 0,062 |
| Zr— „ 0,003 „ 0,08 | Ti— „ 0,4 „ 1,59 |
| Br— „ 0,004 „ 0,36 | Mo—в двух образцах. |
| Sr— „ 0,01 „ 0,11 | Cs—в одном „ |

Ni, Co, Cu—всюду, где искались, в ничтожных количествах.

Редкие земли—0,01—0,08

Штейнкёниг нашел Li в 19 почвах в количестве 0,001—0,01%; в подпочве—0,002—0,004%.

## ЛИТЕРАТУРА


Bertrand, G. et Mokragnatz, M. Ann. de la Sc. agronomique, Mai—Juni, 1925, p. 167.

Failyer, G. H. U. S. Depart. Agric. Bur. of Soils, Bull. № 72, 5—23.

Geilmann. Ueber die Verbreitung des Titans in Böden und Pflanzen—Journ. für Landw. II, s. 107—124.

Gruner, H. Landw. Jahrbücher, 1911, 40, 517—557.

Headden, Wm. P. Proc. of. the Colorado Scientif, Soc. 1910, 345—360.

Вернадский, В. „Почвоведение", 1910, № 3.

Вернадский, В. „Почвоведение", 1913, № 2—3.

Вернадский. Бюллетень III Всероссийского съезда почвоведов в Москве. 25 окт. — 5 нояб. 1921 г., № 3—4.

Maquenne et Demoussy C. R., 1919, 169.

Montanari, C. Journal d chim. ind. Bd. appl. 1921, 3.

Sanderson, J. C. Physik. Zeitschr., XIII, 1912 (Sillim. Journ. (4), 32, 169—184, 1911).

Steinkönig, L. A. Journ. of Ind. and Engl. Chem, 1915, T. 7.

Robinson, W. O., Steinkönig, L. A. and Miller, C. F. Bull. 122 U. S. Depart. Agric., 1914.

## ГЛАВА V

# Физические свойства почв

Удельный вес. Уд. вес почвы является признаком, дающим до некоторой степени указание на состав ее первичных минералов. Эти последние, как мы видели, довольно разнообразны, и уд. вес их неодинаков. Для наиболее распространенных минералов определяются следующие величины:

| | |
|---|---|
| Кварц | 2,65 |
| Ортоклаз | 2,54—2,57 |
| Плагиоклазы | 2,67—2,74 |
| Каолинит | 2,6—2,63 |

Так как преобладающим элементом большинства почвенных масс умеренных широт является кварц, к которому иногда в заметных количествах примешиваются полевые шпаты, то можно было думать, что уд. веса большинства почв будут колебаться около 2,6. Но почва состоит не только из минеральных, а и из органических и органоминеральных веществ, уд. вес которых не превышает 1,4. Следовательно, уд. веса гумусовых горизонтов почвы, если гумуса много, должны иметь меньшие величины. В почвах, богатых гумусом, его присутствие компенсируется группой тяжелых минералов, уд. веса которых нередко выше 3, а иногда и 4:

| | |
|---|---|
| Мусковит | 2,76—3,0 |
| Биотит | 2,7—3,1 |
| Рогов. обм. и авгиты | 2,9—3,4 |
| Гранаты | 3,15—4,3 |
| Лимонит | 3,5—3,95 |
| Турьит | 3,54—3,74 |

Значительная примесь этих и некоторых других минералов (магнетит, изерин, ильменит) может отозваться иногда довольно существенно на удельном весе почвы.

Приведем несколько цифровых данных, относящихся к поверхностным горизонтам русских почв.

| | |
|---|---|
| Тяжелый подзолистый суглинок | 2,65 |
| Средний | 2,65 |
| Легкий | 2,64 |
| Чернозем с 10,3% гумуса | 2,37 |
| „ „ меньшим колич. гум. | 2,4—2,5 |

У некоторых скелетных почв, особенно произошедших из габбро и базальта, определялись и более высокие удельные веса (2,8—3,0).

Абсолютный и кажущийся удельный вес почвы. Абсолютным весом почвы называют вес определенного ее объема (вместе с воздушными порами). Если отнести этот вес к весу равного

объема воды, то получается кажущийся удельный вес. Представление об этих величинах могут дать нижеследующие данные:

| | Абсол. вес (1 литр в грам.) | Кажущийся уд. в. |
|---|---|---|
| Грубозернистая песчаная почва . . . | 1800 | 1,80 |
| Тонкозернистая . . . . . | 1660 | 1,66 |
| Подзолистый лессовидн. суглин. . . . | 1240 | 1,24 |
| Болотная песчаная почва . . . . . | 1160 | 1,16 |
| Болотная иловато-суглин. почва . . . | 1150 | 1,15 |
| Чернозем полтавский . . . . . | 1095—1183 | 1,095—1,183 |

Порозность (скважность) почв является результатом неплотного прилегания частиц почвы друг к другу, вследствие чего между ними остаются большей или меньшей величины промежутки или поры. Если представить себе, как это сделал Флюгге, что почвенные частицы имеют вид шаров одинакового размера, то в определенном объеме эти частицы могут быть расположены так, что объем промежутков между шарами будет наибольший (рыхлое сложение), или наименьший (плотное сложение). В первом случае шары каждого верхнего ряда будут соприкасаться с шарами нижнего ряда верхушками, во втором—каждый шар верхнего ряда помещается в промежутке, образованном двумя шарами нижнего ряда. Вычисление показывает, что при наиболее рыхлом сложении объем пор должен равняться 47,64%, а при наиболее плотном—25,95%. Таким образом, если бы частицы почвы действительно были шарообразными и имели одинаковые размеры, то порозность почвенных масс колебалась бы между указанными пределами. На самом деле частицы почвы имеют и различные размеры, и различную форму, почему непосредственное определение порозности дает обыкновенно цифры, более или менее сильно отличающиеся от теоретических. Так, например, из определений Шварца мы имеем для порозности различных почв:

| | |
|---|---|
| Болотная почва . . . . 84,0% | Суглинок . . . . . 45,1% |
| Песок . . . . . 39,4 | Глина . . . . . 52,7 |

Одинаковые величины, полученные для порозности двух различных почв, еще не служат указанием на то, что обе почвы будут функционировать одинаково: напр., одинаково пропускать воду, воздух и пр. В справедливости сказанного им убеждают нижеследующие данные Ренка.

| | Размер зерен в мм. | Объем пор | Давление воды в мм. | Относит. проницаемость |
|---|---|---|---|---|
| 1. Тонкий песок . . . | < 0,3 | 55,5 | 20 | 1 |
| 2. Средний песок . . . | 0,3—1 | 55,5 | 20 | 84 |
| 3. Грубый песок . . . | 1—2 | 37,9 | 20 | 961 |
| 4. Тонкий хрящ . . . . | 2—4 | 37,9 | 20 | 5195 |
| 5. Средний хрящ . . . | 4—7 | 37,9 | 20 | 11884 |

Приведенные цифры наглядно показывают, что при одинаковом объеме пор и одинаковом давлении проницаемость почвы может быть резко различна. Отсюда следует, что, кроме количественного определения порозности, нужно иметь в виду и качество пор. В одном случае пор может быть больше, но размеры их меньше, в другом—пор мало, но объемы их велики. Общий объем и в том, и в другом случаях может быть одинаков, и в то же время обе почвы будут функционировать различно.

С увеличением числа зерен почвы будет возрастать, конечно, и число пор, а размеры их будут соответственно убывать. В каком

отношении находится число зерен почвы в определенном ее объеме к размеру этих зерен, нетрудно вычислить, приняв, что зерна почвы имеют шарообразную форму:

$$N = \frac{V}{4/3\pi r^3};\ N_1 = \frac{V}{4/3\pi r_1^3},\ \text{откуда}$$

$$N : N_1 = \frac{V}{4/3\pi r_1^3} : \frac{V}{4/3\pi r^3} \text{ или } N : N_1 = r^3_1 : r^3,$$

где N и $N_1$ число зерен, V — данный объем почвы. Из формулы видно, что числа зерен обратно пропорциональны третьим степеням их радиусов. Отсюда ясно, что при уменьшении размеров зерен очень быстро растет и число их, а также число пор, размеры которых, вместе с тем, быстро уменьшаются. Следовательно, в мелкоземистых почвах порозность хотя и будет велика, однако, вода и воздух будут проникать сквозь них с трудом и медленно, так как им придется проходить длинный путь по рядам тонких пор и встречать большое сопротивление. Высказанные соображения в то же время показывают, что судить о качестве пор можно до некоторой степени по данным механического анализа и изучения структуры почв.

Воздухопроницаемость почвы. В тесной связи с количеством и качеством почвенных пор находится способность почвы пропускать сквозь себя воздух и воду. О проницаемости почвы для воды будет еще речь дальше. Здесь мы займемся исключительно воздухопроницаемостью почвы.

Изучением проницаемости почв (для воздуха) занимались многие исследователи, из коих назовем Гейнриха, Ренка, Флека, Аммона, Величковского, Зойку и Вольни. Исследования Флека привели к заключению, что времена вытекания равных количеств воздуха, при одинаковой высоте почвенных слоев, обратно пропорциональны показаниям манометра. Ренк, напротив, нашел, что такая пропорциональность наблюдается при низких давлениях, пока скорость прохождения воздуха не превосходит 0,062 м. в секунду, и что такое соотношение устанавливается всегда только при тонкозернистом почвенном материале (частицы 0,33—1 мм); при употреблении же материала крупнозернистого для установки данного отношения необходимы мощные слои почвы. Аммон пришел к заключению, что количества прошедшего сквозь столбик почвы воздуха только при грубозернистых почвах пропорциональны давлениям, а при мелкозернистых убывают и возрастают, хотя и в постоянном, но в меньшем отношении, чем давление. Величковский оперировал с песком, частицы которого имели размеры в 1—2 мм., и получил для давления водяного столба в 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 и 110 мм. следующие соответственные количества (в литрах) воздуха, прошедшего сквозь столбик почвы в одну минуту: 1,628, 3,118, 4,567, 5,986, 7,399, 8,802, 10,212, 11,19, 12,85, 14,202, 15,41. Из этих цифр видно, что, при удвоении давления воды, количество протекшего воздуха увеличивается не вдвое, а несколько меньше, а именно в среднем в 1,919 раз (колебания между 1,912 и 1,924). Величковский предложил следующую формулу для вычисления количеств протекшего воздуха при любом давлении:

$$Y_m = nA \frac{\log X_m}{\log 2},$$

где $Y_m$ — искомое количество воздуха, n — количество воздуха, проходящее сквозь почву при единице давления, и A — некоторая постоянная

величина. Работа Вольни, посвященная тому же вопросу, имела своей задачей примирить некоторые несогласия предыдущих исследователей. Построив прибор и поставив опыт с различными веществами (каолин, торф, кварцевый песок, суглинок, гумусовая известковая почва, известковый песок) и с различными по размерам частицами, Вольни пришел к следующим выводам: 1) пропорциональность между количествами протекшего сквозь почву воздуха и давлением наблюдается: a) при тонкозернистом материале (<0.5 мм. в диаметре), b) при грубозернистом материале (>0.5 мм.) тогда, когда для опыта берутся высокие столбики почвы, c) в пределах низких давлений. Эти выводы вполне согласуются с выводами Ренка; 2) проницаемость увеличивается и уменьшается вместе с размерами частиц; если же в состав почвы входят частицы разных размеров, то проницаемость почвы зависит, главным образом, от ее мелкозернистых частиц; 3) наибольшей проницаемостью отличается кварцевый песок, наименьшей—глина. Прибавление к песку всего 10% (по объему) глины сильно понижает его проницаемость; 4) проницаемость почвы падает вместе с увеличением ее влажности и тем сильнее, чем больше воды может удержать почва; 5) проницаемость почвы падает с повышением температуры.

### Пластичность, клейкость и связность почвы.

В главе о механическом составе почв было уже отмечено, что одинаковые по механическому составу почвы могут быть неодинаковы по своим физическим свойствам, и что именно пластичность таких почв может оказаться весьма различной. Теперь предстоит выяснить, что такое пластичность почвы, как ее определять количественно и от чего она зависит.

Прибавляя к порошку глины различные количества воды, можно убедиться в том, что при различном содержании воды глина обнаруживает различные формы консистенции, при чем может быть установлено несколько границ таких состояний; из них мы отметим следующие:

1. Верхняя граница текучести, когда смесь глины с водой течет, как вода.

2. Нижняя граница текучести, когда два куска глинистого теста, будучи помещены в фарфоровой чашке раздельно, сливаются вместе при ударе о внешнюю поверхность чашки рукой.

3. Граница клейкости.

4. Граница скатывания в проволоку.

Аттерберг, устанавливающий эти границы, принимает, что пластичными будут те почвы, которые, при количествах воды, лежащих у границы текучести или ниже ее, способны скатываться в проволоку.

Таким образом, из всех перечисленных границ для определения пластичности имеют значение 2 и 4. Разница в количествах воды, содержащейся в глине при этих двух границах, является величиной, определяющей пластичность.

Для установления нижней границы текучести Аттерберг поступает таким образом: в маленькой фарфоровой чашечке с округлым дном, шириной 10—12 см., смешивают 5 грам. глинистого порошка с водой в тесто. Тесто с помощью никкелевой лопаточки формуется и разделяется на две части, как это показано на рис. 2. Затем по

чашке ударяют снаружи несколько раз рукой, пока обе части теста не соединятся внизу (рис. 3). Тогда определяют количество воды, содержащейся в глинистом тесте, и выражают его в весовых процентах. Рекомендуется сделать два определения, и если они дадут заметное расхождение, то еще два.



Рис. 2.



Рис. 3.

Границу скатывания определяют так: берут часть приготовленного теста, прибавляют к нему осторожно небольшое количество сухого глинистого порошка (иногда в этом нет надобности) и раскатывают массу на бумаге в тонкую проволоку с помощью пальцев. Раскатывание прекращают, когда тонкая проволока начинает разделяться на куски. Содержание воды в глине в этот момент определяет границу скатывания и в то же время нижнюю границу пластичности.

Приводимая ниже таблица дает представление о получаемых указанными способами цифровых данных (последние выражены в весовых процентах).

| | Граница текучести | Граница скатывания | Величина пластичности |
|---|---|---|---|
| 1-й класс пластичности | | | |
| Силурийская глина Öланда | 67 | 40 | 27 |
| Анциловая глина Упсалы | 57 | 30 | 27 |
| Ледниковая глина Bergqvara | 51 | 26 | 25 |
| Межморенная глина Кальмара | 44 | 23 | 21 |
| Послеледник. глина Saltkällan | 42 | 25 | 17 |
| 2-й класс пластичности | | | |
| Пресноводная глина Nygärde | 52 | 37 | 15 |
| Почва Marieberg | 42 | 30 | 12 |
| „ Akerstad | 31 | 21 | 10 |
| 3-й класс пластичности | | | |
| Почва Harg | 58 | 52 | 6 |
| „ Waholm | 64 | 58 | 6 |
| „ Lomma | 27 | 21 | 6 |
| Не пластичные | | | |
| Почва Moholm | 31 | 30 | 1 |

Тонкий песок или суглинок также обнаруживают текучесть, но пластичности у них нет. Свойство текучести у подобных пород особенно резко выражено в Сев. Европе, где существуют так называемые текучие или бродящие породы. Присутствие таких текучих пород часто производит разрушение железнодорожных путей в северной Швеции. Те же явления наблюдаются в ледниковых областях. Явлениям течения пород способствует низкая температура, ибо вода при 0° Ц имеет в два раза большую вязкость, чем при 23°[1]).

О причинах пластичности высказывались многие исследователи. Одни из них объяснили пластичность исключительно тонкостью частиц (Земятченский, Hall), другие считали ее связанной с присутствием коллоидов (Rohland, Ehrenberg), третьи ставили ее в зависимость от внешних форм частиц, обнаруживающих пластичность,

[1]) См. De-Geer, Sernander R., Andersson Gunnar, Högbom, A. G.

полагая, что частицы, имеющие форму пластинок, должны отличаться наибольшей пластичностью, так как пластинки сильно связываются друг с другом с помощью находящейся между ними воды, что не мешает в то же время их передвижениям (Vogt, Orton).

Чтобы решить вопрос, какое из приведенных толкований ближе к истине, Аттерберг произвел ряд опытов с самыми разнообразными минералами, при чем выяснилось прежде всего, что пластичность проявляют только те частицы, которые требуют 8-часового периода для осаждения в столбе воды высотою в 10 см., т. е. частицы мельче 0,002 мм. в диаметре; при этом для различных минералов, взятых в виде „коллоидного ила", величины пластичности получаются такие:

| | Граница текучести | Граница скатывания | Величина пластичности |
|---|---|---|---|
| Биотит | 85 | 53 | 32 |
| Тальк | 76 | 48 | 28 |
| Хлорит | 72 | 47 | 25 |
| Каолин | 63 | 43 | 20 |
| Гематит | 36 | 20 | 16 |
| Мусковит | 91 | 77 | 14 |
| Лимонит | 36 | 27 | 9 |
| Ортоклаз | 39 | нет | 0 |
| Кварц | 35 | „ | 0 |

Таким образом, подтвердилось то соображение, что наивысшую пластичность проявляют вещества пластинчатой структуры и что, следовательно, пластичность зависит не только от тонкости зерна, но и от внешней формы частиц, слагающих ил почвы.

Границей или пределом клейкости называется такое состояние глинистого теста, когда оно перестает прилипать к пальцам или к никкелевой лопаточке. Количество воды, содержащееся в данный момент в глине, выраженное в весовых процентах, и есть граница клейкости. Как эта величина относится к величине, определяющей границу текучести, видно из нижеследующей таблицы:

| | Граница текучести | Граница клейкости | Разница |
|---|---|---|---|
| 1-й класс пластичности | | | |
| Силурийская глина Öланда | 67 | 44 | —23 |
| Анциловая глина Упсалы | 57 | 45 | —12 |
| Ледниковая глина Bergqvara | 51 | 35 | —16 |
| 2-й класс пластичности | | | |
| Почва Akerstad | 31 | 31 | 0 |
| „ Marieberg | 42 | 37 | — 5 |
| 3-й класс пластичности | | | |
| Почва Harg | 58 | 73 | +15 |
| „ Waholm | 64 | 77 | +13 |
| „ Lomma | 27 | 35 | + 8 |
| Не пластичные | | | |
| Почва Moholm | 31 | 41 | +10 |
| „ Kuntstorp | 35 | 41 | + 6 |

Таким образом, видно, что у почв пластичных граница клейкости лежит ниже границы текучести, а у мало пластичных—выше. Сопоставление этих величин является хорошим показателем для суждения о вязкости почвы. Если граница клейкости лежит выше границы

текучести, вязкость почвы не велика, при обратном отношении вязкость большая.

Соотношение между тремя упоминавшимися выше границами Аттерберг выражает следующей диаграммой (рис. 4). Диаграмма, между прочим, показывает, как изменяются границы текучести, клейкости и скатывания в зависимости от содержания гумуса.

Связность почвы есть способность противостоять силе, стремящейся так или иначе разъединить частицы почвы. Связность возрастает вместе с ростом клейкости и вязкости и увеличивается при высыхании почвы; поэтому рекомендуется изучать связность в твер-

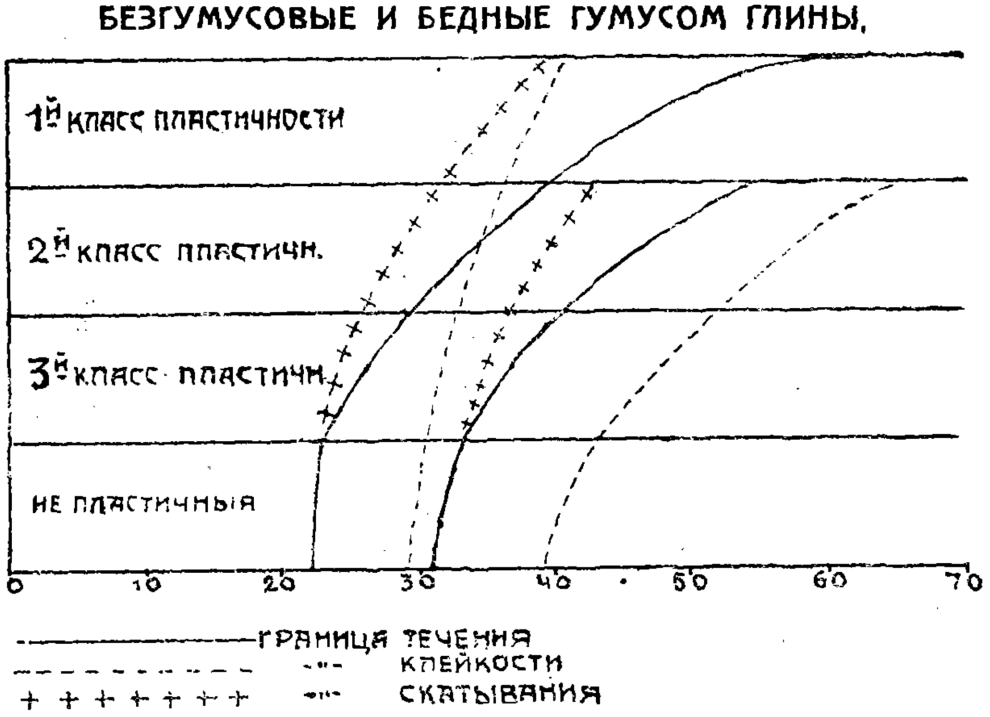



Рис. 4.

дом состоянии почвы. Так как, однако, и твердость изменяется в зависимости от содержания влаги, то лучше исследуемые образцы высушивать при 100° Ц. (Аттерберг).

Вопросами о связности почвы и о способах ее измерения занимались многие исследователи, из коих отметим Фелькера, Мейера, Шпренгеля, Шюблера, Габерландта, Пухнера, Пендзицкого, Hazard'a, Schermbec'a, Bagger'a, Wiley и Frankau. Некоторыми из перечисленных исследователей (Шюблер, Пухнер) конструировались особые приборы, при помощи которых определялась величина нагрузки, необходимой: 1) для раздавливания призматического или цилиндрического столбика почвы; 2) для разламывания посредине столбика, покоющегося своими концами на подставках, и 3) для вдвигания клина или металлического штифта в почвенную массу.

В последнее время вопрос был вновь пересмотрен Аттербергом, предложившим, в свою очередь, новые, более усовершенствованные, по его мнению, приборы, но тем не менее точность всех этих определений едва ли особенно повысилась, так как у исследователя никогда нет полной уверенности в том, что два кубика, приготовленные для испытания из одной и той же почвы, дадут после высушивания вполне одинаковые условия сопротивления.

Еще Габерландтом было, между прочим, отмечено, что хотя связность почв и обусловливается сильнее всего механическим составом

почвы, однако, не одна только степень тонкости частиц влияет на изменение величины связности. Вероятно, и здесь играет известную роль, как и при определении пластичности, внешняя форма почвенных частиц, а затем отчасти и химизм почвенного раствора.

Влияние формы частиц усматривается из нижеприводимых цифровых данных Баггера, из коих видно, что одинаковые по размерам частицы различных минералов оказывают весьма неодинаковое сопротивление вдвиганию в испытуемую массу металлического штифта.

| Минералы | Величина частиц | Величина нагрузки |
|---|---|---|
| Кварц . . . . . | 0,05—0,01 мм. | 5,7 гр. |
| Ортоклаз . . . . . | 0,05 - 0,01 „ | 7,6 „ |
| Каолин . . . . . | 0,05—0,01 „ | 12,1 „ |
| Биотит . . . . . | 0,05—0,01 „ | 558,0 „ |

Как видно, минералы располагаются здесь в той же последовательности, что и у Аттерберга при определении пластичности.

Влияние химизма почвенного раствора усматривалось еще из работ Пухнера, давших указание на то, что связность глины в сухом состоянии повышается под влиянием небольших количеств углекислой щелочи. Влияние последней в указанном смысле мы наблюдаем и в природе на столбчатом горизонте структурных солонцов.

Аттерберг под „числом твердости" понимает твердость, которую обнаруживает кубик почвы размерами 2×2×2 см., приготовленный из почвы с возможно меньшим количеством воды и высушенный при 100° Ц. Полученные Аттербергом цифры показывают, что величины твердости мало совпадают с величинами пластичности, откуда он заключает, что высокая пластичность и высокая твердость обусловливаются разными причинами.

Нам представляется, что различие здесь кроется, если не считать малой точности цифр, во влиянии почвенных растворов. Пластичность, как мы видели, определяется во влажном состоянии, а связность или твердость в сухом. При нагревании и высыхании влажной массы может сказаться, между прочим, и слабая щелочность среды, которая возникает во многих почвах и глинах при соприкосновении их с водой. Может быть поэтому, а отчасти может быть и потому, что при нагревании и высыхании происходит свертывание коллоидов и некоторая цементация почвенных частиц, твердость обнаруживают и такие почвы или глины, у которых совершенно нет пластичности. Приведем несколько примеров из определений Аттерберга:

| | Число твердости | Число пластичности |
|---|---|---|
| Ледниковый суглинок . | 28 | 0 |
| Суглинистая почва . . . | 16 | 0 |
| Лёсс из Вены . . . . | 16 | 0 |
| Грубопесчаная почва . . | 3 | 0 |
| Тонкопесчаная „ . . | 2 | 0 |

Как видно из этих данных, даже песчаные почвы обнаруживают способность затвердевать, что нередко наблюдается и в природе (жерства в подзолистых почвах). Возможно, что здесь влияет свертывание золей кремнезема.

Наибольшую величину твердости в опытах Аттерберга обнаружила венгерская содовая почва (солонец или солончак), чем подтверждается влияние щелочности на процессы затвердевания.

# ЛИТЕРАТУРА

## Порозность почв

Бурмачевский. Матер. по изучению русских почв, вып. IV, 1888, стр. 94—98.
Flügge. Die Porosität des Bodens. Beiträge zur Hygiene. Leipzig, 1879.
Renk. Zeitschr. für Biologie, Bd. XV, 1879.
Schwarz. Landw. Versuchsstation. 1878.
Trnka, R. Die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Prag, 1909.

## Воздухопроницаемость

Ammon. Wollny's-Forschungen, Bd. III, 1880.
Fleck. Zeitschr. für Biologie, Bd. XVI, 1880.
Heinrich. Wollny's-Forschungen, Bd. IX, H. 4.
Kopecky, J. Die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Prag, 1904.
Renk. Zeitschr. f. Biologie, Bd. XV, 1879.
Soika. Wollny's-Forschungen, Bd. IV.
Welitschkowsky, von. Arch. für Hygiene, II, 1883—1884.
Wollny. Forschung. auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik, Bd. XIV.

## Пластичность, клейкость и связность почв

Andersson, Gunn. Journ. of Geology, 14, 91, 1906.
Aron. Notizblatt des Ver. f. Fabr. v. Ziegeln, 1873.
Atterberg. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, 1911, 1912.
Bagger, W. Die Bedeutung gewisser physikalischer Eigenschaften des Bodens.—Inaug.-Diss., Königsberg, 1902; Der Kulturtechniker, 1907.
Bischoff, W. Die feuerfesten Tone, 3. Aufl.
De-Geer. Geolog. Fören. Förhandling, 26, 465, 1904.
Ehrenberg. Zeitschr. f. angewandte Chemie, 1911, p. 1958.
Frankau, A. Untersuchung über die Beziehung. d. physik. Bodeneigenschaften zu einander und zur mechan. Bodenanalyse. München, 1910.
Haberlandt, Fr. Wissensch.-prakt. Untersuch. auf dem Gebiete des Pflanzenbaues, Bd. I, Wien, 1875.
„ „ Wollny's-Forschungen, Bd. I, 1878, p. 148.
Hall. Le sol en agriculture. 1906.
Hazard. Landw. Jahrbücher, 1900, p. 892.
Högbom, A. G. Geolog. Fören. Förhandl. 27, 19, 1905.
Le Chatelier. Van Bemmeelens Gedenkbook, 1910.
Meyer. Anlage zur Flora des Königreichs Hannover.—Göttingen, 1822.
Mitscherlich. Bodenkunde, 1905.
Nowacki. Bodenkunde, 2. Auflage, 1892, p. 71.
Orton. Keramische Rundschau, 1901.
Панков А. Изв. Горск. Полит. Инст., 1922.
Piedzicki, S. Mitteilung. d. landw. Instituts, Leipzig, 1901, pp. 14 und 46—50.
Puchner. Wollny's-Forschungen, Bd. XII, 1889; Inaugur.-Dissert. Leipzig, 1889.
Rohlandt, P. Die Tone. Hartlebens Verlag, 1909.
Schloesing, Th. Comptes rendus, 78, 1438—1442, 1874.
Schübler. Grundsätze der Agrikulturchemie, 2. Aufl., Leipzig, 1838.
Земятченский. Каолинитовые глины южной России.
Sernander, R. Geolog. Fören Förhandl. 27, 42, 1905.
Vogt, G. La composition des argiles.—Bull. de la Soc. d'encouragement, 1897, p. 638.
Völcker. Neue Möglinsche Annal. d. Landwirtschaft, Bd. IV.
Wiley. Agrigult. Analys. Vol. I. Soils. Road material laboratory of the U. S. Depart. of Agric., 1906, p. 117—123.

## Водные свойства почвы

Вопросы о поступлении, передвижении и накоплении влаги в поверхностных горизонтах земной коры представляют особый интерес для почвоведа, так как с этими вопросами тесно связаны и вопросы о накоплении, перемещении и вымывании органических веществ и различных солей, являющихся продуктами почвообразовательных процессов. Связать картину строения почвы с режимом почвенных и грунтовых вод—значит во многом уяснить процесс почвообразования.

Количество воды, которое заключается в любой данный момент в почве, находится в зависимости от целого ряда разнообразных влияний как со стороны внешних условий, так и со стороны характера самой почвы.

Температура воздуха, его влажность, количество атмосферных осадков, давление и движение атмосферы, температура различных слоев почвы, упругость водяных паров почвенного воздуха, механический состав почвы, структура, вид поверхности, отношение к странам света, наклон к горизонту, характер наружного покрова—вот целая серия причин, способствующих установлению в массе почвы определенных условий влажности.

Влага, заключающаяся в различных горизонтах почвы, может образоваться: 1) путем просачивания с поверхности в глубину атмосферных осадков; 2) поглощением воды в силу гигроскопичности почв (молекулярная конденсация); 3) путем конденсации в порах почвы водяных паров (термическая конденсация) и 4) при помощи поднятия в почву грунтовой воды.

Идея о питании грунтовых, а вместе с тем и почвенных вод атмосферными осадками высказана была еще римлянином Марком Витрувием Поллием, имя которого, однако, было надолго забыто, так что через полторы слишком тысячи лет та же идея явилась, в качестве нового самостоятельного открытия, в работах Бернарда Палисси и Фоссилиуса. Более детальную разработку она получила в трудах Мариотта, после чего большинство ученых приняло выводы последнего, как доказанную теорию. Не останавливаясь на ряде гипотез классической древности (Кейльгак), а также на тех возражениях, которые делались Мариотту его современниками, мы отметим лишь, что одновременно с теорией просачивания воды развивается и теория сгущения водяных паров. Древнейшие защитники этой теории полагали, что в земные глубины по трещинам попадает морская вода, где она превращается в пары. Эти пары затем попадают в поверхностные горизонты земной коры и, сгущаясь здесь, дают начало грунтовым водам (Кюн, 1746 г.).

В XIX столетии теория сгущения получает иное обоснование, благодаря Фольгеру. Последний, основываясь на различных наблюдениях как своих, так и чужих, и на некоторых теоретических соображениях, пришел к заключению, что атмосферные воды, даже при больших дождях, не глубоко проникают в почву, где перехватываются растениями, которые возвращают их в атмосферу; таким образом, атмосферные осадки не могут служить источником питания грунтовой воды. Если бы просачивание вглубь земли больших количеств атмосферных осадков имело место, то тогда ни в реках, ни в озерах, ни даже в морях не могла бы удержаться вода—она уходила бы в земные глубины. Существование тоннелей и рудников под водными бассейнами подтверждает соображение о невозможности просачивания поверхностной воды на сколько-нибудь значительные глубины.

Опираясь на данные Шюблера и некоторых других исследователей, утверждающие, что испарение с поверхности земли, особенно покрытой растениями, больше, чем сумма получаемых этой поверхностью осадков, Фольгер совершенно отрицает участие атмосферных осадков в образовании грунтовых вод. Очевидно, должен существовать какой-то другой источник влаги, питающей грунтовые воды, и этим источником Фольгер считает водяные пары воздуха, которые, проникая внутрь почвы, сгущаются там, где почва имеет невысокую температуру.

Последователи Фольгера, в лице Мора, Зонтага и Ярца, развивали, главным образом, отрицательную сторону вопроса, как и сам Фольгер, т. е. старались доказать невозможность просачивания атмосферных вод в глубину земли. С этой целью они ставили опыты над просачиванием воды сквозь различные почвы, помещенные в широких трубках, поставленных вертикально. Они же изучали вопрос и о скорости горизонтального передвижения воды, а также и вопрос о влиянии заиливания почвы (песка) на скорость вертикальной фильтрации влаги.

Вопросы о возможности конденсации в почве водяных паров (положительная сторона вопроса) хотя и изучались упомянутыми исследователями, однако, результаты их опытов мало убедительны.

Как бы ни относиться к теории конденсации водяных паров в почве, следует отметить, что как соображения Фольгера, так и опыты его последователей, констатирующие будто бы невозможность просачивания на значительные глубины капельно-жидкой влаги, в сущности, ничего не доказывают. Во всех этих работах речь идет о просачивании воды, видимой глазом, или, как выражается René d'Andrimont, воды в капиллярном состоянии. Но вода может передвигаться и в недоступной глазу форме, в так называемом пленочном или молекулярном состоянии, о чем мы будем говорить подробнее несколько дальше.

Самая теория конденсации почвой водяных паров, в том виде, как она была высказана Фольгером и его последователями, подверглась критике со стороны Ганна, отметившего: 1) что скрытая теплота парообразования, которая выделяется при конденсации, должна в такой степени нагревать почву, что дальнейшая конденсация прекратится; 2) что для получения заметных количеств воды путем конденсации необходимо, чтобы через почву процирку лировал большой объем воздуха (до 2000 куб. метр. через площадь 1 квадр. метра), а между тем трудно представить себе такую силу, которая бы приводила в движение такие массы воздуха; 3) что, наконец, в атмосфере нет такого большого количества паров, и что во всем столбе воздуха высотой в 1000 м. и с основанием в 1 кв. метр содержится воды, могущей конденсироваться при 10° Ц., не больше 0,5 мм. на 1 кв. метр поверхности. Выводы Ганна, в некоторой их части, вызвали возражения со стороны Зонтага и Ярца, но эти возражения не уничтожили положений Ганна, который дополнил их позже некоторыми новыми соображениями.

Кроме Ганна, критически отнеслись к теории Фольгера Лицнар и Вольни, на возражениях которых мы останавливаться не будем. Отметим, что критика Ганна и Вольни оказала сильное влияние на дальнейшее развитие теории Фольгера, которая на время казалась похороненной. Попытки воскресить эту теорию появляются в конце 80-х и в 90-х годах в работах русских исследователей.

Близнин, производя наблюдения на Елисаветградской метеорологической станции, пришел к заключению, что жидкая влага

не проникает в почву глубже 1 метра в течение целого года, что влажность почвы находится в зависимости от почвенной температуры и что необходимо допустить передвижение парообразной влаги в поверхностных горизонтах земной коры. Тот же наблюдатель организовал опыты с целью проверки своих выводов. Он устанавливал лизиметры, в виде широких железных труб длиною в 1,53 м., наполнял их той же почвой, в которую они врывались, и помещал под ними железные чашки, служившие для собирания воды. В центре лизиметров помещались тонкие трубки для наблюдения за скоплением воды в чашках. Четырехлетние наблюдения показали, что даже в периоды выпадения значительного количества осадков вода в лизиметрах не накоплялась. Эти опыты, в связи с наблюдениями над температурой и влажностью почвы, привели Близнина к следующим заключениям: „вода наших осадков в жидком виде проникает в почву только на глубину около 1 метра, в газообразном же состоянии перемещается и во всем слое в 150 сантим., и, вероятно, во всех глубже лежащих, ненасыщенных водою слоях. Перемещение газообразной воды происходит под влиянием почвенного тепла и преимущественно в зависимости от разности температур почвенных слоев".

Как можно видеть из работ Близнина, его отрицание просачивания атмосферных вод на значительную глубину и его заключение о циркуляции парообразной влаги более или менее однородны с такими же соображениями Фольгера и, следовательно, к его выводам отчасти приложимы и те возражения, которые делались Фольгеру, Зонтагу и Ярцу. Конденсация водяных паров в почве Близниным не была доказана и не было сделано попыток изучить опытным путем именно это явление.

Таковы же, в общем, и опыты Головкинского, произведенные в Крыму, на горе Кастель. На краю обрыва, сложенного из песчаноглинистых продуктов выветривания трахита, исследователь врыл два широких цинковых лизиметра, из коих один имел в длину 2 арш. 2 верш., а другой—1 арш. 1 верш. Сбоку под лизиметры были подведены горизонтальные ходы, в которых помещались сосуды для собирания воды. Лизиметры наполнены были одинаковой почвенной массой, подостланной небольшим количеством галечника. Позже Головкинский врыл еще 2 лизиметра: в 4 аршина и 1 арш. длиною, при чем над последним был устроен каменный купол, защищавший от дождя и росы. Вместе с наблюдением над количествами просачивавшейся сквозь лизиметры воды велись и наблюдения над количеством осадков и температурой воздуха и почвы. Головкинский пришел к выводу, что „в целом и общем оказывается явная связь с отношением температур и количеством осадков (в почве); когда температура почвы выше температуры воздуха, осадков в почве нет". Если же имеются обратные отношения, осадки появляются, при чем в более глубоком слое получается гораздо больше влаги, чем в верхнем. Интересно также, что после быстрого поднятия температуры воздуха (на 2—3°) наблюдалось заметное увеличение осадков в лизиметре, защищенном от дождя.

Из цифр исследователя, однако, едва ли можно сделать вывод, что осадки появляются в почве, когда ее температура ниже температуры воздуха; в целом ряде случаев имеются как раз обратные отношения. То обстоятельство, что в длинном лизиметре получается больше воды, чем в коротком, может быть истолковано и не в смысле конденсации здесь водяных паров. Дело в том, что длинные трубки, как это было показано на опыте Лебедевым, задерживают меньше воды, чем более короткие.

Не останавливаясь на работах Широких, Баракова и др., отметим еще наблюдения Зибольда, произведенные в окрестностях Феодосии в Крыму. Исследователь нашел в прилегающих к городу горах громадные каменные кучи, объемом от 1250 до 2900 куб. метров, сложенные известняковым щебнем. Эти кучи на первый взгляд производят впечатление природных образований, но раскопки их оснований привели Зибольда к заключению, что это искусственные гидротехнические сооружения, так как он нашел дренажные трубы, по которым вода из куч поступала в городские цистерны. Таким образом, по мнению исследователя, кучи служили для сгущения водяных паров и превращения их в капельно-жидкую влагу. Исследователь полагает, что свою функцию конденсаторов описанные кучи исполняли в теплое время года (с апреля по сентябрь включительно), когда, с одной стороны, температура и абсолютная влажность воздуха достигали максимальных величин, а с другой—разница между температурой внешнего воздуха и температурой внутри насыпных куч становилась наибольшей.

Чтобы проверить свои заключения, Зибольд решил устроить искусственную кучу конденсатор в виде усеченного конуса с нижним диаметром в 20 м., верхним—в 8 м., высотой в 6 м. и объемом в 115 куб. саж. Вопрос об этом конденсаторе подвергался обсуждению в особой комиссии 2-го метеорологического съезда при Академии Наук в 1909 г. Комиссия, признав конденсацию паров воды почвой вполне вероятной, высказалась, однако, в том смысле, что количественная сторона этого процесса едва ли может быть значительна. Комиссия базировалась в данном случае на выводах Сперанского, который, как и Ганн, считал, что повышение температуры почвы при конденсации должно, в конце концов, остановить таковую[1]). Тем не менее, принимая, что теоретически очень трудно определить количество конденсируемой влаги, комиссия признала опыт весьма желательным. Дальнейшая история этого опыта пока неизвестна.

В последние годы вопросом о конденсации водяных паров почвой занимался Лебедев, пошедший в изучении этого вопроса несколько иным путем, чем предыдущие исследователи. Считая, что вопрос о сгущении в почве водяных паров сводится к вопросу о величинах упругости водяного пара в атмосфере и в почве, Лебедев приступил к изучению этих последних величин. С помощью особо конструированных гигрографа и термографа он определял на различных глубинах почвы относительную влажность почвенного воздуха и температуры почвы. Упругость пара находилась затем по обыкновенным психрометрическим таблицам.

Резюмируя свои наблюдения в природе и в искусственной обстановке, Лебедев указывает, что „если в почве содержится воды меньше, чем это соответствует максимальной гигроскопичности данной почвы, то относительная влажность воздуха в такой почве становится меньше 100 (в противном случае она всегда равна 100%). Чем суше почва, тем меньше относительная влажность ее воздуха. При одной и той же влажности почвы относительная влажность воздуха в почве увеличивается с увеличением температуры почвы, и наоборот".

Так как, при значительном нагревании земной поверхности в летние и, частью, весенние и осенние периоды упругость водяных паров в верхнем горизонте почвы несравненно выше упругости паров в атмосфере,

[1]) Это положение встречало, однако, возражения в том смысле, что теплота могла теряться лучеиспусканием, часть ее могла тратиться на биологические и химические процессы (Зонтаг, Ярц).

то ясно, что днем никакой конденсации почвой водяных паров не может быть, но зато ночью, когда устанавливается обратное соотношение, водяные пары из атмосферы переходят в почву, где и конденсируются. Лебедев полагает, что число дней (ночей) в году, когда такая конденсация возможна, достигает 200 для Одессы, где он вел свои наблюдения.

Для выяснения количественной стороны процесса конденсации Лебедев ставил следующие опыты. В небольшие стаканчики (объем около 30 куб. см., высота около 5 см., диаметр 27—28 мм.) насыпалась почва, влажность которой была больше максимальной гигроскопичности (5,12%) на 4—5%. После захода солнца стаканчики, стоявшие уже несколько часов на открытом воздухе в почве, так что температура насыпанной в них земли была равна температуре почвы, быстро взвешивались и ставились обратно в почву. Уровень почвы и земли в стаканчиках был один и тот же. Погода выбиралась „тихая, ясная, когда ночью нельзя было ожидать дождя, тумана или росы". Рано утром, через 1/2—3/4 часа после восхода солнца, стаканчики вынимались из почвы, немедленно закрывались притертыми пробками и взвешивались.

При помощи этого метода, точность которого едва ли может считаться особенно большой, Лебедев определил величины поглощаемой влаги от 0,12 до 0,62 мм. Средняя из 15 двойных определений—0,34 мм. Таким образом, если принять, согласно с Лебедевым, что почва Одессы конденсирует 200 раз в году, то величина конденсируемой влаги за год определится в 68 мм., что составит 1/6 часть годового количества атмосферных осадков в данной местности[1]).

Кроме конденсации водяных паров, гигроскопичность почвы может тоже служить причиной передачи паров воды в более глубокие горизонты почвы. При нагревании верхних горизонтов почвы упругость паров гигроскопической воды увеличивается и пары начинают переходить частью в воздух, частью в нижележащие, еще не нагревшиеся слои почвы (Сперанский), о чем будет речь еще далее.

Вода, попавшая в почву из атмосферных осадков или при помощи конденсации водяных паров, отчасти опять уходит в атмосферу, испаряется. Какова величина испарения и в каком отношении она стоит к величинам поступления воды в почву, мы до сих пор не знаем, так как эвапорометры не дают действительной величины испарения.

Интенсивность испарения находится в зависимости, главным образом, от условий климата, но не исключительно. Работами Шюблера, Несслера, Вагнера, Шле и др. выяснено, что причины, управляющие испарением почвенной воды, могут быть разнесены по трем категориям: 1) влияние метеорологических факторов, 2) влияние химических и физических свойств поверхностной породы и 3) влияние условий залегания породы (положение по отношению к странам света, угол падения склона и пр.).

Из факторов первой категории (метеорологических) особенное значение имеют температура и ветер. Понятно, что чем выше темпе-

---

[1]) Мы не останавливаемся над даными Лебедева относительно водоносности прибрежных дюн у Анапы, данными, которые, по его мнению, способны подтвердить происхождение грунтовых вод помощью конденсации водяных паров. Вопрос о таких пресных водах приморских дюн имеет уже историю в бельгийской литературе и может решаться и иным путем. См. René d'Andrimont. Bull. de la Soc. belge de géologie etc. T. XIX, 1905; Ann. de la Soc. géolog. de Belgique XXXII, 1905 t. XXXIII, 1906 и др. работы того же автора, а также K. Penninк'a. Over de beweging van grondwater. De Ingenieur, № 30, 1905.

ратура, тем интенсивнее испарение; в европейской части СССР, как показывают наблюдения, собранные и обработанные Гейнцем, интенсивность испарения повышается по мере движения с СЗ на ЮВ. т. е. в том же направлении, в котором возрастает средняя годовая температура. Влияние ветра на испарение обусловливается как его силой, так и влажностью; чем сильнее и суше ветер, тем больше испарение.

Разъяснением влияний со стороны физических и химических свойств самой породы занимались многие исследователи. Твердая земная поверхность, находясь во влажном состоянии, испаряет сильнее, чем открытая водная поверхность. Если поверхностная порода насыщена водой вполне, то на количество испаряющейся воды не оказывает почти никакого влияния физическое строение породы. Происходящие путем испарения потери влаги пополняются поднятием воды из более глубоких слоев, и такое поднятие продолжается до тех пор, пока количество влаги в почве превышает половину ее полной влагоемкости; если же влажность падает ниже этого предела, то поднятие воды останавливается, следствием чего является высыхание поверхности, и таким образом испаряющий слой понижается и уходит тем глубже, чем меньше воды содержала первоначально почва и чем скорее шло высыхание поверхностных ее горизонтов. Благодаря высыханию дневных горизонтов уменьшается прямое влияние внешних факторов испарения (инсоляция, ветер), вследствие чего испарение сильно понижается. В этом случае фактором испарения является нагретый воздух, движущийся в системах пор почвы. Чем мощнее высохший слой и чем глубже, в силу этого, опустился горизонт испарения, тем более ослабляется последнее.

Величина испарения, при прочих равных условиях, зависит от размеров испаряющей поверхности: чем больше последняя, тем значительнее потеря воды в атмосферу. На этом основании волнистые и шероховатые поверхности испаряют больше воды, чем плоские и гладкие. На величину испарения влияют затем как механический состав породы, так и структурные ее особенности. При однородной структуре тонкость частиц, до известных пределов, оказывает способствующее испарению влияние. Плотные породы, обладающие большей капиллярностью и сильнее нагревающиеся, испаряют больше воды, чем рыхлые.

Интенсивность испарения зависит также и от цвета почвы. Воды испаряется тем больше, чем темнее окраска почвы, при чем цвета, в порядке ослабевающего испарения, располагаются так: черный, серый, бурый, желтый, красный, белый. Если почвы потеряли путем испарения значительные количества воды, то устанавливается обратная последовательность для различных цветов, так как тогда начинает сказываться влияние степени и глубины усыхания поверхностных горизонтов.

Соли, находящиеся в почве, оказывают несколько угнетающее влияние на испарение только в том случае, если они находятся в значительных количествах. В этом случае, по мнению Briggs'a, влияет разрыхление верхнего горизонта почвы, благодаря кристаллизации в нем солей.

Очень большое значение в вопросах испарения имеет характер поверхностного покрова. Поверхность, покрытая живой растительностью, испаряет наибольшее, поверхность с мертвым покровом—наименьшее, а голая поверхность — среднее между ними количество воды[1]).

[1]) Вопрос о влиянии леса на испарение и накопление влаги будет рассмотрен особо.

Различные по составу почвы испаряют, при прочих равных условиях, неодинаковое количество влаги: так, например, торф испаряет наибольшее количество воды, песок наименьшее, а глина занимает среднее между двумя первыми породами положение.

Наконец, следует ответить еще на вопрос о влиянии положения склона на величину испарения. Этому вопросу особенно много внимания посвящают работы Эзера и Вольни, хотя его касались, в большей или меньшей степени, и другие исследователи (Шюблер, Шумахер, Лоренц). Из опытов Эзера явствует, что больше всего испаряется за год воды с южных склонов, затем идут склоны восточные, западные и, наконец, северные, и что если угол падения склона увеличивается, то вместе с тем возрастает разница между величиной испарения северных и южных склонов, а также, соответственно, восточных и западных, ибо с возрастанием углов падения повышается испарение на южном и восточном склонах и понижается—на северном и западном. Вычисляя, вместе с тем величину инсоляции в течение года на различных склонах и под различными углами падения, Эзер приходит к выводу, что величина испарения стоит в прямом отношении с величиной инсоляции. К заключениям автора следовало бы добавить влияние силы, направления и влажности ветров.

Прежде чем подойти к вопросу о передвижении воды в почвах, остановимся на рассмотрении тех взглядов, которые высказывались разными исследователями о формах, в каких вода находится в почве. Последний вопрос достаточно сложный и трудный и общепринятого его разрешения не имеется.

Так, Коссович, рассуждая о том, как размещается вода в увлажненной высокой почвенной колонне, состоящей из однородного материала, приходит к заключению, что в нижней части колонны все поры заполнены водой, и почва задерживает здесь максимальное количество воды, какое она вообще способна удержать (наибольшая влагоемкость). Выше этого слоя не все уже поры заполнены водой, а только наиболее мелкие (относительная влагоемкость), а еще выше содержится вода, которая не находится в непрерывной связи с водой нижних слоев, а представлена отдельными отрывками (наименьшая влагоемкость).

Рене д'Андримон различает воду капиллярную, пленочную и микропоровую[1]). Капиллярная вода видима глазом, пленочная же, представленная тонкими оболочками, окружающими частицы почвы, невидима. Тем не менее она способна передвигаться в капельно-жидком состоянии и даже передвигать в растворе соли. Передвижение пленочной влаги доказывается следующим опытом De-Heen: берут цилиндрическую стеклянную трубку, согнутую в нижнем конце U-образно и оттянутую в узкую трубочку, через которую выходит воздух. В нижнюю часть трубки помещается небольшой слой песка, выше которого насыпается значительный слой сухого глинистого порошка. Если на поверхность последнего налить некоторое количество воды, то она смочит в видимой для глаза форме только верхний слой глинистого порошка, остальная же часть его останется на вид сухой. Через некоторое время, однако, в песке появляется видимая вода. Таким образом, значительная часть глинистой колонны была пройдена водой незаметно для наблюдателя. Рене д'Андримон считал, что вода передавалась в глинистом порошке от более тол-

[1]) Точнее он говорит о следующих состояниях: „état capillaire", „état intermediaire" (относительная влагоемкость Коссовича), „état pelliculaire" (плеиочная) и „état appareиent sec".

стых к более тонким пленкам. Позже, однако, отвечая на сделанные ему возражения, Рене д'Андримон говорил, что пленочное состояние только façon de parler для характеристики воды, которая отличается от воды, заполняющей все пустоты песка.

Раманн (в 1911 г.) различал в почве:

1) гигроскопическую воду, связанную сильным притяжением поверхности почвенных частиц. Количество ее находится в зависимости от температуры и упругости водяных паров воздуха;

2) капиллярную воду;

3) прочно связанную (Haftwasser), удерживаемую притяжением (абсорбцией) почвенных частиц и находящуюся под влиянием сил, превышающих силу земного притяжения и

4. опускающуюся воду (Senkwasser), которая повинуется силе тяжести и может просачиваться. Американцы называют эту воду гравитационной. Ее количество в почве меняется в зависимости от времени, прошедшего с момента выпадения осадков, величины почвенных зерен, способа их расположения и содержания коллоидов.

Не останавливаясь на работе Versluys (1916 г.), переходим к интересным исследованиям George Bouyoucos, применившего физико-химические методы для изучения почвенной воды. Изучая прежде всего депрессии точек замерзания почвенной воды, исследователь пришел к заключению, что вода существует в почвах в следующих состояниях:

Гравитационной
Свободной
Несвободной { капиллярно поглощенной
связанной (combined) { вода гидратов
вода твердых растворов.

Свободная вода это та, которая легко замерзает при переохлаждении почвы до —1,5°Ц.; капиллярно поглощенная вода замерзает в промежутке между —1,5° и —78°Ц. и связанная вода не замерзает даже при температуре—78.

Определяя с помощью дилатометра расширение объема при разных температурах замерзания и зная коэффициент расширения воды, можно вычислить количество воды в почве, соответствующее каждому из упомянутых состояний.

Лебедев в своей новейшей работе (1919 г.) допускает три состояния воды, а именно:

1) гигроскопическая вода, которая, согласно теории Родевальда, соответствует тому состоянию увлажнения, когда частицы почвы окружены водяной пленкой, состоящей из одного ряда молекул;

2) молекулярная вода, представляющая то дополнительное количество влаги, которое, сверх гигроскопической воды, может быть удержано частицами почвы с помощью молекулярных сил, и

3) гравитационная вода, подчиненная действию силы тяжести; позже он отметил деление гравит. воды на а) капиллярную, б) подвешенную и в) в состоянии падения.

Если в почве содержится воды не более того количества, которое отвечает максимальной гигроскопичности почвы, то эта вода в жидком виде передвигаться не способна; она движется лишь в парообразном состоянии. Такое заключение делается на основании следующего опыта. Если в парафинированную внутри стеклянную пробирку поместить две порции почвы с разной влажностью, не превышающей, однако, максимальной гигроскопичности данной почвы, и эти

две порции изолировать друг от друга при помощи нараффинированных металлических сеток, то капельножидкая влага из одной порции в другую перейти не может, так как сетки не смачиваются водой. Однако, наблюдения показывают, что обмен водой между порциями разной влажности идет, и этот обмен нужно поставить за счет перемещения водяных паров из более влажной почвы в менее влажную.

Что касается молекулярной воды, то она удерживается теми же силами, что и гигроскопическая, но уже несколько слабее. Эта вода передвигается уже в жидкой форме от более влажных участков почвы к менее влажным, независимо от того, приходится ли ей двигаться сверху вниз или снизу вверх.

Для того, чтобы определить количество этой воды, Лебедев пользуется различными методами. Так, например, если взять вертикальную песчаную колонну, помещенную в цилиндрической стеклянной трубке и имеющую высоту в 200 см., и увлажнив ее водой в избытке, дождаться, когда вода стечет, то в верхней части колонны окажется 1,95% воды. Это количество слагается из гигроскопической воды, которой в данном песке имеется 0,33%, и воды молекулярной. Таким образом, в пределах между 1,95 и 0,33% (первую величину Лебедев называет максимальной смачиваемостью) жидкая вода передвигается в песке под влиянием молекулярных сил. Можно получить приблизительно такие же результаты, если влажный песок подвергнуть центрофугированию при 2000 оборотах центрофуги в минуту. Такой прием был рекомендован еще в 1908 г. Бриггсом и Мак-Леном.

Количество воды, которое может быть удержано почвой с помощью молекулярных сил, Лебедев называет наибольшей молекулярной влагоемкостью. Это, повидимому, почти то же, что Коссович называл наименьшей влагоемкостью. Как мы видели выше, для песка эта величина колеблется около 2%, у почв же суглинистых и глинистых она может достигать 15% и более. Отсюда ясно, что то количество воды, которым у глины измеряется наименьшая влагоемкость, для песка может быть больше, чем наибольшая его влагоемкость. Поэтому, если песок будет подстилать глину, содержащую воду в количестве, отвечающем ее наименьшей влагоемкости, то, переходя в сухой песок, эта вода увлажнит его в такой степени, что песок сделается мокрым, т. е. все промежутки между зернами песка будут заполнены водой (сравни опыт De-Heen'a). Такого рода явления нередко наблюдаются и в природе, если в глине встречаются прожилки или гнезда песка или вообще более грубозернистого материала.

Если почва содержит большее количество воды, чем то, которое соответствует ее наибольшей молекулярной влагоемкости, то это количество воды движется сверху вниз под влиянием силы тяжести, а потому такая вода называется гравитационной.

Если взять трубки разной длины и, наполнив их песком, пропускать сквозь них воду, а затем прекратить ток воды и, поставив трубки вертикально, дать избытку воды стечь, то в трубках устанавливается определенное равновесие, а именно: нижние части песчаных колонн (0—20 или 0—30 см., в зависимости от величины зерна песка) имеют большую влажность, не достигающую, однако, у высоких колонн величины полной или наибольшей влагоемкости. Выше идет переходная зона со значительно меньшим количеством воды, а над ней количество влаги на значительном протяжении сохраняется более или менее постоянным, отвечающим величине максимальной смачиваемости. Влажность нижних горизонтов песка остается довольно

постоянной (14—16%), независимо от длины (1, 2, 3 метра). Лебедев отмечает, что „большая влажность нижней зоны высоких песчаных колонн обусловливается поверхностным давлением водяной пленки, образующейся на нижней поверхности песка, и удерживающей столб воды, высота которого равна высоте капиллярного поднятия воды в той же породе“[1]).

Если вместо песка взять лесс, то, в общем, получится та же картина, но опыт протекает очень медленно, и в трубках до 3 метр. длины нельзя еще получить верхней зоны постоянной влажности; для этого нужны более высокие трубки. В трехметровых трубках нижняя зона имеет влажность 34,52%, а верхняя—26,50% (на высоте 290 см. влажность была 21,41%).

Если к песчаной колонне высотой в 10 см., в которой установилось равновесие, прилить сверху некоторое количество воды, то такое же количество воды немедленно вытечет из трубки. В этом случае не происходит, однако, стекания прилитой воды, а последняя нарушает лишь равновесие, передавая давление нижним слоям, которые и отдают свою воду. Это доказывается тем, что прибавленный к приливаемой воде LiCl остается на поверхности песка колонны.

Повторив такой же опыт с колонной в 2 метра, Лебедев заметил, что в этом случае стекание прилитой воды началось лишь через 17 час. 50 мин., при чем прилитая вода прошла всю верхнюю зону и, лишь дойдя до переходной зоны, стала передавать дальше давление. В этом можно было убедиться, прибавив к воде LiCl, присутствие которого было затем обнаружено во всей верхней зоне постоянной влажности, тогда как в переходной и нижней зонах его не оказалось.

Из опытов Лебедева выяснилось также, что общее количество воды, задерживаемое высокими колоннами песка, меньше, чем то, которое задерживают менее высокие колонны. Так, колонна высотой в 50 см. задерживает 107,71 — 113,15 куб. см. воды, а колонна в 30 см.—125,67—127,78 куб. см. Таким образом, если приготовить две колонны сухого песка—одну в 30, а другую в 50 см. (разумеется, одинакового диаметра) и налить на обе по 120 куб. см. воды, то из колонны в 30 см. вода не вытечет, а из колонны в 50 см. вытечет. Этим можно объяснить, почему в опытах Головкинского (см. выше) из длинного лизиметра вытекало больше воды, чем из короткого. Аналогичные явления установлены многолетними наблюдениями Ротэмстедской опытной станции (Англия) и наблюдениями Вельбеля на Плотянской опытной станции.

Переходя от экспериментальных исследований к явлениям, наблюдающимся в природе, остановимся прежде всего на циркуляции в почве парообразной влаги.

Из данных Лебедева выясняется, что в почве существуют как суточные, так и сезонные передвижения влаги в парообразном состоянии. Эти передвижения зависят от изменения упругости водяных паров на разных глубинах.

Первые, т. е. суточные, передвижения совершаются в поверхностных горизонтах почвы, а сезонные распространяются на всю ее толщу. В течение лета на глубине 20 см. упругость водяного пара почти всегда ниже, чем на глубине 10 см., откуда следует, что парообразная влага, дошедшая до глубины 20 см., уже не может возвратиться в верхние горизонты почвы. Таким образом, поверхностный горизонт

[1]) Аналогичные опыты см. у Вольни, Кинга, Рене д'Андрнмои.

почвы является местом, где происходит и термическая, и молекулярная конденсация водяных паров.

Что касается сезонных передвижений парообразной влаги, то здесь дело обстоит таким образом: летом вода из корнеобитаемого слоя должна передвигаться как в атмосферу, так и вглубь грунта. Весной и осенью, когда упругость водяных паров на различных глубинах почвы выравнивается, передвижение паров идет очень слабо. Зимой водяные пары движутся из глубоких горизонтов почвы в поверхностные.

В слое с постоянной годовой температурой летом, по мнению Лебедева, должно происходить образование жидких вод насчет водяных паров, текущих к этому слою сверху и снизу. „Эти воды могут питать грунтовые воды верхнего горизонта полностью или отчасти, в зависимости от климата и геологических особенностей районов".

Передвижение молекулярной влаги в природе играет очень большую роль, при чем такое передвижение совершается очень медленно, и так как оно идет от более влажных слоев к менее влажным, то может направляться как сверху вниз, так и снизу вверх.

В однородном грунте, влажность которого не превышает величины максимальной молекулярной влагоемкости, гидростатическое давление, возникающее при увлажнении этого грунта сверху, не передается через слои, имеющие указанную влажность. Если же влажность грунта больше величины максимальной молекулярной влагоемкости, то гидростатическое давление передается из одних слоев в другие.

В силу сказанного, если в однородном грунте установилось равновесие, то увлажнение поверхностных горизонтов вызовет прежде всего просачивание воды до того слоя, влажность которого выше максимальной молекулярной влагоемкости, после чего и ниже этого слоя равновесие нарушится.

Вода гравитационная в природе может быть наблюдаема, повидимому, в заметных количествах преимущественно в верхних горизонтах почвы. На некоторой глубине, зависящей от механического состава почвы, она переходит в воду молекулярную. Даже при неглубоко стоящей грунтовой воде и при хорошо проницаемых для воды грунтах можно найти на некоторой глубине слой, который имеет в течение года почти постоянную и притом невысокую влажность.

Так, например, в супесчаной подзолистой почве Лесного Института, где, по данным Любославского, за 15 лет уровень грунтовой воды, в среднем за год, находился на расстоянии 141 см. от поверхности (наивысшее стояние в мае 1903 г.—84,2 см., наинизшее—в марте 1902 г.), на глубине 60 см. имеется слой почвы, сохраняющий в течение года почти одинаковую влажность, в среднем равняющуюся 4,32%. Повидимому, эта влажность немногим отличается от величины максимальной молекулярной влагоемкости. И это наблюдается, несмотря на достаточное количество атмосферных осадков и благоприятные условия для просачивания влаги.

При меньших количествах осадков, большей глубине уровня грунтовых вод и меньшей водопроницаемости почвы горизонт постоянной в течение года влажности должен быть мощнее. И действительно, исследования Высоцкого в Велико-Анадоле показывают, что там глубже 4 м., на протяжении почти десятка метров влажность (15—16%) держится более или менее постоянной круглый год. Приведенная величина влажности для суглинистого грунта, повидимому, также не очень далека от максимальной молекулярной влагоемкости.

Перейдем теперь к более детальному обсуждению вопросов о влагоемкости почвы, ее водоподъемной способности и водопроницаемости.

Величины наибольшей влагоемкости зависят прежде всего от механического состава почвы, как это можно видеть из следующих данных Вольни

| Размер зерен в мм | Величина влагоемкости объемной в % | весовой в % |
|---|---|---|
| 0,010—0,071 | 44,90 | 32,05 |
| 0,071—0,114 | 44,46 | 32,05 |
| 0,114—0,171 | 42,30 | 28,87 |
| 0,171—0,250 | 10,20 | 25,99 |
| 0,250—0,500 | 38,60 | 24,67 |
| 0 5 —1 0 | 37,10 | 22 95 |

Присутствие в почвах коллоидных частиц (напр , гумуса) сказывается резко на величине влагоемкости. Из работы Качинского заимствуем следующие цифры для подзолистого суглинка Московской губ

| Генетич подгориз и глубина | Полная (весовая) влагоемк абсол. сухой почвы |
|---|---|
| $A_1$ (0—10 см — гумусов) | 63,7% |
| $A_1$—$A_2$ (10 - 18 см) | 34,1 |
| $B_1$ (36—46 см) | 24,6 |
| $B_2$ (65—75 см) | 19,8 |

Для наименьшей влагоемкости (максимальной молекулярной) значение механического состава, в частности количеств суспензий и коллоидов, еще более заметно, так как велнчина поверхности частиц очень сильно возрастает по мере уменьшения их размеров

Влагоемкость почвы понижается при повышении температуры (Ульрих) у почв, небогатых гумусом, у гумусных же наблюдается обратное явление О величинах этих изменений можно судить по следующим данным

| Вид почвы | Количество удержанной воды в % от воздушно-сухой почвы 0° | 10° | 20° | 30° |
|---|---|---|---|---|
| Суглинок | 46,75 | 45,93 | 45,18 | 44,62 |
| Супесь | 25,15 | 24,65 | 23,93 | 23,34 |
| Гумусов почва | 47,50 | 18,51 | 19,90 | 50,53 |

Замерзание понижает влагоемкость почвы (Сакс, Габерландт), при чем это явление имеет преходящий характер для гех почв, которые легко могут быть превращены в рассыпчатую массу (грубо зернистые, богатые песком), и длительный характер для почв, склонных к образованию комочков (тонкозернистые, глинистые)

Содержание солеи в почвах также оказывает влияние на величину влагоемкости (весовой) По данным Ульриха, гидраты и углесоли щелочей понижают влагоемкость, нитраты, хлориды и едкая известь повышают ее, а сернокислые соли не обнаруживают заметного деиствия

Наконец, влагоемкость почвы изменяется под влиянием сотрясения (Пухнер), что следует иметь в виду при определениях влагоемкости

Вопрос о водоподъемной способности почв не может считаться освещенным до конца. Нам неизвестно, например, до какой предельной высоты может подниматься вода в грунте и почве, так как большинство опытов ограничивалось колоннами почвы в 1, 2 и не более 3 метров. Так, в одном опыте Коссовича с южно-русским лессом выяснилось, что в течение года вода поднялась на высоту несколько более сажени; из опытов Лебедева можно сделать заключение, что вода в лессе может подниматься до 3 метров, но является ли эта высота предельной, неизвестно. Коссович полагал, что в плотных мелкозернистых почвах вода может подняться, хотя и очень медленно, до 3 сажен. Некоторые наблюдения говорят, что в черноземной полосе недренированные районы, имеющие воду на глубине 5—6 метр., никогда не страдают от засухи. Если эти наблюдения правильны, то можно думать, что на такую высоту вода действительно может подниматься, и притом в количествах, достаточных для поддержания жизни растений. Можно думать, что пока наша степь не была так изрезана оврагами, как это наблюдается теперь, грунтовые воды ее стояли значительно выше и давали достаточное количество влаги для питания степной растительности, даже в годы, небогатые атмосферными осадками. Коссович вычисляет, что для доставления десятине овса достаточного количества воды для суточного производства 2,5 пуд. сухого вещества, на десятину в сутки нужен слой воды в 1,5 мм. Из опытов Кинга видно, что, при нахождении воды на глубине 1,2 м., она подается к поверхности почвы за сутки в количестве 4,5 мм. Насколько уменьшится это количество при понижении уровня грунтовой воды на 2,3 и более метров, теоретически вычислить нельзя, а опытных данных в этом направлении пока нет. Необходимо при этом иметь в виду, что не вся вода, поднимающаяся к поверхности, доступна для растений. Обычно считают, что растения не могут использовать воду, количество которой равно двойной максимальной гигроскопичности почвы (Богданов).

Высота и скорость поднятия воды зависят в значительной степени от механического состава почвы. В почвах крупнозернистых вода вначале поднимается скорее, чем в мелкозернистых, но затем отстает. Это видно из следующих данных (Мейстер), где высота поднятия выражена делениями в $^1/_{2000}$ фута (на такие части были разделены однофутовые трубки, употребленные в опытах).

| | Высота поднятия воды через | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $^1/_2$ часа | $5^1/_2$ час. | $6^1/_2$ час. | $21^1/_2$ час. |
| Глиинстая почва . . . . . | 340 | 1100 | 1150 | 2000 |
| Песчаная почва . . . . . | 450 | 620 | 660 | 900 |
| Кварцевый песок . . . . . | 440 | 920 | 970 | 1170 |

Отсюда ясно, что почвы зернистых структур должны поднимать воду медленнее, чем бесструктурные, и это ясно видно из следующих данных Вольни:

| | Высота поднятия воды в см. | |
|---|---|---|
| | Суглинок | |
| | Порошковатый | Комковатый |
| 20 января, 8 ч. 30 м. утра . . . . . | 4,6 | 5,0 |
| „ „ 10 ч. 30 м. утра . . . . . | 15,0 | 3,1 |
| 21 „ 8 ч. утра . . . . . | 43,0 | 13,9 |
| 26 „ „ „ „ . . . . . | 77,9 | 22,0 |
| 31 „ „ „ „ . . . . . | 86,0 | 26,0 |

| | Высота поднятия воды в см. Суглинок | |
|---|---|---|
| | Порошковатый | Комковатый |
| 5 февраля в 8 ч. утра. . . . . | 92,8 | 29,0 |
| 10 „ „ „ „ „ . . . . . | 99,0 | 31,0 |
| 15 „ „ „ „ „ . . . . . | 104,9 | 33,0 |
| 20 „ „ „ „ „ . . . . . | 110,4 | 35,0 |
| 25 „ „ „ „ „ . . . . . | 115,9 | 36,3 |
| 1 марта „ „ „ „ . . . . . | 120,0 | 37,5 |

Понятно также, что плотные почвы поднимут воду выше, чем рыхлые, но скорость этого поднятия находится в зависимости от характера почвы, степени уплотнения и высоты поднятия воды.

Во влажных почвах вода поднимается выше, чем в сухих, что видно из следующих цифр (Вольни):

| | Скорость поднятия воды в см. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Высушен. при 100° Ц. | Воздушно-сухая | 5,07% воды [1] | 7,96% воды | 9,55% воды |
| 5 янв., 8 ч. 45 м. утра . | 1,0 | 1,5 | 2,2 | 6,5 | 6,8 |
| „ „ 9 ч. 45 м. утра . | 4,2 | 6,8 | 6,9 | 14,0 | 15,6 |
| „ „ 12 ч. 45 м. утра . | 10,4 | 15,6 | 15,5 | 25,1 | 28,0 |
| 6 „ 8 „ „ „ „ | 23,9 | 36,5 | 36,7 | 52,0 | 54,7 |
| 7 „ „ „ „ „ „ | 30,8 | 51,4 | 51,6 | 66,5 | 68,5 |
| 8 „ „ „ „ „ „ | 39,8 | 60,7 | 60,9 | 76,5 | 77,3 |
| 9 „ „ „ „ „ „ | 52,0 | 69,2 | 69,3 | 83,4 | 84,5 |
| 10 „ „ „ „ „ „ | 60,6 | 76,2 | 76,7 | 90,7 | 91,6 |

Цифры показывают, что между воздушно-сухой почвой и почвой с максимальной гигроскопичностью разницы почти нет или она крайне ничтожна. Из тех же цифр следует вывод, что опыты в лаборатории с воздушно-сухими почвами не дают возможности заключать, как будет итти дело в природе. Поэтому желательно ставить опыты с почвами, содержащими влагу в несколько больших количествах, чем те, которые соответствуют максимальной гигроскопичности испытуемой почвы.

Наконец, необходимо отметить, что на скорость поднятия воды влияют соли. По данным Вольни, в наибольшей степени замедляют поднятие NaCl и $NaNO_3$, за ними идет $K_2SO_4$, $(NH_4)_2SO_4$, и наименьшее замедление оказывает $KH_2PO_4$. Все эти соли прибавлялись к почве в количестве 0,3%. Увеличение концентрации NaCl с 0,3% до 1% значительно сказывается на замедлении поднятия.

Эти явления связаны, несомненно, с изменением степени дисперсности почвенных суспензий и коллоидов под влиянием солей.

Более новые исследования Briggs'a и Laphan'a приводят к заключению, что слабые растворы солей, вообще, не увеличивают поднятия почвенной воды, концентрированные же или насыщенные растворы всех солей заметно понижают поднятие, что, по мнению исследователей, стоит, главным образом, в связи с плотностью растворов. Углекислый натрий заметно отличается от других солей большим поднятием, что зависит отчасти от обмыливания следов жира, встречающегося на поверхности почвенных частиц. То же наблюдается по отношению к гидролизирующимся боратам и фосфатам.

[1]) Эта величина соответствует максимальной гигроскопичности данной почвы, следующие же величины, вероятно, находятся в пределах максимальной молекулярной влагоемкости.

Повидимому, и здесь дело в изменении дисперсности.

Вопрос о просачивании воды в почву также достаточно сложен прежде всего потому, что просачиваться может как гравитационная вода, так и молекулярная.

Поскольку речь идет о первой, дело обстоит проще и, повидимому, здесь можно ограничиться теми выводами, которые были сделаны Зеельгеймом.

Этот исследователь пользовался в своих опытах песком, глиной и мелом. Все названные вещества подвергались предварительной очистке и вносились в стеклянные трубки небольшими порциями и в увлажненном состоянии, чтобы в промежутки между частицами не попадал воздух. Выводы Зеельгейма таковы:

1. Количество просачивающейся воды, при прочих равных условиях, для всех упомянутых веществ пропорционально давлению воды, находящейся как над фильтрующим слоем, так и в нем самом.

2. Количество просачивающейся воды пропорционально высоте того слоя, сквозь который она проходит.

3. Повышение температуры увеличивает количество просачивающейся воды.

4. Количество просачивающейся воды приблизительно пропорционально квадрату радиуса зерен (для песка).

5. Если употреблялись два слоя песка, состоявшие из зерен разного диаметра, то количество проходившей воды находилось в зависимости от слоя тонкозернистого, все равно, проходила ли вода сначала сквозь грубозернистый песок, а потом сквозь тонкозернистый или наоборот.

6. При смешении зерен песка различной величины наблюдаются два случая: если разница в размере зерен не так велика, чтобы более мелкие зерна могли умещаться в промежутках между более крупными, то проходящие количества воды дают средние величины из тех количеств, которые проходят через каждый слой смеси в отдельности Если же мелкие зерна умещаются между крупными, то получаются величины, близкие к тем, которые характеризуют мелкий песок.

7. Каждой породе свойственна особая константа (величина трения), от которой зависят количества проходящей воды, при прочих равных условиях.

8. Количества просачивающейся воды находятся в зависимости от содержания воды в породе. Так, глина с небольшим количеством воды почти непроницаема, при увеличении же количества воды в глине ее проницаемость возрастает.

Последний вывод легко понимается, если принять, что фильтрация гравитационной воды начинается лишь после того, когда глина связала всю молекулярную воду, какую могла связать.

Понятно также, что если ставить опыты с сухими почвами или с почвами, не насыщенными водой до полной молекулярной влагоемкости, то можно получить иные результаты, чем получил Зеельгейм, так как эти результаты будут зависеть не только от передвижения гравитационной воды, но и молекулярной. Может быть этим следует объяснить расхождение в выводах, которые получились у Величковского и Вольни, по сравнению с Зеельгеймом.

В результате всех рассмотренных выше сложных взаимоотношений между почвой и водой создается определенная влажность почвы, которую чаще всего и изучают для знакомства с водными свойствами почв и для различных соображений практического характера.

Такого рода изучение может повести к надлежащим выводам, как справедливо указывает Качинский, если влажность каждого почвенного горизонта исследуется отдельно, что особенно важно для почв с резко дифференцированными горизонтами, как подзолистые, солонцевые и пр. Там, где горизонт отчетливо распадается на подгоризонты, следует особо изучать каждый из них. То же нужно сказать и о грунтах, если они не однородны во всей своей массе по механическому составу.

Изучая влажность горизонтов почвы, необходимо одновременно определять их влагоемкость (полную) и максимальную гигроскопичность. „После внесения поправок на максимальную гигроскопичность по отдельным подгоризонтам, картина увлажнения почвы может резко измениться и предстать в ином виде, нежели это казалось по абсолютным данным влажности“ (Качинский).

Чтобы сказанное сделать яснее, приведем несколько определений Качинского, относящихся к горизонтам $A_1$ и $A_2$ подзолистой почвы.

| Подгоризонты и глубина взятия пробы | Полная влагоемкость | Максимальная гигроскопичность | Удвоенная максим. гигроскопичность | Абсолютная влажность | Физиологически усвояемая вода | Абсол. влаж. в % % от полной влагоемкости |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $A_1$ — 0 — 20 см. . . . . | 70,3% | 3,8% | 7,6% | 23,2% | 15,6% | 33,1% |
| $A_2$ — 20 — 31 см. . . . . | 34,9 „ | 3,2 „ | 6,4 „ | 21,9 „ | 15,5 „ | 62,6 „ |

Из сообщенных данных видно, что „в то время, как влажность подзолистого горизонта ($A_2$) в 21,9% является оптимальной [1]), влажность $A_1$ в 23,2%, при одинаковом количестве физиологически усвояемой воды с подгоризонтом $A_2$, составляет только 33,1% от полной влагоемкости и, конечно, не является оптимальной“.

Качинский рекомендует для возможности сравнения по подгоризонтам физиологически усвояемой воды вносить поправку на влагоемкость таким образом, чтобы привести физиологически усвояемую воду к какому-нибудь одному подгоризонту, влагоемкость которого принимается за единицу. Для этого количество физиологически усвояемой воды данного горизонта делят на отношение влагоемкостей подгоризонтов приводимого и того, к которому приводят.

Таким вычислением Качинский получил нижеследующие данные для распределения физиологически усвояемой растениями воды в четырех обследованных им пунктах с подзолистыми почвами.

| Подгоризонт и глубина взятия пробы | Подошва склона | Средина склона | Вершина склона. Залежь | Вершина склона. Лес. |
|---|---|---|---|---|
| $A_0$ — 5 — 8 см. . . . . | 8,0% | 6,1% | 5,3 „ | 3,4% |
| $A_0$ — 15 „ „ . . . . . | 8,4 „ | 4,6 „ | 5,0 „ | 3,5 „ |
| $A_2$ — 23 „ „ . . . . . | 11,3 „ | 7,2 „ | 5,4 „ | 6,9 „ |
| $B_1$ — 40 „ „ . . . . . | 4,8 „ | 1,3 „ | 2,9 „ | 3,8 „ |
| $B_2$ — 70 „ „ . . . . . | 2,3 „ | 1,2 „ | 0,1 „ | 7,2 „ |
| $B_3$ — 100 „ „ . . . . . | — 1,6 „ [2]) | — 2,1 „ | 5,4 „ | 5,4 „ |

[1]) Оптимальной для растений влагой считают количество влаги, равное 60% полной влагоемкости почвы.

[2]) Отрицательные величины показывают, что абсолютная влажность меньше двойной максимальной гигроскопичности.

Не имея возможности входить здесь в рассмотрение тех данных, которые в отношении влажности почв получены для различных пунктов республики, отметим работы Тюремнова для предкавказского выщелоченного чернозема, Ротмистрова для окрестностей Одессы, С. Чаянова для пустынной степи Казакстана (Темирское опытное поле) и особенно работы Дояренко и его школы.

Необходимо отметить здесь, что почвенная вода встречается и в твердом виде, в форме постоянной мерзлоты („вечной мерзлоты"). Явление постоянной мерзлоты широко распространено в Восточной Сибири и Дальневосточной республике, а также и в Якутской республике.

Глубина залегания мерзлоты зависит от рельефа местности, от механического состава почвы, от степени ее влажности и от характера растительного покрова.

В связи с мерзлотой стоит целый ряд своеобразных явлений, наблюдаемых как по отношению к изменениям форм рельефа, так и по отношению к процессам почвообразования. Широко распространенное в северной части Амурской области развитие наледей (по местному тарынов), образование бугров, развитие плывунов и их перемещение по склонам—суть явления, так или иначе изменяющие местный рельеф. Образование гумусовых и минеральных иллювиальных горизонтов, периодические явления в жизни местных заболоченных почв (чередование восстановительных и окислительных процессов), все это также стоит в связи с мерзлотой, глубиной ее залегания и глубиной оттаивания в летние периоды. Отмечается, наконец, влияние мерзлоты на физические свойства почв и на коллоиды почвы (Вольни, Эренберг, Митчерлих, Иогансон).

---

## ЛИТЕРАТУРА

### Происхождение почвенной и грунтовой воды


Бараков, П. „Почвоведение", 1908, № 3.

Близнин, Г. Труды В.-Экон. Общ. 1890, № 3.

„ Метеоролог. Вестник, 1892, № 7.

„ Труды Метеоролог. Сети юго-зап. России. Одесса, 1896.

Bouyoucos, G. Michig. Agr. Exp. Sta.-Techn. Bull. 31, 1916; Bull. 36, 1917; Bull. 42, 1918; Soil Science, 1921, 1922; Journ. of Agric. Res., Vol. VIII, 1917; Vol. XX, 1921.

De-Heen. Acad. des Sciences (Belgique), 1904, № 1, p. 63—65.

Dobeneck, A. Wollny's-Forschungen, Bd. XV, p. 163—228.

Ebermayer. Wollny's-Forschungen, Bd. XIII, p. 1—15.

Головкинский. Наблюдения над осадками в почве. Симферополь, 1896.

Haedicke. Gesundheits-Ingenieur, 1908.

Hann. Zeitschr. d. österreich. Gesellsch. f. Meteorol., Bd. XV, 1880.

Heiden. Denkschrift zur Feier des 25 jährig. Bestehens d. agric.-chem. Versuchstat. Pommritz. Hannover, 1883.

Heinrich. Grundlagen zur Beurteilung d. Ackerkrume, 1882.

Hilgard. Wollny's-Forschungen, Bd. VIII, r. 93—100.

Кейльгак. Ежегодн. по геол. и минер. России, т. V, в. 4—5, 1902.

„ Подземные воды и источники. Перев. под ред. П. Отоцкого. Юрьев, 1914.

King, B. A. Journ. of Agric. Science, 1920, 10.

Kohl, E. Ueber den Ursprung der Quellen. Leipzig, 1884; реф. Горн. Журн. 1885.

Kohler. Journ. f. prakt. Geologie, XVIII Jahrg., Januar, 1910.

Козырев, А. Грунтов. воды Кокчетавского, Акмолинского и Атбасарского у. Акмолин. области Изд. Отд. Зем. Улучш. Г. У. З. и З., 1907.
Костычев. Почвы черноземной области России, 1886.
Кузнецов. Труды В.-Экон. Общ., 1903, № 1 и 2.
Лебедев, А. Роль парообразной воды в режиме почвенных и грунтовых вод. Тр. по С.-Хоз. Метеорол., вып. XII, 1913.
Лебедев. Передвижение воды в почвах и грунтах. Рост. Н/Д. 1919; Бюл. Почвов., 1926.
Левин, К. Вестн. Сарат. Отд. Русск. Технич. Общ., 1910.
Liznar. Gaea, Bd. XVII, 1881.
Любославский, Г. Изв. Лесного Институ., вып. XIX, 1909.
Mayer, Ad. Die Bodenkunde, 1901; Fühling's landw. Zeitung, 24. Jahrg. 1875.
Марченко. Дневник XII съезда русск. естеств. и врач.; № 8.
Mezger. Gesundheits-Ingenieure, 1906 u. 1908; Journ. f. Landw., 1921, 69.
Mohr. Gaea, Bd. XIV, 1878.
Нестеров. Журн. Оп. Агрон., 1910; рефер.
Нефедов, Г. Сельско-хоз. Вестн. Юго-Востока, 1915, № 13—15.
Novack. Vom Ursprung der Quelle, 1879.
Novák. Zemêdêlskij Archiv. Praha, 1918, 9.
Никитин, С. Грунтовые и артезианские воды на русской равнине. СПБ. 1900.
Оппоков, Е. „Почвоведение", 1900, № 4.
Отоцкий, Гидрологич. Вестн., № 1, 1915.
Отоцкий. „Почвоведение", 1915, № 3, 1916, № 3—4.
René d'Andrimont. La science hydrologique, ses méthodes, ses recents progrès, ses applications. Paris et Liege, 1906.
„ „ Journ. de la Soc. centrale d'agricult. de Belgique, T. XIV, № 9. Juin, 1907.
„ „ Ann. de la Soc. géolog. de-Belgique, t. XXXI, Mémoires, t. XXXIII, Mémoires.
„ „ Bull. de la Soc. belge de Géologie etc. T. XIX, 1905.
Schloesing. Comptes rendus. T. XCIX, p. 215.
Зибольд. „Почвоведение", 1904, № 4.
Sikorski. Wollny's-Forschungen. Bd. IX, 1886, p. 413 ff.
Sonntag, J. u. Jarz, K. Gaea, Bd. XVI, 1880, Bd. XVII, 1881.
Сперанский и Крашенинников. Журн. Оп. Агрон., 1907, ки. 3.
Широких, П. Журн. Сельск. Хоз. и Лесов., 1893, т. 189.
Versluys, J. De capillaire werkingen in den bodem. Amsterdam, 1916.
Volger, O. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingenieure, Bd. XXI, 1877.
Wilhelm. Der Boden u. das Wasser. 1861.
Wollny. Forschungen, Bd. IV, 1881; Bd. XI, 1888.

## Испарение воды с земной поверхности

Briggs. U. S. Depart. of Agric. Field operations of the division of soils. Report № 64.
Davy, M. Journ. d'agricult. pratique, 1886, I, 857.
Eser. Wollny's-Forschungen, Bd. VII, 1884.
— Untersuchungen über den Einfluss der physikal. u. chemisch. Eigenschaften d. Bodens auf dessen Verdunstungvermögen. Inaugural.-Diss. Erlangen, 1884.
Haberlandt. Zentralbl. für die gesammte Landeskultur, 1866, p. 421.
Hellriegel. Grundlagen des Aekerbaues, 1883.
Johnson. Ann. Rep. of the Connecticut agricult. experim. station for 1877 and 1878.
Кравков, С. Матер. по изуч. русских почв. Вып. XI, 1898.
Лоске, Э. Сельскохозяйственная метеорология. Юрьев, 1908.
Mascart. Comptes rendus, T. LXXVI.
Masure. Annales agronomiques, 1880, T. VI, p. 441.
Meister. Physik. Eigenschaften d. Erdarten, 1857.
Nessler. Agronom. Zeitung, 1868, p. 117.

Оппоков, Е. „Почвоведение", 1901, стр. 325—348; 1905, стр. 119—141.
Пухов. Русское сельское хоз. 1872, т. XI и XII.
Risler. Journ. d'agriculture pratique, 1869, t. II, p. 365.
Schulze, F. Beobachtungen über die Verdunstung im Sommer 1859. Rostock, 1860.
Schumacher. Fühling's neue landw. Zeitung, 1872—73.
„ Physik des Bodens, 1864.
Черняк. Журн. сельского хоз. и лесов. 1879, 287—305,
Vogel. Sitzungsber. d. kgl. bayer, Akad. d. Wissensch. II Klasse, Bd. X, Abt. 2.
Wilhelm. Allgem. land- u. forstwirthsch. Zeitung, 1867, I, p. 31.
Власов. „Почвоведение", 1910, № 2.
Wollny. Forschungen, Bd. V, 1882, Bd. XVI, 1893, p. 172, Bd. XVIII, 1895.
Zeithammer. Biedermann's Zentralblatt, 1878.

## Гигроскопичность и влагоемкость почвы

Briggs and Mc. Lane. Exp. Stat. Record, 19, 1908, p. 426.
Haberl andt. Landw. Versuchstat. Bd. VIII, p. 458.
Heinrich. Wollny's-Forschung. Bd. IX, 1886, p. 259.
Hilgard. Wollny's-Forschung. Bd. XV, 1892.
King. Tenth annual rep. agric. stat. Univ. Wisconsin, 1894.
Коссович. Журн. опытн. агр. 1904, кн. 5.
Liatsikas, N. Iutern. Mitt. f. Bodenkunde. 1924, H. 3—6 (литература).
Локоть, Т. Влажность почвы в связи с культурн. и климатич. условиями. Киев, 1904.
Mayer. Landw. Jahrbücher, 1874, III, p. 753.
„ Wollny's-Forschungen. Bd. XIV, 1891, p. 254.
Schmidt. Wollny's-Forschungen. Bd. XIV, 1891, p. 267.
Treutler. Landw. Versuchstation. 1871, Bd. XIV.
Ulrich. Wollny's-Forschungen, Bd. XIX, 1896.
Урбанович. Мат. по изуч. русских почв.
Wicke, W. Journ. für Landw., 1862, p. 367.
Wollny. Forschungen, Bd. V, 1882, Bd. VIII, 1885, H. 3 u. 4, Bd. IX, 1886, p. 361.

## Водоподъемная способность почвы

Edler. Die kapillare Leitung des Wassers in durch den Schöne'schen Schlammapparat abgeschiedenen hydraulischen Werten. Inaug.-Diss. Göttingen, 1882.
King. Annales agronomiques. 1896.
Klenze. Landw. Jahrbücher, Bd. VI, 1877, p. 33 (литература).
Liebenberg. Wollny's-Forschungen, Bd. I, 1872; Inaug.-Diss. Halle, 1872.
Versluys, I. De capillaire werkingen in den bodem. Amsterdam, 1916.
Meister. Iahresber. f. Agrikulturchemie, 1859—60.
Wollny. Forschungen, Bd. II, H. 4 u. 5.

## Водопроницаемость почвы

Бараков, П. Труды В.-Экон. Общ., 1898; прилож. к книге II.
King. Ninetieht Ann. Rep. U. S. Geol. Survey, 1897—1898, p. 59—294; реф. в „Почвоведении", 1900, стр. 213.
Кравков, С. Труды Оп. Леснич. 1901 г., Деркульское леснич.
Никитин, С. Бассейн Днепра, 1897.
Павлов, Е. Изв. Горского Политехнич. Института, 1922 г., № 1.
Rabozée. Bull. de la Soc. belge de géologie, II Serie, t. VI, 1902.
Seelheim. Archives néerlandaises de sciences exactes et naturelles, T. XIV.
Spirhanzl, I. Zêmêdelsky Archiv. Praha, 1924.
Spring. Ann. de la Soc. géolog. de Belgique, t. XXVIII, 1901, t. XXIX 1902.
Welitschkowzky. Arch. f. Hygiene, Bd. II, 1884.
Wollny. Forschungen, Bd. XIV, 1891.

### Влажность почвы

Görz. Intern. Mitt. f. Bodenkunde, 1924. H. 1—2.
Измаильский. Влажность почвы и грунтовая вода. Полтава, 1891.
Качинский, Н. О влажности почвы и методах ее изучения. Москва, 1924.
Ротмистров. Журн. Оп. Агрон., 1904, кн. V.
Тюремнов, С. Тр. Кубан. С.-х. Институт. т. I, вып. 2. 1924.
Чаянов, С. Отчет по Темирскому опытному полю 1907—1908. СПБ. 1910; Журн. Оп. Агрон. 1911, т. XII, кн. 3.

### Постоянная мерзлота почвы

Аболин, Р. Зап. Читин. Отдел. Приамур. Отд. И. Р. Г. О., вып. IX, 1913.
Ehrenberg, P. Die Bodenkolloide, III Aufl., 1922, S. 127—172.
Филатов, М. Труды почв.-ботан. эксп. Почв. исслед. 1908 г., вып. 9.
Hamberg, A. Stockholms geol. fören. föchandl. Bd. 37, H. 5, 1915.
Hellaakoski, A. R. Havaintoja jäätymisilmiöi den geomorfologisesta vaikutuksesta. Helsinki, 1912.
Hesselman, H. Skogsvärdfören. tidskr., 1907, S. 37.
Högbom, B. Bull. Geol. Inst. of Upsala. Vol. 12, 1914.
Johansson, S. Sveriges geologiska undersökning. Serie C, № 256.
Kokkonen, P. Acta forestalia fennica, 30, 1926.
Квашнин-Самарин, Н. Матер. по изуч. русск. почв, вып. XX. 1911.
Mitscherlich, A. Fühlings landw. Zeit. 1902.
Никифоров, К. „Почвоведение", 1912, № 2.
Половинкин. К вопросу о так называемой вечной мерзлоте. Чита, 1922.
Прасолов, Л. „Почвоведение", 1911, № 4.
Прохоров, Н. редак. Труды Амурской экспедиции, вып. XIV, СПБ., 1913.
Sapper, K. Intern. Mitteil. f. Bodenkunde, 4. 1914.
Wollny, E. Forsch. a. d. Geb. der Agrikulturphys., Bd. XX, S. 439—468.
Ячевский, Л. Изв. Р. Геогр. Общ., 1889, вып. 5.

---

### Влияние леса на водный режим почвы

Поселяясь в какой-либо местности, лес несомненно влечет за собой некоторые изменения климатических, а главное—гидрологических условий; такое заключение должен сделать почвовед, наблюдающий те изменения, которые вызывает долговременное существование леса на степных почвах, изменения, отражающиеся не только на поверхностных горизонтах почвы, но и на более глубоких. Гораздо труднее отвечать на вопрос, в чем заключаются эти изменения климатических факторов, так как исследование этого вопроса требует многолетних, тщательно и хорошо обдуманных наблюдений. При обсуждении вопроса о влиянии леса на климат страны и, в частности, на ее обводнение приходится считаться не только с явлениями метеорологическими, но и с явлениями, относящимися к областям растительной физиологии и геологии. Сложность явления и недостаточное внимание исследователей к различным сторонам процесса, отражавшееся и на точности различных наблюдений, послужили причиной того обстоятельства, что после целого ряда работ метеорологов, лесоводов, почвоведов, агрономов, вопрос все же долго не получал общего решения, и в литературе нередко можно было встретить диаметрально противоположные взгляды по поводу частностей этого вопроса.

Вопрос о климатической и гидрологической роли леса, по выражению Отоцкого, дитя улицы, и нет такой профессии, представители

которой не брались бы за решение этого вопроса. Это, собственно, и являлось одной из главных причин, мешавших правильной постановке дела.

Еще в шестидесятых и семидесятых годах XIX столетия отдельные исследователи спорили о том, каковы отношения леса к влаге. Одни из них, как Becquerel, Matthieu, Fautrat и Sartiaux признавали за лесом способность увеличивать количество дождя и повышать влажность почвы, другие, как Vaillant, Ebermayer и пр., отрицали такую способность и скорее были склонны приписать лесам иссушающее влияние, третьи, как Bühler, занимали промежуточное положение между этими крайними воззрениями, полагая, что влияние леса на выпадение влаги сводится к нулю.

Если так резко различались взгляды исследователей по вопросу о влиянии леса на выпадение и задержание влаги, то несколько больше единообразия во взглядах было по другим вопросам, каковы влияние леса на температуру воздуха и почвы, на абсолютную и относительную влажность воздуха и пр., хотя и здесь не обходилось без споров и несогласий.

При учете количества выпадающих атмосферных осадков исследователи не всегда обращали внимание на абсолютную высоту тех пунктов, где велись метеорологические наблюдения, не всегда достаточно точно ставили опыты с дождемерами и, наконец, не всегда строили заключения на достаточно продолжительных наблюдениях.

В особенности много разногласий вызывал вопрос о влиянии леса на грунтовые и почвенные воды, что опять-таки понятно, в виду большой сложности этого вопроса.

Мы начнем с вопроса о температурах воздуха и почвы в лесу. Matthieu, сводя результаты наблюдений на трех станциях в окрестностях Нанси за десятилетний период (1867—1877 г.), получил следующие величины для средней годовой температуры воздуха на высоте 1,5 м. от поверхности:

| | |
|---|---|
| На открытом месте . . . . . | 8,65° |
| В лесу . . . . . | 8,19° |

Температурные разницы в летние месяцы более значительны, чем в зимние. Амплитуда колебаний в лесу значительно меньше, чем на открытом месте.

Fankhauser для трех станций Швейцарии (Интерлакен, Берн, Прунтрут) за период 1869—1880 получил такие данные:

| | Интерл. | Берн | Прунтрут |
|---|---|---|---|
| На открытом месте . . . . . | 9,79° | 9,15° | 9,26° |
| В лесу . . . . . | 8,91 | 8,31 | 8,5 |

Nördlinger пришел к заключению, что воздух в лесу холоднее, и понижение температуры наиболее значительно для хвойного леса. В сосновом лесу, в среднем, понижение температуры (сравнительно с открытым местом) достигает 1,3°, а в буковом 0,9°. В общем разница между температурой воздуха в лесу и в поле может быть выражена величиной в $^1/_2$°. Воейков на целом ряде примеров подтверждал то соображение, что лес влияет на понижение температуры воздуха не только в зоне умеренного климата, но и в тропической полосе. Müttrich, сводя наблюдения на ряде параллельных (в лесу и на открытом месте) метеорологических станций Германии, приходит к следующим выводам.

1) Дневные колебания температуры в лесу во все месяцы меньше, чем на открытом месте. Их ход в течение года различен в зависимости от характера насаждений.

2) В сосновом и еловом лесах величина дневных колебаний температуры возрастает в начале медленнее, затем быстрее, достигает максимума в июне или мае, относительно сильно падает в июле, слабее в августе, а в сентябре и октябре дает опять сильное понижение, которое ослабевает в сосновых лесах в ноябре, достигает здесь минимума и имеет в декабре такую же величину. В еловом лесу минимум колебаний наступает в декабре.

3) Дневное колебание температуры в зимние и весенние месяцы меньше всего в буковом лесу (0,8°), несколько больше в еловом (1,2°) и еще больше в сосновом (2,3°). Летом и осенью колебания достигают в буковом лесу 4,1°, в сосновом 3,7°, в еловом 2,8°.

4) Влияние леса на максимальные и минимальные температуры состоит в том, что первые понижаются, а вторые повышаются; это влияние выражается одинаково в одинаковых лесах и различно в различных.

5) На всех лесных станциях минимальные температуры не падают так низко, как на открытых местах. Помимо характера насаждений, на температуру воздуха влияет и густота последних.

Таково же, в общих чертах, влияние леса и на температуру почвы, сказывающееся не только на поверхности, но и на некоторой глубине (Müttrich, Schubert).

В прилагаемой таблице сведены результаты наблюдений на глубинах в 60 см. и в 1,2 м. Из них видно, что средняя годовая температура почвы в лесу ниже на 1° с небольшим, но в то же время в лесу температура не падает так низко, как на открытом месте

| | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Глубина 60 см. | | | | | | | | | | | | | |
| Поле . . | 1,7 | 1,4 | 1,9 | 4,5 | 9,1 | 13,0 | 15,0 | 14,9 | 13,1 | 9,3 | 5,5 | 3,0 | 7,7 |
| Лес . . | 2,1 | 1,7 | 2,0 | 3,7 | 7,1 | 10,2 | 12,0 | 12,4 | 11,5 | 8,6 | 5,6 | 3,4 | 6,7 |
| Глубина 1,2 м. | | | | | | | | | | | | | |
| Поле . . | 3,3 | 2,7 | 2,7 | 4,1 | 7,3 | 12,7 | 12,8 | 13,8 | 12,8 | 10,3 | 7,2 | 4,8 | 7,7 |
| Лес . . | 3,5 | 2,8 | 2,7 | 3,6 | 5,8 | 8,4 | 10,1 | 11,0 | 10,8 | 9,2 | 6,9 | 4,9 | 6,6 |

Из той же таблицы ясно, что максимальные температуры в поверхностных горизонтах лесной почвы несколько запаздывают по сравнению с максимумом полевой почвы, и что амплитуда температурных колебаний в лесу заметно меньше, чем в поле.

Относительно влияния леса на влажность воздуха имеются, между прочим, данные Эбермайера (1873 г.), согласно которым абсолютная влажность в лесу едва заметно больше, чем на открытом месте, а относительная больше на 3—9%. Fautrat (1877 г.), определяя относительную влажность воздуха в лесу и на открытом месте, получил следующие результаты (наблюдения охватывают только период одного года):

| | Над листв. лесом | На поле | Над хвойн. лесом | На поле |
|---|---|---|---|---|
| Среднее за год . . | 71,6% | 68,6% | 67,1% | 60,4% |

По данным Müttrich'a (1877 г.), на всех тридцати германских станциях, свод наблюдений которых он делал, относительная влажность

воздуха в лесу больше, чем на открытом месте. По наблюдениям van Bebber'a лесной воздух во все времена года влажнее, чем воздух открытых мест.

Таким образом, все приведенные наблюдения совершенно определенно говорят о влиянии леса на понижение температуры почвы и воздуха и увеличение относительной влажности последнего.

Вопрос о влиянии леса на влажность почвы и грунтовые воды решается, как уже говорилось выше, не так просто. В виду того, что прямые наблюдения в этом направлении подвергались со стороны защитников благотворного влияния лесов критике, мы попробуем, прежде чем говорить о наблюдениях, решить вопрос теоретически, на основании данных о выпадении осадков в лесу, о их испарении, просачивании и транспирации при помощи деревьев. Этот путь позволит нам с большей или меньшей вероятностью ответить на вопрос, действительно ли приход влаги в лесах больше, чем в открытых местах, и есть ли основание думать, что леса способны увеличивать влажность почвы и влиять на подъем уровня грунтовых вод.

В виду сказанного, остановимся прежде всего на данных, касающихся влияния лесов на выпадение атмосферных осадков. По наблюдениям Fautrat (1875 г.), с 1 февраля по 26 декабря 1874 г выпало осадков:

| | |
|---|---|
| Над лесом | 555 мм. |
| На открытом месте | 421 „ |

Его же наблюдения за период с 1874 по 1878 г. включительно, наблюдения, в которых регистрировалось количество атмосферных осадков, выпадающих в лесу над кронами деревьев и параллельно на открытых местах, в период с февраля по декабрь, доставили нижеследующие данные, сопоставленные в прилагаемой таблице:

| Годы | Над кронами деревьев | На поле | Разница в пользу леса |
|---|---|---|---|
| | Лиственный лес | | |
| 1874 | 464,25 мм. | 429,25 мм. | 35,00 мм. |
| 1875 | 644,5 „ | 635,75 „ | 8,75 „ |
| 1876 | 654,0 „ | 626,5 „ | 27,5 „ |
| 1877 | 918,6 „ | 892,4 „ | 26.2 „ |
| | Хвойный лес | | |
| 1875 | 557,25 мм. | 515,0 мм. | 42,25 мм. |
| 1876 | 607,2 „ | 546,0 „ | 61,2 „ |
| 1877 | 836,75 „ | 769,5 „ | 67,25 „ |

Van Bebber приходит к заключению, что вероятность дождя в лесу больше, чем на открытом месте. Matthieu также говорит о том, что в лесных областях выпадает больше дождя, у Воейкова находим указания на увеличение количества осадков лесами, при чем это увеличение, по автору, сказывается, главным образом, в зимний период. Следует отметить в той же группе работ статьи Riegler'a, Nördlinger'a и труд Müttrich'a, который пытался выяснить вопрос, какое влияние оказало на количество осадков облесение Люнебургской равнины, начавшееся с 1877 г. В первые годы облесению подвергалось ежегодно 400—500 гектаров, а в последующие посадки шли медленнее. Распределение угодий до облесения и после такового различалось таким образом:

| До облесения | После облесения |
|---|---|
| 12% полей, лугов | 10% полей, лугов, воды |
| 85 „ песчаного пустыря | 10 „ пустыря |
| 30 „ старого леса | 80 „ леса |

Лесная метеорологическая станция расположена среди насаждений 10—12-летнего возраста, и наблюдения на ней начались с 1882 г. Эти наблюдения удостоверяют, что количество осадков увеличивается вместе с увеличением площади, подвергающейся облесению. Работа Müttrich'a вышла в свет раньше исследования Брикнера[1]), установившего смену влажных и сухих периодов, и потому не могла быть согласована с выводами последнего. Повидимому, облесение Люнебургской равнины как раз совпало с периодом общего увеличения осадков

К сказанному прибавим, что как наблюдение Blanford'a в Индии, так и наблюдения на о-ве Яве, а отчасти и в СССР[2]) приводят к признанию за лесом способности увеличивать количество атмосферных осадков[3]).

К противоположным выводам приводили некоторые исследования в Сев. Америке (Henry Gannet), в Алжире, а отчасти и в Швеции (Hamberg). Hornberger высказал мнение, что в теплых климатах благотворное влияние леса на количество выпадающих атмосферных осадков вероятно, что же касается более высоких широт, то там это влияние мало и не всегда благоприятно (ссылка на Швецию).

В последние годы полагают, что лесные массивы действуют так же, как возвышенности, т. е. увеличивают количество осадков, но если мы и примем это положение, как доказанное, то конечный вопрос о влиянии леса на влажность почвы и грунтовые воды будет далеко еще не исчерпан.

Необходимо прежде всего принять во внимание, что не все то количество осадков, которое выпадает над лесом, достигает лесной почвы, а часть их остается на листве и ветвях деревьев и испаряется, не попадая на землю.

Относительно количества осадков, задерживаемых кронами деревьев, существует целый ряд наблюдений. Bühler утверждает, что в густом сосновом лесу 40—80-летнего возраста до почвы достигает только 55—60% воды, выпадающей в виде атмосферных осадков, в буковом лесу 20-летнего возраста почти все количество осадков попадает в почву, а в 50—90-летнем—только 75—80%. По словам Breitenlohner'a, кроны деревьев вообще задерживают значительное количество дождя, и действие хвойных пород (сосна и ель) в этом направлении сильнее, ибо они круглый год покрыты листвой. Riegler, на основании трехмесячных наблюдений, дает следующие цифры:

| Лесные породы | Количество дождя, попавшего на кроны деревьев | Через кроны попало в почву | Стекло по стволам | Всего попало на почву | % потери | % полученный почвой |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Литров | | | | | |
| Бук . . . . | 26081 | 17068 | 3343 | 20411 | 21,8% | 78,2% |
| Дуб . . . . | 24273 | 17873 | 1387 | 19260 | 20,7 „ | 79,3 „ |
| Клен . . . | 36901 | 26384 | 2198 | 28582 | 22,5 „ | 77,5 „ |
| Сосна . . . | 12044 | 4793 | 165 | 4959 | 58,8 „ | 41,2 „ |

[1]) Brückner. Ed. Klimaschwankungen seit 1700. Wien, 1890.

[2]) Клинген для Воронежской губ., Кудрицкий для Кневской, Адамов для опытных участков особой экспедиции Лесного Д-та.

[3]) См. также статью Анри. Литература вопроса у Отоцкого, стр. 268—269, примеч.

По словам Эбермайера, буковый лес задерживает в среднем до 20% осадков, еловый—от 30 до 45% (в зависимости от густоты насаждений), сосновый—около трети всего выпадающего количества. Разница в количестве осадков, падающих на лесную почву и на почву безлесного пространства, колеблется в зависимости от климата страны, в особенности же от распределения и количества осадков. В областях с частыми небольшими осадками, выпадающими периодически, процентная разница осадков в лесу и на открытом месте значительно больше, чем в климатах с сильными дождями. Выпадающие на поверхность лесной почвы количества дождя различны также в зависимости от степени облиственния пород, устройства листьев, возраста, плотности насаждения, развития и смыкания крон, но во всех случаях они значительно меньше, чем на соседней безлесной местности. Густая травянистая растительность хотя и способна также задерживать часть осадков (по опытам Вольни от 1/4 до 1/3 падающего дождя), но в среднем за год травы задерживают на своих стеблях гораздо меньше воды, чем лес.

Из всех приведенных выше наблюдений очевидно, что лесная почва получает далеко не все то количество влаги, которое выпадает над кронами деревьев, так что если принять, как это сделано выше, что над лесами выпадает больше дождя, чем над безлесными пространствами, то отсюда еще нельзя сделать вывода, что лесная почва, в конечном результате, получит больше влаги, чем полевая. Наоборот, с большим правом можно полагать, что первой достанется меньше влаги, чем последней.

Проследим теперь дальнейшую судьбу влаги, попавшей на поверхность почвы, и с этой целью остановимся над вопросом об испарении в лесу и на открытом поле. Уже a priori нужно заключить, что испарение с поверхности почвы в лесу будет меньше, чем на поле, так как лесная почва подвергается гораздо меньшей инсоляции, действие ветра в лесу также значительно ослабляется, а, кроме того, роль защитника от испарения в лесах может иногда играть лесная подстилка. Опыты, впрочем, показывают, что только свежая или мало разложенная лесная подстилка легко пропускает сквозь себя воду, а чем больше она разложена, тем сильнее ее влагоемкость, тем больше она способна задержать воды. Последняя, таким образом, не достигши почвы, испаряется обратно в воздух. По словам Fautrat, испарение в лесу равно лишь 1/3 того, что испаряется на поле. Цифры Breitenlohner'a несколько иные, хотя иногда и довольно близки, а именно:

Испарилось в одно и то же время

| | На поле | В лесу |
|---|---|---|
| 1. | 66,3 мм. | 26,5 мм. |
| 2. | 59,0 „ | 18,3 „ |
| 3. | 51,1 „ | 23,2 „ |
| 4. | 61,8 „ | 30,3 „ |
| 5. | 61,8 „ | 37,7 „ |

По Эбермайеру, испарение в лесу на 64% меньше, чем в открытом поле. Весьма возможно, что мы будем близки к истине, если предположим, что с лесной почвы испаряется, в зависимости от возраста, густоты и индивидуального характера насаждений, от 1/3 до 1/2 того, что испаряет почва открытых мест. Данное условие уже в пользу леса. Лесная почва, получив извне меньшее количество влаги, чем полевая, до некоторой степени уравнивает это количество, отдавая в воздух меньше путем испарения. Но это еще не все. Почва лишается

влаги не столько путем непосредственного испарения с ее поверхности, сколько путем транспирации живущих в ней растений. Насколько удаляющееся путем транспирации количество воды больше непосредственно испаряющегося с поверхности почвы, можно видеть из следующих цифровых данных Вольни:

1875 год. С 23-го апреля по 31-е октября

| Род почвы | Количество дождя в мм. | Испарение в миллим. | | Отношение испарения к количеству осадков в % | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Трава | Голая почва | Трава | Голая почва |
| Кварц. песок . . . | — | 475,5 | 183,1 | 82,7 | 32,0 |
| Суглинок . . . . | 572,5 | 517,2 | 339,9 | 90,3 | 59,2 |
| Торф . . . . . | — | 556,3 | 302,9 | 97,1 | 52,9 |

Нам предстоит, следовательно, еще ответить на вопрос, какая растительность транспирирует больше воды: травянистая или древесная. Необходимо прежде всего иметь в виду, что в данном случае важно не относительное, а абсолютное количество транспирируемой влаги. Некоторые опыты (Risler), довольно, впрочем, искусственные, показали, что относительно большей транспирацией отличаются луговые травы, за ними идут зерновые хлеба, затем лиственные древесные породы и, наконец, хвойные. Из этих опытов выводили заключение, что наиболее способствуют иссушению почвы травянистые растения, а хвойные деревья наиболее благоприятствуют сохранению почвенной влаги. На самом деле такое заключение не всегда будет правильным: во-первых, результаты опытов, произведенных над молодыми деревьями, нельзя переносить на старые, а, во-вторых, если принять во внимание абсолютные количества воды, удаляемой путем транспирации, то может оказаться, что, по степени влияния на иссушение почвы, упомянутые выше растения придется расположить почти в обратном порядке. Хвойные деревья, правда, испаряют относительно слабее, но зато период их транспирации в течение года значительно больше, чем лиственных. Обсуждая эти вопросы, Вольни приходит к заключению, что, при прочих равных условиях, вечнозеленые хвойные деревья вытягивают из почвы наибольшее количество воды. Затем следуют, в нисходящем порядке, лиственные деревья и многолетние травы, тогда как на последнем месте стоят сельско-хозяйственные растения.

Не лишнее будет привести здесь и соображения, высказываемые Эбермайером. Большая потребность в воде деревьев сравнительно с многолетними луговыми травами и клеверными растениями легко понимается, если принять в соображение, что первые производят на определенную площадь почвы больше органического вещества, чем травы и культурные растения. С этой большей работоспособностью лесных пород связана и более высокая потребность их в воде. Отношение между произведенным органическим веществом и транспирированным количеством воды можно выразить цифрами. На этом зиждется самый простой и точный метод вычисления потребности в воде деревьев по сравнению с культурными сельско-хозяйственными растениями. Геллригель в 1868—1873 гг. опытами в песчаных культурах определил, что средняя относительная величина транспирации наших важнейших культурных растений, при нормальной силе роста, колеблется между 273 и 376, в среднем достигая 324. Таким образом, клеверное поле, дающее при среднем урожае ежегодно около 4.500 килогр. сухого вещества на гектар (относительная величина транспирации красного клевера определяется числом 310), требует от почвы

1.395.000 килогр. воды. Буковый лес (II-й бонитет) производит ежегодно в среднем 7.057 килогр. сухого вещества на гектар, и если даже принять для бука такую же величину транспирации, как для клевера (на самом деле она больше), то его ежегодная потребность в воде определится 2.187.670 килогр. воды.

Все изложенные до сих пор факты и соображения заставляют по меньшей мере усумниться в способности леса сберегать подземную влагу.

Корни лесных пород черпают влагу в более глубоких горизонтах, чем корни травянистых растений, и поэтому должны особенно иссушать более глубокие горизонты почвы, а следовательно, мешать пополнению грунтовых вод. Что касается верхних горизонтов, то, на основании всего вышеизложенного, возможно ожидать, что они окажутся влажнее соответственных горизонтов открытых пространств, не занятых лесом.

Все эти заключения подтверждаются многочисленными наблюдениями как у нас, так и в Западной Европе. Не останавливаясь здесь на тех исследованиях, при помощи которых стремились определить количество влаги, просачивающееся в почву под лесами, так как эти исследования не отличались особенною точностью, переходим к определениям влажности лесной и полевой (степной) почв на различных глубинах. Такие определения делались и в Запад. Европе и в некоторых пунктах нашей степной полосы. В прилагаемой ниже таблице помещены средние цифры из наблюдений Эбермайера, относящихся к лесам и безлесным пространствам Германии. Из этих цифр нетрудно усмотреть, что наибольшей влажностью характеризуются верхние горизонты лесной почвы и особенно в весенний период, когда медленно тающий снег дает значительное количество воды, впитывающейся почвой. Почва открытых полей, где снег тает быстро и где быстро стекает полученная вода, не успевает впитать значительного количества влаги. Этому процессу мешает иногда и то, что почва открытых мест весной бывает мерзлой.

Содержание воды в весовых процентах

| 1885—1886 г. | Молодой сосновый лес (25 лет) | | Сосновый лес среднего возраста (60 лет) | | Старый сосновый лес (120 лет) | | Почва без растительности | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | На глубине 0—5 сант. | На глубине 15—80 сант. | На глубине 0—5 сант. | На глубине 15—80 сант. | На глубине 0—5 сант. | На глубине 15—80 сант. | На глубине 0—5 сант. | На глубине 15—80 сант. |
| Осень . . . . . | 24,05 | 18.46 | 21,32 | 16,37 | 33,34 | 19,21 | 22,32 | 20,53 |
| Зима . . . . . | 36,52 | 19,99 | 30,83 | 18,57 | 43,28 | 20.74 | 25,36 | 21,05 |
| Весна . . . . . | 39,36 | 19,73 | 42,16 | 18,17 | 46,56 | 19,67 | 25,58 | 20,80 |
| Лето . . . . . | 15,96 | 16,52 | 23,63 | 16,19 | 37,84 | 19,24 | 16,07 | 19,47 |
| Общ. средн. . . . | 30,93 | 18,65 | 29,48 | 17,30 | 40,32 | 19,71 | 22,33 | 20,46 |

По мнению Эбермайера, различие между влажностью лесной почвы и почвы безлесных мест должно сказываться тем менее, чем больше снега выпадает зимой. Лес, как собиратель снега и надежный охранитель его от слишком быстрого таяния и бесполезного стока получающейся воды в речные бассейны, несомненно, имеет большое преимущество перед безлесными пространствами. Отсюда следует, что в климатах с продолжительными и снежными зимами влияние леса на

влажность, по крайней мере, поверхностных горизонтов почвы будет больше, чем в климатах с бесснежными или малоснежными зимами.

Из таблицы Эбермайера видно также, что в то время как верхние горизонты лесной почвы в среднем за год увлажняются больше, чем те же горизонты безлесных мест, более глубокие слои лесной почвы оказываются, наоборот, беднее влагой, чем те же слои безлесной почвы.

Аналогичные наблюдения были сделаны Высоцким в б. Екатеринославской и Морозовым—в Воронежской губ. Высоцкий для своих исследований избрал четыре пункта, а именно: лес, целину, поле и пар и получил следующие цифры:

| Глубина от поверхности в метрах | Влажность почвы в % % веса сырой навески | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Лес | Целина | Поле | Пар |
| Поверхность . . . . . | 13,9 | 5,6 | 9,7 | 3,5 |
| 0,1 . . . . . | 15,5 | 11,0 | 13,2 | 17,9 |
| 0,25 . . . . . | 15,6 | 14,3 | 15,5 | 19,5 |
| 0,5 . . . . . | 15,1 | 14,9 | 15,4 | 19,6 |
| 0,75 . . . . . | — | — | 15,8 | 20,0 |
| 1,0 . . . . . | 12,9 | 13,6 | 14,8 | 19,6 |
| 1,5 . . . . . | 12,9 | 14,4 | 14,6 | 17,2 |
| 2,0 . . . . . | 12,4 | 15,0 | 15,3 | 16,3 |
| Запас влаги в миллим. . . | 456 | 473 | 505 | 641 |

Из приведенных цифр ясно видно, что глубокие горизонты почвы сильнее всего иссушаются под лесом; это иссушение, как показали дальнейшие исследования Высоцкого, простираются на значительные глубины даже под сравнительно молодым 20-летним насаждением. Общий запас влаги под лесом, даже весной, оказался значительно ниже, чем под залежью.

Более детальный анализ водного режима почвы в пределах Великоанадольского лесничества, произведенный тем же исследователем, позволяет притти к следующим выводам:

1. Расход влаги в лесу значительно больше, чем в поле с сел.-хоз. культурами.

2. Лес потребляет весь годовой запас влаги, поступающий в почву из атмосферы.

3. Потребление происходит в верхних слоях промываемого грунта, обыкновенно не глубже 3 м., вследствие чего ниже образуется „мертвый горизонт“ [1]) с постоянной и малой влажностью и вода в грунтовые воды не поступает.

4. Количество выпиваемой лесом грунтовой воды поступает со стороны, но, во всяком случае, не из собственных лесных запасов влаги.

Исследования Морозова, произведенные первоначально в Хреновском бору (супесчаные и песчаные почвы), позволили ему формулировать следующие заключения:

1. Грунт под лесом, будучи весной влажнее, становится в течение вегетационного периода суше соответствующих слоев безлесного пространства.

2. Верхние горизонты почвы, будучи весной влажнее под лесом, чем вне его, сохраняют тот же перевес во влаге в большинстве

[1]) Мы не понимаем „мертвый горизонт“ в том смысле, что сквозь него не поступает совсем воды вглубь почвы, а полагаем только, что вода передвигается в нем медленно и в небольших количествах.

случаев; но под некоторыми формами насаждения—под старыми одноярусными и чистыми сосновыми насаждениями, полнотою 0,5—0,7, на боровой песчаной почве—и она становится раньше или позже, в зависимости от густоты леса, суше верхних горизонтов почвы соседнего безлесного пространства (лесосеки, поляны, пустыря).

3. Степень весеннего перевеса под лесом находится в зависимости, кроме других моментов, и от формы насаждения, состава и степени густоты.

4. При однородных грунтовых условиях, во время вегетационного периода можно отличить тип распределения, свойственный безлесным пространствам и покрытым лесом. Первый отличается большей равномерностью в распределении влаги и отсутствием резкого минимума в области распространения корней.

В общем те же выводы получились позже Морозовым и для дубового Шипова леса, находящегося среди степи на суглинистых породах. И здесь поверхностные горизонты оказались влажнее, чем в степи, а глубокие—суше.

Предыдущие исследования относятся к местностям с более или менее глубоким залеганием грунтовых вод, но та же картина получается и при условиях близкого к поверхности почвы уровня грунтовой воды, как это видно из наблюдений Димо, относящихся к долине Вислы в ближайших окрестностях Ново-Александрии. Наблюдения над влажностью почвы велись в течение летнего периода и дали следующие цифры:

| | Влажность в % сырой почвы | |
|---|---|---|
| Глубина | Луг | Лес |
| Поверхность . . . | 15,20 | 22,82 |
| 10 см. . . . . | 20,02 | 21,98 |
| 25 „ . . . . . | 19,72 | 19,72 |
| 50 „ . . . . . | 19,08 | 16,24 |
| 80 „ . . . . . | 19,41 | 12,68 |
| 110 „ . . . . . | 15,94 | 13,14 |
| 140 „ . . . . . | 20,35 | 15,10 |

Уровень грунтовой воды на лугу держался на глубине около 140 см., под лесом же его на этой глубине не было.

Вопроса о распределении влаги под защитными полосами, лесными полянами и пр., как более частного, мы здесь не касаемся [1]).

Переходя к влиянию леса на глубину залегания грунтовых вод, остановимся на многочисленных наблюдениях Отоцкого, охватывающих дясятилетний период и относящихся к различным областям. Исследования производились в губ. Воронежской (Павловский и Бобровский уу.), б. Херсонской (Александрийский и Елисаветградский уу.), Тульской (Тульский и Крапивенский уу.), Новгородской (Старорусский и Новгородский уу.) и Ленинградской (Ленинградский, Детскосельский и Лужский уу.). Не имея возможности подробно останавливаться здесь на всех данных, полученных Отоцким, укажем лишь на некоторые главнейшие результаты.

В пределах степной полосы исследователь прежде всего остановился на двух лесах: Шиповом (Павловского у. Воронежской губ.) и Черном (б. Александрийского у. б. Херсонской губ.). Первый лес, по своим физико-географическим условиям (рельеф, геологическое строе-

[1]) См. Морозов; об интересном опыте Морозова на поляне, очищенной из-под леса, см. Отоцкий, стр. 249 и след

ние и пр.), типичен для юго-восточной части русских степей, второй— содержит в себе все типические черты районов юго-запада. Оба леса старые, лиственные и занимают, каждый в отдельности, пространство до 100 кв. километров. Первоначальное беглое обследование этих лесов обнаружило, что они менее богаты водой, чем соседняя их окружающая степь. Специальные разведки потвердили это наблюдение. Разведки состояли в заложении нескольких серий буровых скважин, по направлению от степи к лесу, в таких пунктах, которые имели одинаковый рельеф, геологическое строение и пр. Во всех без исключения случаях, по мере приближения к лесу, исследователь констатировал понижение уровня грунтовых вод. В некоторых пунктах понижение уровня под лесом оказалось весьма значительным: так, в Шиповом лесу, вблизи Ерышевского кордона, на протяжении 190 метр. уровень грунтовых вод понижался на 10,96 м., у Лаптевского кордона, на протяжении всего 32 м., наблюдалась разница в уровнях в 10 м.

В Черном лесу, у Зандровского кордона, на протяжении около 200 м., уровень падал на 4,95 м., у Цыбулевского кордона, на протяжении 114 м., падение достигало 10,78.

Такого рода факты наиболее ясно выступали там, где леса были более старые, в молодых лесах явление выражалось не столь резко. Однако, даже и в последних случаях водный горизонт понижался до 1,57 м. на протяжении 80 метров. Замечательно, что во многих случаях понижение уровня грунтовых вод направляется в сторону, противоположную общему падению рельефа исследованных районов.

Продолжая свои исследования, О т о ц к и й перенес наблюдение на север, в Ленинградскую губернию, где им были обследованы Удельный лес, лес Павловской обсерватории и лес Дружноселья. Несмотря на иные физико-географические и климатические условия (близость к поверхности и обилие грунтовых вод, влажный и холодный климат, проницаемость поверхностных пород и пр.), в лесах северной полосы СССР автор встретил то же, что и в степях: всюду в исследованных лесах первый горизонт грунтовых вод находится ниже, чем в соседнем поле. В Удельном лесу первый горизонт грунтовой воды даже совершенно отсутствует. В общем, однако, по понятным причинам, влияние северных лесов на грунтовые воды более слабое, чем степных лесов. В лесу Дружноселья на протяжении 86 м. уровень падает на 1,16 м., в лесу Павловской обсерватории, на протяжении в 42 и 90 м., разница уровней достигала 0,7 и 0,5 м.

Все только что изложенные наблюдения О т о ц к о г о были им произведены в летние периоды, почему и не могли иметь еще решающего значения в вопросе о влиянии леса на грунтовые воды. Так как данное обстоятельство давало повод к возражениям, то исследователь организовал постоянные наблюдения за колебанием уровня воды в губ. Воронежской, б. Херсонской и Новгородской. Эти наблюдения показали, что указанное выше соотношение сохраняется круглый год и только в Новгородской губ., где воды не глубоки и обильны, в продолжение одной—двух весенних недель уровни под лесом и вне его сглаживаются, но затем, с началом вегетации, уровень под лесом быстро падает и разница достигает 3 и более метров [1]).

Результаты, полученные О т о ц к и м, вызвали в Западной Европе интерес к рассматриваемому вопросу, лесные опытные станции Германии, Австрии и Швейцарии выработали проект программы для

[1]) См. также наблюдения Т о л ь с к о г о.

изучения влияния леса на режим вод, а во Франции были произведены наблюдения проф. Анри, подтвердившие выводы Отоцкого.

Наблюдения были организованы в казенном лесу Мондон, близ Люневилля (департамент Meurthe et Mosselle). Лес расположен на древнем аллювии рр. Мёрты и Везузы и занимает площадь около 2.000 гектаров. Грунтовые воды держатся на глубине 5 м., на вязких кейперских глинах. Климатические условия опытного района таковы: средняя годовая температура +9,4° Ц.; количество атмосферных осадков в 1900 г. — 713 мм., а в 1901—891 мм.

Для наблюдения было изготовлено 4 пары параллельных буровых скважин (в лесу и на открытом месте), уровень воды в которых определялся ежемесячно с 4 мая 1900 г. по 24 августа 1902 г. Принимая во внимание разницу в высоте устьев скважин, понижение уровня грунтовой воды под лесом выражается следующими цифрами:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Для первой пары скважин | . . . . . | 0,30 | м. |
| „ второй „ „ | . . . . . | 0,63 | „ |
| „ третьей „ „ | . . . . . | 0,42 | „ |
| „ четвертой „ „ | . . . . . | 0,31 | „ |

Понижение уровня, по словам Анри, весьма слабо и не заключает в себе ничего тревожного, но, конечно, не в тревоге здесь дело. Важно было доказать, что даже при обильном сравнительно выпадении осадков и легком их проницании (почва Мондонского леса песчано-гравельная и галечная) лес способствует понижению уровня грунтовых вод. Свои выводы Анри формулирует следующим образом: „Вопрос, повидимому, следует считать решенным, по крайней мере, относительно Европы. И можно утверждать, что в лесах равнин, где почва сложена однородными поверхностными образованиями с горизонтальным напластованием, где, следовательно, воды неподвижны:

1) Никогда уровень воды в лесу не бывает выше, чем на открытом месте.

2) Грунтовые воды всегда были находимы более удаленными от поверхности под лесом, чем вне его, принимая в расчет рельеф.

3) Понижение уровня более резко под старым лесом, чем под молодняками.

4) Оно также более резко в климатах сухих, чем влажных".

Выводы эти, как видно, вполне согласуются с заключениями Отоцкого. Иссушающая способность леса хорошо известна и иллюстрируется примерами Гасконских и Солонских ланд во Франции. По словам Эбермайера, в Германии давно известно дренирующее действие сосны. Весьма интересный пример дренирующего действия лесных пород представляют окрестности Рима (Tre Fontana, монастырь траппистов). Местность издавна отличалась избытком влаги и известна была в качестве области с опасными лихорадками. В 1868 г. монахи-трапписты насадили здесь эвкалиптов, отличающихся своей глубоко идущей корневой системой, быстрым ростом и сильной транспирацией. Теперь можно наблюдать, что в местах, где раньше грунтовая вода стояла на глубине нескольких сантиметров от поверхности, в настоящее время она понизилась до 1 метра.

Те выводы, которые были сделаны исследователями относительно влияния лесов на грунтовые воды, оказались применимыми не только к зоне умеренного климата, но и к тропической зоне. В 1907 г. Пирсоном для окрестностей Godhra в Индии (Distrikt Panch Mahals) получены были, в общем, те же результаты, что и Отоцким, Тольским, Анри и др.

Таким образом, резюмируя все сказанное до сих пор по поводу влияния леса на климат и подземные воды в области равнинных [1]) пространств, мы должны притти к следующим заключениям:

1. Лес понижает среднюю годовую температуру воздуха и почвы и увеличивает влажность воздуха.

2. Лес задерживает таяние снега и сток талых вод по поверхности земли, понижает испарение с поверхности и способствует поддержанию большей влажности в поверхностных горизонтах почвы.

3. В то же время он в значительной степени иссушает глубокий горизонт грунта и понижает уровень грунтовых вод.

Второй из перечисленных выводов представляет особый интерес для почвоведа, так как дает ему ключ к пониманию тех процессов, которые ведут к образованию так называемых деградированных почв черноземной полосы и к соответственным изменениям чернозема под влиянием поселившихся на нем лесов.

Следует отметить, что грунтовые воды в лесах степной полосы далеко не отличаются той соленостью, какая нередко характеризует воды черноземной степи.

---

## ЛИТЕРАТУРА


Адамов, Н. Психрометрические наблюдения в лесу и в степи.—Труды Опытн. Лесничеств, 1902 г., вып. 1.

Anderlind. Meteorolog. Zeitschrift, 1886, III, p. 471.

Апри (Henry). Леса равнин и грунтовые воды. „Почвоведение", 1903, № 1.

„ Bull. de la Soc. de Sc. de Nancy, 1900.

Bebber, von. Zentralbl. für das gesammte Forstwesen, 1878, p. 261.

Becquerel. Des climats et de l'influence qu'exercent les sols boisés et non boisés. Paris, 1853.

„ Comptes rendus, T. LVII, 1867, T. LXIV.

Breitenlohner. Zentralbl. für das gesammte Forstwesen, 1877, p. 325, 1878, p. 16 u. 407.

Bühler, Ebermayer, Hoppe, Müttrich. Meteorolog. Zeitschr. 1899, H. 10, p. 469—472.

Димо, Н. „Почвоведение", 1904, № 1.

Ebermayer. Die physik. Einwirkungen des Waldes auf Luft u. Boden. Aschaffenburg, 1873.

„ Wollny's-Forschungen. Bd. XII, 1889, p. 147—174.

„ Physiologische Chemie der Pflanzen. 1882.

„ Meteorolog. Zeitschr., 1895, 12, p. 169.

„ Einfluss der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit etc. 1900.

Энгельгардт. М. Леса и климат, 1902.

Fankhauser. Wollny's-Forschungen, Bd. V, 1882, p. 316.

Fautrat. Comptes rendus, T. LXXX, 1875, p. 206, 1454, T. LXXXIII, 1877, T. LXXXV, p. 340, 1115.

„ Observations météorologiques, faites de 1874 à 1878.

„ et Sartiaux. Comptes rendus, T. LXXIX, 1874, p. 409—411.

Ferrel. The americ. meteorol. Journ. 1889, Vol. V, p. 433.

Гейнц, Е. Лес и климат. С.-хоз. энциклопедия Девриена, т. V.

Gravelius, H. Peterman's Mitteilungen, 1901.

Hamberg. Om skogarnes inflytande pa Sveriges klimat. Stockholm, 1885; русский перев. под редакцией Квитка. Полтава, 1894.


[1]) Горные леса находятся в иных условиях.

Hann, I. Meteorolog. Zeitschr. 1886, III, p. 412.
Hellriegel. Beiträge zu den naturwissenschaft. Grundlagen des Ackerbaues. 1883.
Hoehnel. Wollny's-Forschungen, Bd. II, H. 4, 1879, p. 398.
Hornberger. Forstl. Blätter, 1888, XII, p. 225.
Костычев, П. Отечеств. Записки, 1876, № 3.
Кравчинский, Д. Вопрос о влиянии леса на климат. Лесной журнал, 1876, № 6.
Кудрицкий. Зав. Киев. Общ. Естеств., т. XI, 1890.
Lendenfeld. Petermann's Mitteilungen, 1888, H. 3.
Lorenz v. Liburnau, J. Wald, Klimat u. Wasser, 1878.
„ u. Eckert. Meteorol. Zeitschr. 1890, VII, H. 10, p. 361.
„ „ Mitt. von förstl. Versuchswes. in Oesterreich, XIII, p. 1—447.
Марин, Н. Метеорол. Вестник, 1892, № 1, 4, 5.
Matthieu. Météorologie comparée agricole et forestière. Paris, 1878.
Морозов, Г. „Почвоведение", 1899, № 3, 1900, № 2, 1901, № 1 и 3.
„ Труды Опыти. Леснич., 1900 и 1902.
„ Лес и почва. Энциклопедия Девриена, т. V.
„ Лесопромышленный Вестник, 1903, № 40.
Müttrich. Beobachtungen der Erdtemperat. auf den forstl.-meteorolog. Station. in Preussen und d. Reichslanden, 3. Jahrg. 1877.
„ Beobacht. d. Erdtemperat, auf den forstl.-meteorol. Stat. in Preussen, Braunschweig u. Elsass-Lothringen. Berlin, 1880.
„ Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, 1890.
„ Meteorol. Zeitschr., 1900, H. VIII, p. 356.
Ney, C. Der Wald und die Quellen. 1894.
„ Forstwiss. Zentralbl. 1901; на русском языке изложено Оппоковым в журн. С. Хоз. и Лесов., 1902, май, стр. 63.
Nördlinger. Naturforsch. 1886, XIX.
Оппоков. Лес и воды. С.-хоз. энциклопедия Девриена, т. V.
Отоцкий, П. Труды Вольн.-Экон. Общ., 1896, № 6.
„ „Почвоведение", 1899, № 2, 1900, № 3.
„ Дневник X съезда Русск. естеств. и врачей, 1901, № 3.
„ Грунтовые воды, их происхождение, жизнь и распределение. II. Грунтовые воды и леса, преимущ. на равнинах средних широт.—Труды опытн. леснич. 1905 (литература).
Pearson. R. S. The Indian Forester. 1907, 57.
Riegler. Mitteil. aus dem forstl. Versuchswes. Oesterreichs. Bd. II, H. 2, 1879.
Risler. Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1872, p. 160.
Rüthimeyer. A. Zentralbl. f. das gesammte Forstwesen, 1893.
Schubert. Das Wetter, 1891, III, 68.
„ Meteorol. Zeitschrift, 1895, p. 185 u. 361, 1898, p. 15, 134.
„ Der jährliche Gang der Luft- u. Bodentemperatur im Freien u. in Waldungen und der Wärmeaustausch im Erdboden.
Тольский. „Почвоведение", 1902, № 4.
Вейнберг, Я. Лес, значение его в природе и меры к его сохранению. 1884.
Воейков, А. Климаты земного шара, 1884.
„ Метеорол. Вестник. 1892, № 2.
Wollny. Forschungen, Bd. X, 1887, Bd. XIII. 1890 u. Bd. XVII. 1894.
„ Vierteljaresschrift d. bayerisch. Landwirtschaftsrathes, 1900, H. 3.
Высоцкий, Г. „Почвоведение", 1899, № 3, 1901, 1902, 1904.
„ Труды III съезда деятелей по опытн. делу, 1905.
„ О взаимных соотношениях между лесной растительностью и влагой, ч. I, 1904.
„ Труды Опытн. Лесничеств.—Мариун. Леснич., 1901.
„ Степное лесоразведение. С.-хоз. энциклопедия Девриена.
Zschocke. Wollny's-Forschungen, 1891, p. 462.

## Тепловые свойства почв

Распределение тепла в почвах зависит от поглощения тепла солнечных лучей, от лучеиспускания, теплоемкости и теплопроводности почв. Первые определения теплоемкости почв принадлежат Шумахеру, который работал с весьма несовершенным прибором, почему его данные и не отличались особой точностью. Пфаундлер производил наблюдения с калориметром, подобным калориметру Реньо, и получил цифры, более или менее близкие к цифрам позднейших наблюдателей, а именно:

| | Почвы, высуш. при 100° Ц. | Воздушно-сухие |
|---|---|---|
| Речной песок . . . . . | 0,1928 | 0,1945 |
| Почва гранит.-плато . . . | 0,3189 | 0,3587 |
| Торф . . . . . | 0,5069 | 0,5293 |

Из этих данных прежде всего ясно, что почвенные массы отличаются значительно меньшей теплоемкостью, чем вода, почему для своего нагревания до определенной температуры требуют значительно меньшего количества тепла. Влияние влажности почвенной массы на величину ее теплоемкости также ясно прослеживается на данных Пфаундлера, если сравнить цифры двух вертикальных столбцов. Разница во влажности воздушно-сухих почв и почв, высушенных при 100° Ц., в общем не велика, но и эта разница оказывает, как видно, влияние на теплоемкость. У торфа, где эта разница наиболее значительна, более резко различаются и величины теплоемкости. Наконец, из тех же данных видно, что минеральные элементы почвы отличаются меньшей теплоемкостью, чем органические. Таковы существенные выводы из работы Пфаундлера, выводы, которые были лишь повторены позднейшими исследователями (Платтером, Либенбергом, отчасти Лангом и Ульрихом). Все эти экспериментаторы доставили ряд новых фактических данных и более точные цифры, новых же обобщений не дали.

Уже из определений различных исследователей, специально не занимавшихся почвами, было известно, что среди минеральных элементов почвы наименьшей теплоемкостью отличается кварц, глина же обладает большей теплоемкостью.

Песок . . . . . 0,190 (Фишер)
Кварц . . . . . 0,1883 (Нейман)
„ . . . . . 0,1913 (Реньо)
Белая глина . . . 0,241 (Гадолин)

Лангом получены из главнейших составных частей, предполагавшихся в составе почвенных масс, следующие цифровые данные:

Кварц. песок (средняя из 8 опред.) . . . . . 0,198
Каолин . . . . . 0,233
Торф . . . . . 0,477

Нам уже приходилось раньше отмечать неправильность, допущенную целым рядом исследователей по отношению к определению главных составных частей почвы, а именно, отожествление каолина с почвенной глиной и торфа с гумусом; эту неправильность констатируем и здесь.

Из своих исследований Ланг, кроме того, сделал вывод, что величина зерна не оказывает влияния на теплоемкость почв, и что

теплоемкость объемная (все предыдущие и последующие цифры выражают весовую теплоемкость) дает меньшие разницы для различных составных частей почвенных масс. Наиболее точные и подробные данные по отношению к различным почвенным минералам и смесям дает Ульрих. Его наблюдения показали, между прочим, что наименьшей теплоемкостью обладают окислы железа, а наибольшей — глина, углекислый магний. Сообщаем несколько цифр из работы Ульриха:

| | |
|---|---|
| Железный блеск | 0,1627 |
| Красный железняк | 0,1678 |
| Апатит | 0,1833 |
| Авгит | 0,1931 |
| Ортоклаз | 0,1941 |
| Роговая обманка | 0,1952 |
| Хлорит | 0,2046 |
| Биотит | 0,2061 |
| Кальцит | 0,2067 |
| Мусковит | 0,2030 |
| Вивианит | 0,2372 |

Возможно и вычислять теплоемкость минералов и почв, если известен их химический состав и известна теплоемкость отдельных химических групп, определяемых в составе минерала или почвы. Как показали Ланг и Ульрих, цифры, полученные путем вычисления, довольно близко подходят к непосредственно найденным. Следует все же предпочесть способ прямого определения с помощью калориметров.

По отношению к различным почвенным типам мы можем привести несколько данных из работы Сабанина. Теплоемкость определялась при помощи парового калориметра системы Щукарева. Мы заимствуем из статьи Сабанина только те определения, которые произведены с почвами, высушенными при 100—105° Ц., так как цифры, относящиеся к воздушно-сухим почвам, трудно сравнивать: они очень сильно зависят от содержания в почве гигроскопической влаги.

| Почва | Теплоемкость |
|---|---|
| Лессовый чернозем 1—4 верш. | 0,2300 |
| „ 4—8 „ | 0,2131 |
| „ 8—11 „ | 0,2105 |
| „ 12—16 „ | 0,2087 |
| Серозем (Бакинск. губ.) | 0,2165 |
| Краснозем о. Кубы | 0,2357 |
| „ Чаквы | 0,2481 |

По отношению к чернозему видно, что теплоемкость его падает в глубину, очевидно, в связи с падением количества гумуса. Чем обусловливается сравнительно высокая теплоемкость красноземов, сказать трудно; возможно, что здесь оказывает влияние значительное количество каолина, присутствующего в этих почвах.

При исследовании теплоемкости почвенных масс и их отдельных элементов экспериментаторы пользовались точными методами, почему полученные ими цифры и сделанные выводы заслуживают полного внимания. К сожалению, нельзя сказать того же об определении теплопроводности, несмотря на многочисленные работы в этой области.

Специально теплопроводностью почв занимались Габерланд, Литтров, Потт, Вагнер, а у нас Мамонтов и Петров. Кроме того, мы находим указание на теплопроводность почв у Бекмана, Ангстрёма, Гершеля и Гельмерсена.

Все исследователи, специально имевшие дело с почвами, устраивали для этой цели различные приборы, конструкции которых хотя и вызывали возражения, но эти возражения гораздо менее существенны, чем упреки, которые можно сделать всем упомянутым исследователями по поводу самого производства наблюдений. Как бы ни был построен прибор того или другого из исследователей, каждый из этих приборов состоял из нагревательного сосуда и сосуда, заключавшего почву; последний обыкновенно изолировался от наружного воздуха плохими проводниками тепла. В последний сосуд вводилось несколько термометров, на равных друг от друга расстояниях, и отмечалась через определенные промежутки времени температура каждого из термометров. Основная ошибка всех исследователей заключалась в том, что они не доводили термометров до постоянной температуры, а при таких условиях не только не могло быть речи об определении коэффициентов теплопроводности, но даже и выводы в более общей форме не всегда являлись строго обоснованными.

С этой оговоркой мы приводим заключения, сделанные Вагнером из его наблюдений. Из составных частей почвы лучше всего проводит теплоту кварц, затем гидрат окиси железа, каолин, углекислая известь и, наконец, торф. В плотном состоянии почва проводит тепло лучше, чем в рыхлом, а влажные почвы отличаются лучшей теплопроводностью, чем сухие. Два последние вывода легко понимаются: плотная почва содержит меньше воздуха, чем рыхлая, а воздух более плохой проводник, чем почва. Влажная почва, напротив, содержит значительное количество лучшего проводника (вода) и потому проводит тепло лучше сухой почвы.

По отношению к поглощению тепловых лучей следует заметить, что максимальным поглощением отличается гумус, благодаря темному цвету. Между другими составными частями почвы заметных различий не наблюдается. Мелкоземистые почвы поглощают сильнее крупнозернистых. Заимствуем у Лоске следующие цифровые данные, характеризующие поглощение тепла:

| | Абсолютное поглощение | % |
|---|---|---|
| Торфяная почва . . . . . | 24,40 | 100,00 |
| Красно-бурый песок . . . . | 22,65 | 92,78 |
| Желто-красная глина . . . | 21,00 | 80,07 |
| Светлосерая глина . . . . . | 20,00 | 81,97 |
| Мелкий песок . . . . . | 20,75 | 85,04 |
| Грубый „ . . . . . | 20,50 | 84,02 |
| Луговая известь . . . . . | 19,77 | 77,90 |

По вопросу об излучении почв мы отметим работы Ланга и Ара, выводы которых не всегда одинаковы. Главнейшие выводы Ара таковы: составные части почв в безводном состоянии обнаруживают некоторую разницу в величине лучеиспускания; минеральные элементы почвы излучают лучше, чем органические, а из минеральных—кварц излучает лучше всего. Эти разницы, однако, не велики, и если сравнивать по силе излучения различные природные почвы, состоящие из смесей разнообразных соединений, то разницы еще более скрадываются. Влияние механического состава сказывается постольку, поскольку

он способен вызвать изменение характера поверхности почвы: тонкозернистые почвы с гладкой поверхностью излучают меньше, чем крупнозернистые с поверхностью шероховатой.

Вода обладает гораздо большей способностью излучения, чем элементы почвы, поэтому влажные почвы будут лучеиспускать теплоту сильнее сухих. Необходимо, однако, сделать оговорку следующего рода: одна и та же почва как в умеренно увлажненном, так и в насыщенном водою состояниях будет излучать одинаково. То же следует сказать и относительно различных почв, если они находятся в более или менее увлажненном состоянии. Растительный, мертвый и снеговой покровы защищают почву от лучеиспускания.

Переходя к вопросу о температуре почвы, проследим первоначально зависимость степени нагревания поверхностных ее горизонтов от цвета, состава, структуры, положения по отношению к странам света, наклонов к горизонту и пр.

Вопрос о влиянии цвета на нагревание почвы был поставлен впервые Шюблером, который наполнял два одинаковых ящика образцами одной и той же почвы, а затем поверхность одного из ящиков засыпал магнезией, а другой—сажей. Те же наблюдения производил и Гаспарен, при чем оба упомянутые исследователя пришли к выводу, что нагревание почвы тем значительнее, чем она темнее. В дополнение к выводам Шюблера и Гаспарена, Дюроше и Малагути отметили, что нагревание почвы в значительной степени обусловливается ее составом, благодаря чему иногда светлые почвы нагреваются сильнее темных. Тем же вопросом занимался Вольни, опубликовавший несколько работ, стоящих в большей или меньшей связи друг с другом. С одной стороны, его исследования вполне подтвердили наблюдения Шюблера и Гаспарена, указав на влияние окраски почв, с другой—выяснили, что различные иные причины, от которых зависит степень нагревания почвы, маскируют иногда в такой степени влияние окраски, что значение последнего фактора почти утрачивается.

По отношению к окраске Вольни высказал следующие заключения: в теплый период года воздушно-сухая почва с темноокрашенной поверхностью в среднем теплее, чем почва со светлой поверхностью. Разница в температуре той или другой почвы наиболее значительна ко времени дневного максимума и сильно скрадывается ко времени дневного минимума. Амплитуда температурных колебаний в течение дня, очевидно, больше у первой почвы. Понижение температуры ночью у темных почв происходит абсолютно быстрее, чем у светлых, хотя температура у первых не падает ниже, чем у вторых. По мере углубления, температурные разницы темных и светлых почв становятся меньше, а при ослаблении инсоляции, или ночью, делаются совершенно нечувствительными. Цвет поверхности оказывает на нагревание сухой почвы большое влияние в том случае, если характер минеральных веществ двух различно окрашенных почв приблизительно одинаков, а количество гумуса настолько невелико, что от его присутствия не изменяются существенно ни теплоемкость, ни теплопроводность почвы. Если же эта граница для содержания гумуса перейдена или почвы сильно различаются своим составом и физическими свойствами, то влияние окраски уменьшается и может сделаться почти незаметным.

Позже Вольни несколько расширил свои выводы, указав прежде всего на то, что и в теплый период температурные разницы между светлыми и темными почвами могут в значительной степени

скрадываться, в зависимости от уменьшения инсоляции среди дня (при большей облачности). Кроме того, им было отмечено влияние почвенной влаги на температуру почв различных цветов. Это влияние оказалось достаточно значительным для того, чтобы, подобно составу и физическим свойствам, маскировать влияние окраски.

По отношению к физическому состоянию поверхности почвы Вольни заметил, что в теплое время года и при теплой погоде плотные почвы в общем теплее, чем рыхлые; в холодное же время года и при понижении температуры наблюдаются обратные отношения. Величина зерна также оказывает влияние на нагревание, но до известных пределов, т. е. более грубозернистые почвы (до известной величины зерна) нагреваются сильнее мелкозернистых, но при дальнейшем увеличении размеров зерна температура почвы постепенно убывает.

Из составных частей почвы кварц обладает наиболее сильной способностью нагреваться и охлаждаться, второе место занимает глина (каолин); гумус (торф) наиболее медленно принимает и отдает тепло. Поэтому, при возрастающей и вообще высокой температуре (весна и лето) кварцевый песок нагревается наиболее сильно, гумус — меньше всего. При падающей и вообще более низкой температуре (осень и зима) наблюдаются обратные отношения. Известковые и магнезиальные почвы обладают существенно меньшей способностью к нагреванию и охлаждению, чем другие, почему и амплитуды температурных колебаний у этих почв не велики. Окись железа оказывает относительно небольшое влияние на тепловое состояние почвы.

Наблюдения над влиянием положения и наклона почвы на нагревание ее производились Кернером, Эзером и Вольни. Работы Эзера мы несколько уже касались, хотя и по другому поводу, почему здесь остановимся на выводах Кернера и Вольни, более или менее однородных. При различном положении склона по отношению к странам света, южные направления склонов (Ю, Ю.-З. и Ю.-В.) теплее всего, затем идут В. и З., далее, С.-В., С.-З. и, наконец, С. Разница температур почвы различных склонов тем больше, чем значительнее протяжение склона. Наибольшие амплитуды температурных колебаний замечаются при южных положениях склонов, и они тем меньше, чем более положение склона приближается к северному. Максимум температуры зимой (ноябрь—апрель) падает на С.-В. склон, летом (май — август) — на Ю.-З., осенью на Ю. Южный склон тем теплее, а северный тем холоднее, чем более угол наклона к горизонту; также осносительно В. и З. Разница температур северного и южного склонов больше, чем восточного и западного. Температурные колебания увеличиваются вместе с углом наклона, в особенности для северного и южного склонов; для восточного и западного это соотношение не столь заметно.

Рассмотрим, наконец, влияние на температуру почвы различных покровов: живого растительного, мертвого и снегового.

По наблюдениям Вольни, почва, покрытая живыми травянистыми растениями или отмершими растительными остатками, летом холоднее, а зимой теплее, чем голая почва. Температурная разница больше всего летом, а меньше всего весною и осенью. При наступлении холодных периодов летом или теплых периодов зимой, влияние покрова на температуру почвы обратное. Амплитуда температурных колебаний у почв с каким-либо покровом меньше, чем у неприкрытых почв. Наблюдения Эбермайера приводят его к заключению, что, по способности к нагреванию, ближе всего к непокрытой почве стоит почва с моховым покровом: зимой моховой покров задерживает

излучение. Луговые травы летом пропускают в почву почти такое же количество тепла, как моховой покров, но зимой дают гораздо меньшую защиту от излучения. Плотные древесные насаждения затрудняют летом нагревание почвы сильнее, чем все другие покровы. Так, например, почва под буковым лесом до глубины 30 см. имеет температуру на 3,7° ниже, чем голая почва[1]).

По вычислениям Любославского, годовой оборот тепла в слое до 260 см. глубиной выражается цифрами:

Для обнаженной почвы . . . 2347,6 грамм. калор. на 1 кв. см.
„ покрытой „ . . . 1822,9 „ „ „ „

Относительно влияния снежного покрова Вольни были сделаны следующие заключения: 1) в морозную погоду почва, покрытая снегом, теплее, чем голая; 2) при внезапном поднятии температуры воздуха выше 0° почва без снега нагревается скорее, чем под снегом; 3) в последней температурные колебания меньше, чем в голой; уже под очень умеренным снежным покровом почвенная температура сохраняется равномерной и редко падает особенно низко. Последнее положение было подтверждено и Апостоловым, наблюдавшим, что, при толщине снегового покрова в 27 см., температура на поверхности земли была —29,1° Ц., а под снегом только —4,5° Ц. Необходимо, однако, отметить, что теплопроводность снега, очень малая при рыхлом его состоянии, значительно возрастает по мере его уплотнения. По данным Абельса, между плотностью снега и коэффициентом его теплопроводности существуют следующие соотношения:

| Плотность снега | Коэффиц. теплопров. (в калор., сантим., минут.) |
|---|---|
| 0,05 | 0,0010 |
| 0,20 | 0,0162 |
| 0,40 | 0,0650 |
| 0,50 | 0,1015 |
| 0,90 | 0,3289 |

Интересны наблюдения Хомена в Финляндии над тепловыми свойствами гранитной, песчаной и луговоболотной почвы. Оказалось, что на граните температура постоянно выше, чем в воздухе, песчаная почва имеет более высокую температуру только в поверхностных горизонтах, в болотной же почве средняя дневная температура равна таковой же воздуха. Наступление дневных максимумов и минимумов в этих почвах и в воздухе происходит в следующие часы:

| | Гранит | Песчан. почва | Болотн. почва | Воздух |
|---|---|---|---|---|
| | | На поверхности | | |
| Максимум . . . | 2 ч. по пол. | 1 ч. 7 м. | 1 ч. 28 м. | 3 ч. |
| Минимум . . . | 4 ч. утра | 4 ч. 7 м. | 4 ч. 43 м. | 4 ч. 33 м. |

Чтобы дать представление о тех различиях в тепловом режиме, которые существуют в различных почвенных зонах, мы приведем результаты измерений почвенной температуры в лесной (подзолистой), черноземной и пустынно-степной зонах. Мы не могли, к сожалению, во всех зонах взять те наблюдения, которые относятся к оголенным почвам, и для черноземной зоны пользуемся данными, относящимися к покрытой почве.

Для подзолистой зоны мы воспользуемся данными для почвы Лесного Института, опубликованными в работе Любославского.

[1]) О наблюдениях Мюттриха и Шуберта см. стр. 219.

Средние за 15 лет температуры обнаженной почвы

| | Глубина в метрах | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,8 | 1,6 |
| | Градусов | | | | | |
| Январь | —8,03 | —7,34 | —6,08 | —4,18 | —1,19 | 2,25 |
| Февраль | —8,81 | —8,00 | —6,93 | —5,19 | —2,32 | 1,35 |
| Март | —4,73 | —4,46 | —3,72 | —2,93 | —1,57 | 0,87 |
| Апрель | 3,81 | 2,96 | 2,23 | 1,00 | 0,21 | 0,86 |
| Май | 14,04 | 12,11 | 11,17 | 9,06 | 6,17 | 4,09 |
| Июнь | 20,46 | 17,76 | 17,12 | 15,29 | 12,17 | 8,32 |
| Июль | 20,85 | 19,23 | 19,00 | 17,51 | 14,87 | 10,76 |
| Август | 15,11 | 15,07 | 15,30 | 14,82 | 13,87 | 11,36 |
| Сентябрь | 8,82 | 8,95 | 9,31 | 9,69 | 10,02 | 10,12 |
| Октябрь | 3,89 | 4,83 | 4,91 | 5,72 | 6,85 | 8,02 |
| Ноябрь | —1,57 | —0,63 | 0,59 | 1,97 | 3,78 | 5,96 |
| Декабрь | —6,51 | —5,59 | —3,97 | —1,87 | 0,90 | 3,91 |
| Год | 4,78 | 4,57 | 4,91 | 5,07 | 5,31 | 5,66 |

Для черноземной зоны приведем данные наблюдений на Областной опытной станции (Орловка, Воронежской губ.).

| | Глубина в метрах | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,8 | 1,6 | 3,2 |
| | Градусов | | | | | | |
| Январь | — 7,1 | —0,7 | 0,0 | +1,1 | 2,2 | 4,3 | 6,7 |
| Февраль | —10,9 | —1,9 | — 1,4 | 0,3 | 1,6 | 3,5 | 5,9 |
| Март | — 0,2 | —0,7 | 0,5 | 0,5 | 1,2 | 2,8 | 5,2 |
| Апрель | 14,8 | 10,6 | 9,7 | 7,8 | 6,1 | 4,4 | 4,8 |
| Май | 17,4 | 12,9 | 12,3 | 11,0 | 9,4 | 7,3 | 5,8 |
| Июнь | 21,8 | 17,3 | 16,5 | 14,9 | 12,9 | 10,0 | 7,2 |
| Июль | 23,3 | 20,2 | 19,4 | 17,7 | 15,4 | 12,2 | 8,7 |
| Август | 25,6 | 21,9 | 21,2 | 19,7 | 17,6 | 14,3 | 10,3 |
| Сентябрь | 17,2 | 16,0 | 16,6 | 16,5 | 16,3 | 14,8 | 11,5 |
| Октябрь | 5,9 | 6,1 | 7,2 | 8,8 | 10,6 | 12,2 | 11,6 |
| Ноябрь | 2,9 | 3,8 | 4,7 | 6,0 | 7,6 | 9,0 | 10,4 |
| Декабрь | —2,3 | 0,3 | 1,2 | 2,7 | 4,5 | 7,3 | 9,1 |
| Год | 9,0 | 8,9 | 9,0 | 8,9 | 8,8 | 8,5 | 7,9 |

Наконец, для пустынной степи воспользуемся наблюдениями Чаянова на Темирском опытном поле:

Температура почвы в 1908 г.

| | Глубина в метрах | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,8 | 1,6 | 3,2 |
| | Градусов | | | | | | |
| Январь | —16,4 | —11,6 | —10,7 | — 8,4 | — 5,6 | — 0,5 | 5,8 |
| Февраль | —17,2 | — 8,6 | — 7,8 | — 6,3 | — 4,5 | — 1,2 | 4,2 |
| Март | —11,9 | — 7,7 | — 7,3 | — 6,2 | — 4,8 | — 1,6 | 3,2 |
| Апрель | — 0,5 | — 0,9 | — 1,3 | — 1,8 | — 2,1 | — 0,8 | 2,4 |
| Май | 15,4 | 13,4 | 12,0 | 10,0 | 7,1 | 3,2 | 2,5 |
| Июнь | 26,6 | 21,6 | 19,9 | 17,5 | 14,1 | 9,0 | 4,6 |
| Июль | 29,2 | 24,0 | 22,5 | 21,1 | 18,7 | 14,0 | 7,5 |
| Август | 25,7 | 22,2 | 21,1 | 20,4 | 18,9 | 15,5 | 9,7 |
| Сентябрь | 18,7 | 16,6 | 16,7 | 17,2 | 17,1 | 15,5 | 11,1 |
| Октябрь | 3,2 | 3,0 | 4,4 | 6,6 | 9,0 | 11,7 | 11,4 |
| Ноябрь | — 3,6 | — 3,3 | — 2,0 | — 0,1 | 2,5 | 6,5 | 10,0 |
| Декабрь | —12,4 | — 4,4 | — 2,9 | — 1,4 | 0,4 | 3,6 | 8,0 |
| Год | 4,7 | 5,4 | 5,4 | 5,7 | 5,9 | 6,3 | 6,7 |

К сожалению, мы не располагали данными для более западных частей пустынной степи, которые дали бы, вероятно, несколько иные результаты. Определенно выраженный континентальный тип климата азиатских пустынных степей наложил свою печать и на тепловой режим почвы, обусловив очень низкие температуры зимы и очень высокие температуры лета.

Не только почвы, далеко отстоящие друг от друга, но и почвы одной и той же зоны, лежащие рядом, могут и даже должны иметь неодинаковый тепловой режим в зависимости от их свойств и особенно в зависимости от содержания в них влаги. Наблюдения Келлера в окрестностях Красноармейска (бывш. Сарепты) дали следующие результаты:

| Почва | Глубина наблюд. | Температура в 4 ч. дня |
|---|---|---|
| Корково-столбч. солонец . . . | 32—36 см. | 20,3° |
| Солонцеватый бурый суглинок. | 31,5—35,5 см. | 19,2° |
| Темноцветная почва западин . | 31,2—35,2 см. | 16,3° |

На солончаковых почвах там же Келлером получены следующие результаты:

| | Глубина | Темпер. в 1 ч. дня |
|---|---|---|
| Мокрый солонч., менее влажный . . | 31,2—35,2 см. | 17,9° |
| „ „ более влажный . . | 31,8—35,8 см. | 16,8° |
| „ „ наиболее влажный. | 31,2—3,52 см. | 16,0° |

То же оказалось при изучении температур рядом лежащих на Воронежской Областной Оп. станции мощного и выщелоченного черноземов, последний характеризуется более низкими температурами на одних и тех же глубинах, чем первый (Мущенко).

---

## ЛИТЕРАТУРА

**Температура почвы, ее дневной и годичный ход, зависимость от цвета, строения, положения и покрова**


Адамов. Температура чернозема. „Почвоведение". 1900, №№ 1 и 2, 1901, № 2.
„ Факторы плодородия русского чернозема. Спб. 1904.
André et Raulin. Comptes rendus. CXII, p. 256—258.
Апостолов. Л. Метеор. Вестн. 1923, № 6.
Bezold, W. v. Sitzungsber. Berliner Akad. 1892, p. 1139.
Bühler. Mitteil. der schweizer Zentralbl. für das förstl. Versuchswes. Bd. IV.
Durocher et Malaguti. Comptes rendus. T. XXXVIII. p. 785.
Ebermayer. Wollny's-Forschungen, Bd. XIV, 1891, p. 195 u. 379.
Fritsch. Zeitschr. d. österreich. Gesellsch. für Meteorol. Bd. VI, № 9, 1871.
Gasparin. Cours d'agriculture.
Hann. Lehrbuch der Meteorologie, 1901.
Henne. Mitteil. d. schweiz. Zentralanst. für das förstl. Versuchswes. Bd. III.
Homen. Der tägliche Wärmeumsatz im Boden etc. Leipzig. 1897; Метеорологич. Вестн., 1898, т. VIII, 129.
Kerner. Zeitschr. d. österreich. Ges. für Meteorol. Bd. VI, № 5, 1871; Meteorolog. „ Zeitschr. 1893, H. 7.
Келлер. Тр. Тифлисск. Ботан. Сада. Вып. XII, кн. 2, 1913.
Лейст. Метеоролог. Сборн., т. 1, № 7, 1891.
Liebenberg, von. Untersuchungen über Bodenwärme. Habilitationsschrift. Halle, 1875.
Лоске. Сельскохоз. метеорология. Юрьев, 1908.

Любославский, Г. Изв. Лесн. Инст. Вып. XIX, 1909.
Masure, F. Annales agronomiques, 1883, T. IX, №№ 4, 5 et 7.
Müttrich. Erdbodentemperatur auf d. förstl. meteorol. Stationen. Berlin, 1880.
Pott, E. Landw. Versuchst. 1877, Bd. XX, H. 4 u. 5, p. 273—355.
Schubert. Der jährliche Gang der Luft- u. Bodentemperatur im Freien und in Waldungen und der Wärmeaustausch im Erdboden. Berlin, 1900.
„ Der Wärmeaustausch im festen Erdboden, in Gewässern und in der Atmosphäre. Berlin, 1901.
Schübler. Grundsätze der Agrikulturchemie, 1830, Bd. I.
Singer. Beobachtungen der meteorolog. Stationen in Königreich Bayern. Jahrg. 1889.
Штейн. Матер. по изуч. русских почв. Вып. V, 1889.
Тольский. Журн. Оп. Агрон., 1900, кн. 3.
Чаянов, С. Отчет по Темирскому Опытному полю. СПБ., 1910.
Wild, H. Ueber die Bodentemperatur in St. Petersburg, 1878; по-русски: Метеоролог. Сборн. 1879, 5, IV.
„ Ueber die Differenzen der Bodentemperaturen mit und ohne Vegetation resp. Schneedecke. Mém. de l'Acad. Imp. des Sc. de St. Pétersbourg, VIII série, I, V. № 8, 1897.
Wollny. Landw. Jahrbücher, 1876, H. 3, p. 111, 168.
„ Forschungen, Bd. I, 1878, p. 43; Bd. II, 1879, p. 133; Bd. III, 1880, p. 325; Bd. IV, 1881, p. 327; Bd. V, 1882, p. 1; Bd. VI, 1883, p. 196; Bd. X, 1887 p. 1 u. 345; Bd. XIX, 1896, p. 305; Bd. XX, 1897, p. 133.
„ Zeitschr. d. landw. Vereins für Bayern. 1879, 83.
Воейков, А. Снежный покров, его влияние на почву, климат и погоду. Спб. 1889.

## Теплоемкость почвы

Lang. Wollny's-Forschungen, Bd. I, 1878, p. 109.
Meister. Programm der Jahresber. 1857—58 d. königl. landw. Zentralschule zu Weyhenstephan, p. 1.
Oemler, P. Deutsche Monatsschr. f. Landwirtsch. 1874, H. 3—5, p. 67, 101, 131.
Pfaundler. Pogg. Annalen, CXXIX, 1866.
Platter. Annal. d. Landw. in Preussen. Monatsblatt, 1870.
Сабанин. „Почвоведение", 1908, № 4.
Schumacher. Die Physik des Bodens in ihren theoretisch. u. praktisch. Beziehungen zur Landwirtschaft. 1864.
Ulrich. Wollny's-Forschungen, Bd. XVII, 1894.

## Теплопроводность почвы

Angström. Poggend. Annalen, CXIV, CXVIII, CXXIII, CXXIX.
Böckmann. Versuche über die Wärmeleitungsfähigkeit verschiedener Körper, 1812.
Haberlandt. Wissenschaftlich-praktische Untersuchung auf d. Gebiete d. Pflanzenbaues. 1875.
Helmersen. Poggend. Annalen, LXXXVIII.
Herschel. Nature, Vol. VIII, May, October 1873.
Littrow, A. von. Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. II. Abt. Januarheft, 1875, Bd. LXXI.
Мамонтов. Матер. по изуч. русск. почв. Вып. III, 1887.
Петров. Матер. по изуч. русск. почв. Вып. VIII, 1893.
Wagner. Wollny's-Forschungen, Bd. VI, p. 1.

## Поглощение и излучение тепла

Ahr. Wollny's-Forschungen, Bd. XVII, 1895, p. 397.
Lang. Wollng's-Forschungen. Bd. I, 1878.
Magnus. Fortschritte d. Physik, Bd. XX.
Tate. Philosop. Magaz. XXIII and XXV.

# ГЛАВА VI

## Поглотительная способность почвы

### Химическая (обменная) абсорбция в почве

Еще в старых работах, изучавших вопрос о поглотительной способности почв [1]), было указано, что, взбалтывая почву с раствором какой-либо соли или пропуская сквозь почву раствор этой соли, можно заметить, что часть основания этой соли закрепляется в почве, а вместо этого основания в раствор переходит другое, находившееся в связи с почвой, и при том в эквивалентном поглощенному основанию количестве.

В некоторых случаях наблюдались отступления от этого правила, но это объясняется отчасти тем, что когда действуют раствором соли на кислую или недосыщенную почву, то металл основания этой соли замещает водород почвы, который не учитывался.

Наиболее обстоятельные исследования по вопросу об обмене почв основаниями были сделаны в последние годы (1912—1922) Гедройцем, работы которого только в последнее время становятся известными западно-европейским исследователям, проделывавшим иногда самостоятельно то, что давно уже было сделано русским исследователем. В своей работе „Поглотительная способность почвы и почвенные цеолитные основания“ (1916 г.) Гедройц исследовал обменную способность тульского чернозема и смоленского подзолистого суглинка. Вытесняя из этих почв кальций, окиси которого в черноземе было 1,76% (валовой состав), а в подзоле — 0,29% (10% солянокислая вытяжка), исследователь применял для этой цели 4,0 норм., 1,0 норм. и 0,2 норм. растворы хлористых солей аммония, натрия, калия, магния, алюминия и железа ($FeCl_3$). Результаты получились следующие:

I. Для чернозема (валовой состав)

| | 4,0 норм. | | 1,0 норм. | |
|---|---|---|---|---|
| | CaO вытесн. | CaO осталось | CaO вытесн. | CaO осталось |
| $NH_4$ . . . . . | 1,16 | 0,60 | 1,15 | 0,61 |
| Na . . . . . | 1,10 | 0,66 | 1,13 | 0,63 |
| K . . . . . | 1,11 | 0,65 | 1,16 | 0,60 |
| Mg . . . . . | 1,21 | 0,55 | 1,26 | 0,50 |
| Al . . . . . | 1,23 | 0,53 | 1,28 | 0,48 |
| Fe . . . . . | 1,30 | 0,46 | 1,25 | 0,51 |

[1]) Мы не считаем нужным излагать здесь более чем вековую историю исследования этого вопроса, так как на русском языке имеются сводки А. Н. Соколовского. Журн. Оп. Агрон. 1914, кн. 2 и К. К. Гедройца. Там же, 1918 г.

Из новейшей литературы см. Sigmond, von. Verhandl. d. Zweiten Komission der Intern. Bodenk. Gesellsch. Groningen (Holland), 1926; литерат. Robinson, G. W. Ibidem; Hissink, D. J. Transaction of the Faraday Soc., vol. XX, Part 3. April 1925.

II. Для подзолистого суглинка (10%HCl)

| | | |
|---|---|---|
| $NH_4$ . . . . . | 0,140 | 0,150 |
| Na . . . . . | 0,135 | 0,155 |
| K . . . . . | 0,130 | 0,160 |
| Mg . . . . . | 0,140 | 0,150 |
| Al . . . . . | 0,138 | 0,152 |
| Fe . . . . . | 0,139 | 0,151 |

Из этих данных ясно прежде всего, что из чернозема вытесняется много больше извести, чем из подзолистой почвы. И это явление не случайное: из доклада Гемерлинга съезду почвоведов в августе 1923 года мы знаем, что и им получены такие же данные для подзолов Московской губ., при чем горизонт $A_2$ обнаруживает еще меньшее количество обмениваемого кальция, чем горизонт $A_1$, с которым имел дело в своих опытах Гедройц. Несколько большие количества кальция, чем первичные подзолистые почвы, отдают почвы деградированные, но и эти количества далеки от тех, которые отдает чернозем.

Приведенные данные допускают вывод, что главная часть вытесняемого кальция связана с перегнойными веществами почвы, которые у чернозема насыщены кальцием максимально, а у подзола минимально. Конечно, мы не имеем права отрицать, что в обменную реакцию вступают и алюмосиликаты, каковы плагиоклазы, роговые обманки, авгиты и пр., а также полученные из них путем выветривания (гидролиза) кислые соли, которые, может быть, даже энергичнее обменивают свои основания, чем нетронутые процессами выветривания средние кремнеглиноземные соли. Опытов, к сожалению, в этом направлении пока нет, хотя известно, например, что слюды, которые всегда в своем составе содержат водород, т. е. являются по большей части кислыми солями, довольно легко реагируют с хлористым аммонием, в сравнении, положим, с ортоклазом.

По поводу описанных опытов необходимо сделать еще одно замечание, касающееся реакции между почвой и хлористыми солями алюминия и железа. Здесь идет не простой обмен, а несколько более сложная реакция, а именно, при соприкосновении означенных растворов с почвой гидраты окиси железа и алюминия абсорбируются почвенными частицами, а образующаяся при гидролизе соляная кислота извлекает кальций почвы. Что реакция идет именно так, показывает следующий поставленный мною опыт: если смешать с каолином порошок углекислого кальция, поместить эту смесь на воронку и прилить к ней раствора $FeCl_3$ или $AlCl_3$, то углекислая известь тотчас же начнет разлагаться с явственным выделением углекислоты. Чем концентрированнее растзоры $FeCl_3$, $AlCl_3$, тем яснее эта реакция.

Для поглощенного почвой магния получаются, по сравнению с кальцием, совсем ничтожные величины, которые для чернозема колеблются в пределах 0,11—0,17%, а для подзола—в пределах 0,016—0,023%.

Еще меньшие количества получились для калия, которого в черноземе было вытеснено максимум 0,08%, а в подзоле—0,019%. Принимая во внимание, что некоторые калийные минералы (нефелин, слюды, микроклин) способны в заметных количествах обменивать свой калий на алюминий и натрий [1]), можно думать, что поглощенного

[1]) Стольгане. Из результатов вегетац. опытов. Москов. С.-Хоз. Инст. Отч. VI, 1911. Andrè. G. Comptes rendus. T. 157, p. 858 и T. 162, p. 133; по этому вопросу еще ранее были исследования Лемберга и Эйхгорна.

калия в почве совсем нет. Точно так же нет в исследованных почвах и поглощенных натрия, алюминия и железа.

Таким образом, и в черноземных, и в подзолистых почвах главным поглощенным основанием является окись кальция, а второе место принадлежит окиси магния, которая количественно очень сильно уступает первой.

Подсчитывая количества поглощенных и вытесненных оснований в грамм-эквивалентах, можно видеть, что эти количества одинаковы.

Исследование Гедройцем [1]) вопроса о влиянии концентрации раствора хлористого аммония на количество вытесняемых из почвы оснований привело его к заключению, что обмен между аммонием, с одной стороны, и почвенными кальцием и магнием, с другой, идет тем полнее, чем выше концентрация раствора хлористого аммония, но количество вытесняемых оснований возрастает не пропорционально повышению концентрации, а более медленно.

Точно так же увеличение количества раствора, при постоянном количестве почвы, повышает количество отщепляемых оснований, но не пропорционально возрастанию количества раствора, а значительно меньше.

Продолжительность соприкосновения раствора с почвой не оказывает влияния на количество вытесненных оснований: реакция между почвой и раствором протекает почти моментально. Гедройц считает, что причиной этой скорости является то обстоятельство, что реакция протекает на поверхности частиц или в самом поверхностном слое их.

Необходимо отметить, что однократного соприкосновения почвы с раствором, какой бы концентрации он ни был, недостаточно для того, чтобы вытеснить все основания, которые могут быть замещены катионом раствора. Опыт Гедройца показывает, что десятой последовательной обработкой 4,0 норм. раствором хлористого аммония черноземной почвы еще извлекается 0,015% CaO, при чем полного вытеснения кальция можно достигнуть лишь 20 обработками, дающими в общем сумму CaO = 1,309%, десять же последовательных обработок дают только 1,236% CaO. Правда, исследователь оговаривается, что столь медленное вытеснение CaO зависит от того, что прореагировавший раствор не целиком сливался перед прибавкой новой порции раствора.

Сумма вытесняемых из почвы оснований есть величина постоянная для каждой почвы и называется емкостью поглощения. Эта емкость может быть выражена в эквивалентах какого-нибудь одного катиона.

В природе существуют почвы, как насыщенные основаниями, так и не насыщенные, так называемые кислые почвы, т. е. почвы, содержащие свободные водородные ионы. Повидимому, эта ненасыщенность связывается, главным образом, с перегноем, хотя в литературе и встречаются указания на минеральные ненасыщенные почвы [2]). Конечно, ненасыщенный водород имеется и в минеральных соединениях (кислые силикаты и алюмосиликаты, кремнеглиноземные кислоты), так как сущность выветривания в природе силикатов и алюмосиликатов и

[1]) Гедройц, К. Учение о поглотительной способности. Петроград, 1922.

[2]) См., напр., Daikuhara Chem. Zeit. 1908; Bull. Imp. Centr. Agric. Exp. Stat Japon, 1914.

Tadokoro, T. Journ. of the College of Agric. Vol. VI, part. 2 Juine 1914; part 5. December 1914.

Ehrenberg. P. Die Bodenkolloide. 3 Aufl. 1922.

состоит в том, что водород природной воды, особенно содержащей углекислоту, замещает металл основания силиката и алюмосиликата. Этот процесс может итти, как мы знаем [1]), шаг за шагом, при чем нередко выветривающийся минерал все время сохраняет кристаллическое строение (слюды, авгиты). Раз вступивший в состав твердого силиката и алюмосиликата водород замещается другими катионами с большим трудом и идет только при повышенных температурах (опыты с каолином Лемберга, Земятченского и др.). Возможно, что в коллоидно размельченном состоянии кислые силикаты, алюмосиликаты и кремнеглиноземные кислоты замещают свой водород несколько легче, но прямых указаний в этом направлении нет. В способности же гумусовых кислот замещать свой водород можно не сомневаться, как трудно теперь сомневаться и в существовании этих кислот.

Кроме емкости поглощения, Гедройц вводит понятие об энергии поглощения, под которой понимается относительная способность того или иного иона поглощаться почвой. Выяснить эту способность можно таким образом: если насытить почву барием, а затем вытеснять этот барий растворами одинаковой нормальности солей с различными катионами, обрабатывая почву такими растворами только по одному разу, то можно будет видеть, что различные катионы вытесняют при таких условиях неодинаковые количества бария. Вот цифры из опытов Гедройца:

| | | Вытеснено бария в % от веса почвы |
|---|---|---|
| Однозначные ионы | Хлористым литием | 0,522 |
| | „ аммонием | 0,886 |
| | „ натрием | 0,625 |
| | „ калием | 0,932 |
| | „ рубидием | 1,062 |
| Двухзначные ионы | „ магнием | 1,058 |
| | „ кальцием | 1,400 |
| | „ кадмием | 1,505 |
| | „ кобальтом | 1,545 |

Из этих цифр видно, что в группе ионов одинаковой значности энергия поглощения зависит от атомного веса катиона. Она зависит также от значности иона. Только ион аммоний уклоняется от первого правила. Из всех катионов, присутствия которых можно обычно ожидать в почвах, как видно из приведенных данных, наиболее энергично поглощается кальций. Отсюда понятно, почему почвы чаще всего бывают насыщены кальцием. Еще большей энергией поглощения обладает водород, а потому в тех случаях, когда имеются значительные количества воды, водород вытесняет понемногу все другие катионы и становится на их место. Таким образом и получаются в природе кислые почвы.

Есть в природе и такие почвы, которые насыщены преимущественно натрием. Опыты Гедройца показали, что если почву, насыщенную кальцием, обрабатывать раствором натровой соли, а затем удалить промыванием и диализом остаток не прореагировавшей соли, то почва, будучи увлажнена водой, получает особые свойства. Именно ее перегной становится дисперсным и начинает давать коллоидный раствор. Вместе с тем повышается и дисперсность тонких почвенных

[1]) Глинка, К. Исследования в области процес. выветривания. Труды СПБ Общ. Ест., т. XXXIV, вып. 5, 1906.

суспензий, в силу чего вся эта система коллоидов и суспензий становится более подвижной. Это явление становится понятным, если принять, что вода, соприкасающаяся с почвой, насыщенной натрием, отщепляет этот последний, в силу чего в растворе появляются гидроксильные ионы, которые, как мы уже знаем, в растворах слабой концентрации стабилизируют коллоиды и суспензии.

### Поглощение почвами газов и жидкостей (воды)

Эти особого рода явления связаны целиком с действием молекулярных сил на поверхности почвенных суспензий и потому должны быть рассмотрены особо от всяких других видов абсорбции.

Поглощение газов мелкочастичными массами, в том числе и почвами, было замечено уже давно[1]), при чем было установлено, что газы, легко сжимающиеся при давлении, поглощаются сильнее, чем менее сжимаемые. Если какой-либо газ сжимается в два раза сильнее, чем другой, то он и поглощается в два раза больше.

Из газов, находящихся в почве, менее всего поглощается азот; второе место занимает кислород; значительно сильнее поглощается углекислота и еще сильнее—водяной пар. Если мы имеем смесь газов, как это и есть на самом деле в почвенном воздухе, то отдельные составные части и этой смеси будут поглощаться неодинаково. Так, например, из смеси равных частей по объему водорода и углекислоты углекислота поглощается в 10 раз сильнее, чем водород[2]).

На поглощении газов основывается, между прочим, известное явление слабой смачиваемости почв, находящихся в распыленном состоянии и высохших. Также трудно смачиваются первыми каплями дождя пухлые слои дорожной пыли, что, вероятно, всякому приходилось наблюдать. Если на поверхности торфяных почв образуется пылеватая масса сухих частиц торфа, то и эта сухая масса очень плохо смачивается дождями.

Чем объяснить слабую смачиваемость пересохших частиц почвы? Теория, развивавшаяся рядом исследователей, говорит о том, что будто бы на поверхности сухих частиц почвы, содержащих перегной, выделяется пленка смолистых веществ[3]). Однако, эта теория ничем не доказана.

Между тем, интересный опыт Шпринга[4]) наводит на истолкование этого явления.

Шпринг брал тонкочастичную массу песчаной почвы, частицы которой измерялись величинами 0,05—0,01 мм. в диаметре, и высыпал ее с некоторой высоты в воздухе и в безвоздушном пространстве. Оказалось, что, при одинаковых прочих условиях, высыпанные сухие частицы образовали в воздухе слой в 240 мм. высотой, а в безвоздушном пространстве всего только в 192 мм. Если встряхивать сосуд в первом опыте, то слой частиц уменьшает свою высоту до 200 мм. Если нагреть этот сосуд, то масса в нем уплотнится до такой же высоты, как и в опыте, произведенном в безвоздушном пространстве.

Таким образом, в первом случае (в воздухе) частицы, очевидно, увеличили свой объем потому, что ими были абсорбированы состав-

---

[1]) См. Ammon, G. Wollny's-Forsch. 2, 1879; von Dobbenek, A. Ibidem, 15, 1892. Chappuis, P. Ann. Phys. Chim. 8, 1879; Mülfarth, F. Ibidem, 3, 1900; Titoff. A. Zeitschr. f. phys. Chemie, 94, 1910; Dewar, I. Proc. Roy-Soc. 74, 1904; Patten, H. Bull. № 51. Bureau of Soils.

[2]) Joulin, L. Ann. de Chim. et de Phys. (5), 22, 1881.

[3]) См., напр., Ramann, E. Bodenkunde. 3 Aufl., 1911.

[4]) Spring, W. Bull. de la Soc. belge de géologie, 17, Mémoires 23, 1903.

ные части воздуха. При нагревании воздух удалялся, после чего уменьшался и объем, занимаемый частицами.

Есть основание, следовательно, предполагать, что пересохшие тонкопылеватые частицы почвы сгущают на своей поверхности газы воздуха, и эта газообразная оболочка мешает некоторое время смачиванию таких частиц[1]).

Шпринг, по поводу своих опытов, говорит: „можно считать доказанным, что воздух образует вокруг зерен песка оболочку, толщина которой весьма чувствительна, и что прочность этой оболочки тем больше, чем меньше ее толщина".

Фойгт[2]) отмечает, что при долгом лежании в сухом воздухе толщина поглощенной газовой оболочки возрастает, но новые (наружные) слои этой оболочки удерживаются уже слабее.

Толщину такой оболочки Кайзер[3]) определяет в $\frac{79}{2} \cdot 10^{-6}$ мм., что соответствует стотысячным долям миллиметра[4]).

Несмачиваемость почвы, конечно, явление преходящее. В конце концов вода вытесняет воздушные оболочки и становится на их место, после чего почва начинает смачиваться.

Не исключена возможность поглощения почвой и других газов, которые возникают иногда в процессах болотного почвообразования, наприм., сероводорода, метана и пр. В работе Аммона[5]) отмечается, что сероводород, поглощаясь, разлагается с выделением серы, а в присутствии окислов железа идет и образование односернистого железа.

Поглощенный почвой кислород воздуха (он поглощается сильнее, чем азот) может оказывать большее окислительное влияние, чем свободно циркулирующий кислород воздуха, а поглощенная углекислота оказывает, вероятно, большее влияние на процессы гидролиза силикатов и алюмосиликатов.

Так как поглощение газов уменьшается с повышением температуры, то, по принципу фан-т-Гоффа и Лешателье[6]), следует ожидать, что это поглощение сопровождается выделением тепла; это и наблюдается на самом деле. Такие наблюдения были сделаны еще Соссюром[7]), а затем Митчерлихом[8]), Фавром[9]), Шаппюи[10]) и др.

Поглощенные на поверхности почвенных частиц водяные пары, конечно, сгущаются и образуют тонкую водную оболочку.

Влага в жидком состоянии точно также может поглощаться частицами почвы, при чем так же, как и при поглощении газов, выделяется тепло. Всякий аналитик, вероятно, наблюдал, что если прокаленный в платиновом тигле осадок кремнекислоты несколько увлажнить водой, то пальцы, удерживающие тигель, совершенно явственно ощущают нагревание стенок тигля. Это есть не что иное, как теплота абсорбции паров при их упругости насыщения.

---

[1]) См. Puchner, H. Wollny's-Forschungen, 19, 1896.

[2]) Voigt, W. Ann. Chim. et Phys. 19, 1883.

[3]) Kaiser, E. Ibidem, 53, 1894, Inaugural-Dissert. Bonn, 1894.

[4]) Имеются и другие определения, дающие несколько большие величины, хотя вообще эти величины не могут быть особенно большими.

[5]) Ammon, G. l. c.

[6]) См. Freundlich. Kapillarchemie, Leipzig, 1909.

[7]) Saussure de. Gielbert Annal. 47, 113, 1814.

[8]) Mitscherlich. Journ. f. Landwirth. 46, 1898.

[9]) Favre. Ann. Chim. Phys. (5), 1, 1874.

[10]) Chappuis. Wiedeman. Annal. 8, 1, 1879; 19, 21, 1883.

Количественные определения были сделаны впервые Пуйе[1]). По отношению к почвам опыты Штельвааг а[2]) показали, что повышение температуры тем больше, чем суше была почва, чем мелкозернистее ее частицы и чем ниже внешняя температура; оно весьма значительно при прибавлении воды к совершенно сухой почве и для гумуса и гидратов окиси железа несравненно выше, чем для других ингредиентов почвы, в особенности для кварца.

Опыты Parks'a[3]) привели к заключению, что количество выделяемого тепла пропорционально величине поверхности поглощающих частиц, откуда следует, что по количеству тепла, выделяемого при соприкосновении сухой почвы с водой, можно составить представление о величине поверхности массы почвенных частиц.

Опыты Мюнца и Годешон[4]) устанавливают следующую зависимость между количествами выделяемого тепла и процентным содержанием глины в почве:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Глины в % . . . . . | 1,9 | 8,3 | 12,3 | 18,1 | 30,2 | 36,8 |
| Калорий на 1 килогр. . . почвы . . . . . | 0,9 | 1,9 | 2,4 | 3,9 | 4,9 | 6,6 |

Как видно, прямой пропорциональности между количеством глины (иловатых частиц) и количеством выделяемого тепла нет.

Bouyoucos[5]) считает возможным использовать теплоту смачивания, как средство для определения коллоидов почвы.

Связь между количеством выделяемого почвами тепла и количеством поглощенной воды выражается следующими данными:

| | Песчаная почва | Суглинистая почва | Глинистый нанос | Глина | Глина |
|---|---|---|---|---|---|
| Калорий на 1 килогр. . . . . | 0,95 | 3,28 | 4,84 | 6,84 | 15,20 |
| % воды, взятой из влажного воздуха . . . . . | 1,22 | 3,23 | 4,90 | 12,12 | 17,90 |

Существует взгляд, что теплота смачивания может быть обнаружена лишь при температуре высшей + 4° Ц., т. е. температуры наибольшей плотности воды[6]). С другой стороны, высказывались соображения, что у поглощенного слоя воды наибольшая плотность обнаруживается при иной температуре, чем 4° Ц.[7]). При том давлении, которое испытывает этот слой воды, становится вероятным, что наибольшая плотность воды наступает при температурах, лежащих заметно ниже 0° (Эренберг).

Поглощенная твердой частицей почвенной суспензии оболочка воды имеет небольшую мощность. Эта мощность для состояния воды в форме гигроскопичности определяется Эренбергом[8]) в $2{,}5.10^{-6}$ мм.

По поводу этих определений нужно, однако, оговориться, что различные исследователи под именем гигроскопичности понимают не одно и то же. Так, Родевальд[9]) говорит, что максимальная гигроскопичность соответствует тому состоянию увлажнения, при котором

---

[1]) Pouillet, C. Ann. Phys. u. Chem. 73, 1823.

[2]) Stellwaag. Wollny's-Forschungen; 1892; см. также Babo, A. von, Journ. f. practisch Chem., 72, 1857.

[3]) Parks. Philosoph. Magaz. (66) 4, 240, 1902.

[4]) Müntz et Gaudechon, H. Comptes rendus. T. CXLVII, 1909.

[5]) Bouyoucos, S. Soil Science, Vol. XIX, № 2, 1925; здесь см. литературу.

[6]) См. Jungk, C. Ann. d. Phys. 125, 1865; Schwalbe, G. Ann. d. Physik (4), 16.16.30.

[7]) Ehrenberg, P. Die Bodenkolloide, 3 Aufl. 1922: см. Rosenow. Dissertat. Hannover. 1911; Meissner. Inauguraldiss. Strassburg. 1886.

[8]) Ehrenberg, P. Die Bodenkolloide. 3 Auft. 1922.

[9]) Rodewald. Landw. Jahrbücher. 1902.

почвенные частицы облечены одномолекулярной водяной пленкой. Фагелер[1]) считает эту оболочку толщиной в 200 молекулярных слоев, что, по мнению Эренберга, вероятно, сильно преувеличено. Сам Эренберг, базируясь на работе Реми[2]), который принимает, что уже ионы несут на своей поверхности водную оболочку толщиной в один слой молекул, что составляет, по Экснеру и Слотте[3]), величину $8{,}45 \cdot 10^{-7}$, полагает, что в состоянии гигроскопичности вода окружает почвенные частицы слоем толщиной в 10 молекул. Эта толщина и будет равна вышеприведенной цифре $2{,}5 \cdot 10^{-6}$, т. е. 0,0000025 мм. или 25 μμ.

Основываясь на работе Лебедева[4]), можно заключить, что вода, удерживаемая молекулярными силами вокруг почвенных частиц, находится в почве в двух состояниях: гигроскопической и молекулярной воды. Первая (ближайший к почвенной частице слой) удерживается частицей почвы с наибольшей силой и может передвигаться только в парообразном состоянии, вторая же передвигается в жидком виде и с меньшей силой удерживается почвенными частицами. Такое представление соответствует и взглядам Родевальда[5]), согласно которым поглощенный и притом уплотненный крахмалом слой воды с удалением от поверхности твердого тела очень быстро теряет свои свойства.

Опыт показывает, что вода, удерживаемая молекулярными силами вокруг почвенных частиц, не может быть удалена даже из песчаной почвы с помощью центрофуги, развивающей ускорение, в 400 раз большее ускорения силы тяжести. Поэтому понятно, что сила тяжести не может влиять на передвижение молекулярной воды.

Как велики, однако, те силы, которые удерживают водную пленку около почвенных частиц? На это различные исследователи дают различные ответы. Родевальд[6]) оценивает эту силу для воды в 2.523—2.821 атмосфер, фан-дер Ваальс[7])—в 10.700 атмосфер, Лагергрен[8])—в 6.000 атм. и пр.

Во всяком случае, следовательно, поверхностное давление, обусловливаемое молекулярными силами, измеряется тысячами атмосфер, а потому понятно, что центрофуга не в силах отнять даже от рыхлой почвы ее молекулярную воду.

Очевидно, в связи с неодинаковыми представлениями о гигроскопической воде и некоторыми упущениями в вычислениях попытки определить с помощью гигроскопичности величину поверхности почвенных частиц можно считать не особенно удачными.

Так, Митчерлих[9]) для глинистой почвы дает величину поверхности почвенных частиц в 1 грамме почвы в 966,7 кв. метров, Эренберг[10]) определяет эту величину всего в 16 кв. метр., оговариваясь при этом, что и такая величина представляется, может быть, преувеличенной; интересно, на основании этих данных, вычислить, какой весовой процент воды в гигроскопическом состоянии будет содержать глинистая почва, если принять величины Эренберга для

---

[1]) Vageler P. Fühling's Landw. 61, 1912.
[2]) Remy, H. Zeitschr. f. physik Chemie, 89, 1915.
[3]) Exner, E. Ber. Kais. Ges. Wissensch. Wien, 91, 1885; Slotte. Act. Soc. Scient Fenn. 40, 1910.
[4]) Лебедев, А. l. c.
[5]) Rodewald. Zeitschr. t. physik. Chemie, 33, 1900.
[6]) Rodewald. Landw. Versuchstat. 45, 1895.
[7]) См. Хвольсон. Курс физики. Т. I. 1908, стр. 468—469.
[8]) Lagergren. Bihang K. Svenska Vet. Akad. Handl. 24, № 4 и 5, 1898.
[9]) Mitshcerlich. Bodenkunde. 2 Aufl. 1913.
[10]) Ehrenberg, C. Die Bodenkolloide 3 Aufl. 1922.

поверхности почвенных частиц в 1 гр. почвы и для толщины слоя гигроскопической воды, даваемой тем же автором. Как указано было выше, толщина водяной пленки равняется 0,00001 мм. Если помножить эту величину на 16.000.000 (столько кв. миллиметров содержится в 16 кв. метрах), то получим объем всей воды в 1 гр. почвы равным 160 кб. мм. или 0,16 кб. см. Таким образом, в грамме почвы, содержащей гигроскопическую воду, находится приблизительно 0,84 гр. твердого вещества и 0,16 гр. воды, что составляет 19%. Эта величина для гигроскопической влаги, несомненно, велика.

Лебедев[1]) полагает, что в методе Митчерлиха не учтена набухаемость почвенных частиц и что избежать этой ошибки можно, если иметь одновременно величины максимальной гигроскопичности и максимальной смачиваемости, отвечающей молекулярной воде, а поэтому, если обозначить максимальную гигроскопичность через *b*, а максимальную смачиваемость через *c*, то получится, что t (величина поверхности частиц) определяется, если известна разность c—b, так как при этом величина набухания совершенно исключается.

Присутствие водной пленки вокруг почвенных частиц, да притом находящейся под высоким давлением, может оказывать влияние на энергию абсорбции растворенных веществ. Лагергрен[2]) полагает, что если растворенное вещество увеличивает свою растворимость при увеличении давления, то концентрация вокруг твердой частицы будет возрастать, и в этом случае можно говорить о положительной абсорбции. При обратных соотношениях, т. е. при понижении растворимости, с возрастанием давления получается отрицательная абсорбция. К такому взгляду присоединяются Нернст[3]), Во. Оствальд[4]) и Фрейндлих[5]).

Bouyoucos полагал, что растворы вокруг почвенных частиц должны иметь более низкую концентрацию, чем растворы свободной почвенной воды. Такое заключение основывалось на следующих опытах. Если заморозить почву и определить депрессию точки замерзания, а затем оттаять почву и вновь заморозить, то депрессия понижается. Исследователь рассуждает так: при замораживании уничтожаются тонкие капилляры и свертываются коллоиды. В силу этого некоторое количество несвободной воды делается свободным. Если бы эта новая порция свободной воды присоединялась к старой в виде более концентрированного раствора, то следовало бы ожидать, что депрессия точки замерзания возрастет. Так как на самом деле наблюдается обратное явление, то следовательно, новая порция свободной воды приходит в виде раствора с низшей концентрацией.

Такое заключение, однако, ошибочно. Опыт показывает, что те же явления наблюдаются и с дестиллированной водой, попеременно замораживаемой и оттаиваемой в тонких капиллярных трубках[6]).

Чтобы закончить с поглотительной способностью почв, отметим еще механическое поглощение (Гедройц). Под последним понимается такое явление, когда почва задерживает твердые частички, содержащиеся в воде или растворах, проходящих сквозь почву.

---

[1]) Лебедев, А. l. c.

[2]) Lagergren. l. c.

[3]) Nernst. Theoretische Chemie, 5 Aufl. 1907.

[4]) Ostwald, Wo. Grundrisse d. Kolloidchemie. 1 Aufl. Dresden, 1909; здесь литература.

[5]) Freundlich. Kapillarchemie. Leipzig. 1909.

[6]) См. Глинка, К. Вода в почве, Тр. Почв. Иист. Акад. Наук, т. II, 1927.

По этому вопросу см. работу Трофимова, Научн. Агроном. Журн., 1925, № 10. Работа затрогивает вопрос физич. поглощения.

Физическое поглощение основывается на том законе, что всякая дисперсная система стремится к уменьшению своей поверхностной энергии.

Биологическое поглощение отличается от других видов лишь тем, что в нем участвуют живые организмы почвы.

---

## ЛИТЕРАТУРА

### Поглощение из растворов


Armsby. Landw. Versuchst. 1877, Bd. XXI; Americ. Journ., 14, 28.
Аскиназн. Тр. Научн. Инст по Удобр. Вып. 38, 1926.
Bemmelen, van. Landw. Versuchst. Bd. XXI, 1877; Bd. XXIII, 1879; Bd. XXXV, 1888.
„ Zeitschr. f. anorgan. Chemie, Bd. 13, 18, 20, 23, 30, 36, 42. 49, 62, 66.
„ Сборник „Die Absorption". Dresden, 1910.
Biedermann. Landw. Versuchst., Bd. XI, 1869.
Бобко и Аскинази. Тр. Научн. Инст. по Удобр. Вып. 25, 1925.
Bödecker. Journ. f. Landw., 1859.
Bradfield, R. I. Amer. Chem. Soc., 1923, 45.
Bretschneider. Der schlesische Landwirth, 1866.
Briggs, L. J. Journ. of phys. Chemie (9), 1905.
Brustlein. Ann. de chimie et de phys. T. 2, XI.
Comber, N. M. Journ. of Agric. Science, 1920, 10.
Comber, N. and Saint, S. Soil Science, Vol. XVIII, № 2, 1924.
Comber, N. Transact. of the Faraday Soc., № 60, Vol. XX. part. 3, 1925.
Detmer. Die naturwissensch. Grundlagen der allgemein. landwirtsch. Bodenkunde. 1876.
Dumont. Comptes rendus, 1906, I, 142, 345.
„ Landw. Versuchst. Bd. XIV, 1871.
Eichhorn. Zeitschr. d. k. höheren landw. Lehranst. zu Poppelsdorf, 1859.
„ Landw. Versuchst., Bd. XVIII, 1875.
Fiedler. Landw. Veruschst., Bd. XXVI.
Frey. Landw. Versuchst., Bd. XVIII, 1875.
Гедройц, К. Журн. Оп. Агрон., 1906, кн. 5.
„ Из Бюро по Землед. и Почвовед. Учен. Комит. Г. У. З. и З., Сообщение XV, 1914.
„ Материалы к познанию поглотит. способности почв. Журн. Оп. Агрон., т. XIX, 1918 г.; т. XX, 1919 г. См. здесь литературу.
„ Учение о поглотительной способности почв. Петрогр. 1912.
Hager. Journ. f Landw, 1920.
Heiden. Düngerlehre, 1879.
„ Annal. d. Landwirtsch., Bd. 49.
Henneberg und Stomann. Ann. d. Chemie u. Pharm. Bd. CVII.
Hissink, D. J. Intern. Mitt. f. Bodenkunde, 1922.
„ Zeitschr. f. Pflanzenernähr, und Düngung, Bd. IV, Teil A, S. 137—158.
Kellner. Landw. Versuchst., Bd. XXXIII, 1886.
Kelley, W. P. and Brown, S. M. Univ. of Calif. Publications. Techn. Paper № 16, 1924.
Knop. Kreislauf. d. Stoffes. Leipzig, 1868.
„ Die Bonitierung der Ackererde. Leipzig, 1871 u. Nachtrag. 1872.
„ Landw. Versuchst., 1872.
„ Zeitschr. f. analyt. Chemie, 1876.
Kolmann u. Böcker. Landw. Versuchst., Bd. XXI, 1876.
König. Landw. Jahrbücher. XI, p. 1—56.
Kruyt, H. R. und Speck, I., van der Koll.-Zeitschr. 1920, 25.

Lagergren. Fortschr. d. Physik, Bd. 55, I, p. 648.
Lemberg. Zeitsch. d. deutsch. geolog. Gesellsch., 1876.
Liebig. Ann. d. Chemie u. Pharm. Bd. XCIV, 1855; Bd. CV, 1858.
Mayer. Lehrbuch der Agrikulturchemie, Bd. II, 1871, p. 72.
Oden Sven. Svensk. Chem. Tidskr., 1918, 30.
Orth, A. u. Sestini, F. Landw. Versuchst. Bd., XVI, 1873.
Page, H. I. Transact of the 2 Commis. of the Intern. Soc. of Soil Science. Groningen, 1920.
Patten, H. E. and Waggaman, W. H. U. S. Depart. of Agric. Bureau of Soils, Bullet. 52.
Ramann, G. und Iunk, H. Z. f. anorg. Chemie, 1920.
Robinson, M. A. Transact. of the Second Commiss. of the Intern. Soc. of Soil Science. Groningen, 1926.
Robinson, G. W. and Williams, R. Transact. of the Faraday Soc. № 60, Vol. XX, part 3, 1925.
Salomon. Landw. Versuchst., 1867.
Schollenberger, C. I. Soil Science, 1917, 3.
Schumacher. Ann. d. Landw. Bd. 49.
Schultz. Agriculturchem. Zentralbl., 1873.
Земятченский. Каолинитовые образования к жн. России. СПБ., 1896.
Соколовский. Журн. Оп. Агрон., 1914, кн. 2.
Strahl. Landw. Versuchst., Bd. XVII, 1874.
Теодорович. Тр. В.-Экон. Общ., 1876, т. III, 1877, т. I.
Treutler. Landw. Versuchst., Bd. XII, 1869; Bd. XV, 1872.
Truog. E. I. J. Phys. Chem., 1916, 20.
Ullik. Landw. Versuchst., Bd. XXIII, 1878.
Warrington. Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 104, p. 316.
Way. Journ. of the agricult. soc. of England, Vol. XI, 1850, Vol. XIII, 1852, Vol. XV, 1854.
Wiegner, G. Ergänzungsband der Kolloid-Zeitschr., Bd. 36, S. 345—369.

## Поглощение газов

Ammon. Wollny's-Forschung. Bd. II, H. 1, 1878.
Bitter. Ueber die Erwärmung von Textilfasern in Gasen. Dissert. Würzburg, 1906.
Bouyoucos. G. Soil Sc. Vol. XIX. № 2, 1925; Vol. XX. № 1, 1925.
Chappuis. Wiedem. Ann. **8**, 1, 1879; **19**, 21, 1883.
Dewar. Proceed. Roy. Soc. **74**, 122 and 127, 1904.
Dobeneck, von. Wollny's-Forschung. Bd. XV, H. 3 u. 4, 1892.
Döbrich und Reichardt, E. Ann. der Landw. in Preussen, Bd. 52, 1868, p. 181.
Favre. Ann. d. chimie et de phys. (5), 1, 209, 1874.
Freundlich, H. Kapillarchemie. Leipzig, 1909.
Joulin. Ann. de chimie et de phys. (5), **22**, 397, 1881.
Kayser. Wiedem. Ann. **12**, 256, 1881, **14**, 450, 1881.
Милеант. Изв. Петровск. Акад. 1884, VII, 1.
Mitscherlich. Ann. de chimie et de phys. (3) **7**, 18, 1843.
Müntz, A. et Gaudechon, H. Comptes rendus, 1909, CXLVII, p. 377—391.
Ostwald. Lehrb. d. allgem. Chemie, 1, Aufl. I, p. 778.
Parks. Philos. Magaz. (6), **4**, 240, 1902.
Patten, H. E. and Gallagher, F. E. U. S. Depart. of Agric., Bureau of Soils. Bull. № 51.
Pouillet. Gilb. Ann. **73**, 356, 1823.
Saussure, de. Gilb. Ann. **47**, 113, 1814.
Scheermesser. Inaugur.-Dissert. Jena, 1871.
Stellwaag. Wollny's-Forschung. 1882.
Vageler. Fühlings Landw. Zeitung, 61, 1912.

К сожалению, мы не могли здесь использовать интересных данных Д. Иванова (Научно-Агрон. Журн., 1926 г., № 4 и 7—8).

ГЛАВА VII

## Почвенный воздух

Первые сведения о составе почвенного воздуха были даны в 1824 г. Буссенго. В 1853 г. Буссенго и Леви установили следующие пределы колебаний в составе почвенного воздуха:

O . . . . . 10,35—20,03
N . . . . . 78,8 — 80,24
$CO_2$ . . . . . 0,74 — 9,74

Факты, добытые Буссенго и Леви, были почти забыты к тому времени, когда вопросом о составе почвенного воздуха заинтересовался Петтенкофер, в 1871 году опубликовавший свои исследования над составом почвенного воздуха Мюнхена. Петтенкофер вновь подтверждает факт большого содержания углекислоты в воздухе почвы и приходит к заключению, что количество этого газа возрастает с углублением и что источником ее в почве являются разлагающиеся органические вещества. Несколько позже последние соображения Петтенкофера были подтверждены Флеком, который высказывался в том смысле, что количество углекислоты почвенного воздуха зависит от количества находящихся в почве органических веществ.

Работами Фодора была установлена связь между количеством углекислоты и проницаемостью почвы: богатые органическими веществами почвы, но легко проницаемые, могут содержать меньшее количество углекислоты, чем плохо проницаемые и относительно бедные органическими остатками.

Тому же исследователю мы обязаны выяснением закономерности, с какой увеличивается и убывает количество углекислоты по временам года. Приведем несколько цифровых данных, представляющих средние величины за трехлетний период.

| | 1 метр глубины | 2 метра глубины | 4 метра глубины |
|---|---|---|---|
| Январь . . . . . min. | 6,5 | 12,6 | 25,0 |
| Февраль . . . . . „ | 6,8 | 12,2 | 24,8 |
| Март . . . . . „ | 7,0 | 12,8 | 24,7 |
| Апрель . . . . . „ | 9,9 | 14,9 | 27,2 |
| Май . . . . . „ | 11,5 | 16,1 | 27,2 |
| Июнь . . . . . „ | 14,5 | 21,5 | 29,2 |
| Июль . . . . . max. | 15,8 | 22,8 | 35,9 |
| Август . . . . . „ | 12,8 | 20,7 | 32,6 |
| Сентябрь . . . . . „ | 10,9 | 19,3 | 31,4 |
| Октябрь . . . . . „ | 9,8 | 15,0 | 29,4 |
| Ноябрь . . . . . „ | 8,4 | 13,8 | 26,5 |
| Декабрь . . . . . „ | 8,1 | 12,6 | 25,8 |

Влияние почвенной температуры в наблюдениях Фодора сказывалось весьма наглядно: кривые температуры почвенной поверхности

и кривые содержания углекислоты обнаруживают одинаковые колебания. В том случае, когда значительно повышается кривая температуры, столь же значительно поднимается и кривая углекислоты. Такой же параллелизм наблюдается между влажностью почвы и количеством углекислоты почвенного воздуха.

Кроме годичных колебаний, наблюдаются еще дневные, имеющие весьма сложную зависимость от различных факторов, между прочим, и от дождей. Последние влияют не только потому, что повышают энергию разложения органических остатков, но и потому, что, закупоривая на время поры верхних слоев почвы, затрудняют ее вентиляцию. Влияние дождей было отмечено также исследованиями Lewis и Cunningham'a в Индии (окрестности Калькутты); оказалось, что количество углекислоты в почвенном воздухе и там увеличивается в дождливое время и падает в сухое.

Согласно данным Вольни, количество углекислоты в почве зависит и от угла наклона почвы к горизонту, от положения почвы относительно стран света, от окраски почвы, от характера ее покрова.

Из данных Коссовича и Стоклазы явствует, что почвенный воздух обогащается углекислотой не только за счет работы микроорганизмов, но и за счет выделений корневой системы высших растений. По вычислениям Стоклазы корни пшеницы выделяют на гектар в течение вегетационного периода 6000 кило углекислоты (400 п. на десятину). По данным Коссовича, корни горчицы выделяют 2250 кило на гектар.

Эбермайер нашел, что в лесных почвах воздух много беднее углекислотой, чем на соседних удобренных и богатых гумусом почвах, и что, при прочих равных условиях, под буковыми насаждениями почвенный воздух, по крайней мере, в два раза беднее углекислотой, чем под дубовыми, что он приписывает большему рыхлению почвы корневой системой бука.

Лан указывал, что поле с растениями богаче углекислотой, чем без растений, особенно в области корней.

По данным Фагелера, количество углекислоты в различных разностях болотных почв колеблется довольно значительно, как непостоянно в них и количество кислорода. Содержание последнего колеблется между 16,8 и 20,63%. Все эти данные позволяют думать, что состав почвенного воздуха должен быть неодинаков в различных почвенных типах[1]).

Все наблюдатели согласно указывают, что количество углекислоты в почвенном воздухе возрастает с глубиной, а некоторые отмечают при этом, что при увеличении содержания углекислоты падает содержание кислорода. По данным Фодора, на глубине 4 м. почвенный воздух содержит 17,3% кислорода, а по данным Флека на глубине 6 м. только 15% кислорода.

Как и воздух атмосферный, почвенный воздух не остается в покое, а передвигается, что, согласно Фохту, находится в зависимости от давления атмосферы. Гензеле показал, что на содержание углекислоты оказывает влияние сила ветра и его направление относительно поверхности почвы. В его опытах содержание углекислоты изменилось следующим образом, если за 100 принять количество углекислоты в тихую погоду:

[1]) Интересны исследования шведских ученых о содержании кислорода в лесных почвах и их грунтовых водах (работы Гессельмана и Тамма).

| Скорость и угол направления ветра относительно поверхности почвы | Кварцевый песок с конск. навоз. Влажность | | Известков. песок с конск. навоз. Влажность | |
|---|---|---|---|---|
| | 8% | 16% | 8% | 16% |
| Горизонтально | | | | |
| 12 м. в сек. . . . . | 80,2% | 84,4% | 60,8% | 79,6% |
| 9 „ „ „ . . . . . | 85,3 | 88,0 | 70,0 | 84,6 |
| 6 „ „ „ . . . . . | 90,1 | 92,6 | 76,0 | 89,0 |
| 3 „ „ „ . . . . . | 92,0 | 96,0 | 84,2 | 91,3 |
| Под углом в 30° | | | | |
| 12 м. в сек. . . . . | 76,6% | 78,6% | 56,6% | 74,2% |
| 9 „ „ „ . . . . . | 80,0 | 82,0 | 60,2 | 80,4 |
| 6 „ „ „ . . . . . | 85,4 | 85,0 | 68,4 | 81,33 |
| 3 „ „ „ . . . . . | 90,5 | 93,0 | 80,2 | 88,0 |

Отметим, наконец, работу Ганнена, касающуюся вопроса о диффузии углекислоты из почвы в воздух. Наблюдения привели автора работы к следующим заключениям.

1) Диффузия углекислоты из почвы при постоянной температуре зависит, главным образом, от суммы почвенных пор. Вследствие этого абсолютное количество диффундировавшего газа тем больше, чем больше общий объем пор, и обратно.

2) Каждое уменьшение объема пор. происходит ли оно благодаря уплотнению почвы, или благодаря более или менее высокому содержанию влажности, влечет за собой и уменьшение выделяющегося газа. Отдача углекислоты почвенного воздуха в атмосферу с помощью диффузии в силу этого тем меньше, чем тонкозернистее почва, чем плотнее прилегают друг к другу ее частички и чем больше ее влажность.

3) Диффундировавшее количество углекислоты уменьшается тем в большей степени, чем мощнее слой почвы, но не пропорционально его мощности, а несколько в меньшем отношении.

4) В почвах, которые насыщаются водой и в которые вообще осадки проникают медленно, диффузия углекислоты более или менее значительно понижается.

В работе Bouyoucos'a затрагивается вопрос о связи аэрации почвы с атмосферным давлением.

Как видно из всего изложенного, главное внимание исследователей при изучении состава почвенного воздуха направлено было на углекислоту, реже затрогивался вопрос о кислороде и азоте, другие же составные части почвенного воздуха изучались мало. Правда, в работах Фодора мы находим указания на аммиак и сероводород. Шлезинг отмечает бедность почвенного воздуха, по сравнению с атмосферным, аргоном. Из знакомства с микробиологическими процессами мы знаем, что иногда в почвенном воздухе можно найти водород, метан, окислы азота, но изучение всех этих составных частей— дело будущего.

Чтобы закончить с почвенным воздухом, скажем еще несколько слов о его радиоактивности. Вопрос этот изучался целым рядом исследователей, из коих отметим Ebert'a, Elster и Geitel'я, Dadourian'a, Blanc, Eve, Gockel'я, Bordas, Joly и Sanderson'a. Бланк, исследуя почву Рима, пришел к заключению, что в ней находится по крайней мере $1{,}45 \cdot 10^{-5}$ гр. чистого тория в 1 куб. см.

По данным Sanderson'a, 1 куб. см. почвенного воздуха содержит количество радиевой эманации $2{,}4 \cdot 10^{-13}$ гр. радия, находящегося

с ней в равновесии. Это количество соответствует производству радиевой эманации, находящейся в равновесии с $8{,}9 . 10^{-14}$ гр. радия в каждом куб. см. земли. На 1 куб. см. количество ториевой эманации эквивалентно тому, которое обнаруживает $1{,}35 . 10^{-6}$ гр. тория при нормальных условиях. Исследователь приходит к заключению, что в почве больше материала для ториевой эманации, чем в подстилающих почву породах, и что торий в почве находится в виде соединений, легко дающих эманацию. Gockel нашел, что колебания в содержании радиоактивной эманации в почве зависит от проницаемости почвы и изменения атмосферного давления. Дожди, а особенно замерзание, уменьшают проницаемость почвы и, следовательно, увеличивают содержание радиоактивной эманации.

---

## ЛИТЕРАТУРА


Buckingham, E. U. S. Dept. Agr. Bur. Soils. Bull. 25, 1904.
Boussingault et Levy. Ann. de chimie et phys. (3), T. 37, 1853.
Bouyoucos, G. and Mc. Cool. Soil Sc., Vol. XVIII. № 1, 1924.
Дояренко. Научн.-Агрон. Журн., 1924, № 2, 1925, № 3 и 1926, № 3.
Ebermayer. Wollny's-Forschung., Bd. XIII, H. 1 u. 2, 1890.
Fleck. Zweiter Jahresber. d. chem. Zentralstelle in Dresden, 1876.
„ Vierter u. fünfter Jahresber. d. chem. Zentralstelle in Dresden, 1876.
Fodor, I. Hygienische Untersuch. über Luft, Boden und Wasser, 1882.
„ Vierteljahresschr. f. öff. Gesundheitspflege. Bd. VII, 1875.
Жуков, Г. Хозяйство, № 2, 1911.
Hannen. Wollny's-Forschung. Bd. X, 1892.
Hensele. Ibidem, Bd. XVI, p. 338.
Коссович. Журн. Оп. Агрон. 1904.
Lan, E. Inangur.-Dissert. Rostock, 1906.
Leather, I. W. Journ. of Agric. Science, 1920, 7.
Lan, E. Landw. Annal. des mecklenburg. Verein, 1907. H. 49.
Lewis and Cunningham. Vierteljahresschr. f. öff. Gesundheitspflege, Bd. VIII, 1876, рефер
Möller. Mitteil. d. kais.-königl. förstl. Versuchsleit. für Österreich. Bd. II.
Pettenkoffer. Zeitschr. f. Biologie, Bd. VII, 1871; Bd. IX, 1873; Bd. XI, 1875; Bd. XII, 1876.
„ Dritter Jahresber. d. chem. Zentralstelle in Dresden, 1874.
Ripley, Nichols. On the composition of the ground atmosph. Boston, 1875.
„ „ Observation of the composition of the ground atmosph. (Report of the Sewerage-Comission.). Boston, 1876.
Russel, G. and Appleyard, A. Journ. of Agric. Science, 1920, 7.
Schloesing. Ann. de chimie et de physique (6), XXIII, 1891.
„ Comptes rendus, CXXI, 1895.
Sen, I. Agric. Research. Inst. Pusa, 1919/1920, 41—43.
Smolensky. Zeitschr. f. Biologie, Bd. XIII, 1877.
Stoklasa, I. Biederm. Zentralbl. f. Agrikulturchemie, 1906, 76—78.
„ und Ernest, A. Jahrbücher f. Botanik, 1908.
Tamm. O. Meddelanden från statens Skogsferuökanstalts, H. 22, № 1, 1925.
Vageler. Mitteil. d. k. Bayer. Moorkulturanst. München, 1907, 1.
Vogt. Trinkwasser und Bodengase. Basel, 1874.
Вернадский. Опыт описат. минералогии, т. I, вып. 4, 1912.
Wolfhügel. Zeitschr. f. Biologie, Bd. XV, 1879.
Wollny. Landw. Versuchst. Bd. XXV, 1880.
„ Forschungen, Bd. III, 1880; Bd. IV, 1881; Bd. IX, 1886; Bd. XII, 1889.

## Радиоактивность почвенного воздуха

Blanc Physk Zeitschr **9**, 294, 1908
Bordas Comptes rendus, 1908 CXLVII, 924—925
Бурксер Изучение радиоактивности почв Украины 1925
Dadourian Sillim Journ (4), **19**, 16 1905
Ebert. Physik Zeitschr **4** 162, 1903
Elster, J u Geitel, H Physik Zeitschr 1901 **5**
Eve Phylosoph Magaz (6) **16**, 622, 1908
Gockel, A Phys Zeitschr 1908, **9**, 304
Joly Philos Magaz (6), **18**, 140, 1909
Sanderson J C Sillim Journ (4), **32**, 169—184, 1911 Phys Zeitschr **13**, 1912

## ГЛАВА VIII

# Почвенные растворы

На ряду с суспензиями и коллоидами в почве существуют и молекулярные растворы, являющие собой высшую степень дисперсности. Изучение этих последних представляет огромный интерес и в то же время сопряжено с большими трудностями.

С давних пор делались многочисленные попытки получения растворов из почвы в том виде, как они находятся в последней, но почти все эти попытки в большей или меньшей степени неудовлетворительны.

Еще Эйхгорн [1]) для получения почвенного раствора пробовал применять такой прием: он насыщал воздушно-сухую почву водой, держал эту насыщенную водой почву десять дней, затем прибавлял к ней еще такое же количество воды и, после встряхивания, фильтровал. При этом он считал, что полученная им концентрация раствора была вдвое меньше той, которую имел настоящий почвенный раствор.

В сущности говоря, метод Эйхгорна представлял одну из разновидностей метода водных вытяжек, к которым часто прибегали и раньше, и теперь с другими целями. Конечно водная вытяжка не может дать представления о почвенном растворе по целому ряду причин, на которых мы здесь останавливаться не будем, так как по этому вопросу имеются данные в русской литературе [2]).

Несколько отличный от только что описанного способ применялся Вундером [3]), который держал почву, насыщенную водой, четыре недели, при частом встряхивании, а затем отсасывал воздушным насосом часть воды из почвы. Совершенно очевидно, что этим способом извлечь из почвы всю жидкость нельзя.

Не останавливаясь на попытках судить о почвенных растворах по составу дренажных и лизиметрических вод, так как несомненно, что эти воды по своему составу очень далеки от почвенных растворов, переходим к методам вытеснения почвенных растворов.

Впервые такой метод был предложен Шлезингом старшим [4]), который пытался вытеснять из почвы раствор с помощью воды. Для этой цели почва помещалась в стеклянный цилиндр с сетчатым дном, а вода поступала в цилиндр сверху в виде искусственного дождя. В опытах Шлезинга оказывалось, что из песчаной почвы, насыщенной раствором поваренной соли, удается вытеснить часть этого раствора в той же концентрации, которую раствор имел в песке. Однако, если попытаться применить тот же метод к какой-нибудь природной

---

[1]) См. Wunder, Landw. Versuchst. Bd. 3, 1860, p. 105.

[2]) Гедройц. Химический анализ почвы. Петроград, 1923; см. также Гедройц, К. Журн. Оп. Агрон. Год VII, 1906 г., кн. 5.

[3]) Wunder. l. c.

[4]) Schloesing. Comptes Rendus de l'Acad. de Sc. T. 63, 1866.

мелкоземистой (глинистой) почве, не насыщенной молекулярной влагой, которой легко насыщается песок в силу своей крупнозернистости и слабо выраженной абсорбции, то прилитая вода прежде всего будет насыщать почву до полной молекулярной влагоемкости, благодаря чему произойдет смешивание воды с почвенным раствором.

Метод Ищерекова [1]) заключается в вытеснении почвенного раствора с помощью спирта, но и этот метод не может считаться удачным уже по одному тому, что спирт не является жидкостью индифферентной для почвы, так как он растворяет некоторые составные части почвенного перегноя в большей степени, чем вода.

И действительно, опыты, произведенные в лаборатории покойного проф. Сабанина [2]), показали, что, при вытеснении почвенного раствора спиртом, в растворе оказывается значительно большее количество органического вещества, чем при вытеснении водой.

Метод фан-Зухтелена [3]), заключается в том, что почвенный раствор вытесняется при помощи парафинового масла при одновременном применении водяного насоса.

Американские исследователи Бриггс и Мак-Лен [4]) предложили два способа добывания почвенного раствора. Один из этих способов заключался в том, что почва подвергалась центрофугированию. Для этой цели была устроена особая центрофуга, состоявшая из трех концентрических цилиндров, средний из коих продырявлен мелкими отверстиями. Почва помещается между средним и внутренним цилиндрами и при вращении центрофуги (около 8 тыс. оборотов в минуту) выбрасывает свой раствор через отверстие среднего цилиндра во внешний.

Другой метод состоит в том, что непосредственно в почву на поле вводится Шамберлен-Пастеровский фильтр, с помощью свинцовой трубки сообщающийся с бутылью, из которой выкачан воздух. Для вставления в почву упомянутого фильтра особой трубкой предварительно вынимается объем почвы, точно соответствующий объему фильтра, и в полученное отверстие плотно вставляется фильтр.

Нужно думать, что, кроме того, что оба эти способа дают небольшие количества жидкости, они не в состоянии вытеснить той части раствора, которая находится в связи с молекулярной влагой, так как последняя вместе с растворенными в ней веществами очень сильно удерживается почвенными частицами [5]).

Не останавливаясь на попытках определения концентрации почвенного раствора [6]), переходим к новым методам вытеснения, разработанным частью в Зап. Европе, частью у нас. В Европе эти методы разрабатывались одновременно Раманном в сотрудничестве с Мерцом и Бауэром [6]) и фан-Цилем [7]).

Упомянутые методы заключаются в вытеснении почвенного раствора с помощью прессов, развивающих большое давление.

Фан-Циль использовал для этой цели пресс, который имел железную доску с бороздкой вокруг и стоком. На этой доске находилось

---

[1]) Ищереков. Журн. Оп. Агрон., т. VIII, 1907, стр. 147.
[2]) См. Жолцинский, И. „Русский Почвовед", № 8—9—10, 1915 г.
[3]) Van Suchtelen, F. H. Journ. f. Landwirth. Bd. 60, 1912.
[4]) Briggs, S. and Mc-Lane. U. S. Dep. of. Agric. Bureau of Soil. Bull № 22, 1903 и № 31, 1906.
„ „ „ „Science", new ser. T. 20, 1904.
[5]) См. между прочим, Cameron. 8-th Intern. Congr. of Appl. Chem. T. XV, p. 43, 49.
[6]) Ramann, E., März, S. und Bauer, H. Internation. Mitneil. f. Bodenkunde, 6, 1, 1916.
[7]) Van Zyl, I. P. Journ. f. Landwirtsch. Bd. 64, Heft, 1916.

вместилище, в которое можно было положить до 15 килограммов почвы. Почва подвергалась давлению, доходившему до 16 килогр. на 1 кв. см., а на всю поверхность почвы до 5000 килогр. На железную доску постилался кусок ткани, который предохранял почву от непосредственного соприкосновения с железной доской

Этим путем оказалось возможным из свежей влажной почвы, непосредственно взятой с поля, получить настолько значительное количество раствора, что можно было произвести полный химический анализ последнего.

Для ряда почвенных образцов фан-Цилль получил следующие результаты:

| Почвы | Влажность до прессования | Влажность после прессования | Продолжительность прессования в часах | Испарилось воды в куб. сантим | Концентрация раствора на 1 литр в грамм |
|---|---|---|---|---|---|
| Суглинок, долгое время не обрабатывавшийся | a) 26,6% | 18,6% | 6 | 20 | 1,99 |
| | b) 26,6 „ | 20,0 „ | 5 | 25 | 1,82—2,02 |
| | c) 35,1 „ | 21,8 „ | 15 | 150 | 1,10—2,14 |
| | d) 29,5 „ | 23,8 „ | 1½ | 10 | 1,37 |
| | e) 33,1 „ | 22,3 „ | 4 | 30 | 1,85 |
| | f) 33,3 „ | 28,8 „ | 10 | 65 | 1,26; 1,98; 2,5 |
| Глинистая почва, удобренная и обработанная | a) 24,3 „ | 18,9 „ | 5½ | 25 | 2,5 |
| | b) 28,6 „ | 22,2 „ | 4 | 15 | 2,03 |
| | c) 39,4 „ | 28,1 „ | 2½ | 15 | 1,51 |
| | d) 28,1 „ | 20,0 „ | 3½ | 50 | 2,17 |
| Суглинок песчаный, богатый солями. Остаток от горшечных культур | a) 27,1 „ | 19,3 „ | 24 | 65 | 3,74 |
| | b) 25,8 „ | 20,4 „ | 5 | 50 | 4,35 |
| | c) 28,6 „ | 20,8 „ | 30 | 110 | 5,07—4,0—3,57 |
| | d) 28,2 „ | 20,4 „ | 2 | 10 | 4,61 |
| | e) 28,8 „ | 21,8 „ | 3 | 25 | 4,99 |

Из этих данных видно, прежде всего, что далеко не вся вода, а только небольшая часть ее вытесняется прессом из почвы. Минимум воды, остающейся у суглинистой почвы после ее прессования, достигает 18,6%. Это количество, несомненно, выше того, которое соответствует максимальной гигроскопичности почвы, откуда следует, что и при этом методе далеко не вся молекулярная влага вытесняется из почвы, а, следовательно, не вытесняется и все то, что находится в почвенном растворе. При этом нет и возможности утверждать, что оставшийся в почве раствор имеет ту же концентрацию и тот же состав, как и вытесненный из почвы.

Что касается концентрации получаемых растворов, то она, как видно из цифр предыдущей таблицы, колеблется в довольно широких пределах в зависимости от влажности почвы и ее индивидуальных особенностей.

Здесь уместно будет отметить, на что обращает внимание и сам исследователь, что почвенный раствор даже для одной и той же почвы не может быть одинаковым в различных ее частях, так как взаимоотношение между твердыми частицами почвы и ее жидкой фазой может быть различно даже в пределах одного и того же горизонта почвы, не говоря уже о различных генетических горизонтах. В виду этого желательно брать для исследования несколько, по меньшей мере два, образцов одной и той же почвы в пределах каждого из ее горизонтов.

Фан-Циль произвел химическое исследование растворов, вытесненных из почв, различно удобренных, при чем в одном случае в числе удобрительных туков была едкая известь, а в другом хлевный навоз. Обе почвы, кроме того, были удобрены суперфосфатом, калийной солью и чилийской селитрой. Аналитические данные показали, что процентное содержание отдельных ингредиентов раствора, вычисленное по отношению к прокаленному остатку, чрезвычайно близко между собой для всех случаев. Цифры получались такие:

Делянка с известкованием

| | Зимние пробы | | Летняя проба |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Потеря от прокал. . . . | 37,1 | 38,5 | 32,3 |
| Остаток от прок. . . . | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| В нем: CaO . . . . . | 31,8 | 31,1 | 27,9 |
| MgO . . . . . | 5,8 | 6,1 | 7,1 |
| $K_2O$ . . . . . | 4,0 | 5,0 | 4,4 |
| $Na_2O$ . . . . . | 23,6 | 22,0 | 23,2 |
| $SO_3$+Cl . . . . | 31,5 | 32,3 | 34,1 |

Делянка с навозным удобрением

| | Зимние пробы | | Летняя проба |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Потеря от прокал. . . . | 33,8 | 33,2 | 25,9 |
| Остаток от прок. . . . | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| В нем: CaO . . . . . | 32,2 | 31,9 | 28,7 |
| MgO . . . . . | 6,0 | 6,6 | 6,8 |
| $K_2O$ . . . . . | 3,8 | 3,2 | 3,5 |
| $Na_2O$ . . . . . | 21,6 | 22,4 | 22,8 |
| $SO_3$+Cl . . . . | 32,9 | 31,9 | 35,9 |

Кроме того, во всех случаях получался небольшой осадок от аммиака, в который входили $Fe_2O_3$, $Al_2O_3$, $SiO_2$, $P_2O_5$ и некоторое количество органического вещества.

Позже фан-Циль вместе с Эренбергом[1]) расширил свои наблюдения исследованием особого участка Геттингенского опытного поля, почва которого расположена на мергелистом дилювиальном суглинке и сама является мергелистой. Почвенные растворы изучались в различных частях этого участка: 1) с минеральным, 2) с зеленым и 3) с навозным удобрением, при чем эти почвы содержали следующие количества влаги:

| Минеральн. удобрение | | Зеленое удобрение | | Навозное удобрение | |
|---|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | a | b |
| в | п р о ц е н т а х | | | | |
| 17,97 | 17,97 | 19,09 | 19,22 | 17,97 | 17,76 |

[1]) Ehrenberg, P. u. van Zyl, I. P. Internation. Mitteilungen für Bodenkunde Bd. VII, H. 3—4, 1917.

Количества полученных растворов и содержание в них плотного прокаленного остатка были таковы:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Кол. раствора | 870 к. с. | 730 к. с. | 880 к. с. | 950 к. с. | 880 к. с. | 725 к. с. |
| Плотного остатка в 1 литре | 1,402 гр. | 1,586 гр. | 1,455 гр. | 1,316 гр. | 1,140 гр. | 1,533 гр. |
| Прокал. остат. | 1,043 „ | 1,127 „ | 0,993 „ | 0,915 „ | 1,028 „ | 1,160 „ |

Это средние величины из двух-трех параллельных для каждого случая проб. На 1 килограмм свежей почвы это составляет:

| | Зеленое удобрение | | Минеральное удобрение | | Навозное удобрение | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Колич. раств. | 51,2 к. с. | 55,1 к. с. | 58,7 к. с. | 50,0 к. с. | 55,0 к. с. | 51,8 к. с. |
| Плотн. остат. | 0,072 гр. | 0,087 гр. | 0,096 гр. | 0,069 гр. | 0,079 гр. | 0.079 гр |
| Прокал. ост. | 0,053 „ | 0,062 „ | 0,066 „ | 0,050 „ | 0,057 „ | 0.060 „ |

На 1 килограмм сухой почвы:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Колич. раств. | 62.4 к. с. | 67.2 к. с. | 72.5 к. с. | 61.9 к. с. | 67.0 к. с. | 63.0 к. с. |
| Плотн. остат. | 0,088 гр. | 0,106 гр. | 0,119 гр. | 0,085 гр. | 0,096 гр. | 0,096 гр. |
| Прокал. ост. | 0,065 „ | 0,076 „ | 0,082 „ | 0,062 „ | 0,069 „ | 0,073 „ |

В растворах были определены: $SiO_2$, осадок от аммиака, CaO, MgO, $K_2O$, $Na_2O$, $SO_3$, Cl и $CO_2$, при чем, в среднем, в литре раствора оказалось, кроме того, 0,160 гр. $N_2O_5$ и 0,005 $P_2O_5$.

Если состав минеральных веществ выразить в процентах от прокаленного остатка, то получатся такие результаты:

| Литр почв. раствора содержит в прокален. ост. | Минер. удобрен. | | Зеленое удобрен. | | Навозн. удобрен. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | a | b | a | b | a | b |
| | в процентах | | | | | |
| $SiO_2$ | 1,44 | 1,86 | 2,42 | 2,12 | 1,75 | 1,81 |
| Осадка от аммиака | 2,78 | 2,66 | 2,42 | 2,96 | 2,53 | 2,76 |
| CaO | 22,53 | 21,83 | 22,56 | 20,85 | 23,25 | 22,85 |
| MgO | 3,74 | 3,73 | 3,52 | 3,92 | 3,50 | 3,62 |
| $K_2O$ | 4,70 | 5,50 | 5,24 | 5,61 | 5,64 | 5,69 |
| $Na_2O$ | 23,78 | 23,87 | 24,37 | 25,19 | 26,17 | 26,21 |
| $SO_3$ | 29,05 | 30,97 | 34,44 | 30,77 | 29,48 | 28,97 |
| Cl | 14,67 | 14,29 | 10,47 | 11,32 | 11,97 | 11,13 |
| $CO_2$ | 0,00 | 3,55 | 8,56 | 7,94 | 9,24 | 15,52 |

Как видно из приведенных цифр, колебания в процентном содержании некоторых составных частей здесь иногда несколько больше, чем в предыдущем случае, но, в общем, выдерживается та же картина: значительную часть минерального остатка составляют известь, окись натрия и серная кислота, магнезия же и окись калия дают небольшие величины, а еще меньшие величины получаются для кремнезема и полуторных окислов, которые не принадлежат молекулярному раствору, а содержатся в состоянии золей.

Тот же способ вытеснения почвенного раствора применяется на опытном поле Тимирязевской Сельско-Хозяйственной Академии проф. Дояренко с той только разницей, что почва перед прессованием подвергается пропитыванию вазелиновым маслом. После прессования масло отделяется от раствора с помощью центрофугирования. Описание метода сделано А. Шмуком[1]).

[1]) См. Гедройц, К. Химический анализ почв. Петроград, 1923, стр. 217.

Почвенные растворы могут быть нейтральными, щелочными или кислыми, и определение реакции почвенного раствора имеет большое значение и притом не только теоретическое.

### Кислотность почв в растворах и суспензиях

Вопрос о кислотности почв имеет в настоящее время большую литературу (см. список в конце главы).

Различают три формы кислотности (Kappen):

1. Активную (актуальную) кислотность, обнаруживаемую в водных вытяжках из почвы или в почвенных суспензиях в водной же среде.

Кислотность тех и других определяют по б. ч. электрометрически, пользуясь предложенным Бильманом хингидронным электродом [1]).

В водных вытяжках можно определять кислотность, точнее концентрацию водородных ионов, с помощью особых чувствительных индикаторов (напр. Clark'a и Lubs'a).

2. Обменную кислотность, которая обнаруживается при действии на почву раствора нейтральной соли. Западно-европейские исследователи пользуются обычно методом Daikuhara, предложившим обработку почвы нормальным раствором KCl. После обработки почвы этим раствором, в последнем электрометрически определяют концентрацию водородных ионов.

Концентрацию водородных ионов выражают особым показателем $P_н$, величина которого отвечает содержанию граммов водородных ионов в литре вытяжки. Таким образом:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_н = 2$ | значит, что в вытяжке находится | | | 0,01 | гр. | водор. | ионов | на литр |
| $P_н = 3$ | „ | „ | „ | 0,001 | „ | „ | „ | „ |
| $P_н = 4$ | „ | „ | „ | 0,0001 | „ | „ | „ | „ |
| $P_н = 5$ | „ | „ | „ | 0,00001 | „ | „ | „ | „ |

и т. д. Величины $P_н$ до 7 говорят о кислых почвах, и, понятно, что чем кислее почва, тем меньше величина $P_н$. У нейтральных почв $P_н = 7$, а величины большие 7 говорят уже о щелочных почвах.

Гедройц рекомендует определять обменную кислотность с помощью нормального раствора $BaCl_2$. Этим раствором навеска почвы обрабатывается на воронке до тех пор, пока проходящий фильтрат перестанет давать розовое окрашивание с каплей метил-оранжа. Кислотность фильтрата определяют титрованием 0,02 норм. щелочью в присутствии метил-оранжа [2]).

Имеются и другие методы для определения обменной кислотности или, что то же самое, недосыщенности почв [3]).

3. Наконец, различают еще третью форму кислотности, которую называют гидролитической кислотностью. Эту форму определяют, обрабатывая почву растворами солей с сильными

---

[1]) О методике исследования см.:
Вальтер, О. Успехи биологической химии, 1924 г.
„ Хингидронный электрод для определения концентрации водородных ионов. – Там же, III, 1926 г.
Bilman, E. Journ. of Agric. Sci., Vol. XIV, part II, April, 1924.

[2]) О деталях определения см. Гедройц, К. Химический анализ почв. Петроград, 1923. Мы, к сожалению, можем здесь говорить о методике всяких определений лишь в самых общих чертах.

[3]) Недосыщенными почвами называют такие, у которых не весь водород замещен металлами; см. Hissink, D. I. Rijklandsbouwproefstation Groningen. 20 Nowemb. 1924. Бобко и Аскинази.—Труды Научн. Институт. по удобрен. Вып. 25, 1925.

основаниями и слабыми кислотами (уксусно-кислый натрий, уксусно-кислый кальций).

В западно-европейской литературе накопилось огромное количество данных по активной кислотности почв Дании, Германии, Англии, Франции, Швеции, Польши, Чехо-Словакии, Финляндии; аналогичные данные имеются и в северо-американской литературе. Однако, за немногими исключениями, не отмечается, с какими почвами исследователи имели дело (исключения составляют Финляндия, Польша, Чехо-Словакия). Наибольшее число определений, видимо, относится к почвам подзолистого, отчасти болотного типов.

В Дании, по собранным Христенсеном данным, наиболее часто встречающиеся для тамошних почв величины $P_н$ колеблятся между 6,0 и 6,4 для суглинистых и песчаных почв. В Швеции, по Арренiусу, чаще всего встречаются величины 7,0—7,4. По Бреннеру, немногие из финляндских почв имеют $P_н$ меньше 5. К числу таковых относятся прибрежные солончаково-болотные почвы, да некоторые сфагновые и хвощевые торфа. Кислотность от 5 до 6 свойственна низинно-болотным почвам, иловатым осоковым и некоторым хвощевым болотным, глеевым горизонтам в глине, суглинке, песке и подзолистым горизонтам моренных почв. Почвы с $P_н$ от 6 до 7 принадлежат бурым торфяным, многим муллевым почвам, большинству бедных электролитами ледниковых глин, суглинков, глеевым горизонтам. Наконец, величины $P_н$ от 7 до 8 свойственны почвам известковых областей. Бреннер отмечает, кроме того, что в наиболее хорошо обрабатывающихся областях Финляндии почвы имеют величины $P_н = 6{,}0 — 6{,}4$ и даже $6{,}5 — 6{,}9$. К сожалению, он не указывает, к каким именно генетическим группам эти почвы относятся.

Не останавливаясь на данных для других стран, отметим, что наши исследования в окрестностях Детского Села привели нас по отношению к активной кислотности к следующим выводам:

1. Наибольшей кислотностью, за редкими исключениями, обладают самые поверхностные горизонты почвы, наиболее богатые гумусом. В глубину кислотность падает, достигая минимальных величин в глубоких частях глеевых горизонтов, где эти величины близки к нейтральным, а иногда указывают и на слабую щелочность. Для горизонта $A_2$ подзолистых почв только в двух случаях наблюдены величины $P_н = 4{,}69$ и $4{,}59$; в большинстве же случаев они несколько выше, а иногда и заметно выше 5.

2. Иловато-болотные почвы дают величины $P_н$ чаще всего между 5,5 и 6,0. В единичных случаях наблюдаются несколько меньшие и несколько большие величины[1]).

3. Подзолисто-глеевые и подзолистые почвы дают максимальные величины кислотности в том случае, если они взяты из-под леса, продолжительная обработка и долголетняя залежь в значительной мере ослабляют кислотность.

4. Рендзинные почвы, даже не вскипающие в верхних горизонтах, имеют близкую к щелочной или щелочную реакцию.

Микляшевский, изучая активную кислотность польских почв отметил, что величина кислотности меняется по временам года и что поэтому составление карт кислотности отдельных территорий (а такие карты составлялись целым рядом исследователей — Арренiусом, Тренелем, Терликовским и др.) едва ли рационально. Аналогичные наблюдения сделаны Геммерлингом.

[1]) Изучение активной кислотности почвенных покровов (Пронеевич) показало, что по данным кислотности можно различать первичные и вторичные болотные почвы.

Изучение обменной кислотности (по методу Гедройца) для почв окрестностей Детского Села позволило сделать почти те же общие выводы, какие сделаны по отношению к активной кислотности[1]).

Кислотность почвы оказывает значительное влияние как на микрофлору почвы, так и на макрофлору.

Так, например, было отмечено, что Azotobacter не размножается в почвах, если их кислотность выше $P_H = 6{,}2 - 6{,}4$ (см. также Gaineу). На процессах нитрификации кислотность почв также сказывается. Отмечается влияние реакции почвы на актиномицеты (Waksman).

Целый ряд исследователей (Olsen, Wherry, Atkins, Chodat) устанавливают влияние реакции почвы на распределение дикорастущих высших растений, а также и культурных (Arrhenius, Trenel и др).

В виду сказанного понятен тот интерес к изучению кислотности почв, который проявляется исследователями Зап. Европы, Америки и СССР.

---

## ЛИТЕРАТУРА


Cameron, F. K. Depart. of Agric., Bureau of Soils., Bull. № 17.

„ and Hurst, L. A. Journ. Amer. Chem. Soc. 26, 1904.

Cossa. Landw. Versuchst. Bd. VIII.

Eichhorn. Landw. Versuchstat. Bd. II.

Fraas. Ergebn. landwirth. u. agrikulturchem. Versuche in der Station des Generalkomitées d. bayer. landw. Vereins, H. 2 u. 3.

Гедройц, К. Журн. Оп. Агр. 1900, т. I, 1906, кн. 5 (литература).

Hoffmann. Landw. Versuchst., Bd. V.

King. U. S. Depart. of Agric., Bureau of Soils. Bul. № 26, 1905.

Захаров, С. Журн. Оп. Агр. 1906 (литерат.), 1909, кн. 1.

Сазанов. Вест. Сельского Хоз., 1906, № 27.

Schloesing. Comptes rendus, T. LXIII, 1866, 1870, 1871.

„ (fils). Ann. de la science agron., 1899, t. I.

Schreiner, O. and Failyer. U. S. Depart. of Agric., Bureau of Soils. Bull. № 31, 1906.

Schulze. Landw. Versuchst. Bd. VI.

Whitney, M. and Cameron, F. K. U. S. Depart. of Agric., Bureau of Soils, Bull. № 22, 1903.

„ and Means. Ibidem. Bull. № 18.


### Кислотность растворов и почв


Arrhenius, O. Comptes rendus de la II Comiss. de l'Assoc. Intern. de la sc. du sol. Groningen. 1926.

Arrhenius, O. Mitteil. d. Intern. Bodenkunde. Gesellsch., 1925, № 1.

Аскинази, Д. Труды Научн. Инст. по удобр. Вып. 38. 1926.

Barnette, R. M., Hissink, D. I. et van der Spek, Jac. Recueil des travaux chim. de Pays-Bas (4), 5, № 5; 15 Mai, 1924.

Bilman, E. Journ. of Agr. Science, Vol. XIV, April. 1924.

Brioux, Ch. et Pien, J. Comptes rendus de la deuxieme comission de l'Association Intern. de la Science du sol. Groningen, 1926.

Бобко, Е. и Аскиназн, Д. Труды Научн. Инст. по удобр. Вып. 25, 1925.

Бобко, Е. и Дружинин, Д. Там же. Вып. 27, 1925.

Bjerrum, N. og Gjaldboek, J. Den kgl. Veterinaer-og Landbohöjskoles Aarskrift. Copenhagen, 1919.


[1]) Ср. Иванова, Е. Изв. Лесного Инст. 1924.

Brenner, W. Mémoires sur le nomenclature et la classification des sols. Helsingfors, 1921.
Christensen, H. R. Soil Science, Vol. IV., 1917.
Clark, W. and Lubs, H. Journ. Wash. Akad. Sc., 6, 483, 1916.
Comber, N. M. Transact. ot the Second Commiss ot the Jntern. Soc. ot Soil Science. Groningen, 1926.
Conner, S. D. Ibidem.
Fisher, G. A. Journ. of Agric. Science, 1921, 11.
Гедройц, К. Химический анализ почв. Петроград, 1923.
Глинка, К. Зап. Ленингр. Сельскохоз. Инст., т. II, 1925.
Ganssen, R. Comptes rendus de la conférence III internat. à Prague. Prague, 1921.
Hissink, D. J. Jbidem.
„ Comptes. rendus de la deuxiéme Commiss. de l'Associal. Intern. de la Science du Sol. Groningen. 1926.
Kappen, H. Die landw. Versuchstat. 96, 1920.
Krauss, G. Forstwissensch. Zentralbl., 46, H. 3, 1921.
Кудряшов, В. Определение активной кислотности электрометрич. методом. Москва, 1925.
Lemmermann, O. Verhandl. d. Zweit. Commiss. d. Internat. Bodenkundl. Gesellsch. Groningen, 1926.
Masoni, G. Staz. Sperim. agr. ital., 1920, 53.
Michaelis, L. Die Wasserstoffionenkonzentration. I. 1922.
Michaelis, L. и Gyemant, A. Biochem. Zeitschr. 109, 168, 1922.
Miklaszewski, S. Doswiadczalnistwo rolnicze., 1925. Warszawa.
Noyes. Journ. ind. and eng. chem., 1911, 11.
Osugi, S. and Uetsuki, T. Kurashiki, Inst. for Agric. Research. Japan, 1916, I.
Page, H. J. Transact. of the second Commiss. of the Intern. Soc. of Soil Science, 1926. Groningen.
Terlikowski, F. K. Kwasowosc gleb, jej przyczyny i sposoby zwalczania. Poznan. 1924 (Популярная книжка).
Veibel. Transact, of the chem. Soc., 123, 1923.
См. также ряд докладов на IV Международной почв. конференции в Риме (Actes de la IV Conférence Intern. de Pédologie, Vol. II, 1926).

## Влияние реакции почвы на микро- и макрофлору ее

Arrhenius, O. Oecologische Studien in den Stockholmen Schären. Sfockholm, 1920.
Arrhenius, O. Hydrogen-ion concentration, soil properties and growth of higher plants.— Arkiv för Botanik, 18, 1, 1921.
Atkins, W. R. Nature, 108, 80, 1921.
„ Imp. Dpt. of Agric., Jndia Pusa Series, 1921.
„ Sci. Proc. Roy. Dublin Soc. № 16, 369, 1922.
Christensen, H. R. Internat. Mitt. f. Bodenkunde, Bd. XIII, H. 3—4, 1923.
Chodat, F. L'importance de la nature du sol dans la constitution du tapis végétal. 1924.
Hoagland, D. R. Science, 48, 422, 1918.
Kreybig L. Verhandl. d. Zweiten Commiss. d. Internat. Bodenkunde. Gesellsch. Groningen. 1926.
Mitscherlich, E. A. Ibidem.
Noyes, H. A. and Conner, S. D. Journ. of Agric. Research, 16, 27, 1919.
Neméc, A. и Kvapil, K. Zeitschr. f. Forst-und Jagdwesen. 1924, H. b.
Olsen, C. Comptes rendus Labor. Carlsberg, 15, № 1. Copenhagen, 1923.
Wherry, E. F. J. Wash. Acad. Sci. 8. 589, 1918.
„ Ecology I, 42. 1920.
„ Proc. Acad. Natural. Phila. 113, 1920.

ЧАСТЬ III

# ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННЫХ ТИПОВ и ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

ГЛАВА I

## Почвенные классификации

Прежде чем мы приступим к характеристике почвенных типов и разностей, постараемся дать общую схему, которая позволила бы в краткой форме охватить всю совокупность наших знаний о почвенных типах. Задача почвенной классификации достаточно трудная и сложная, но мы не можем отказаться от мысли привести в порядок существующие знания о почвах. Как бы ни были до сих пор недостаточны эти знания, это не есть еще серьезная причина невозможности построения научной классификации; конечно, мы должны иметь в виду, что наша классификация есть лишь временная постройка, которая не только может, но и должна подвергаться изменениям и переработкам, по мере роста наших фактических знаний Достижение совершенства в этом отношении, как заметил еще Ампер, было бы возможно лишь тогда, если бы человек мог познать все относящееся к классифицируемым предметам Из этого следует, что ни одна из естественно-исторических классификаций не может считаться окончательной формой постройки, тем не менее такие классификации существуют и являются необходимыми

Раньше чем перейти к обсуждению тех основ, на которых должна быть построена естественно-научная классификация почв, познакомимся с тем, как смотрит на задачи и принципы построения научных классификации логика

„Общая задача классификаций,— читаем у Дж. Ст. Милля,— может быть установлена так, заставить думать о вещах в таких группах, а об этих группах в таком порядке, который всего скорее позволил бы нам припомнить и всего лучше утвердил бы в нашем уме их законы" „Всего более соответствует целям научной классификации, когда предметы соединяются в такие группы, относительно которых возможно высказать наибольшее число общих предложений и притом предложений более важных, чем какие можно утверждать относительно всех других групп, по которым можно было бы распределить эти предметы Таким образом предметы следовало бы классифицировать, по возможности, на основании таких свойств, которые служат причинами многих других или, по крайней мере, составляют их верные признаки Из этих последних надо выбирать такие, которые были бы самыми надежными и наиболее непосредственными признаками, и в то же время сами представляли бы собой такие свойства, на которых бы нам было всего полезнее сосредоточить наше внимание. Но, к сожалению, свойства, служащие причинами главных отличительных признаков классов, лишь редко бывают в то же время способны служить для узнавания этого класса И, вместо причин, нам, по большей части, приходится выбирать те или другие из наиболее бросающихся в глаза следствий, такие следствия, которые

могут служить признаками как других следствий, так и самой причины. Построенная таким образом классификация будет действительно научной или философской".

Посмотрим теперь, насколько удовлетворяют этим требованиям различные типы почвенных классификаций. Мы имеем в виду только типы, так как рассмотрение всех классификаций, появившихся в разное время, потребовало бы слишком много времени и места. По этой причине мы остановимся преимущественно на обсуждении классификации Тэера, Фаллу, Кнопа, Рихтгофена, Докучаева, Сибирцева и, частью, Коссовича.

Тэером в различное время было дано несколько классификаций, из коих приведем параллельно две: одну, так называемую, обыкновенную, другую—оценочную. В первой классификации Тэер выделяет 20 разновидностей почв, называя их: глинистая почва, вязкая гумусовая почва (2 разности), богатая рухляковая, рыхлая гумусовая, песчано-гумусовая, богатая глинистая, рухляковая, глинистая, суглинистая (4 разности), суглинисто-песчаная (2 разности), песчано-глинистая (2 разности), песчаная (3 разности). Во второй классификации Тэер устанавливает 6 родов почв, подразделяя каждый род на классы, а именно:

1 род. Глинистые почвы

1 класс. Черная глинистая почва; жирная пшеничная почва; маршевая, польдеровая почва.
2 класс. Сильная пшеничная почва; белая пшеничная почва.
3 класс. Слабая пшеничная почва; вязкая суглинистая; вялая холодная суглинистая почва.
4 класс. Тощая пшеничная, если суха; в противном случае холодная овсяная; шлуфовая почва; горная почва; грубая (roher) суглинистая почва.

2 род. Суглинистые почвы

2 класс.
1 класс. } Различаются по продуктивности.
3 класс.

3 род. Песчанисто-суглинистые или суглинисто-песчаные почвы; слабые ячменные и сухие овсяные почвы

1 класс. Песчанистые суглинки.
2 класс. То же с менее благоприятными свойствами.
3 класс. Суглинисто-песчаные почвы.
4 класс. То же с менее благоприятными свойствами.

4 род. Песчаные почвы.

1 класс.
2 класс. } Различаются по продуктивности.
3 класс.

5 род. Гумусовые почвы.

Сюда относятся почвы, у которых их основные минеральные элементы теряют свои свойства, т. е. глина утрачивает связность, а песок рыхлость, рассыпчатость. Если же почва содержит и много гумуса, но свойства ее минеральных элементов этим не нарушаются, то почву называют богатой гумусом глинистой или песчаной почвой. Гумусовые почвы находятся только на таких местах, которые заведомо или вероятно были раньше под водой, или представлялись болотами и топкими местами, где гумус произошел от гниения водных или болотных растений и которые, только благодаря осушению, стали годными к обработке.

Этот почвенный род Тэер подразделяет на следующие классы:

1 класс. Мягкие черные ячменные почвы. Низинные луговые почвы (Aue-Boden)
2 класс. Черные низинные ржаные почвы или черные овсяные почвы.
3 класс. Кислые низинные почвы.
4 класс. Болотные почвы.

6 род. Известковые почвы.

Классификация Тэера, если не касаться хозяйственно-экономической ее стороны, представляет в своей основе преимущественно физическую классификацию. Если в ее состав и входят гумусовые почвы, то только потому, что присутствие большого количества гумуса в составе почвенной массы резко изменяет физические свойства минеральной ее основы. В обсуждение свойств известковых почв Тэер не входит, так как, по его личным признаниям, у него нет достаточного количества собственных наблюдений над свойствами этих почв.

Можем ли мы данную классификацию считать удовлетворяющей тем требованиям, о которых говорилось выше? Конечно, нет. Какие общие и важные предложения могут быть высказаны относительно глинистых почв, как природных тел? Очевидно, мы можем сказать лишь, что они отличаются от других бо́льшим количеством мелкоземистых частиц, и только. Можем ли мы, рассматривая данную классификацию, сделать заключение о законах происхождения и образования почв? Опять-таки нет. Мы можем только говорить, что одна группа образовалась на глинистых породах, другая на песчаных, третья на известковых, да и то не всегда, так как глинистые почвы могут формироваться и на других породах. Только по отношению к роду гумусовых почв мы могли бы утверждать несколько больше того, что утверждается относительно других групп, так как для этой последней группы указываются условия ее происхождения—избыточная влага, от которой, как мы знаем, зависят многие важнейшие свойства почв. Из сказанного ясно, что группы классификации Тэера являются еще и неравноценными.

Другой тип представляет классификация Фр. Альб. Фаллу, в своем полном виде имеющая следующее построение:

1 класс. Первичные или коренные почвы

| | |
|---|---|
| 1 род. Почвы кварцевых пород. | 1. Кварцитовые и кремнисто-сланцевые почвы.<br>2. Почвы кварцево-конгломератовых пород.<br>3. Почвы кварцевых песчаников, куда относятся: почвы квадерового песчаника, граувакового песчаника, кейперского песчаника, пестрого песчаника и рета. |
| 2 род. Почвы глинистых пород. | 1. Глинисто-каменные и порфирно-туфовые.<br>2. Почвы глинистых сланцев.<br>3. „ граувакковых „<br>4. „ глинисто-мергельных сланцев. |
| 3 род. Почвы слюдяных пород. | 1. Слюдяно-сланцевые почвы.<br>2. Гнейсовые.<br>3. Известково-слюдяно-сланцевые почвы.<br>4. Хлоритово-сланцевые почвы. |
| 4 род. Почвы полево-шпатовых пород. | 1. Гранитные почвы.<br>2. Гранулитовые (разновидность фельзитовогнейсовые).<br>3. Сиенитовые.<br>4. Порфировые.<br>5. Трахитовые.<br>6. Фонолитовые. |

| | |
|---|---|
| 5 род. Почвы известковые и известково-магнезиальные. | 1. Почвы юрские и почвы раковистого известняка с разностями: известково-конгломератные, меловые и пленеровые известковые почвы.<br>2. Юрские доломитовые почвы с разностью: цементно-доломитовые почвы |
| 6 род. Почвы авгитовых и роговообманковых пород. | 1. Базальтовые почвы с разностями: базальтово-конгломератные, базальтово-лавовые и долеритовые почвы.<br>2. Зеленокаменные почвы (Grünstein).<br>3. Серпентиновые „ |

2 класс. Наносные почвы

| | |
|---|---|
| 1 род. Кремнистые почвы | 1. Силикатные или чисто-кремнеземистые.<br>2. Силикатные или обыкновенные кремнеземистые почвы:<br>a) наносные обыкновенные кремнеземистые пески с разностями: гравельно-песчаные, раковисто-песчаные, галечно-песчаные.<br>b) связные песчаные почвы с разностями: гравельные или кремнистые почвы. |
| 2 род. Мергелистые почвы | 1. Известково-мергелистые почвы.<br>2. Глинисто-мергелистые „<br>3. Песчано-мергелистые с разностью: гравельно-мергелистые.<br>4. Известково или лессово-мергелистые. |
| 3 род. Суглинистые почвы | 1. Обыкновенные суглинки с разностями, глинистые суглинки, слюдяные суглинки.<br>2. Слоисто-суглинистые (Knick). |
| 4 род. Болотные почвы. | 1. Глинисто-болотные почвы.<br>2. Пресноводно-болотные (Brackmoorböden).<br>3. Известково-болотные почвы.<br>4. Песчано-болотные. |

Особый отдел: случайные прибавления к почве: 1. Рыхлые и рассыпчатые: a) вулканический шлаковый песок и пепел; b) валуны и их скопления, ледниковый нанос; c) речные валуны и их отложения. 2. Органические: торфяные болота и их спутники торф, Schollerde, верещатник, трепел.

Приведенная классификация относится обычно к типу петрографических, хотя, как и в предыдущей, классификационный принцип здесь строго не выдержан. Те же болотные почвы замешиваются в петрографическую группировку, нарушая равноценность классификационных групп.

Основное подразделение почв на первичные и наносные ни в коем случае не может быть принято, ибо наносными могут быть только материнские породы, а не почвы. Последние, как мы приняли выше, могут сохранять все свои характерные черты только до тех пор, пока они остаются на месте своего образования. Если даже терминологию Фаллу изменить таким образом, чтобы говорить не о первичных и наносных почвах, а о почвах, образовавшихся на коренных и наносных породах, то и тогда, конечно, остается еще много возражений против его классификации. Ведь один и тот же тип почвообразования может получаться и на граните, и на суглинке. Мы знаем типичные черноземы на граните, вулканической лаве, лессе и моренной глине, при чем у всех таких черноземов мы найдем целый ряд важнейших общих признаков: одинаковое строение, структуру, одинаковые свойства гумуса, однородные комплексы вторичных образований и пр. Несомненно, следовательно, что мы можем

высказать гораздо больше общих положений относительно почв черноземных, развившихся на каких угодно породах, чем относительно почв гранитных, ибо о последних мы можем утверждать только одно то, что они произошли из гранита. Достаточно сравнить, например, подзол, получившийся из гранита в Шварцвальде или Якутской области, с латеритом, получившимся из такого же гранита под тропиками, чтобы убедиться, что между этими почвами нет ничего общего. Между тем подзол того же Шварцвальда и подзол Псковской губ., получившийся из моренной глины, однородны по целому ряду признаков.

Классификация Фаллу, выросшая на изучении почв, главным образом, Саксонии, была принята его последователями с теми или другими видоизменениями в деталях и фигурировала уже в качестве научной классификации вообще. Принципы этой классификации были, например, применены Феска при описании и характеристике почв всей Японии, благодаря чему мы и до сих пор в точности не знаем, какие типы почвообразования развиты в этой стране.

Переходим теперь к третьему типу классификаций, а именно химическому. Образцом этого типа нам послужит классификация Кнопа, которая делит почвы на три группы:

| | |
|---|---|
| 1. Почвы силикатные. | 1. Глиноземно-силикатные.<br>2. Железно-силикатные.<br>3. Одноокисно-силикатные.<br>4. Песчаные или кремнеземные почвы. |
| 2. Почвы карбонатные. | 1. Известковые.<br>2. Доломитовые. |
| 3. Почвы сульфатные. | 1. Гипсовые.<br>2. Ангидритовые. |

Очевидно, и здесь мы должны сделать те же замечания, которые были сделаны по поводу предыдущих классификаций. Химический состав почвы в том виде, как он представлен у Кнопа, дает весьма недостаточное понятие о классифицируемых предметах и во всяком случае ничуть не большее, чем петрографический характер почвы и ее механический состав.

Для нас в настоящее время до очевидности ясно, что наиболее надежным руководителем в деле характеристики и классификации почв является способ их происхождения, что материал, из которого образовались почвы, в большинстве случаев имеет гораздо меньшее значение, а в некоторых случаях его значение может быть сведено даже к нулю, по сравнению с тем мощным влиянием, которое оказывают в процессах почвообразования факторы климата и растительная формация.

Это впервые было сознано Докучаевым, который в 1879 году дал первую генетическую классификацию почв Европейской части СССР. Хотя еще в 1877 г. Берендт протестовал против тех определений понятия „почва", которые давались почвоведами и агрономами, и, главным образом, против смешения почвы с различными рыхлыми наносами, однако этот протест почти не произвел впечатления на западно-европейское почвоведение; обобщения же Докучаева создали школу почвоведов, которая развила и дополнила те основные положения, кои были выработаны Докучаевым.

Докучаеву же принадлежит почин включения климата в число факторов, определяющих закономерное размещение почв в пространстве. Мы не хотим, конечно, сказать этим, что Докучаев первый

поднял вопрос о климате, как почвообразователе, так как и сам он при оценке значения климата, ссылался на работы других исследователей Указания на роль климата в процессах выветривания и накопления органических веществ делались издавна, но все они так и оставались отдельными указаниями, на которые никто из классификаторов почв до Докучаева не обращал внимания.

Опубликованная в 1879 году классификация Докучаева имела такой вид:

А Почвы нормальные

(Т. е. неизмененные другими динамическими процессами)

1 класс Сухопутно-растительные почвы

a Почвы серые северные
b „ черноземные
c „ каштановые
d „ красные солончаковые

2 класс Сухопутноболотные почвы

В Почвы анормальные

3 класс Перемытые почвы
4 класс Наносные почвы

В 1886 году классификация Докучаева появилась в новой переработке и получила такой вид

А Почвы нормальные

1 класс Почвы сухопутно-растительные

a. Светло-серые северные почвы
b Серые переходные (лесные почвы)
c Черноземные
d Каштановые переходные
e Бурые солонцовые

2 класс Почвы сухопутноболотные
3 класс Типичные болотные почвы

В Переходные почвы

4 класс Почвы перемытые
5 класс Почвы наземно-наносные

С Анормальные почвы

6 класс Почвы наносные

Давая эту классификацию, Докучаев оговаривается, что последняя группа почв, в сущности, не типичные почвы и столько же принадлежат геологии, как и почвоведению, но что со временем и они могут стать настоящими почвами.

Классификация Докучаева в том или ином ее видоизменении, выгодно отличается от всех рассмотренных нами выше классификаций именно потому что в ее основу положены типы почвообразования[1]) а не физические, химические или петрографические тела

[1]) О типах выветривания см. van Bemmelen Zeitschr. f. anorg. Chemie, Bd 66, 1910

Ясно, что относительно каждой из групп сухопутно-растительных почв мы можем высказать целый ряд весьма важных предложений, говорящих нам, между прочим, и о законах образования почв. Говоря, например, о черноземе, мы представляем мысленно ту внешнюю обстановку, при которой этот тип произошел (характер климата, растительная формация), и целый ряд разнообразных признаков, свойственных чернозему в силу условий его образования, независимо от характера материнской породы. Перемена последней вносит уже второстепенные изменения. То же самое в одинаковой степени относится и к другим типам сухопутно-растительных почв.

Будучи основана на совокупности важнейших признаков, присущих классифицируемым предметам, классификация Докучаева является естественной или философской. Тем не менее, и она не свободна от возражений, на которых мы теперь и остановимся.

Во-первых, выделение в особую группу почв переходных, конечно, не целесообразно, так как чернозем нетронутый и чернозем, верхние горизонты которого несколько перемыты или несколько намыты, но не оторваны от всей остальной толщи коры выветривания, сформировавшейся в тот же период, что и верхние горизонты, не столь существенно различаются между собой, чтобы разделять их в особые группы. Иное дело, если верхние горизонты черноземной почвы совершенно оторваны от остальных, перемешаны и перенесены в другое место, где и отложены в совершенно иной обстановке; тогда уже это не будет черноземом, не будет даже почвой, а механическим наносом. Это совершенно подобно тому, как если поддонная морена размыта водой и вымытые части отложены в речной долине. Новый осадок не будет мореной, хотя и слагается материалом, заимствованным из последней, а будет аллювием.

По той же причине не следовало включать в классификацию и анормальных почв, отиосительно которых автор сам сделал оговорку, что они, в сущности, к почвам не принадлежат. Кроме сказанного, отметим еще и возражение Сибирцева, что термины: нормальные и анормальные звучат несколько странно в применении к природным телам.

К числу несомненных достоинств классификации Докучаева относится ее способность к дальнейшему развитию и усовершенствованию, чего далеко нельзя сказать про все рассмотренные выше и им подобные классификации. Хотя классификация Докучаева и не заключала в себе ряда почвенных типов, которые стали нам ближе известны за последнее время, однако, эти типы легко можно было бы включить в нее без всякого ущерба для самобытности почвенного типа и для принципов самой классификации. Так, к группе сухопутно-растительных почв мы могли бы присоединить латериты, красноземы и пр., но те же почвенные типы мы никак не могли бы вставить ни в одну из предыдущих классификаций без того, чтобы эти почвы не утратили своих типических черт. В самом деле, куда бы мы поместили латериты в классификации Фаллу? По условиям происхождения это почвы первичные, но, как мы знаем, они могут образоваться и из гранитов, и из диабазов, и из сланцев, следозательно, нам пришлось бы в одном случае называть латерит — гранитной почвой, в другом—сланцевой и т. д., при чем от латерита, как типа почвообразования, не осталось бы ничего.

В том же 1886 году, когда появилась вторая переработка классификации Докучаева, опубликована была и классификация Рихтгофена, имевшая следующий вид:

A. Типы элювиальных почв

1. Распавшиеся породы:
   a. Неперемещенные обломки пород.
   b. Обломки горных обвалов.
   c. Щебневые наносы горных склонов
2. Глубоко разложенные породы.
3. Элювиальные почвы равнинных стран
4. Суглинки склонов.
5. Латерит
6. Растительные почвы: гумус, болото и торф.
7. Остатки от растворения.

B. Типы наносных почв

8. Грубые осадки материковых вод:
   a. Конусы накопления горных ручьев
   b. Щебневики террасовые по рекам.
      „ озерные.
      „ береговые.
      „ и хрящ пустынь.
   c. Песок.
9. Тонкозернистые осадки материковых вод.
10. Химические осадки пресных вод (известковые туфы)
11. Морские почвенные типы.
12. Ледниковая щебенка.
13. Вулканические почвы.
14. Лесс и эоловые наносы вообще:
   a. Лесс.
   b. Лессовидные почвенные типы.
   c. Чериозем, регур и им подобные почвенные типы.

Как видно, и у Рихтгофена основа классификации осталась та же, что и у Фаллу, т. е. он различает первичные или элювиальные и вторичные или наносные почвы. И здесь исчезает всякое различие между почвой и другими поверхностными материковыми образованиями: аллювием, мореной, эоловым наносом, морским и даже химическим осадком. Рихтгофен принимал, что почвы могут быть и не элювиальными, тогда как, по воззрениям Докучаева и русской школы вообще, только и существуют элювиальные почвы, все же другое относится к группе наносов. Русская школа, конечно, допускает, что и на морском наносе, и на лессе могут формироваться и формируются почвы, но самые наносы к почвам не причисляет.

Мы не будем останавливаться здесь на других западно-европейских и американских классификациях, отметим лишь, что к воззрениям Докучаева ближе всего стояли Гильгард, Вольтман и что в последние годы эти воззрения завоевывают все больший и больший круг приверженцев[1]).

Прежде чем перейти к классификации Сибирцева, напомним, что, на ряду с почвенной классификацией, Рихтгофен выделил на земной поверхности особые области почвообразования, которые классифицируются следующим образом:

[1]) Мы имеем в виду работы Раманна, особенно 3-е издание его „Почвоведения", работы Трейтца (Comptes rendus de la première conference agrogéolog. Budapest, 1909), Мургочи (там же), работы, производимые под руководством Вольтмана, а также работы Фростеруса, Aarnio, Stremme и др.

**1. Области почвообразования на месте, благодаря кумулятивному разложению пород (элювиальные области)**

Здесь имеются в виду те пространства суши, где агенты переноса слишком слабы для того, чтобы мешать накоплению образовавшейся почвы. Сюда относятся:

a. Области латеритообразования.

Влажные холмистые и лесистые страны тропиков по преимуществу.

b. Области кумулятивного суглинистого разложения.

Охватывают, главным образом, влажные холмистые и лесистые области умеренной зоны.

c. Области кумулятивной горной щебенки.

Последняя получается при действии мороза в гористых странах высоких широт и на высоких горах умеренных и тропических широт; к другому типу принадлежат щебневые наносы степных гор.

d. Области равнинного элювия.

Здесь разложение пород ограничивается поверхностным покровом небольшой мощности. В странах, покрытых растительностью, факторы переноса отличаются небольшой силой; в пустынях ветер играет значительную роль; в качестве фактора коррозии и переноса, однако, часто он бывает недостаточен для удаления покрова.

**2. Области равновесия между разрушением и удалением разрушенного материала**

Всюду, где продукты разрушения в короткий срок удаляются, общие размеры денудации наиболее значительны, ибо действию агентов такового последовательно подвергаются все новые и новые поверхности. Эти условия в более теплых странах наиболее совершенно выражены там, где оказываются налицо: богатство дождей, умеренно крутое падение склона и умеренная растительность.

**3. Области преобладающей денудации**

Где агенты переноса действуют так сильно, что факторы почвообразования не в силах за ними следовать, вследствие чего не может происходить накопления рыхлой земли, там обнажаются голые породы. В качестве типов могут быть приведены:

a. Области ледниковой денудации.

b. Области эоловой (ветровой) денудации.

c. Области речной денудации.

d. Области абразии.

**4. Области преобладающего накопления**

Сюда относятся:

a. Области морских наносов.

b. Области аллювиальных почв рек и озер.

c. Области ледниковых наносов.

d. Области подвижных песков.

e. Области тонкозернистых эоловых наносов.

Здесь можно различать степи без истоков (соляные степи) и степи, имеющие стоки, как большинство саванн, прерий, черноземных и регуровых степей.

f. Области вулканического накопления.

### 5. Области эродированных эоловых наносов

Если глубоко лежащая степная почва прорезана эрозионными каналами, то работа в последних направлена на то, чтобы совершенно удалить почву. Промежуточные стадии представляют особый тип лессовых районов. Процесс может достигнуть весьма больших успехов, как в большинстве европейских лессовых стран, или меньших, как в странах, ограничивающих центральную Азию с запада, юга и востока.

Эту схему, которая была намечена Рихтгофеном еще в 1882 г., он пробовал применить, между прочим, и к нашим почвам. По его словам, весь север занимают ледниковые наносы, средину—элювий равнин и южную часть—эоловый чернозем, прорезанный глубокими речными долинами.

Чрезвычайно интересная в геологическом отношении схема Рихтгофена, в сущности, очень мало затрогивает области или зоны почвообразования, в частности же, по отношению к нашим почвам вызывает ряд возражений. Во-первых, никакой особой области элювиального выветривания в средней части СССР не существует. Правда, местами, в промежутке между двумя языками ледниковых наносов европейской части СССР найдутся участки, где почвы формировались на различных коренных породах, но такие же участки в нашей стране имеются на востоке, на юго-востоке—в области степей, на севере—в области ледниковых наносов и, наконец, на крайнем западе—в области гранитных пород, а также в смежной с нами Польше. Все это отдельные участки, разбросанные по всей стране, а не сплошная полоса, приуроченная к ее центру. Затем русские почвоведы и в то время, когда публиковалась означенная схема, не считали возможным делить нашу страну по характеру почв таким образом, как это сделал Рихтгофен, ибо им было известно, что на моренных наносах у нас существуют и подзолистые почвы, и чернозем, что как первые, так и второй образуются здесь и из других пород, что относить чернозем к эоловым образованиям нельзя, а термин этот может быть приложен к распространенной материнской породе чернозема—лессу, что название элювиальных почв может быть с одинаковым правом усвоено как почвам севера, так центра и юга, что, наконец, к югу от русского чернозема находятся и другие почвенные образования.

Не считая почвами бо́льшую часть тех поверхностных образований, которые внесены Рихтгофеном в его классификацию и географическую схему, мы не можем также считать „почвенной" ту карту, которая была составлена в 1892 году Рорбахом, пользовавшимся схемой Рихтгофена. На этой карте почвы фигурируют на ряду не только с наносами и материнскими породами, но и с территориальными единицами; тут нанесены: латериты, лессы, степные почвы,—где одной краской закрашены черноземы СССР, пустынно-степные почвы Средней Азии и часть Сахары,—равновесие между выветриванием и денудацией, ледниковый нанос, глациальная денудация и „преобладающий суглинок", охватывающий почти всю Сибирь с весьма разнообразными почвами, и ряд других территорий, почвы которых не имеют ничего общего с почвами Сибири.

Переходим теперь к изложению взглядов Сибирцева, который одновременно дал и новую переработку почвенной классификации и формулировку учения о зональности почвенных типов.

„Со словом почва,—писал Сибирцев,—мы условились соединять понятие о поверхностных горизонтах горных пород, в которых общие динамические процессы необходимо сочетаются с биологиче-

скими. Разнообразие почв определяется, во-первых, материнскими породами, т. е. их физико-химическими свойствами и положением в пространстве, во-вторых, организмами, т. е их качеством, количеством, деятельностью и химическими превращениями, и, в-третьих, физико-географическими условиями страны в их изменчивости за время почвообразовательного процесса и в их современном цельном типе. Наиболее общее значение из этих последних условий и принадлежит условиям климата".

К сказанному необходимо прибавить еще, что из климатических условий Сибирцев ставил на первом месте влажность. По поводу этого вопроса он писал следующее: „...но еще важнее (чем температура) значение влажности климата. О первенствующей и разнообразной роли воды или влаги в процессах как механического, так и химического выветривания достаточно говорилось в своем месте; совершенно ясно, что в одном и том же тепловом поясе, не говоря уже о разных, выветривание пойдет иначе (как количественно, так и качественно) при различных степенях влажности и сухости атмосферы и самих горных пород". В дальнейшем изложении Сибирцев указывает на значение влажности в процессах передвижения солей в более глубоких горизонтах продуктов выветривания. В другой работе он писал, между прочим: „условия влажности американского климата (речь идет о С. Америке) изменяются по совершенно иному направлению: убыль влаги идет не от северо-запада к юго-востоку (как в южной половине Европейской России), а от востока к западу. Восточные штаты влажны: атмосферных осадков в них выпадает, примерно, вдвое больше, чем в наших южных губерниях; западные, напротив, очень сухи и известны у самих американцев под мало обещающим названием „aride region" (сухая, безводная область). Соответственно этому распределяются и почвы".

Признавая важное значение влажности, Сибирцев, конечно, не мог отрицать и значения температуры в вопросах географического распределения почвенных типов, так как ему было известно, что если русско-сибирский чернозем образует одну более или менее сплошную полосу (зону), то происходит это не потому, что эта зона на всем протяжении характеризуется одинаковым количеством осадков, а потому, что в ее пределах, по мере движения с юго-запада к северо-востоку (из европейской части СССР в азиатскую), наблюдается определенная закономерность в изменении температуры и влаги, при чем, параллельно с постепенной убылью к востоку количества атмосферных осадков, понижается в то же время и температура. Поэтому-то, характеризуя климатические условия черноземных областей, он писал: „не следует, впрочем, полагать, что во всех черноземных районах количество атмосферных осадков должно быть непременно одно и то же. Необходимо иметь в виду, во-первых, что если климат теплее, то и испаряемость влаги больше".

Не останавливаясь на деталях классификации Сибирцева и отсылая за ними читателя к статье покойного: „Краткий обзор главнейших почвенных типов России", мы приведем лишь схему, данную автором во втором издании курса „Почвоведение" (ч. III, стр. 28):

Класс или отдел А. Почвы зональные, мелкоземисто-перегнойные, полные

Типы: I. Латеритные почвы.
II. Атмосферно-пылевые.
III. Пустынно-степные или почвы сухих степей.

IV. Черноземные.
V. Серые лесные.
VI. Дерново- (или раменно-) подзолистые.
VII. Тундровые.

Класс В. Почвы интразональные

VIII. Солонцовые.
IX. Болотные.
X. Перегнойно-карбонатные.

Класс С. Почвы азональные, неполные

Подкласс: Внепойменные

XI. Скелетные.
XII. Грубые.

Подкласс: Аллювиальные

XIII. Пойменные.

Почвы первого класса,—писал Сибирцев,—„представляют в общем зональное или полосчатое распределение на поверхности материков, отвечающее физико-географическим территориальным зонам этих последних. В схеме наиболее экваториальное положение занимают латеритные почвы, соответствующие прерывистой, изрезанной морями, полосе материковых тропических областей. За ними к северу, а отчасти и к югу, в области континентальных плоскогорий и замкнутых или полузамкнутых равнин, располагаются лессовые и пустынно-степные почвы, затем следуют, по открытым травяным равнинам, почвы черноземной группы, преемственно сменяющиеся лесными, подзолистыми и, наконец, тундровыми".

„Наиболее типичными материками являются в этом отношении материки европейско-азиатский и, отчасти, северо-американский. Само собой разумеется, что полосчатость или зональность почв должна быть понимаема только, как общая, грубая схема. В действительности, ни один почвенный тип не облекает материковой поверхности в виде сплошного пояса: все они залегают прерывистыми лентами, то расплываясь на огромную ширину, то суживаясь, то перемешиваясь между собой в пограничных областях, то, наконец, забрасываясь островками довольно далеко от главных зон. Полнота и строгая географическая последовательность почвенных типов часто нарушается вмешательством различных местных оро-гидрографических и геологических особенностей, препятствующих развитию известных почв, или отодвигающих их в сторону".

Устанавливая зависимость между распределением климатических факторов и почвенных типов, Сибирцев оговаривается также, что и правильность климатической схемы нарушается во многих случаях воздушными и морскими течениями, частными особенностями рельефа и конфигурации материков и тому подобными причинами.

Интразональные почвы, согласно воззрениям Сибирцева, получаются там, где различные частные и местные почвообразователи обособляются и доминируют над общими зональными.

Азональные почвы, неполные или недоразвитые, стоят на рубеже между собственно почвами и горными породами и не приурочиваются к определенным зонам.

Сравнение классификаций Рихтгофена и Сибирцева и учений: первого—о почвенных областях и второго—о почвенных зонах

приводит к следующим выводам: в то время как в первой классификации почвы не различаются строго от других генетических типов поверхностных материковых и даже водных отложений, вторая рассматривает только почвы, т. е. строго определенный тип образований. То же самое отражается и в учении о зонах: у Сибирцева оно выражено более определенно, чем учение об областях у Рихтгофена, так как области последнего также не являются чисто почвенными.

Переходим теперь к более детальному обсуждению схемы Сибирцева. Со стороны основных требований, которые могут быть предъявлены ко всякой научной классификации, мы не видим каких-либо серьезных возражений против группировок Сибирцева. Называя чернозем или латерит почвой зональной, мы действительно вместе с тем создаем в нашем уме представление, что эти почвы залегают в виде более или менее обширных полос, характеризующихся каким-то определенным комплексом почвообразователей, доминирующим в данной полосе или зоне на всем ее протяжении. Припоминая эти условия, мы в то же время „утверждаем в нашем уме" (Дж. Ст. Милль) законы образования чернозема или латерита.

Наиболее серьезным общего характера возражением было бы то, что группировка, предложенная Сибирцевым, недостаточно удовлетворяет так называемому „золотому правилу" научной классификации, согласно которому, „из различных группировок сходных вещей предпочтение надо отдать той, которая основана на наибольшем числе общих признаков" (Минто).

Объединяя латериты, черноземы, пустынно-степные, подзолистые и пр. почвы в одной группе, мы руководимся, в сущности, одним признаком, общим всем перечисленным почвенным типам, это их свойством залегать целыми полосами или зонами, что, как мы теперь знаем, присуще каждому почвенному типу.

Если бы нам удалось те же самые почвенные типы сгруппировать иначе и именно так, чтобы отнесенные к одной группе почвы имели бы большее число общих признаков, то такая группировка явилась бы более желательной.

Помимо только что сделанного возражения, мы могли бы высказать и еще некоторые замечания. Прежде всего нам кажется, что термины: зональные и интразональные не совсем удачны.

Соглашаясь удержать эту терминологию для обозначения почвенных типов и разностей в пределах ограниченных районов, принадлежащих одной какой-нибудь преобладающей зоне, т. е. оставляя эти термины в качестве географических, мы отказываемся, однако, признать за ними классификационное значение на основаниях, которые ниже излагаем[1]).

Если понимать, согласно Сибирцеву, под почвами интразональными те, которые появляются в той или другой зоне в силу преобладания каких-либо местных факторов над общими зональными, то нам пришлось бы относить к числу интразональных почв и те отдельные островки чернозема, подзола и пр., которые встречаются не в своих, а в соседних зонах, ибо они встречаются здесь именно потому, что какие-нибудь частные факторы взяли перевес над факторами зональными. Таким образом, один и тот же почвенный тип пришлось бы в одних случаях признавать зональным, а в других—интразональным.

[1]) Этим мы, конечно, не отрицаем учения зональности в той осторожной форме, в какой оно было формулировано покойным проф. Сибирцевым.

Пока мы находимся в области географии почв, данное обстоятельство не вносит никакой путаницы, но когда мы переходим в область вопросов классификации, то должны с этим серьезно считаться.

По отношению к группе азональных почв следует сделать также ряд замечаний. Так, например, мы не видим надобности выделять в группу азональных аллювиальные почвы на том основании, что при формировании их к процессу почвообразования присоединяются другие динамические процессы. Таких почв вообще не мало в природе, и, кроме аллювиальных, в ту же группу пришлось бы зачислить делювиальные, эоловые и прочие почвы. На почвах речных долин мы наблюдаем ясно или морфологические признаки болотных почв, или подзолистых, или солонцевых и т. д., следовательно, и должны их относить к соответственным типам и разностям, с оговоркой, что мы в данном случае имеем в виду болотную аллювиальную, подзолистую аллювиальную почву. Если же аллювиальные процессы настолько берут перевес над процессами почвообразования, что совершенно маскируют последние, то лучше не говорить о почве, а называть образование аллювием, относя его, таким образом, к механическим осадкам.

По той же причине мы не находим возможным выделять в особую классификационную группу грубые почвы, куда, согласно Сибирцеву, относятся почвы, лишенные, благодаря смыванию или выдуванию, значительной части мелкоземисто-перегнойного горизонта. Несомненно, что такие почвы будут далеко не одинаковы в зависимости от того, произошли ли они из подзолистых, черноземных, или каких-либо иных почв. Если на них сохранились еще следы почвообразовательных процессов, то их можно называть: размытым подзолистым суглинком, развеянным черноземом и т. д., если же следов почвообразования не сохранилось, то это, конечно, не почвы, а горные породы.

Все высказанные соображения приводят нас к необходимости сделать новую попытку в области почвенной классификации, но раньше, чем перейти к этой задаче, остановимся несколько на рассмотрении дальнейших стадий развития почвоведения, поскольку они стоят в связи с классификационными вопросами.

Хотя Докучаев и Сибирцев и определяли почву в качестве продукта выветривания современной земной поверхности и считали необходимым изучать и свойства материнских пород на значительных глубинах, однако, к почвам, в строгом смысле, относили главным образом гумусовые горизонты, а глубже лежащие, хотя бы и ясно затронутые процессами почвообразования, слои называли уже подпочвами, грунтами. При этом в описаниях как Докучаева и Сибирцева, так и других русских почвоведов давались обычно указания на те изменения материнской породы, которые можно было поставить в связь с процессами почвообразования. Так, например, Георгиевский, описывая строение лесных (деградированных) суглинков б. Полтавского у., указывал ниже гумусовых горизонтов еще следующие: красно-бурый суглинок, не вскипающий с кислотами, мощностью 1—2 арш., и за ним буроватый сильно известковистый суглинок, покрытый грубыми большими примазками углекислой извести. Оба последние горизонта Георгиевский ставил в связь с процессами почвообразования и указывал на лучшее увлажнение верхних горизонтов почвы под лесами, как на причину, повлиявшую на вынос углесолей из более высоких горизонтов в более глубокие.

Несмотря на эти и им подобные наблюдения, исследователи 80-х и 90-х годов все же гораздо больше внимания обращали на гумусовые горизонты, строение и структура которых исследовались наиболее тщательно. Эти же горизонты более основательно штудировались и со стороны их химического состава и физических свойств. Отчасти это, быть может, объясняется тем, что работы 80-х и частью 90-х годов (Нижегородской и б. Полтавской губ.) производились для определенных практических целей оценки земель, а отчасти и тем, что средства, которыми располагали русские исследователи этого периода на аналитические работы, были очень ограниченны.

В конце 90-х годов появляется ряд новых фактов относительно строения глубоких горизонтов выветривания как в черноземной, так и в лесной областях нашей страны. На необходимость более внимательного изучения глубоких горизонтов выветривания и на различие этих горизонтов в степной и лесной областях европейской части СССР обратил внимание русских почвоведов Богословский, высказавший в то же время пожелание, чтобы при классификационных попытках предметом классификаций служила кора выветривания в полном ее объеме.

Высоцкий сделал первую попытку классифицировать глубокие горизонты русской коры выветривания по химическим признакам. „Преобладающие в наносах и других отложениях растворимые вещества,—говорит автор,—могут быть расчленены на три категории по их растворимости: 1) весьма мало растворимые, и то лишь в воде, насыщенной углекислотой,—карбонаты щелочных земель, преимущественно $CaCO_3$; 2) слабо растворимые в простой воде, преимущественно гипс; 3) легко растворимые—главным образом, поваренная соль и ее спутники (KCl, $Na_2SO_4$, $Na_2CO_3$ и пр.)".

В схеме, по Высоцкому, грунты должны располагаться поясами, идущими с NNW на SSE, таким образом:

1. Грунты совершенно выщелоченные, лишенные всех перечисленных растворимых солей.

2. Грунты, в которых с некоторой глубины замечается присутствие солей первой категории, преимущественно углекислой извести, и нет или почти нет других.

3. Грунты, в которых с некоторой глубины, кроме $CaCO_3$, встречается и гипс.

4. Грунты, пропитанные всеми перечисленными выше веществами.

В особой таблице Высоцкий сопоставляет отмеченные им типы грунтов с почвенными зонами и типами растительности СССР.

| Грунты | Почвы по зонам Сибирцева | Растительность |
|---|---|---|
| 1. Выщелоченные. | Подзолистые. | Смешанные сплошные леса. |
| 2. Присутствует $CaCO_3$. | Лесные серые. | Дубравы (темнолиственные леса с господством на глинистых почвах дуба). |
| 3. $CaCO_3$ и гипс. | Чернозем. | Степи; леса лишь в более выщелоченных балках (бораках), лощинах и впадинах. |
| 4. $CaCO_3$, гипс и NaCl со спутниками. | Почвы сухих припустынных степей и солончаков. | Припустынно-степные формации. |

Высоцкий оговаривается, что это только схема, и как таковая она, конечно, может быть принята, несмотря на то, что, как и другие

подобные схемы, строго не выдерживается. На основании того, что нам известно о почвах Сибири, северной Маньчжурии и Монголии (Полынов), мы вправе распространить с некоторыми ограничениями ту же схему и на значительную часть Азии. Ограничения необходимо сделать в виду того, что в Западной Сибири, а местами и в Восточной, грунты представляются насыщенными солями в прежние геологические периоды, благодаря чему мы находим там, иногда даже в грунтах лесостепной полосы, такие соли, которые типичны для районов значительно более южных. Эти соли, правда, там нередко выщелочены на большую глубину, но в более глубоких горизонтах они могут быть найдены.

Схема Высоцкого лишний раз подтверждает тот факт, что характер более глубоких горизонтов выветривания находится в соответствии с характером поверхностных гумусовых горизонтов. Из этого сопоставления ясно, что, называя почву черноземом, мы имеем право относить это название не только к гумусовым ее горизонтам, но и ко всей коре выветривания, так или иначе изменившейся в период формирования гумусовых горизонтов. В нашем представлении рисуется прежде всего мощная, темноокрашенная веществами гумуса, поверхностная часть коры выветривания, а затем и богатая углесолями, а частью и гипсом, ее нижняя часть. Та же причина, которая способствовала накоплению гумуса, вызвала и обогащение солями; эта причина—некоторая сухость климата.

Таким образом, из схемы Высоцкого совершенно ясно, какое громадное влияние на строение коры выветривания оказывает влага. Выше мы уже указывали, что значение влаги в процессах почвообразования подчеркивалось и Сибирцевым. На это же обстоятельство обращал в свое время внимание и Костычев, тот же вывод можно сделать и из исследований Гильгарда, который, в своих работах, почвы сухих областей С. Америки противопоставлял почвам влажных штатов и этим самым подчеркивал громадное значение влажности. Можно было бы привести и другие литературные справки по тому же вопросу, но и сказанного достаточно для того, чтобы считать степень увлажнения почвы чрезвычайно существенным условием почвообразования. Необходимо, однако, прибавить, что, как бы наглядно ни отражалось влияние степени увлажнения на строении почвы во всем ее объеме, самое увлажнение есть результат разнообразных влияний. Степень увлажнения той или другой почвы зависит не только от количества атмосферных осадков, но и от температуры, влажности воздуха, от рельефа, характера материнской породы и растительного покрова. Отрицать влияние температуры на образование почвенных типов и на их закономерное распределение по лику земли мы не имеем никакого права. Действие температуры сказывается прежде всего на величине испарения выпавшей влаги, а следовательно и на всех процессах, связанных с испарением, каковы, например, процессы капиллярного поднятия растворов и кристаллизации солей. Действие температуры сказывается затем на энергии распада органических остатков почвы и на интенсивности процесса выветривания. В областях сильно нагреваемых температура отзывается на окраске почвенных образований, в чем нас убеждает исследование латеритов, красноземов и субтропических пустынно-степных почв, где обезвожение гидратов окиси железа и переход их в маловодный гидрат типа турьита находится в зависимости от температуры.

Наконец, зональное распределение почвенных типов Евразии только и может быть объяснено при условии, что в этом распреде-

лении играли роль не только атмосферные осадки, но и температура, так как ни одна из почвенных зон этого материка не получает на всем своем протяжении одинакового количества атмосферных осадков. По мере приближения к Азии, количество осадков в пределах одной и той же почвенной зоны постепенно уменьшается, и почвенные зоны вместе с тем постепенно поднимаются к северу, попадая в области с более низкой температурой, которая, компенсируя силу испарения, устанавливает одну и ту же или близкую степень увлажнения поверхностных горизонтов земной коры. Мало того, в пределах европейской части СССР мы найдем, несомненно, не только отдельные пункты, но и целые районы с одинаковым количеством осадков, но с разной температурой, а потому и с разными почвами.

Отметим далее классификацию Коссовича, имеющую следующий вид:

Класс А. Почвы генетически самостоятельные

I. Почвы пустынного типа почвообразования

1. Пустынные корки (известковые, гипсовая и защитная).
2. Сухие солонцы.
3. Пески и хрящеватые почвы пустынь.

II. Почвы пустынно-степового типа или солонцового типа почвообразования

1. Эолово-лессовые почвы сухих степей.
2. Светлые почвы сухих степей (белоземы).
3. Красные почвы сухих степей.
4. Серо-бурые (слоевато-столбчатовидные) почвы сухих степей.
5. Каштановые почвы.

III. Почвы степного или черноземного типа почвообразования

1. Черноземы.
2. Темноцветные почвы степных западин.
3. Деградированные черноземы.
4. Перегнойно-карбонатные почвы.

IV. Почвы подзолистого типа почвообразования

1. Серые лесные почвы.
2. Подзолистые лесные почвы.
3. Подзолистые луговые почвы.

V. Почвы тундрового типа почвообразования

1. Тундровые почвы.
2. Почвы горных вершин.

VI. Почвы латеритного типа почвообразования

1. Желтоземы.
2. Красноземы.
3. Латериты.

VII. Почвы болотно-мохового типа почвообразования

1. Моховые болота.

Класс В. Почвы генетически подчиненные

I. Почвы грунтового увлажнения пониженных мест сухих степей

1. Бесструктурные солонцы.

II. Почвы грунтового увлажнения черноземной полосы

1. Мокрые белые солонцы.
2. Столбчатые солонцы черноземной области
3. Солоди черноземной полосы.

III. Болотные и полуболотные почвы подзолистой области

1. Полуболотные почвы
2. Луговые торфяники.

IV. Болотистые почвы влажных тропических и субтропических областей

По поводу пустынного типа почвообразования необходимо подчеркнуть, что едва ли на солонцы пустыни и на пустынные корки можно смотреть, как на почвы, характеризующиеся преимущественно выносом. Совершенно ясно, что здесь скорее может итти речь о накоплении, а не о выносе. По нашему мнению, солонцы пустынь нельзя отделять от солонцов вообще и, следовательно, они должны быть изъяты из первой группы проф. Коссовича. В той же группе следует уничтожить пески и хрящеватые почвы, так как эти почвы вовсе не являются спутниками только пустыни: мы встречаем их и в сухих степях, и среди подзолистых почв и, конечно, пески и хрящевики не представляют где бы то ни было какого-либо особого типа почвообразования.

Во второй группе необходимо уничтожить в подзаголовке слова „или солонцеватого типа", так как все перечисленные в этой группе почвы могут быть совершенно не солонцеватыми, как бы ни понимать этот термин. Необходимо также уничтожить и эолово-лессовые почвы, так как таковых на самом деле, как особого типа почвообразования, не существует.

В третьей группе нам представляется неправильным включение деградированных черноземов. Ведь, деградированные черноземы отличаются от черноземов именно тем, что у них определенно намечается начало нового, по сравнению с черноземным, почвообразовательного процесса, а именно процесса подзолистого.

Тундровые почвы, как показали исследования Сукачева и Драницына, не отличаются по существу от почв болотного типа и потому делать из них в настоящее время особую классификационную группу не следует. Нам неясно также, почему мохово-болотные почвы отделены от болотных почв вообще и, в частности, от торфяно-луговых, с которыми они имеют много общего в минеральных своих горизонтах, так как если и говорить о мохово-болотной почве (не о болоте), то под этим именем нельзя разуметь только моховой покров.

Отделять в особые группы солонцы (не только слоевато-столбчатые, но и другие) и солончаки сухих и черноземных степей, по нашему мнению, нет никаких оснований, так как генезис их несомненно один и тот же. Что же касается „солодей", то таких почв не существует. Солоди или солоти (тоже баклуши, мокрые кусты, осиновые кусты) представляют не почвенные, а физико-географические единицы, слагающиеся чрезвычайно пестрым почвенным покровом. Если же под этим термином понимать выщелачиваемые солонцы, то лучше их и именовать этими словами.

Афанасьев высказывает мысль, что почвенные классификации, как логические схемы, должны передавать естественные зоны почв в системе генетических родов (разр. автора), и потому строит свои схемы для континентального и морского климатов так, что

к каждой определенной разности почв (даже ие типу) присоединяются те почвы, которые в зоне данной разности залегают как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Получаются очень сложные схемы, которые, конечно, могут считаться географо-топографическими, но не классификационными схемами.

И самая мысль автора о том, что почвенные классификации должны передавать естественные зоны в системе генетических рядов, нам представляется неправильной, противоречащей тем основным принципам, каким должно соответствовать построение любой естественно-исторической классификации.

Мы не можем также присоединиться и к тем соображениям, которые развиваются Виленским. В его довольно сложном построении различается четыре основных отдела почв: термогенный, фитогенный, гидрогенный и галогенный и шесть комбинированных: термофитогенный, термогидрогенный, термогалогенный, фитогидрогенный, фитогалогенный, гидрогалогенный. Особо стоит под знаком вопроса отдел орогенный. Каждый отдел распадается на ряд типов.

Не говоря уже о том, что основные термины: термогенный, фитогенный и пр. едва ли могут считаться удачными, так как нет, например, почвы не фитогенной, самое объединение почв по отделам вызывает много возражений. Например, что общего между латеритом и красноцветными почвами пустынной степи, помещенными в одну классификационную группу? Ровно ничего, кроме цветового оттенка. Упомянутые два типа обладают, наоборот, резко различными свойствами и различными способами образования. Что общего между черноземом и подзолистой почвой, которые также попадают в одну классификационную группу? Таких вопросов можно было бы задать десятки и не получить на них удовлетворяющего ответа.

Мы полагаем, как и большинство русских классификаторов, что в основу схемы, в качестве классификационных единиц, должны быть положены типы почвообразования, иначе способы образования почв, от которых зависят как важнейшие внешние, так и внутренние свойства почв.

Сколько же существует на земной поверхности способов образования почв? Поскольку нам известны до сих пор почвенные процессы земной поверхности, мы можем наметить пока пять основных типов почвообразоваиия, более или менее резко различающихся друг от друга, иначе говоря, мы знаем пять различных способов образования почв [1]), а именно:

1. Латеритный тип
2. Подзолистый „
3. Степной „
4. Солонцовый „
5. Болотный тип с подтипом солончаковым.

Каждый из этих типов имеет свою область распространения свою зону, но может встречаться отдельными пятнами и островками в других зонах.

Почвенные зоны закономерно сменяют друг друга от экватора к полюсам, не образуя, однако, сплошных полос, опоясывающих земной шар. Этого не может быть потому, что любая полоса земной

[1]) Трудно пока отнести к определенному типу торфяные почвы горных вершин, в виду сравнительно малой их изученности. Несомненно, что здесь имеются своеобразные условия почвообразования, может быть отчасти аналогичные тем, какие наблюдаются в сухой тундре на твердых породах. Может быть, придется установить особый торфяной тип почвообразования (без заболачивания). См. Неуструев, С. „Почвоведение", 1915, № 2.

поверхности, лежащая в одной и той же географической широте, изменяет свой климат, переходя от внутренних частей материка к берегам морей и океанов. Кроме того, горные кряжи и высокие плоскогорья, находящиеся в какой-либо климатической зоне, меняют климат не только в пределах самих возвышенностей, но и на прилегающих равнинах, как это можно наблюдать к северу от Крымской Яйлы, в Предкавказье и к западу от горной системы Алтая.

Таким образом, большинство почвенных зон дают ленты не одинаковой ширины в различных частях зоны, при чем местами эти ленты прерываются, распадаются на отдельные островки, полоски, а иногда обрываются совершенно, не захватывая, например, приморских частей материка. Все эти кажущиеся неправильности на самом деле вполне закономерны и всегда могут быть объяснены.

Почвенные зоны, сменяющие друг друга в направлении от экватора к полюсам, называются горизонтальными зонами. Кроме них, существуют еще вертикальные зоны. Под последними понимаются те закономерные смены почв, которые наблюдаются в горных странах, начиная от предгорий до вершин горных кряжей. Эти смены обусловливаются теми постепенными изменениями климата, которые наблюдаются в горных странах по мере поднятия в высоту.

Изучая какую-либо горизонтальную почвенную зону, мы убеждаемся прежде всего в том, что один и тот же тип почвообразования в различных местах зоны выражен не вполне одинаково. Такие изменения одного и того же типа почвы наблюдаются как в меридиональном, так и в широтном направлениях. Поэтому почвенная зона может быть разбита на подзоны, сменяющие друг друга в том же направлении, в каком сменяются и почвенные зоны, а также иногда и на провинции, устанавливаемые в направлении с З. на В. (для СССР).

В любой почвенной зоне, кроме преобладающего типа почвы, можно встретить и ряд других типов и разностей, так как, кроме общих условий, определяющих почвенный лик страны, всегда имеется и ряд местных условий, которые способны изменить характер почвенного процесса. Такими условиями являются: рельеф местности, характер растительности, свойства материнских пород, а иногда и предшествовавшая история почвообразовательных процессов.

Различные элементы рельефа, даже в пределах одной и той же зоны, получают неодинаковое количество тепла и влаги, что справедливо не только по отношению к крупным элементам рельефа (макрорельефу), но и к мелким, едва уловимым на глаз, к элементам так называемого микрорельефа.

Лес и степь или лес и луг, находящиеся в пределах одной и той же климатической полосы, также получают неодинаковое количество влаги и тепла, а потому и характер растительности оказывает влияние на процесс почвообразования.

Материнская порода может влиять как своим механическим составом, так иногда и химическими свойствами. Породы рыхлые (пески) и плотные (глины), твердые (гранит, базальт) и мягкие неодинаково способны удерживать воду и неодинаково могут нагреваться. Химические свойства породы могут изменять энергию распада органического вещества почвы, так и подвижность последних.

Прежняя история почвообразования могла оставить, в качестве наследства, такие почвы, которые совершенно не соответствуют современным условиям почвообразования. Правда, такие почвы начинают в новой обстановке менять свою физиономию, но не всегда настолько, чтобы дойти до современного облика почв местной зоны.

Из всего сказанного ясно, что не может быть такой почвенной зоны, которая имела бы даже в небольших своих площадях однородный почвенный покров. Везде он более или менее пестр, но эта пестрота не случайная, а закономерная и потому всегда поддающаяся объяснению.

Иногда пестрота настолько велика, что трудно бывает выделить господствующую почву; при этом нередко смена почвенных типов и разностей происходит быстро, т. е. на очень коротких расстояниях. В таких случаях говорят о почвенных комплексах.

Каждой почвенной зоне свойственны свои интразональные почвы (Высоцкий, Афанасьев), которые, таким образом, являются также как бы зональными. В этих случаях можно говорить о зональных комплексах. При исследованиях в Зап. Сибири было отмечено (Хаинский), что иногда по интразональной почве можно судить о том, в какой зоне исследователь находится.

Даже почвы речных долин, когда-то считавшиеся Сибирцевым азональными, на самом деле зональны, при чем обычно границы этих зон располагаются несколько южнее границ почвенных зон плато.

Те уклонения от общего закона зональности, которые иногда все же наблюдаются, будут нами в своем месте отмечены и объяснены.

Конечным нашим выводом будет следующее положение: как география, т. е. размещение в пространстве почвенных зон, подзон и провинций, так и топография почв, т. е. размещение их внутри зон, представляются вполне закономерными.

Выше мы уже говорили о том, что почвенные зоны сменяют друг друга постепенно, и самая возможность разбивки почвенных зон на подзоны указывает на эту постепенность. В явлениях географического порядка, связанных с климатом, иначе и быть не может. Если мы не можем положить резких границ между климатическими зонами, то нельзя таких же границ провести и между почвенными зонами. Отсюда ясно, что в любом почвенном типе есть разности, переходные от данного типа к соседнему.

Намечая в дальнейшем развитие той классификационной схемы, которая была указана нами несколько выше, мы среди основных разностей почвенных типов особо отметим те из них, которые представляются переходными между двумя типами.

Считаем необходимым указать, что предлагаемая нами ниже схема в основных чертах была опубликована в 1921 г., затем повторена в 1922, 1924, 1925 гг., поэтому нам кажется несколько странным, что не только западно-европейские, но и русские почвоведы и в 1922 и даже в 1924 гг. цитируют нашу старую классификацию 1915 года.

В настоящее время мы предлагаем следующую схему:

I. Латеритный тип

1. Типичные латериты.
2. Красноземы субтропических широт.
3. Красноземы и желтоземы теплоумеренных широт.

II. Подзолистый тип

1. Буроземы (в понимании Раманна), переходная разность к латеритному типу [1]).

[1]) Почвы, носящие в Зап. Европе название „буроземов", представляют, в сущности, сборную группу: сюда относят, в частности, слабо оподзоленные почвы, которые, после распашки, утрачивают свой подзолистый горизонт. В этой же группе находятся и изменившиеся при современных условиях третичные красноземы. Такие нам пришлось наблюдать по пути из Рима в Рокка ди Папа и Монте-Каво.

2. Подзолисто-глеевые почвы—переход к болотному типу
3. Торфяно-подзолистые почвы.
4. Первичные скрыто-подзолистые почвы лесные.
5. „ подзолистые почвы „
6. Луговые подзолистые почвы и горно-луговые.
7. Черноземовидные почвы—переход от луговых подзолистых почв к черноземным (и горно-луговые).
8. Вторичные подзолистые почвы, из коих деградированный чернозем является переходной разностью от лесных деградированных почв к черноземе.

III. Степной тип

1. Черноземы и их аналоги { выщелоченный, мощный, тучный, обыкновенный, южный (бедный), приазовский.
2. Каштановые почвы (темные и светлые) и их аналоги.
3. Бурые почвы (темные и светлые).
4. Сероземы (темные и светлые).
5. Красноцветные почвы субтропических пустынных степей.

IV. Болотный тип

А. Собственно болотные

1. Торфяно-болотные почвы (Hochmoorboden).
2. Лугово-болотные почвы.
3. Солончаково-болотные почвы и марши (квельдеры).

Б. Солончаковые

1. Солончаки
2. Солончаковатые почвы.

V. Солонцовый тип.

1. Выщелоченные солонцы.
2. Солонцы.
3. Солонцеватые почвы.

Эта классификационная схема не исчерпывает всех разновидностей почв, какие могут быть встречены в природе, но отмечает главнейшие, основные группы. Более детальные подразделения будут даны при характеристике каждого из типов почвообразования в отдельности.

Особо следует отметить группу почв, где химизм материнских пород как бы берет перевес над климатическими влияниями. Эту группу мы называли эндодинамоморфными почвами, в противовес эктодинамоморфным, куда относятся все отмеченные выше типы и разности. Одним из представителей эндодинамоморфных почв являются перегнойно-карбонатные почвы или рендзины. Об этой группе почв скажем подробнее в своем месте.

Чтобы закончить с классификационными вопросами, укажем еще на некоторые попытки классификационных группировок почв. Так, Неуструев предложил называть все почвы, образующиеся „без влияния грунтовых или застаивающихся на поверхности вод“,— аутогенными, а противоположную группу—гидрогенными[1]).

Бессонов, вместо только что указанных терминов, предлагает названия автоморфные и гидроморфные, к которым присоединяет еще эндоморфные (наши эндодинамоморфные) и клиноморфные (почвы склонов).

[1]) Во время печатания книги вышла очень интересная работа Неуструева, касающаяся вопросов классификации почв (Изв. Геогр. Инст., вып. 6, 1926), изложить содержание которой здесь мы не имеем возможности; обращаем на нее внимание читателей

В своей классификации мы избегаем этой терминологии, так как нам кажется, что она лишь усложняет сравнительно простую классификационную схему.

Эндодинамоморфные (или лучше эндодинамогенные) почвы являются образованиями временными, существующими лишь до тех пор, пока не изменился химизм материнской породы. После такого изменения они неминуемо обращаются в почвы, свойственные той зоне, где они находятся; так, рендзины с течением времени превращаются в подзолистой зоне в подзолистые почвы.

Но и эктодинамогенные почвы не вечны; они также эволюционируют, когда изменяются внешние условия их существования. Мы не можем, однако, присоединиться к тем исследователям, которые полагают, что эволюция почв может идти и без изменения условий их существования (Геммерлинг).

Перейдем теперь к самой общей характеристике установленных выше типов почвообразования.

I. Латеритный тип. Характерным признаком типичных латеритов является бедность гумусом. Последний не накопляется здесь потому, что ход разложения органических остатков, при местных климатических условиях, настолько быстрый, что ведет к почти полному их распаду.

В минеральной составной части латеритных почв характерно накопление полуторных окислов, отчасти окислов марганца и титановой кислоты в позерхностных горизонтах почвы, тогда как основания и силикатный кремнезем исчезают из поверхностных горизонтов, при чем кремнезем может быть найден в глубоких горизонтах почвы в форме опала.

Полуторные окислы находятся в верхних горизонтах почвы преимущественно в форме гидратов окислов (глинозем отчасти в глинах).

В период развития латеритов, в виду сильного гидролиза силикатов и алюмосиликатов, в почве получается слабая ще очная реакция (слабая концентрация гидроксильных ионов), а потому здесь должен стабилизироваться отрицательно заряженный коллоид кремнезема, благодаря чему он и будет уноситься в глубину и коагулировать золи гидратов глинозема и железа, как положительные коллоиды.

II. Подзолистый тип. Наиболее известен в лесных областях холодно-умеренного климата, но встречается, повидимому, и в тропических районах, может быть, как результат эволюции латеритов.

Благодаря достаточному количеству влаги, гумус не насыщен основаниями, особенно известью, и содержит водород. Поэтому отличается значительной подвижностью. Подвижность гумуса вызывает и подвижность тончайших минеральных суспензий, которые выносятся из верхних горизонтов и вмываются в горизонты более глубокие (защитное влияние гумусовых золей). Попутно может наблюдаться и слабое воздействие гумусовых кислот на силикаты и алюмосиликаты. Иногда, благодаря воздействию гумусовых золей на золи гидратов окиси железа, марганца и частью глинозема, получаются новообразования (конкреции), называемые ортштейном.

Никаких солей в почве и грунте, как и в латеритных почвах, не содержится.

III. Степной тип. Распространен в континентальных областях умеренного и субтропического климатов. Образуется под влиянием травянистой растительности, остатки которой, благодаря сухости климата, разлагаются медленно, а частью и не принимают участия

в гумусообразовании, высыхая в своих наземных частях и разносясь ветрами. Гумус почв степного типа насыщен преимущественно кальцием и потому мало подвижен. Тонкие минеральные частицы (суспензии), в том числе и гидраты окиси железа, не передвигаются из горизонта в горизонт. В подгумусовых, а иногда и в гумусовых горизонтах содержится углекислая известь, а иногда (глубже) и гипс.

IV. Болотный тип. Образуется при условиях сильного пересыщения верхних горизонтов влагой, чаще всего благодаря близкому стоянию к поверхности уровня грунтовых вод. Разложение органических остатков идет медленно и при слабой аэрации, благодаря чему накопляются торфяные массы. Под гумусовыми горизонтами, также не свободными от полуразложенных органических остатков, лежат раскисленные, так называемые, глеевые горизонты сизоватых, зеленоватых и синеватых оттенков. Соединения железа (закисные формы) и марганца подвижны.

Солончаковый подтип является почвой грунтового увлажнения континентальных (сухих) областей (степи, пустынные степи). Торфяных горизонтов чаще всего нет, но гумусовые во многих случаях хорошо выражены. Не лишены оглеенных горизонтов и подвижности соединений железа. К ним, однако, присоединяются и берут перевес различные соли (карбонаты, сульфаты, хлориды, даже нитраты). Солями обогащаются верхние горизонты почвы и нередко почвенная поверхность (выцветы, налеты, корки). В случае натровых солей почвы насыщены натрием.

V. Солонцовый тип. Обычный спутник степных и пустынно-степных почв, иногда вытесняющий последние на второе место. Образуется в том случае, когда гумус почвы насыщен натрием в верхних горизонтах, не содержащих солей. В этом случае гумус становится подвижным в наиболее высокой степени и вымывается из верхних горизонтов почвы, вместе с минеральными суспензиями, в более глубокие горизонты. Эти последние становятся вязкими и плотными; при высыхании распадаются на столбики, призмы, глыбы или орехи.

Такова общая характеристика известных нам типов почвообразования эктодинамогенной группы. Возможно, что в тропических областях, которые мы все еще очень мало знаем, хотя за последние годы и появилось много новых данных о почвах тропиков (Мор, Штремме, Вальтер, Вигнер, Бланк и Гейльман, Ланг), найдутся новые разности установленных типов, но о новых типах пока нет оснований говорить. Повидимому, в тропических областях, кроме латеритов и красноземов, которые присущи только этой полосе, встречаются и подзолистые почвы и буроземы (Раманна), и почвы степного типа, и солонцы, и солончаки. Имеются там и болотные почвы, но последовательность почвенных зон и топография почв внутри зон известны еще очень мало.

Гораздо ближе мы знакомы с географией и топографией почв умеренного климата. Отлагая детали этих вопросов до подробной характеристики почвенных зон, отметим здесь лишь общие схемы распределения по поверхности материков почвенных зон и подзон. Здесь могут встретиться два типа: континентальный и приморский. Первый из них охватывает территорию СССР и частью Зап. Европу, второй— приморские окраины Европы и Азии. Большая часть Сев. Америки принадлежит континентальному типу.

Первый тип распределения почвенных зон в Европе и Азии имеет такую последовательность с севера на юг:

Тундровая зона

Преобладание болотного типа. Чаще пресноводно-болотные почвы, значительно реже солончаково-болотные (маршевые). Встречаются оподзоленные почвы, преимущественно на песчаных материнских породах. Местами сухие торфяные почвы.

Переходом к следующей зоне является лесо-тундра, где наблюдается увеличение площадей подзолистых почв и уменьшение болотных.

Подзолистая зона.

1. Подзона скрыто-подзолистых почв. Выражена особенно отчетливо в континентальной части материков (Сибирь). Болотный тип играет еще большую роль.

2. Подзона явно-подзолистых почв. Встречаются лесные подзолистые почвы, луговые подзолистые, торфяно-подзолистые, подзолисто-глеевые. Местами рендзинные почвы. Черноземовидные почвы иногда в южных частях подзоны. Солонцы и солончаки, как исключение (Якутская республика). Болотные почвы достаточно часты, особенно в северных частях подзоны; в южных частях начинают брать перевес лугово-болотные разности.

Почвенный покров особенно пестр в областях моренного рельефа.

3. Переходная к степной зоне подзона лесо-степи со вторичными подзолистыми почвами. Лугово-болотные почвы („займища"), местами солончаки (чаще карбонатные) Там, где лесо-степь сменяется луго-степью (Зап. Сибирь), на ряду с лугово подзолистыми почвами встречаются черноземовидные. Солонцы и солонцеватые почвы (Зап. Сибирь). В районах солонцеватых заболоченные почвы нередко засолены и переходят в солончаки.

Черноземная (степная) зона.

1. Подзоны деградированного (северного) и выщелоченного чернозема. По пониженным местам черноземовидные и лугово-подзолистые почвы, а также карбонатные (а в Зап. Сибири и иные) солончаки. Там, где встречаются натровые солончаки, есть и солонцы.

2. Подзона мощного чернозема (в Заволжье и еще восточнее, к Уралу—тучного). По микрокотловинам—выщелоченный чернозем, по более глубоким—еще более выщелоченные, ясно оподзоленные почвы. При близком стоянии грунтовых вод, по блюдцам недренированных водоразделов—сложный комплекс почв из солонцов, выщелоченных в разной степени солонцов, солончаков, солонцеватых и солончаковатых почв. Солонцы местами по южным склонам оврагов. На лесных (современных и бывших) площадях в различной степени деградированные почвы.

3. Подзона обыкновенного (среднего) чернозема. Кроме чернозема, солонцы, обычно занимающие здесь несколько большие площади, чем в предыдущей подзоне. Солончаки не только карбонатные (чаще по речным долинам). Деградированные почвы под лесами, в частности в предовражных падинах.

4. Подзона южного (бедного) чернозема. Количество солонцов, солонцеватых почв, а также солончаковатых почв увеличивается значительно. Сам чернозем нередко солонцеват, особенно в глубоких горизонтах. Выщелоченные почвы редки.

5. В более влажных районах приморских и предгорных (Приазовье, Предкавказье) встречается особая разность чернозема (приазовский, предкавказский), отличающаяся очень большой мощностью гумусовых горизонтов. В области его распространения солонцы очень редки, солончаки же встречаются. Более распространены карбонатные солончаки, занимающие местами значительные площади.

Каштановая (пустынно-степная) зона.

1. Подзона темнокаштановых почв. Площади солонцовых и солонцеватых почв сильно возрастают. Солончаки нередки.

2. Подзона светлокаштановых почв. Солонцы и солонцеватые почвы приобретают, в большинстве случаев, перевес над почвами несолонцеватыми. Среди солонцов преобладают призматические разности. Солончаки играют заметную роль; встречаются пухлые солончаки. В широких западинах, окаймленных солонцами, встречаются темноцветные солонцеватые почвы,

Бурая (пустынно степная) зона.

1. Подзона темнобурых почв. С трудом отделима от предыдущей. Имеет ту же пестроту (комплексность) почвенного покрова, что и подзона светлокаштановых.

2. Подзона светлобурых почв. Солонцеватость начинает ослабевать. Среди солонцов наиболее развиты корковые. солончаки, наоборот, значительно расширяют свои площади.

Серая (пустынно-степная) зона.

Светлые сероземы подчинены преобладающим солончакам разнообразных форм (пухлые, темные, такыры и пр.), занимающим здесь огромные площади низких равнин.

Если светлокаштановая и темнобурая подзоны можно назвать солонцовыми, то серая зона заслуживает названия солончаковой.

В климатах более влажных (особенно в районах приморских), где континентальные почвенные зоны выклиниваются (черноземная, каштановая), подзолистая зона к югу заканчивается буроземами, южнее которых лежат желтоземы и красноземы. Такие переходы можно наблюдать во Франции, Японии, может быть, по берегам Великого океана в Китае. Возможно предполагать такой же переход в атлантическом прибрежьи С. Америки (полуостров Флорида и прилегающие части материка).

---

## ЛИТЕРАТУРА


Афанасьев, Я. Записки Горецкого С.-Хоз. Инст. 1922.

Bemmelen, van. Z. f. anorg. Chemie, Bd. 66, 1910, p 322—357

Berendt. Die Umgegend von Berlin. Abhandl. zur geolog. Spezialkarte von Preussen, Bd. 2, H. 3. 1877.

Бессонов, А. Почвенный покров Самарской губ. 1921.

Богословский, Н. Изв. Геолог. Комит., т. 18, 1899.

Глинка. Дисперсные системы в почве, 1924.

Докучаев, В. Труды Спб. Общ Ест., т. X.

„ Матер. к оценке земель Нижегор. губ. Вып. 1, 1886.

„ К учению о зонах природы. Горизонтальные и вертикальные зоны. 1899

Драницын. Труды Докуч. Почв. Комит., т. III, 1915.

Fallou. Pedologie oder allgemeine und besondere Bodenkunde. Dresden, 1862.

Гедройц. Носовская с.-х. оп. ст., отд. Агрохим., вып. 38, 1925.

Геммерлинг. В. Дневник XII съезда естествоисп. и врачей.

Hilgard. Wollny's-Forschungen. Bd. XVI, № 1 u. 2.

Knop. Die Bonitierung der Ackererde, 1871—1872.

Коссович. П. Журн. Он. Агроном., 1910, кн 5.

Костычев, П. Почвы черноземной области России, ч. I. 1886.

Набоких, А. Классифик. проблема в почвоведении, ч. 1, СПБ. 1902.

Meyer, H. L. Geolog. Rundschau, VII.

Ramann, G. Bodenbildung u. Bodeneinteilung, 1918.
Richthofen, Freiherr von. China, Bd. 2, 1882.
„ Fuhrer fur Forschungsreisende, 1886.
Rohrbach. Physikal. Atlas von Berghaus, 1892.
Сибирцев Почвоведение. Вып. 1 и вып. 3.
„ Черноземъ в различных странах Публичи лекция, 1898.
„ Краткий обзор главнейших почвенных типов России. Зап. Ново-Алекс Инст.. т II, 1898.
Неуструев, С. „Почвоведение", 1910, № 2
Stremme, H. Brancafestschrift 1914.
„ Geolog. Rundschau, Bd VII
Thaer. Moglinsche Annalen, T. 7.
Treitz, P. Klimatische Bodenzonen Ungarus. Foldtani koziony, XXXI.
Тумин, Г. Ежегодн. по геологии и минералогии России. 1905—1906.
Wolthmann. Handbuch der tropisch. Agrikultur, 1892.
Виленский, Д. Аналогичные ряды в почвообразовании и их значение для построения генетической классификации почв. Тифлис, 1924.
Высоцкий, Г. „Почвоведение", 1899, 1900, 1901, 1906, № 1—4
См. также ряд статей (Aarnio u. Stremme, Stremme, Andersen, Frosterus, Till и др.) в Mém de la Comité Intern de Pèdologie. IV Commission Helsingfors, 1924.

ГЛАВА II

# Характеристика почвенных типов и разностей

## I. Почвы латеритного типа

Своеобразные по цвету и мощности почвы тропических и субтропических широт издавна обращали на себя внимание путешественников и исследователей. Еще в 1807 году Buchanan[1]) ввел в употребление новый термин „латерит" (от слова later—кирпич) для обозначения красноцветных почв тропических областей[2]). Этот термин привился в специальной литературе, получил широкое распространение, но, вместе с тем, термином этим стали впоследствии злоупотреблять, применяя его ко всякой красноцветной почве тропических и субтропических широт. Против столь широкого пользования упомянутым термином в 1887 г. восставал Гюрих[3]), утверждая, между прочим, что настоящие латериты свойственны только тропикам.

Несомненно, во всяком случае, что в тропической и субтропической областях встречаются, по крайней мере, две группы красноземных почв, глубоко различных по условиям своего образования, по своим составу и свойствам. Первая из этих групп приурочивается к областям обильно увлажняемым и относится, действительно, к латеритам и им подобным образованиям; вторая залегает в тропических пустынных степях и ничего общего, кроме цвета, с группой латерита не имеет. Красноземные почвы последнего типа, известные в Бразилии, Австралии, Африке, содержат нередко на некоторой глубине выделения углекислой извести или известковые конкреции, что указывает уже на недостаточность увлажнения. Такие почвы, надо думать, представляются аналогами наших бурых пустынно-степных почв или сероземов, приуроченных к периферии пустынь умеренной зоны, но аналогами, формирующимися при условиях более высокой температуры. В наших руках был один образец подобной красноцветной почвы субтропической пустынной степи Австралии, и его изучение показало, что эта почва, действительно, не имеет ничего общего с красноцветными почвами латеритного типа, хотя бы с того же материка Австралии (Wollongbar). К тому же заключению привели нас и наблюдения над морфологией и условиями залегания испанских красноземов окрестностей Саламанки.

Оставляя в стороне красноцветную группу почв сухих степей, мы обратимся к изучению настоящих латеритов и более или менее близких к ним по характеру почвенных образований. Мы увидим вскоре, что и в этой латеритной группе предстоит еще во многом разобраться будущим исследователям.

---

[1]) Buchanan, H. Journey from Madras through Mysore, Canara and Malabar, 1807, 2, 440.

[2]) На Цейлоне существует термин „Cabook", синоним латерита.

[3]) Gürich, Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges.", 1887, Bd. 39, p. 96.

Если в пределах умеренной полосы мы более или менее ориентировались в вопросе о влиянии на процессы почвообразования травянистой (степной) и древесной формаций, то для тропической полосы вопрос о влиянии на процесс почвообразования вечнозеленых лесов, с одной стороны, и саванн—с другой, остается в значительной степени неясным. Казалось бы, в тропиках, как и в умеренной зоне, леса должны способствовать более энергичному выветриванию, хотя бы уже потому, что области вечнозеленых лесов получают осадков больше, чем области саванн, где бывают иногда значительные периоды бездождия. По данным, сообщаемым Шимпером[1]), в областях вечнозеленых лесов выпадает в год minimum 180 см. влаги, а в областях саванн от 90 до 150 см. При таких условиях можно ожидать, что под лесами встретятся более разложенные почвы, ближе стоящие к латериту, чем под саваннами. Однако, таковые ожидания существующими фактами далеко не подтверждаются: в целом ряде работ различных исследователей и путешественников указывается на нахождение типичнейших латеритов под саваннами, а с другой стороны, известны факты нахождения вечнозеленых лесов не на типичных латеритах.

В воззрениях исследователей по этому вопросу нет единогласия. Так, например, Рихтгофен[2]), говоря о некоторых латеритах Индии, в настоящее время покрытых низкорослыми деревьями и травами, полагает, что в третичном периоде, когда шло образование этих латеритов, области, занятые ими, были покрыты густым лесом. Вольтман[3]), обсуждая вопрос о происхождении латеритов, считает участие растительности в процессе латеритизации даже необязательным. Мейер[4]) подчеркивает, что типический латерит пористой структуры он встречал в восточной Африке только на необлесенных частях. Как же примирить все эти показания? Разделяя в данном случае воззрения Рихтгофена, мы думаем, что гораздо вероятнее считать латерит продуктом тропических лесных формаций[5]) и что если в настоящее время на латеритах существуют саванны, то не следует упускать из виду, что во многих случаях саванны современной геологической эпохи могли занять области лесов предыдущей эпохи, в которую и формировался латерит. Иногда такая смена растительных формаций могла происходить и без изменения внешних климатических условий, только под влиянием распределения влаги в почве. Как известно, латерит, в силу своей пористости, быстро пропускает сквозь себя влагу, благодаря чему последней, даже при достаточном поступлении извне, может не хватить для нормального развития вечнозеленого леса.

Существование растительных формаций, связанных не с климатическими условиями, а с характером субстрата, почвы (edaphische Formationen Шимпера) неоднократно отмечалось ботаниками-географами. Типпенгауэр указал примеры, когда, благодаря пористости и сильной водопроницаемости пород, при количестве атмосферной влаги, более чем достаточном для развития вечнозеленых лесов, последние не развивались, а вместо них появлялась травянистая (саванновая) формация.

---

[1]) Schimper. Pflanzen-Geographie, 1898.

[2]) Richthofen. Führer für Forschungsreisende, 1901. См. также Zenker. Mitt. a. d. deutsch. Schutzgebiete, 1895, 8, который встречал первичный латерит всюду под густым лесом, и Du-Bois. Tscherm. mineral. u. petrogr. Mitt. B. 12, H. 1, 1903.

[3]) Wohltmann. Die natürlichen Factoren der tropischen Agricultur, 1892.

[4]) Meyer, H. Der Kilimandjaro. Berlin, 1909.

[5]) Мы не отрицаем возможности образования латеритов и под саваннами, но думаем, что там это образование должно итти менее энергично.

Возможность уничтожения лесной формации и замещение ее саванновой указывалась, между прочим, для некоторых областей восточной Африки, занятых в настоящее время, по преимуществу, саваннами, по которым кое-где разбросаны отдельные лесные островки.

Кольбе, изучая фауну африканских жуков, пришел к заключению, что она представляет остаток лесной фауны, что в прошлом даже тропическая Африка была богаче влагой и прохладнее, чем теперь, и что в этом периоде рассеянные лесные островки восточной Африки составляли одно целое. Об изменении климатических условий тропической Африки говорили также Ганс Мейер и Пассарге, из коих первый ставил в связь с таковым изменением большее некогда распространение ледников Килиманджаро.

Несомненно, что во многих областях тропической зоны, особенно там, где архейские породы никогда не покрывались морем, процесс латеритизации начался очень давно, так что находящиеся там латериты представляют очень древнюю почву, не изменившую своего типа лишь потому, что самые условия почвообразования все время оставались благоприятными для развития именно этого типа, а не какого-либо иного. Что латерит вообще способен к изменениям, при изменившихся условиях почвообразования, в этом нас убеждают многие факты. Так, например, Пассарге[1]) указывает, что во всей Adamaua нет латерита во вторичном залегании, так как он при переносе редуцируется в пепельно-серый суглинок, т. е. испытывает превращение. Латерит, повидимому, способен как превращаться в почву избыточного увлажнения (болотную), так и оподзоливаться. По крайней мере, Дю-Буа указывает на выцветание латеритной массы под влиянием гумуса и корней растений. Такие получившиеся на латеритной массе болотные и оподзоленные почвы отличаются, конечно, своими химическими свойствами от соответственных типов наших умеренных широт. Мы привели здесь эти справки для подтверждения той мысли, что если латерит не изменил своего типа на протяжении одной или нескольких геологических эпох, то это может указывать на сохранение тех же, или весьма близких, условий почвообразования.

Из сказанного вытекает, что в тропических широтах больше, чем где-либо, следует обращать внимание на древность почвенных образований и постоянно иметь в виду этот вопрос при изучении распределения растительных формаций.

Второй, не менее интересный вопрос, также не находящий единогласного решения среди исследователей,—это вопрос о материнских породах, на которых формируется латерит. Одни из исследователей принимают, что латерит может образоваться на любой породе, другие с таким положением не соглашаются.

„Повидимому, при благоприятных условиях в тропиках большинство богатых глиноземными бисиликатами пород может превращаться в латерит“,—говорит Рихтгофен. Он указывает, что на Цейлоне, в Индии и Бразилии латерит происходит из гнейса, близ Pungo Andongo и Travancore та же почва получается из глинистого песчаника, близ Гоа—из базальта. Известны латериты из гранита, диабаза, диорита, нефелинового сиенита, габбро, перидотитов, серпентина, различных кристаллических сланцев (Лакруа). По словам Рихтгофена, даже аллювиальные и эоловые образования способны к латеритному метаморфозу. Пассарге, напротив, утверждает, что в Ada-

[1]) Passarge. Adamaua. Ber. über die Expedition des Deutsch. Kamerun-Comites. Berlin, 1895.

mana латеритообразование не всюду распространено, а связано лишь с известными породами: базальтом, зеленым сланцем, филлитами и амфиболитами; затем некоторые красные гнейсы, граниты, кварцевые порфиры и некоторые песчаники дают превосходый латерит, но чешуйчатый гнейс Adumre латерита не дает. На этом основании исследователь различал породы, образующие и не образующие латерита. Аналогичные наблюдения сделаны и Гольдефлейсом, который сообщает, что неовулканические породы тропиков хотя и дают красноцветные почвы, но это не латериты, так как они содержат известковые и магнезиальные силикаты и потому являются плодородными.

И в данном вопросе нам кажется более справедливым взгляд Рихтгофена. Думается, что среди группы латеритов. как и среди хорошо нам известных подзолистых почв, существуют различные стадии почвообразования. Как в лесной полосе умеренных широт мы встречаем почвы с различной степенью оподзоленности и выщелоченности, так и в тропиках, кроме типичных латеритов, представляющих как бы конечную стадию данного процесса почвообразования, могут встречаться в большей или меньшей степени латеритизованные почвы[1]). Энергия подзолообразования зависит от рельефа (количество влаги) и характера растительности, энергия латеритообразования может также зависеть от этих причин. а кроме того, как мы уже указывали выше, и от древности почвообразовательного процесса.

Допуская возможность образования латеритов на всяких породах, мы, однако, должны сделать оговорку, что могут быть и некоторые исключения из этого правила. Так, например, чистые кварцевые пески и песчаники представляют материал, мало пригодный для образования латерита, но следует заметить, что таковые породы редки. обычно же как пески, так и песчаники содержат некоторые количества силикатов и алюмосиликатов. Может быть, и некоторые мергелистые породы в начальных стадиях разложения, благодаря особому влиянию химизма среды, не дадут латерита, но впоследствии и из мергелей может развиться латерит, так как и эти породы содержат известное количество алюмосиликатов, способных разлагаться по тому же типу, что и силикаты гранитов, диоритов и пр. И действительно, почвы латеритного типа на мергелях констатированы, между прочим, Запперо м для центральной Америки.

Прежде чем перейти к характеристике строения, структуры и состава почв латеритной группы, остановимся вкратце на значении климатических условий в процессе образования латеритов. Занимая обширнейшие площади на земном шаре, эти почвы, как уже сказано, приурочиваются к тропическим широтам, к областям с высокой температурой года и обильными атмосферными осадками. При аналогичных климатических условиях возможно допустить образование латеритообразных почв и вне тропиков[2]), хотя во всех подобных случаях следует быть осторожным и всегда ставить вопрос, имеем ли мы здесь дело с современной почвой, или с почвой древней, сформировавшейся при несколько иных климатических условиях, но не успевшей значительно измениться. В своем месте мы еще остановимся на подобных находках.

Указанные выше климатические условия способствуют чрезвычайно быстрому разложению органических остатков, доходящему

[1]) Такой же взгляд высказывал и Vageler.

[2]) Такие факты известны. Schenk. Peterm. Mitt., 1888, указывает латериты в Капской земле, Трансваале и Натале, что, впрочем, сомнительно; напомним также известные указания Рихтгофена об ископаемых латеритах Азии.

иногда до полной минерализации органических веществ. Не говоря уже о травянистой растительности, даже толстые стволы деревьев очень быстро истлевают в тропиках, отдавая почве свои минеральные составные части. Скорость и полнота разложения служат причиной того, что гумуса в латеритных почвах накопляется немного; на это обстоятельство обращалось внимание многими исследователями, каковы Рихтгофен, Даферт и один из лучших знатоков тропических почв, Вольтман, и бедность гумусом может служить более или менее типическим признаком латеритов. Считаем необходимым оговориться, что под гумусом мы понимаем тот комплекс безформенных органических веществ, который тесно связан с минеральной массой почвы, а не тот покров полуперегнивших органических остатков, который находят иногда, в виде слоя значительной мощности, на поверхности почв в девственных лесах. Этот последний, после уничтожения лесов, очень быстро перегорает, не увеличивая запаса почвенного гумуса.

Уничтожению и измельчению органических остатков в тропических широтах способствуют, как и в других широтах, разнообразные животные, деятельность коих в тропиках, повидимому, интенсивнее

В связи с исключительной энергией распада органических веществ находится интенсивность химического выветривания, благодаря которой часто бывают неразличимы между собой латериты, образовавшиеся на различных горных породах. Этот факт легко понимается, если вспомнить, что горные породы слагаются, главным образом, силикатами, среди которых первенствующую роль играют алюмо- (и феррн-) силикаты. Как бы ни были разнообразны эти последние, продукты их выветривания весьма близки между собой, и тем ближе, чем поднее произошло выветривание. Оставляя изучение процесса латеритного выветривания до знакомства с химическими свойствами латеритов, переходим к описанию морфологических признаков этих почв.

Согласно описаниям Рихтгофена, Пехуель-Леше и др., в свежем состоянии латерит представляет твердую, однако, режущуюся массу с пятнами бурого, желтого, красного и белого цветов, обыкновенно суглинистую, но иногда и песчанистую. Светлые и белые части мягче других и поэтому в разрезах легко вымываются дождями. Тогда поверхность разреза принимает ячеисто-губчатый вид. Более твердые и темнее окрашенные части почвы богаты железом. Иногда они становятся блестящими, бурыми, черноватыми и твердыми, и тогда разрез выглядит шлакообразным. Такие корки звучат, как полые тела, и принимались за продукты вулканических извержений, с которыми они, на самом деле, ничего общего не имеют. При растирании этих черных корок в тонкий порошок этот последний принимает красный цвет. Обращаем особое внимание на данное обстоятельство, которое поможет нам разобраться в вопросе о характере гидратов железа в латерите. Количество железа в латеритах, вычисленное на металлическое, может достигать иногда 25—36%. Благодаря этому, в некоторых местностях (особенно Африка) латерит употребляется, как железная руда.

Мощность латеритных почв бывает зачастую очень велика, достигая не только десятков, но порой и сотен футов (Рихтгофен). На резрезах можно бывает иногда проследить постепенный переход материнской кристаллической породы в латерит. Приведем описание одного из разрезов, сообщаемое Рихтгофеном.

На поверхности залегает ячеистый, богатый железом, латерит карминово-красного и бурого цветов. В ячейках сетки, образуемой

твердым железистым материалом, лежит мягкая рассыпчатая масса, которая легко вымывается дождем.

1 м. Темнокрасный однородный латерит с бурыми железными корками на плоскостях трещин; твердый.
3 м. Совершенно мягкая (рассыпчатая), богатая железом порода; внешняя поверхность кусков красноватая, ядро—охристожелтое.
1 м. Красноватая более устойчивая (плотная) порода с желтоватым изломом.
1 м. Желтая порода с белым изломом.
1 м. Желтоватая порода, в которой попадаются начинающие растрескиваться зерна кварца.
1 м. Мало выветрившийся гнейс. На плоскостях излома замечаются каолинизированные полевые шпаты.

В этом разрезе характерен, помимо всего прочего, постепенный переход от более желтых и желтозатых цветов нижних горизонтов почвы к красным цветам ее верхних слоев. Желтыми цветами, как известно, отличаются более богатые водой гидраты окиси железа, тогда как наиболее бедный водой гидрат имеет красный цвет. Не останавливаясь пока на минералогическом характере гидратов железа в латеритах, отметим здесь только, что переход от многоводных к маловодным гидратам представляется в данном случае вполне естественным, так как поверхностные горизонты почвенных образований подвергаются в тропиках сильному нагреванию, которое, очевидно, способно дегидратизировать гидраты, тогда как температура горизонтов, лежащих на глубине нескольких метров, значительно ниже, и следовательно, условия для дегидратации не столь благоприятны.

В латеритах встречаются не только корки, но и гнезда, иногда даже округленные конкреции окислов железа и на ряду с последними порой и значительное количество марганца. Ньюбольд[1]) наблюдал жилы и гнезда черных марганцевых соединений в латеритах Деканского плоскогорья[2]). Количество железа обыкновенно понижается в латеритах по мере углубления, как показывают наблюдения Блэнфорда[3]).

| Глубина | Содержание железа |
|---|---|
| Около 1 метра | 24,5% |
| „ 2,5 „ | 18,7% |
| „ 4 „ | 15,3% |
| „ 5 „ | 16,1% |
| „ 6,5 „ | 10,0% |
| „ 8 „ | 8,3% |
| „ 9 „ | 4,8% |
| „ 10 „ | 4,0% |
| „ 13 „ | 3,8% |

Вообще же содержание железа в латеритах Деканского плоскогорья, по Oldham'у, колеблется таким образом:

| | Fe | $Fe_2O_3$ |
|---|---|---|
| 1. Amarkantak | 35,6% | 50,8% |
| 2. Kóthiáwar (Запад. Индия) | 22,8 „ | 32,5 „ |
| 3. Máin Pát, Sargúja | 16,6 „ | 23,7 „ |
| 4. Káláhandi к югу от Sambalpur | 15,0 „ | 21,4 „ |

[1]) Newbold. Journ. As. Soc. of Beng. XIII. 992. 1884.

[2]) См. так же Mallet. „Rec. Geol. Survey of India" № 1 и Posewitz „Peterm. Mitt.". 1887, S. 20—25.

[3]) Blanford. „Mem. Geol. Surv. of India", I, S. 291, 271 (цитир. по Walther'y, Lithogenesis der Gegenwart, стр. 808).

В некоторых разностях латеритов почва проникнута неправильно изогнутыми железистыми трубочками. В большинстве случаев трубочки вертикальны, но изредка они принимают и горизонтальное положение.

Латериты, в условиях первичного залегания, не слоисты, или сохраняют слоистость (правильнее, сланцеватость) пород, из которых они произошли, например, гнейсов, сланцев. Кварцевые жилы, которые были в материнских породах, сохраняются в массе латерита целиком, а иногда, на ряду с ними, встречаются и сравнительно мало выветрившиеся куски материнских пород. При разбивании этих кусков можно иногда заметить, что большая часть их, вплоть до внутреннего ядра, приняла окраску латерита. Pechuel-Lösche[1]) находил среди латеритов западной Африки местами плитки еще твердого глинистого сланца, но они имели красный цвет.

Близкими к латеритам почвенными образованиями являются так называемые красноземы (terra rossa или roxa) субтропических широт, которые отличаются с внешней стороны от типичных латеритов, по описанию Вольтмана, отсутствием шлаковидных или ячеистых конкреций гидратов окиси железа. Подобные почвы обладают широким распространением в субтропических областях Ю. Америки (южной Бразилии, средней Бразилии, Уругвая, Парагвая) [2]).

Подобно типичным латеритам, красноземы образуются из самых разнообразных пород: гнейса, гранита, диабаза, базальта, сланцев. Причина отсутствия в субтропических областях латеритов и замещение их красноземами усматривается Вольтманом в различии климатических условий, при которых в субтропических широтах развиваются несовершенные или ниже стоящие фазы латеритизации. Повидимому, между латеритами, богатыми конкрециями гидратов окиси железа, и красноземами, не содержащими таких конкреций, существуют многочисленные переходы, в виде красноцветных же почв, но бедных железистыми стяжениями. Подобные, как бы промежуточные, образования описываются, между прочим, Заппером[3]) для центральной Америки. Из предыдущего описания мы знаем, что и в типичных латеритах более глубокие горизонты лишены конкреций, или содержат их в небольшом количестве, сохраняя при том красный цвет основной массы. Так как эти более глубокие горизонты представляют стадии меньшего разложения материнской породы, чем поверхностные горизонты, то их можно, до некоторой степени, параллелизовать с красноземами.

Не следует, кроме того, упускать из вида, что в областях, где залегает латерит, происходит и размывание этой почвы, при чем более легкие части уносятся водой и осаждаются по пониженным местам, образуя делювиальные или аллювиальные наносы, называемые обыкновенно вторичными латеритами. Если участки, где отложились эти наносы, не представляют данных для изменения условий почвообразования (заболачивание, оподзоливание), то продолжается тот же процесс латеритизации, который совершался и в первичном латерите, и верхние горизонты наноса превращаются в латеритную же почву, несколько отличающуюся, как увидим ниже, химическим составом от первичного латерита. В таких образованиях могут иногда

[1]) Pechuel-Lösche. Westafrikanische Laterite. „Ausland", 1884, №№ 21 und 22.

[2]) Die natürlichen Faktoren der tropischen Agrikultur, 1892; см. также Koert. W. Zeitschr. der deutsch. geol. Gesselsch., 56, 1904.

[3]) Sapper. Peterm. Mitt., Ergänzungsheft, № 127, 1899.

и отсутствовать конкреции гидратов окиси железа или находиться в небольших количествах, что, до некоторой степени, сближает по внешним признакам вторичные латериты с красноземами подтропических районов. В виду сказанного резкое разграничение латеритов и красноземов в тропических и субтропических областях представляется, повидимому, довольно затруднительным, по крайней мере, по наружному виду.

Красноземы, как и латериты, не всегда бывают яркокрасных цветов: на ряду с ними встречаются более желтоватого цвета почвы, которые Вольтман предлагает называть „желтоземами" (Gelberde). Насколько можно судить по тем данным, какие имеются в литературе о почвах Бразилии (Вольтман) и Мадагаскара (Мюнц и Руссо) [1]), и по образцам этих почв, имевшихся в наших руках, почвы упомянутых стран по цвету распадаются на четыре группы: 1) красноземы, 2) желтоземы, 3) фиолетовые почвы и 4) белые[2]). Относительно последней группы остается недостаточно выясненным, являются ли белоземы почвами или продуктами разрушения почв (дериватами). Существуют указания на то, что белые почвы залегают по пониженным местам, в виду чего представляется довольно вероятным, что белоземы суть продукты перемывания цветных почв, богатых окислами железа. Так как гидраты окиси железа имеют сравнительно высокие удельные веса, то возможно ожидать, что размывающая красноземную или латеритную почву вода будет отсортировывать окислы железа и отлагать их ближе к месту размыва, тогда как белые частицы, удельно более легкие, будут уноситься дальше и отлагаться в более пониженных местах [3]).

В Бразилии выработалась особая номенклатура для обозначения разностей тамошних почв, а именно:

1. Terra catanduva—глинистая почва, богатая железом.
2. „ roxa argilosa „ „ еще более железистая.
3. „ „ superior } сильно железист. суглино-супесь.
4. „ „ igual }
5. „ branca белая почва и т. д.

Вся эта терминология указывает, что и в группе красноземов, как во всякой генетической группе, могут быть различаемы разности, обладающие неодинаковым механическим составом. То же, конечно, следует заметить и по отношению к латеритам. Таким образом, могут существовать глинистые латериты, суглинистые латериты, латеритные суглино-супеси, глинистые красноземы, красноземные суглино-супеси и проч. Приведем несколько цифровых данных, касающихся механического состава бразильских и мадагаскарских почв, заимствуя таковые из работ Вольтмана, Мюнца и Руссо.

Бразилия

| | Грубый песок | Средний песок | Мелкозем |
|---|---|---|---|
| Terra roxa. Limeira . . . . . | 46,9 | | 53,1 |
| „ „ S. Barbara . . . . . | 9,10 | 34,4 | 56,5 |

[1]) См. также реферат А. А. Савостьянова в журнале „Почвоведение" за 1900 г.

[2]) Массы латерита, размываясь водой, выносятся, благодаря чему в областях латерита развиваются овраги с вертикально-стоящими стенами, напоминающие овраги лессовых областей. Рисунки таких оврагов дает в выше цитированной статье, касающейся латеритов западной Африки, Пехуэль-Лёше.

[3]) Нам пришлось видеть такие образцы и убедиться в том, что это не почвы подзолистого типа.

| | Грубый песок | Средний песок | Мелкозем |
|---|---|---|---|
| | | 46,9 | |
| Terra vermelha Barbara . . . . . | 7,30 | 42,2 | 50,5 |
| „ „ „ . . . . . | 11,8 | 33,0 | 55,2 |
| „ arenosa vermelha, S. Barbara . | 5,80 | 35,0 | 59,2 |
| „ massape . . . . . | 31,13 | 20,87 | 47,12 |

Мадагаскар

| | Красные почвы | Желтые почвы | Фиолетовые почвы |
|---|---|---|---|
| Ил . . . . . | 34,84% | 16,64% | 2,74% |
| Тонкий песок . . . . . | 36,45 | 45,12 | 50,82 |
| Более грубый песок . . | 28,12 | 37,75 | 45,07 |

В химическом составе и свойствах латеритов и красноземов очень много своеобразных черт. Уже внешние морфологические признаки, как упоминалось выше, позволяют думать, что гидраты железа, входящие в состав латеритов, иные, чем в наших почвах. Насколько нам известно, первые указания на особый состав гидратов окиси железа в красноземных почвах были сделаны Crosby, который высказался в том смысле, что в теплых странах, под влиянием высокой температуры, происходит дегидратация богатых водой гидратов железа, при чем лимонит и гетит превращаются в турьит и гематит. Оспаривая заключения Crosby, Russsel полагает, что при решении вопроса об окраске продуктов выветривания необходимо иметь в виду разницу в возрасте этих продуктов. В странах, где выветривание действует долгое время, преобладает красный цвет почвы (в областях латерита, terra rossa Европы и на юге области Аллеган), в противоположность областям, подвергавшимся оледенению, где господствуют желтые и серые цвета продуктов разложения. Таким образом, окраска может находиться и не в связи с современными условиями климата; раз она приобретена, то сохраняется прочно, напр., зерна кварца сохраняют свою красную оболочку даже и там, где они перекатывались водой. Не останавливаясь на других относящихся к этому вопросу исследованиях [1]), укажем только, что многие исследователи принимали, повидимому, без достаточных оснований, что красящим веществом тропических почв является гематит.

Как уже отмечалось выше, черные корки латеритов при растирании дают красный порошок. Анализы железистых корок, приводимые Дю-Буа для латеритов Суринама (Голландская Гвиана), не дают определенного указания на характер гидрата, так как эти корки содержат, кроме железа, и другие составные части. Более прочные выводы позволяют сделать анализы пизолитовых конкреций латерита, даваемые тем же исследователем:

| | 1 | 2 |
|---|---|---|
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 83,4% | 86,9% |
| $SiO_2$ . . . . . | 7,0 | 3,1 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 5,0 | 4,0 |
| CaO . . . . . | 1,0 | 1,0 |
| $H_2O$ . . . . . | 4,0 | 5,4 |
| | 100,4 | 100,4 |

[1]) См. Dana, Katzer, Spring, N. Jahrb. f. Miner., 1899. p. 47; Stremme, H. Zeitschr. für prakt. Geologie, XVIII, 1910, H. 1. Ряд указаний по тому же вопросу читатель найдет в цитированной статье Russel'я, где собрана вообще довольно подробно литература по выветриванию на английском языке.

Эти данные уже довольно определенно указывают на турьит. Существование последнего в латеритах и красноземах с большой долей вероятности объясняется действием высокой температуры, до которой в тропиках нагреваются верхние горизонты почв. В более глубоких горизонтах и здесь, на ряду с турьитом, и даже в преобладающих количествах, могут присутствовать лимонит и ксантосидерит.

Корки турьита покрывают иногда в красноземах и латеритах зерна ильменита, в чем я убедился, произведя беглое исследование двух образцов тропических почв: одного из Бразилии (Sao Paulo), другого из восточной Австралии (Wollongbar). Пробуя отделить в почвенном мелкоземе гидраты окиси железа с помощью бромоформа, я получил на дне делительной воронки краснобурый порошок с цветом черты, более или менее характерной для турьита. Обработка этого порошка соляной кислотой при кипячении показала, что красящее вещество быстро растворяется, а в остатке получается масса черных зерен ильменита.

Такой же минерал был выделен из красноцветной почвы полутропического района Австралии последовательной обработкой навески соляной кислотой и едким кали при кипячении. Припомним кстати указания Макса Бауэра[1]), что ильменит диабаза в латеритах не подвергается выветриванию.

В виду сообщенных наблюдений приведем ряд анализов латеритных и красноземных почв, где была определена $TiO_2$:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 34,81% | 4,54% | 24,62% | 12,6% | 11,81% | 7,50% | 2,01% | 2,35 |
| $TiO_2$ | 4,89 | 8,99 | 8,12 | 3,24 | 4.50 | 14,08 | 6,49 | 6,61 |
| $Al_2O_3$ | 33,18 | 41,35 | 23,89 | 34,71 | 33,10 | 0,14 | 58,23 | 57,50 |
| $Fe_2O_3$ | 23,03 | 40,87 | 37,85 | 22,76 | 24,47 | 62,08 | 5,48 | 6,53 |
| FeO | 2,34 | 2,52 | 2,08 | 1,26 | 0,61 | — | — | — |
| MnO | 0,28 | 0,08 | 0,25 | — | — | 0,09 | — | — |
| CaO | сл. | сл. | сл. | 0,63 | 1,74 | 0,02 | 0·45 | 0,15 |
| MgO | 0,39 | 0,37 | 0,99 | 0,16 | 1,22 | — | — | — |
| $K_2O$ | — | — | — | 0,32 | 0,35 | — | — | — |
| $Na_2O$ | сл. | сл. | 0,41 | 0,14 | — | — | — | — |
| Потеря при прок. | — | — | — | 23,70 | 23,10 | 15,60 | 28,10 | 26.94 |

1, 2 и 3—продукты выветривания лавы островов Гавайи; анализы приводятся Lyons'ом.

4 и 5—продукты выветривания диабаза (Chantard et Lemoine).

6—железистая корка Суринама (Дю-Буа).

7 и 8—индийские латериты Surguia и Rewah (Warth, F. J.).

Закись железа, определенная в нескольких анализах, повидимому, находится в связанном состоянии, принадлежа ильмениту.

Приведенные анализы дают указания и на другие, не менее типичные признаки тропических почв. Как видно из анализов №№ 2, 7 и 8, латериты иногда содержат совершенно ничтожное количество кремнезема; да и в других анализах содержание кремнезема не велико, тогда как полуторные окислы содержатся в громадных количествах (свыше 60%). Повидимому, наиболее бедны кремнеземом те латериты, которые развиваются из пород, бедных кварцем или не содержащих кварца; латериты, получившиеся из кислых пород, довольно богаты кремнеземом. Сказанное видно на двух анализах М. Бауэра, из коих один относится к диоритовому латериту, а другой—к гранитному:

[1]) Max Bayer. Neues Jahrb. f. Mineral., 1898, Bd. II, H. 3.

| | Диоритовый латерит | Гранитный латерит |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 3,88 | 52,06 |
| $Al_2O_3$ | 49,89 | 29,49 |
| $Fe_2O_3$ | 20,11 | 4,64 |
| CaO . . | — | сл |
| $H_2O$ | 25,98 | 14,40 |

Из этих данных позволительно заключить, что при процессе латеритизации уносится из породы тот кремнезем, который входил в состав силикатов и алюмосиликатов, в то время как кварцевый кремнезем остается нетронутым или почти нетронутым Вынос кремнезема особенно характерен для последующих стадий латеритизации и менее заметен в начальных стадиях процесса, насколько можно судить по сравнительным анализам диабаза и глубоких горизонтов образовавшегося из него латерита, заимствованных из цитированной уже работы Дю-Буа

| | Латерит | Диабаз |
|---|---|---|
| $SiO_2$ . . | 43,64 | 46,20 |
| $TiO_2$ . . . | сл. | 3,10 |
| $Al_2O_3$ | 19,32 | 12 23 |
| $Fe_2O_3$ | 27 57 | 9,25 |
| FeO . . . | | 8,95 |
| MnO . | 0,72 | 1,10 |
| CaO . . . | — | 8,50 |
| MgO . . . . . | сл | 4,93 |
| $Na_2O + K_2O$ . . . . | – | 3,94 |
| $H_2O$ . . . | 8,71 | 1,72 |

Из приведенной выше серии анализов ясно также, что латериты содержат свободные гидраты глинозема. Последние, как ясно, между прочим, из работ Гильгарда, могут находиться и в почвах других типов, но там они встречаются сравнительно в ничтожных количествах, и для разыскания их приходится пользоваться только мелкоземом почвы. В латеритах же упомянутые гидраты встречаются нередко в больших дозах и даже образуют иногда особые конкреции

Насколько нам известно, на такие конкреции впервые обратил внимание в 1869 г. Hermann[1]), описавший их из вторичного латерита Бразилии. Согласно его описанию, в этом латерите встречаются конкреции гидраргиллита в орех величиной, склеенные бурым железняком. Позже Ленц[2]), анализируя железистые конкреции из латерита, получил следующие данные:

| | | |
|---|---|---|
| Растворилось в HCl . . | | 85,82% |
| | $Al_2O_3$ | 12,40 |
| | $Fe_2O_3$ . . . | 58,02 |
| | $H_2O$ при 100° C . . . . | 2,45 |
| | $H_2O$ при прокал . . . | 12,95 |
| Не растворилось | $SiO_2$ . . . . | 10,42 |
| | $Al_2O_3$ . . . . . | 5,40 |

Эти данные позволили исследователю заключить, что анализированное вещество представляло гидрат окиси железа с примесью силиката и гидрата глинозема.

---

[1]) Hermann Journ fur praktische Chemie, I, 1869

[2]) Lenz Verhandlung d. k k geolog Landesanst, Wien, 1878, p 350 ff.

О присутствии гидратов глинозема в латеритах упоминает также Вольтман[1]). Более подробные исследования в этом направлении произведены Max Bauer'ом[2]), изучавшим состав латеритов Сешельских островов, анализы которых были приведены выше. Обрабатывая латериты соляной кислотой, исследователь определял в них количество растворимых полуторных окислов и получал состав части, растворимой в HCl.

| | Гранитный латерит | Диоритовый латерит |
|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 60,68% | 51,98% |
| $Fe_2O_3$ | 9,56 | 20,95 |
| $H_2O$ | 29,76 | 27,07 |

В песчанистом латерите тот же исследователь нашел:

| | |
|---|---|
| $Al_2O_3$ | 76,67% |
| $H_2O$ | 23,33 |

На основании этих данных М. Бауэр пришел к заключению, что содержащая глинозем масса латерита существенно состоит из гидраргиллита.

Мадагаскарские почвы были исследованы на содержание гидратов глинозема Шлезингом[3]), который пользовался следующим методом. Он кипятил в течение получаса 5-граммовую навеску почвы с литром слабого раствора едкого натра (3,5 грамма $Na_2O$ на литр воды) и в фильтрате определял количество глинозема и кремнезема; данные получились следующие:

| | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ |
|---|---|---|
| Почва № 1 | 11,72% | 1,61% |
| „ № 2 | 8,10 | 1,92 |
| „ № 3 | 6,59 | 5,15 |
| „ № 4 | 4,69 | 5,05 |
| „ № 5 | 11,40 | 0,94 |
| „ № 6 | 3,56 | 4,8 |

Как видно, количество извлекаемого глинозема иногда во много раз превосходит количество кремнезема, что позволяет не сомневаться в существовании гидратов глинозема в исследованных почвах. Вместе с тем ясно, что количество этих гидратов далеко не всегда велико: почвы №№ 4 и 6 очень бедны свободными гидратами. От чего зависит это обстоятельство, пока неизвестно, но объяснения могут быть различного рода. Во-первых, различные почвы могут представлять в различной степени разложенные продукты, во-вторых, возможно допустить, что различные алюмосиликаты не одинаково быстро гидролизируются, и, в-третьих, неодинаковое богатство гидратами глинозема может зависеть от того, имеем ли мы дело с первичными или вторичными латеритами.

Что касается различия в содержании гидратов глинозема в первичных и вторичных латеритах, то по этому вопросу имеются соображения Дю-Буа, который считает вторичные латериты особенно богатыми гидратами глинозема. По его мнению, кремнезем первичных латеритов находится в связанном виде,—именно в соединении с железом. В глубоких горизонтах первичного диабазового латерита, анализ которого был приведен выше, Дю-Буа нашел с помощью отмучивания только 2,5% кварца, что и дало ему повод утверждать,

[1]) Wohltmann. Die naturlichen Faktoren der tropischen Agricultur, 1892; см. также Sitzungsber niederrhein. Ges. f. Natur- und Heilkunde. Bonn, 1895 und 1896.

[2]) Max Bauer. Neues Jahrb. fur Mineral., 1898, Bd. II. H. 3, p. 163—219.

[3]) Schloesing. Comptes rendus, T. CXXXII, 1901, № 20.

что большая часть этого кремнезема находится в связанном виде. Параллельно с этим, автор дает два анализа вторичных латеритов.

| | 1 | 2 |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 58,03 | 57,68 |
| $Al_2O_3$ | 24,04 | 22,73 |
| $Fe_2O_3$ | 8,19 | 8,98 |
| CaO | 0,59 | — |
| MgO | сл. | сл. |
| $H_2O$ | 9,45 | 10,60 |

В этих латеритах находится, по данным Дю-Буа, до 52% кварца, откуда следует, что значительная часть глинозема присутствует здесь в виде гидратов. Исследуя конкреции гидратов глинозема, Дю-Буа получил следующие цифры:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 63,3% | 48,5% | 52,5% |
| $Fe_2O_3$ | 10,5 | 21,6 | 14,4 |
| $SiO_2$ | 7,0 | 14,5 | 3,1 |
| CaO | 1,0 | 1,0 | 1,5 |
| MgO | — | — | сл. |
| $H_2O$ | 17,6 | 14,0 | 27,6 |

Обсуждая вопрос о содержании в латеритах гидратов глинозема, необходимо иметь в виду, что, на ряду с последними, латериты содержат и глины, иногда в значительном количестве. Это было отмечено еще фан Беммеленом, а еще раньше H. Warth и F. J. Warth, которые нашли в индийских латеритах вместе с гидраргиллитом и диаспором большое иногда содержание каолина. Позже этим вопросом занимались М. Бауэр, Аттерберг и Мор. Данные М. Бауэра относятся к латеритам Мадагаскара, а именно, в латерите из диабаза St. Marie исследователь нашел 37% гидраргиллита и 42% глинообразного алюмосиликата, в другом образце оттуда же 47% гидраргиллита и 17% алюмосиликата. В первом из этих образцов авгит оказался гораздо слабее разложенным, чем полевой шпат. В латерите из амфиболита St. Marie определено 64% гидраргиллита и 18% алюмосиликата.

Разложение всех этих образцов соляной кислотой дало следующие результаты:

| | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| Не растворилось | 3,78% | 4,25% | 15,79% |
| Растворилось $SiO_2$ | 14,17 | 6,36 | 6,98 |
| $Al_2O_3$ | 44,87 | 35,25 | 42,37 |
| $Fe_2O_3$ | 17,33 | 29,34 | 13,04 |
| CaO | 0,18 | 0,19 | 0,03 |
| MgO | 0,13 | 0,37 | сл. |
| $H_2O$ | 20,16 | 24,31 | 21,78 |

Еще богаче глинообразными алюмосиликатами красноземы, т. е. стадии меньшей латеритизации, из чего можно было бы, пожалуй, заключить, что образование свободных гидратов глинозема представляет позднейшую фазу латеритизации, наступающую после того, когда закончился гидролиз алюмосиликатов, содержащих щелочные и щелочноземельные основания, но вопрос этот нуждается еще в дальнейших исследованиях.

Чтобы закончить с характеристикой химического состава латеритов и красноземов, необходимо еще отметить, что щелочи и щелочные земли в состав этих почв входят в совершенно ничтожных количествах. Известь очень часто совсем отсутствует, а если она и есть, то ее количество почти всегда меньше, чем магнезии. То же наблюдается и по отношению к натру: его или совсем нет, или очень мало

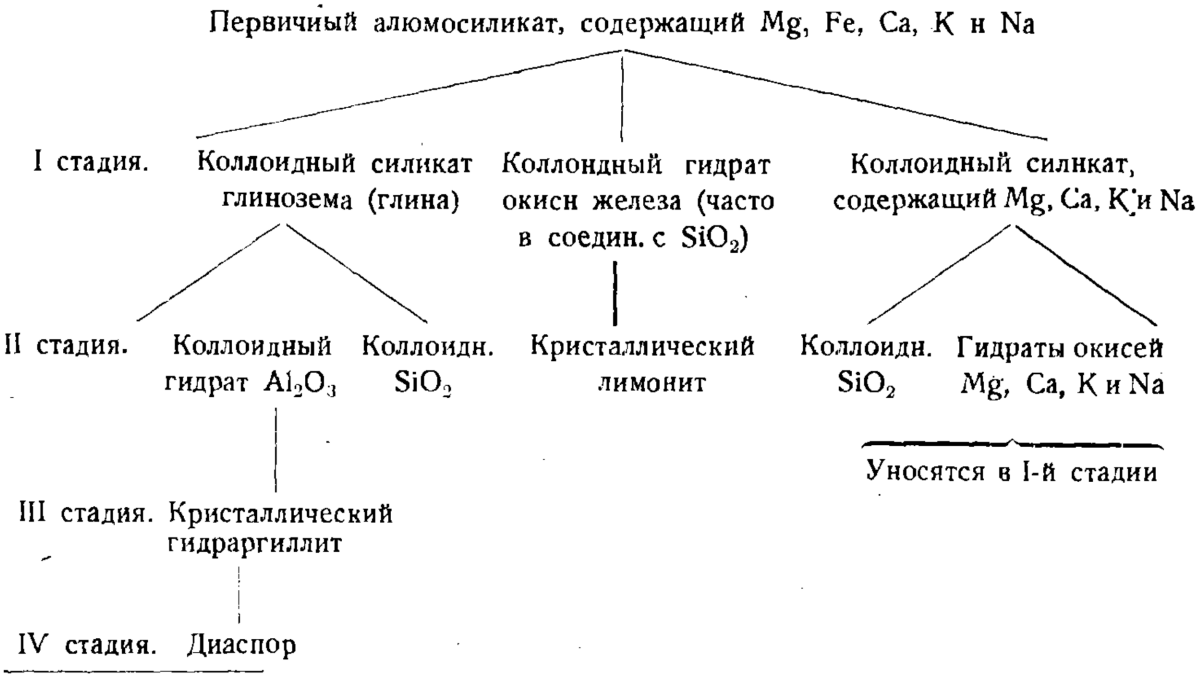
и обыкновенно меньше, чем кали. Эти положения могут быть проверены и на приведенных анализах, но еще яснее можно видеть то же самое из следующих анализов мадагаскарских почв:

| | Красные почвы | | | Желтые почвы | | Фиолетовая почва | Белая почва |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ . . . | 57,0% | 57,6% | 51,7% | 29,6% | 52,1% | 67,60% | 63,6% |
| $Al_2O_3$ . . | 32,9 | 29,6 | 35,8 | 35,0 | 30,0 | 34,5 | 24,3 |
| $Fe_2O_3$ . . | 9,2 | 11,4 | 11,3 | 34,3 | 16,9 | 5,7 | 0,1 |
| CaO . . . | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| MgO . . | 0,7 | 0,8 | 1,7 | 0,9 | 0,7 | 1,5 | 1,9 |
| $K_2O$ . . . | 0,1 | 0,6 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,7 | 0,2 |
| $Na_2O$ . . | сл. | сл. | сл. | сл. | сл. | сл. | сл. |

Подводя итоги всему сказанному о химическом составе латеритов и родственных им красноземов, мы можем характеризовать эти почвы, как массы, из которых вынесены щелочи, щелочные земли и силикатный кремнезем и в которых накопились глинообразные алюмосиликаты и в больших или меньших количествах гидраты полуторных окислов. Все это является результатом энергичного гидролиза, которому содействуют углекислота, получающаяся в значительных количествах, благодаря интенсивной минерализации органических остатков, и высокая температура. Влияние последней тем более заметно, что она никогда не падает до таких пределов, при которых вода может перейти в твердое состояние, как это наблюдается в наших широтах, где иногда в течение месяцев процессы выветривания не идут. Может быть, необходимо иметь в виду и то обстоятельство, что при энергичном гидролизе почвенные воды всегда будут содержать карбонаты оснований, что должно иметь известное значение в процессах растворения и переноса. Возможно, что перенос гидратов глинозема и образование конкреций гидраргиллита происходит при содействии углекислых щелочей [1]).

Вынос золей $SiO_2$ и стабилизация золей $Al_2O_3$ и $Fe_2O_3$ стоит в связи со слабой щелочной реакцией (слабая концентрация гидроксильных ионов).

Л ю ц представляет себе такую последовательность распада алюмосиликатов в процессе латеритизации:




[1]) См., между прочим, K a i s e r, E.

По поводу этой схемы можно было бы заметить, что образование гидратов окисей Mg, Ca, K и Na едва ли допустимо, так как и почвенный воздух, и почвенная вода содержат углекислоту. Очевидно, при этих условиях щёлочи и щелочные земли выносятся в форме карбонатов.

Иог. Вальтер считает латериты продуктами выветривания дилювиального климата, ныне нигде не существующего. Этот климат отличался большим количеством осадков и очень сильным испарением. В настоящем тропическом, богатом осадками, климате латериты не образуются, а разрушаются. Того же древнего происхождения, по его мнению, и красноземы.

Отметим взгляд Самойлова и Holland'a о возможности участия в процессах латеритизации (расщеплении алюмосиликатов) бактерий и диатомовых.

Менее изученными представляются красноземы южной Европы и южных частей С. Америки. Красноземы Европы давно известны уже под именем terra rossa, но взгляды на условия и способ их образования должны считаться не достаточно еще установленными, несмотря на ряд исследований, занимавшихся этим вопросом. На некоторых из этих работ мы здесь и остановимся, чтобы показать, насколько разнообразны заключения исследователей.

Неймайр тесно связывает южно-европейские красноземы с областью известняков и указывает, что нам неизвестно ни одного случая, где бы краснозем встречался в отсутствии известняка, и что если такие случаи наблюдаются, то представляют вторичное залегание краснозема, снесенного водой из области известняков. Таким образом смотрит, например, Неймайр на красноземы Истрии и Далмации, лежащие на песчаниках флиша. Исследователь сближает красноземы с красной глиной глубокого моря, которая происходит от разложения известковых скорлупок глобигеринового ила. Этот процесс он параллелизирует с процессом выветривания на земной поверхности известняков, состоящих из того же глобигеринового или ему подобного ила. Обрабатывая 77,76 гр. карстового известняка уксусной кислотой, Неймайр получил 0,044% красного вещества, в котором содержалось почти 20% $Fe_2O_3$ [1]). Возможность присутствия в известковых породах красного вещества, несомненно, усложняет несколько вопрос о происхождении южно-европейских красноземов, но обобщать выводы Неймайра едва ли возможно.

Фукс [2]) указывает на то обстоятельство, что в Италии, Карсте и Греции краснозем образуется на различных известняках, даже не морского происхождения, что, следовательно, сближать процесс образования красноземов с процессом образования красной глины глубокого моря едва ли возможно. В то же время Фукс подчеркивает, что типичное развитие красноземов наблюдал лишь на плотных, чистых и белых известняках, но никогда не находил типичного краснозема на мягких, мергелистых, мелоподобных и темных или серых известняках. Он точно также указывает, что красноземы получаются лишь на известняках южной Европы, что ни силурийские известняки Богемии, ни разнообразные палео- и мезозойские известковые породы северной Франции, Бельгии и Англии не дают красноземов. В виду этих фактов, Фукс высказывается в пользу влияния климата на процессы образования краснозема. Он утверждает, что краснозем встре-

[1]) На красноземистую примесь к карстовым известнякам в количестве от 2 до 23% в одной разности и от 6 до 13% в другой указывает и Lorenz. Красноземы, получившиеся из глины известняков, содержат 70—85% $Fe_2O_3$ и $Al_2O_3$.

[2]) Fuchs Verhandl. d. k.-k. Geolog. Reichsanst" Wien. 1875. S. 194—196.

чается лишь там, где климат сух, и поэтому растительность спорадична и не ведет к накоплению гумуса. Едва ли, однако, можно согласиться с заключениями Фукса. В прибрежьях Средиземного и Адриатического морей выпадает местами свыше 1000 мм. осадков и, во всяком случае, более 500 (в Италии до 800). Если этот климат может считаться несколько сухим для растительности, то для процессов выветривания он не всегда сух. Дело в данном случае не столько в годовом количестве осадков, сколько в их распределении по временам года. Южная Европа, как известно, лежит в полосе зимних дождей, лето же здесь сравнительно сухое. Такое распределение осадков сказывается, конечно, на растительности, вызывая развитие особой формации жестколистных древесных пород. Но, в общем, влаги расходуется здесь на процессы выветривания немало, почему в этом смысле климат южной Европы далеко не всюду может считаться сухим.

Очень интересны по отношению к красноземам Европы факты, добытые Стахе[1]). Исследователь указывает, что более старые залежи terra rossa южной Истрии содержат иногда твердые участки красного глинисто-сланцевого материала с мелкими зернами бобовой руды в тесном соединении со светлым тонко-пизолитового строения веществом, богатым глиноземом. В размытых осадках terra rossa северной Истрии и Крайны Стахе находил, кроме зерен бобовой руды, различной формы кусочки бурого железняка. Такие находки дают возможность сближать некоторые красноземы южной Европы с бокситами Вохейна. Наблюдения Стахе особенно интересны в виду того, что они могли бы больше других подтвердить родство европейских красноземов с латеритами, принимавшееся некоторыми авторами (напр., Passarge), но сам исследователь из своих наблюдений делает другие выводы.

Позже terra rossa Истрии описывал граф zu Leiningen, который отметил, между прочим, что растительный покров (луг, верещатник) действует лишь на самую поверхность почвы; даже под зарослями Calluna vulgaris, Erica carnea и пр. не наблюдается накопления гумуса, а замечается лишь переход красного цвета почвы в буро-красный или бурый. Лесная растительность и маккии также почти не оказывают влияния на цвет почвы.

Красноземы Истрии чрезвычайно тонкозернисты, содержат до 81,4% грубой глины, поэтому они являются сильно гигроскопичными и мало водопроницаемыми.

Граф zu Leiningen приводит следующий анализ образца terra rossa, взятого между Аббацией и Lovrana:

| | |
|---|---|
| $H_2O$ и орган. вещ. | 11,77% |
| $SiO_2$ | 47,78 |
| $Fe_2O_3$ | 32,24 |
| $Al_2O_3$ | 3,15 |
| $Mn_3O_4$ | 1,35 |
| CaO | 0,68 |
| MgO | 1,37 |
| $K_2O$ | 1,15 |
| $Na_2O$ | 1,56 |
| $P_2O_5$ | 0,23 |
| $CO_2$ | 0,20 |

[1]) Stache. Verhandl. d. k.-k. Geolog. Reichsanst. 1886, p. 61—65; 385—387. В первой из этих статей имеется указание на взгляды Zippe, Tietze и Suess'a по поводу terra rossa. См. также Vierthaler. Boll. Soc. Adriatica di scien. natur. Trieste. 1879, 4, p. 34 и 1880, 5, p. 318.

Наконец о terra rossa Румынии кратко упоминает Мургочи. В статье Трейца подчеркивается родство европейских terra rossa с латеритами.

При обсуждении вопроса о происхождении европейских terra rossa следует иметь в виду, что во многих случаях красноцветные почвы южной Европы представляют древние продукты выветривания, получившиеся еще в третичном периоде и местами уничтожающиеся путем размывания или путем деградации в современную эпоху. Такого рода явления мне пришлось наблюдать в окрестностях курорта Биксад в Венгрии, где действительно сохранились местами третичные красноземы, произошедшие из авгитовых андезитов, но здесь мы этих наблюдений касаться не будем, а рассмотрим их совместно с другими аналогичными наблюдениями в главе об ископаемых и древних почвах.

Возможно, что и некоторые месторождения восточно-венгерских[1]) бокситов, а также и итальянских[2]) стоят в связи с этими древними процессами выветривания.

Изучая красноземы Кроации, Тучан[3]) приходит к выводу, что они образовались из известковых пород, частью доломитовых, и содержат, между прочим, гидраты глинозема, в том числе коллоидную модификацию диаспора, которой Тучан дает название спорогелита, и гидраргиллит. Параллельное исследование красноземов и известняков, из которых они произошли, приводит исследователя к выводу, что минералы, слагающие краснозем, существуют уже в известняке и что все известняки Кроации содержат гидраты глинозема. Происхождение последних Тучан объясняет осаждением гидратов глинозема из растворов в морской воде при помощи углекислого аммония или натра. С этим толкованием, однако, трудно согласиться. Гораздо вероятнее было бы предположение, что и в предыдущие геологические эпохи процессы выветривания по берегам средиземноморского бассейна совершались по латеритному типу и мелкий ил продуктов выветривания попадал в морские бассейны.

По отношению же к современным красноземам Кроации приходится принять, что существующие там в настоящее время климатические условия благоприятствуют сохранению древних красноземов. Если бы это было иначе, то красноземы несомненно деградировались бы, как это наблюдается в других районах (см. ископаемые и древние почвы).

Совершенно оригинальный взгляд на происхождение красноземов южной Италии высказал Galdieri. Он отмечает, что нерастворимый остаток местных известняков и залегающих на них красноземов резко отличаются друг от друга своим химизмом, минералогическим составом и морфологией, и поэтому никак нельзя допустить, что южноитальянский краснозем произошел путем выветривания известняков. В красноземах присутствуют минералы, характерные для атмосферной пыли и имеющие соответственные внешние формы. На основании этих данных Galdieri приходит к заключению, что материнская порода, послужившая для образования итальянских красноземов, произошла эоловым путем и аналогична лессу, но преобразована на месте по латеритному типу.

Подобные европейским красноземам почвы существуют и в юго-восточной части С. Америки, и на соседних островах (Бермудские).

---

[1]) См. Lachmann и возражения Szádeczky, J. von.

[2]) Stelzner-Bergeat, а также Lotti.

[3]) См. также Kispatic и Doelter u. Distler.

Сведения о них можно почерпнуть в цитированной ранее работе Russel'я [1]).

Переходной группой к почвам подзолистого типа служат, повидимому, мало исследованные пока желто-бурые или красновато-желтые почвы южной Европы (особенно распространены в южной Франции). Эти почвы мы объединяем, может быть, не совсем удачным термином „желтоземы". К этой же группе присоединяем и венгерские „nyiok" [2]).

Желтоземы, по моим беглым наблюдениям, по дороге из Парижа в Бордо и южнее, у испанской границы, а также по дороге в Лион, образуются на различных породах, между прочим, и на известняках. Небольшое количество гумуса, насколько можно судить по окраске гумусовых горизонтов, и значительное количество полуторных окислов сближает эти почвы с красноземами. Однако, есть, как будто, и нечто общее с почвами подзолистыми, так как здесь, судя по данным Богословского, происходит все же некоторое передвижение полуторных окислов. Богословский описывает один из разрезов этих почв у ст. Рив между Гренобле́м и Лионом следующим образом:

1. Красновато-желтый галечно-глинистый горизонт (пахотный) . . . . 0,2 м.
2. Буровато-красный суглинисто-щебневатый горизонт, рыхлый, без каких-либо примазок . . . . . 0,4—0,7 „
3. Слоистые галечные отложения серого цвета.

Почвы этой группы, повидимому, широко распространены и в Японии, и нам кажется, что лучшими областями для изучения этих почв должны считаться именно Франция и Япония. И там, и здесь совершенно отсутствуют почвы континентальных зон и поэтому можно проследить все переходы от почв подзолистой группы к настоящим красноземам. Повидимому, те же переходы можно проследить в Венгрии и Югославии.

Может быть, сюда же нужно отнести и некоторые буроземы, представляющие, в общем, как было отмечено выше, сборную группу.

К сожалению, ко времени печатания книги я не мог получить последних работ Blanck'a и сотрудников его, а потому пришлось отметить их лишь в списке литературы.

---

## ЛИТЕРАТУРА


Aichino, G. Rassegna mineraria, vol. 15, 1902; реф. Zeitschr. f. Kristallog. Bd. 40.

Arsandaux. Comp. Rend., 148, 1909.

Atterberg. Zentralbl. f. Miner. etc., 1909, № 12.

Bauer, Max. Sitzungsber. d. Gesellsch. z. Förder. d. gesammt. Naturwiss. in Marburg Jahrg. 1902, S. 45—89.

„ Neues Jahrb f. Mineral. etc. 1907. Festband zur Feier des 100 jährigen Bestehens.

Bemmelen, van. Zeitschr. f. anorgan. Chemie, 42, 1904, S. 265—324.

Blanck, E. u. Preiss, F. Journ. f. Landwithsch. 69, 1911.

„ Dobresen, I. Landw. Versuchstat., 1924.


---

[1]) О красноземах Нов. Гвинеи см. Meigen, W.

[2]) Treitz. P. Сюда же относятся, надо полагать, и юго-славские „гайньяче", описываемые Стебутом (Наши главни пољопривредни реони. Београд, 1926).

Blanck, E, Kunz, F u Preiss, F Landw Versuchst 1923
„ Alten, F Landw Versuchstat, 1924
Богословский, Н „Почвоведение", 1902 № 4
Campbell, I M Mining Magaz 1917, pp 517 ff
Chantard I et Lémoine, P Compt Rendus, 1908, p 239
Cornet Peterm Mitteil Bd XVIII
Crosby Proc Boston Soc of Natur History, 1885
Dana Americ Journ of Science, vol 39, 1890 pp 317—319
Doelter u Diestler Zentralb f Mineral etc 1913, № 7
Du-Bois Tschermak's mineral u petrogr Mitteil Bd XII, H 1, 1903, в этой работе большой список литературы
Fermor, L Geol Magaz, dec V vol VIII, 1911, dec VI, vol II, № 1-3, 1915
Фохт, К фон Естеств-произв силы России, т. IV Полезные ископаемые, Петрогр, 1918, см литературу
Fritzsche Peterm Mitteilung, 1891, 10
Fuchs Verhandl d k k geolog Reichsanst Wien, 1875, pp 194—196
Galdieri Ann della R Scuola Super d'Agricoltura di Portici, Vol XI, 1913
Gallieni Deux compagnes au London francais 1886—1888 Paris, 1901
Goldefleiss Keilhack's Geolog Zentralbl Bd II, № 16, S 486
Grandidier Compt Rendus, 1891
Gudgeon Journ Manchester Geogr Soc 1888, Bd IV
Hardt Geology and physic Geography of Brazil Boston, 1870
Hettner Zeitschr d Gesellsch f Erdkunde Berlin, 1891, Bd 25.
Holland Geolog Magaz, dec IV, vol X, № 3, 1903, pp 59—69
Kaerger Togoland und die Kolonisation Deutsch-Ost-Afrika Berlin, 1892
Kaiser, E Zeitschr d deutsch geolog Gesellsch, 1901, 56
Katzer Neues Jahrb f Mineral, 1899 Bd II, H 3 Briefl Mitteil, p 177
Kispatic Neues Jahrb f Mineral Beil-Bd XXXIV, p 513
Koert, W Beitr z geolog Erforsch d deutsch. Schutzgel, H 13, 1916
Kolbe Naturwiss Wochenschr, 1901, Neue Folge, Bd I, № 13
Konig u Kiesow Ann d Landw in Preussen, 1873
Lachmann Zeitschr. f prakt. Geologie 1908, S 353—362
Lacroix, A Nouv Arch du Museum, 5, V, 1913 Paris, 1914
Lake, P Mem Geolog Surv of India, vol 21, 1890
Lange Peterm Mitteil, 1892, XII
Lang, R Ueber die Bildung von Roterde und Laterit (Resume) IV Intern Conferenz für Bodenkunde Rom, 1926
Lefroy Amer Journ of Science 3 Ser, Vol 6, 1873
Leiningen zu Graf Naturwiss Zeitsch f Forst—u Landwirte 9 Jahrg, 1911 H 1 u 2
Liebrich Beifrag zur Kenntniss d Beauxits vom Vogelsberge Jnaug Dissert Giessen 1891
„ 28 Bericht d oberrhein Gesellsch f Natur—u Heilkunde
Lorenz Verhandl d k k geolog Reichsanst, 1881 S 81—82
Lotti Zeitschr f prakt Geologie 1908, H 12, S 501—502
Luz Koll-Zeitschr, Bh XIV
Lyons, A B Americ Journ of Science, 152, 1896
Maxwell Jahresber d Agriculturchemie, 1900
Mc Gee, W J Geolog Magaz London New Series, vol 7, 1880
Mallet Rec Geol Surv of India, vol 14, 1881
Mead, W J Econ Geolog, X, № 1, 1915
Meigen, W Zeitschr d deutsch geolog Gesellsch 57, H 4, Brief Mitteil, S 557—564
Merensky Afrikan Grund u Boden—Deut Kolonial-Zeitung 1889
Mierisch, Br Peterm Mietteil, 1895, III
Moisisovic Jahrb d k k geolog Reichsanst 30, 1880
Mohr, E van Bemmelen Gedenkbook 1910

Mûntz et Marcano. Compt. Rendus, 1888, p. 908.
Mûntz A. Rousseaux. Bull du Ministére d'Agriculture, 1900, № 5.
Neumayr, M. Verhandl. d. k. k. Reichsanst, 1875, S. 50—51.
Novarese. Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1903.
Oldham. A manuel of the geologie of Jndia (2-е изд. книги Medlicott and Blanford). Calcutta, 1893.
Остряков, А. К познанию латеритных почв. Ч. 1. и 2. Казань, 1916 и 1918 (Тр. Общ. Ест. при Казан. Универс.), см. литературные списки.
Paulus, O. Zeitschr. f. prakt. Geologie, XXI, 1913.
Pelatan. Lez mines de la Nouvelle Calédonie. Genie civil, 1892.
Richthofen, von Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch., 1860.
Russel. Bull. № 52. U. S. Geolog. Survey, 1899.
Sapper. Peterm. Mitteil. Ergänzuugsheft № 127, 1899.
„ „ „ „ 1902, II.
„ Natur and Lebensbedingung. in tropischen u. tropennähen Gebieten, 1920.
Sandor, F. Verhand. d. Zweit. intern. Agrogeologen—Conferenz. Stockholm, 1911.
Sowkins, J. G. Report on the geology of Jamaica. London, 1869.
Scott Elliot and Miss Raisin, Sierra Leone. Report on the Geologie and Botany. London, 1893.
Schloesing. Comptes Rendus, t. CXXXII, 1901, № 50.
Schmidt. Peterm. Mitteil., 1899.
Stache. Verhandl. d. k. k. Reichsanst., 1886, № 2, p. 61—65.
Stelzner-Bergeat. Die Erzlagerstätten. 1905—06, II.
Storer, F. Science, Vol. I, 1893.
Stremme, H. Kolloid—Zeitschr. Bd. XX. April, 1917.
Szádecky. Zeitschr. f. prakt Geologie, 1908, S. 504—505.
Semler, H. Tropische Agricultur. Wismar, 1900, Bd. I.
Tippenhauer. Die Jnsel Haiti. I Allgem. Teil. Leipzig, 1892.
Treitz, P. Földtany közlöny, XII, H. 7—8, 1910.
Vageler. „Почвоведение", 1912, № 1.
„ Die Mkattaebene. Beihefte z. Tropenpflanzer, Bd. XI, № 4/5, 1910.
Walther, Joh. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch., Bd. 57, 1915.
Warth, H. and Warth, F. J. Geolog. Magaz. New Ser. (4), 10, 154—159, 1903.
Wiegner, G. Boden und Bodenbildung. 1918.
Wohltmann. Ges. f. Naturkunde u. Heilkunde. Bonn, 1895. 1896.
Wysor, D. C. Econ. Geolog., vol. XI, № 1.

## II. Почвы подзолистого типа

Почвы подзолистого типа могут считаться более или менее изученными в пределах СССР и Зап. Европы. Свое название они получили потому, что верхние их горизонты нередко напоминают своим цветом золу. Русское название этих почв принято в последние годы как западно-европейскими, так и американскими (Marbut) почвоведами.

Будучи приурочены преимущественно к лесной зоне, подзолистые почвы развиваются не только под лесами, но и под лугами и несколько заболачивающимися пространствами. Поэтому прежде всего можно наметить среди почв подзолистого типа четыре основные группы:

1. Лесные подзолистые почвы
2. Луговые „
3. Торфяно-подзолистые „
4. Подзолисто-глеевые „

Последняя группа является уже переходной к болотному типу.

Наибольшую площадь в природе занимают лесные подзолистые почвы, на которых мы прежде всего и остановимся. Наиболее резко выражен тип почвообразования в так называемых подзолах, три профиля которых описываются непосредственно ниже. Два из них сделаны в Лужском у. Ленинградской губ. (Георгиевский), третий—в Дорогобужском у. Смоленской губ. (Тумин).

Песчаный подзол (в бору).

$A_1$. Рыхлый и рассыпчатый слой серовато-белого цвета. Мощность 10—13 см.

$A_2$. Снежно-белесоватого цвета; состоит, главным образом, из тонкого кварцевого песка. Мощность 25 см. и более.

$B_1$. Ортштейновый [1]) горизонт. Более или менее плотная, частью даже твердая масса темно-бурого или черного цвета; часто он обладает и меньшей связностью и переходит в ортштейновый песок. Данный горизонт является в виде изолированных полосок, а нередко и в виде изолированных конкреций. Мощность 12—25 см.

C. Красновато-желтый и желтоватый валунный песок.

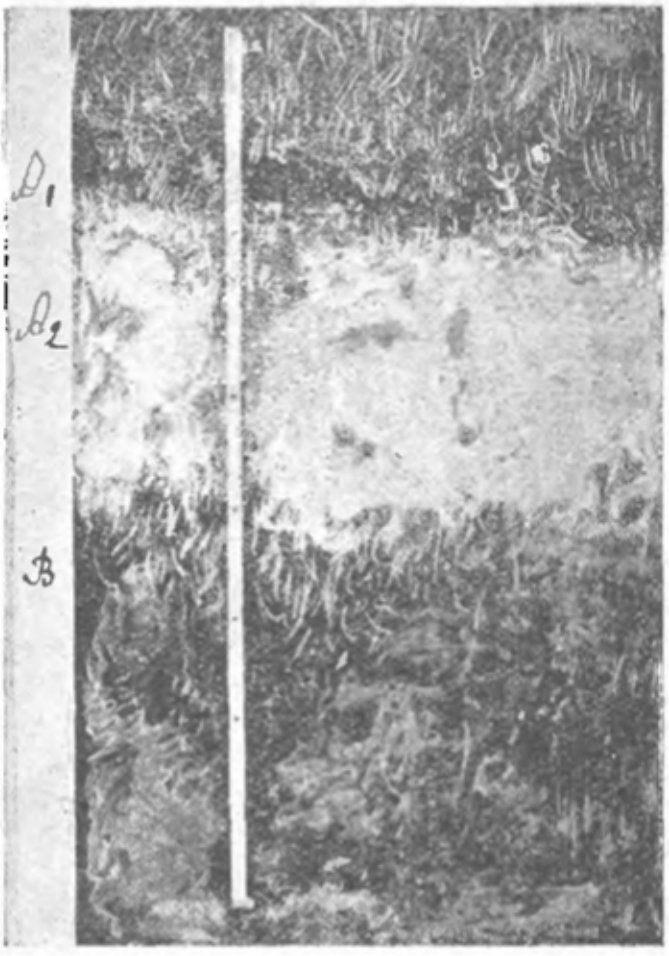



Рис. 5. Подзол Смоленской губ.

Глинистый подзол.

$A_1$. Серовато-белесоватый слой, мощностью около 12—15 см.

$A_2$. В естественном влажном состоянии представляет более или менее плотную, слегка листоватую, массу почти белого цвета. При высыхании она еще более белеет и в конце концов рассыпается в тончайший мучнистый порошок. Встречаются бурые ортштейновые стяжения. Мощность 7,5—12,5 см.

$A_2$—$B_1$. Очень плотная глинистая масса с довольно многочисленными темными и бурыми конкрециями ортштейна. Окраска горизонта очень пестрая, так как в ней постоянно чередуются белесоватые пятна подзолистого характера с красноватыми и желтоватыми полосками и прожилками. Мощность 20 см.

C. Очень плотная валунная глина красно-бурого цвета.

В Дорогобужском у. на лессовидном суглинке записан такой разрез:

$A_1$. Светлосерый с темноватым оттенком; при разламывании легко делится в горизонтальном направлении. Есть ортштейновые конкреции, но немного; они округлой формы с диаметром 1—2 мм. Мощность горизонта 14 см.

$A_2$. Белесый, слоистый и пористый. Толщина слоиков 1—2 мм. Ортштейновые конкреции встречаются, но в меньшем количестве, чем в $A_1$. Мощность 11 см.

---

[1]) Ортштейн—испорченное немецкое слово Erzstein, что значит рудный камень; по-русски то же образование называют рудяк.

$B_1$. Бурый с белесыми пятнами и полосами, слоистый. Количество белесых пятен книзу уменьшается, слоистость также ослабевает. На глубине 90 см. появляются слабые ржавые пятна; белесые пятна есть и здесь и заметны до глубины 120 см. Ортштейновые конкреции очень редки.

C. Бурый лессовидный суглинок со слабыми ржавыми пятнами.

Отметим, что в Московской губ. (Областная Опытная Станция) встречаются глинистые подзолы, у которых горизонт $B_1$ имеет ясную призматическую структуру.

Почвы с меньшим развитием подзолистого горизонта и меньшей его однородностью называют подзолистыми, а те разности, у которых, вместо сплошного подзолистого горизонта, встречаются отдельные подзолистые пятна и пятнышки или и таковые отсутствуют, называются слабо подзолистыми.

Все упомянутые разности могут развиваться на каких угодно материнских породах, кроме карбонатных.

Особо должны быть выделены скрыто-подзолистые почвы, слагающие в Сибири особую северную подзону, переходную к лесотундре. Впервые такие почвы были отмечены в Енисейской губ. (Шульгой и Драницыным), а затем указаны и в Тобольской губ. (Городковым). Эта группа почв характеризуется таким профилем (Шульга):

$A_0$. Лесная настилка („трунда") из отмершнх частей дерна, хвои и листвы, книзу слабо минерализована. Мощность 6—7 см.

$A_1$. Грязновато-бурого цвета, слегка оподзолен, мелкозернистый, довольно рыхлый, без малейших следов слоеватости, но с заметным содержанием мелких непрочных ортштейновых стяженьиц. Мощность 7—8 см.

$A_2$. Заметно светлее предыдущего, но с тем же бледно-буроватым оттенком, с облаковидно, слабо выделяющимися на общем фоне, более бледными пятнами. Рыхлее предыдущего, пузырчато-порист. Плоскозернистой структуры; пластинчатости нет. Ортштейновых стяжений не меньше, чем в $A_1$, но они также мелки (не более 1,5 мм.). Этот горизонт постепенно переходит в следующий. Мощность около 23 см.

$B_1$. Интенсивнее окрашен в тот же буроватый цвет, заметно (но далеко не резко) плотнее предыдущего. Совершенно не оподзолен. Ясной крупнозернистой структуры. Ортштейновых стяжений нет. С глубиной, приблизительно со 130 см., утрачивает способность структурно делиться и переходит в довольно вязкую буроватую глину (C).

Из сообщенных данных видно, что морфологические признаки подзолистых почв выражены здесь очень слабо, хотя и можно, при внимательном изучении профиля, выделить те же горизонты вымывания ($A_1$ и $A_2$) и горизонт вмывания ($B_1$), которые так резко выделяются в почвах ясно подзолистых.

В европейской части СССР такие почвы пока неизвестны. Как показывают исследования средней части Кольского полуострова (Маркус), почвы там ясно подзолистые, но с укороченными (карликовыми) профилями. Подзолистые супеси имеют здесь общую мощность горизонтов $A_1$, $A_2$ и $B_1$ не более 20 см. Особенно хорошо здесь выражен гориз. $A_2$, почти всегда сплошной. Но и карликовые разности далеко не типичны для нашего европейского севера вообще. Маляревский в Мурманском крае и Красюк в лесо-тундре находили хорошо развитые ясно подзолистые почвы. Мы мало еще знаем северо-восточные окраины подзолистой зоны в европейской части СССР, но течение Печоры лежит еще, несомненно, в пределах ясноподзолистых почв.

Наиболее мощные и глубоко внедряющие свои карманы в толщу гориз. $B_1$ подзолистые горизонты ($A_2$) наблюдаются в более южных частях подзолистой зоны (юг Смоленской, Витебской, Московской губерний и пр.). Афанасьев отмечает, что подзолистые почвы Белоруссии принимают желтоватый оттенок, как бы переходный к цвету буроземов.

Девственные лесные подзолистые почвы, особенно в хвойных лесах северной полосы, часто имеют горизонт $A_1$ очень небольшой мощности, иногда в 1—2 см., а то и меньше.

Таковы общие признаки наших лесных подзолистых почв. О некоторых усложнениях описанных схем мы скажем позже, а теперь перейдем к характеристике лугово-подзолистых почв.

Эти последние отличаются прежде всего не только ясно, но иногда и мощно выраженными гумусовыми горизонтами, которые во влажном состоянии имеют порой почти черный цвет; при высыхании они, однако, сильно сереют. Примером таких почв могут служить широко развитые на Зейско-Буреинском водоразделе (Амурская область) лугово-подзолистые почвы. Приведем описание одного из профилей этих почв (Томашевский).

$A_1$. В сыром состоянии почти черного цвета, книзу темносерый, бесструктурный. Содержит много неразложенных органических остатков (иногда последние могут и отсутствовать). Мощность 25 см.

$A_2$. Грязновато-серый, неравномерной окраски: имеются гумусовые потеки темного цвета, идущие из верхнего горизонта. Неясное слоеватое сложение и пористость. Попадаются твердые ортштейновые конкрецни темнобурого цвета. Мощность 20 см.

$B_1$. Желтовато-грязноватый, слоеватого сложения. Рассыпается на приплюснутые блестящие отдельности с порами. Имеются также твердые ортштейновые конкреции в большом количестве. Мощность 25—30 см.

C. Буровато-желтая вязкая глина.

Торфяно-подзолистые почвы можно встретить, между прочим, на нижних пологих частях склонов к болотам. Как пример торфяно-подзолистой почвы, приведем следующий профиль из окрестностей Ленинграда (Захаров).

$A_0$. Дернина травяно-моховая с отмершими листьями и стеблями. Мощность 3 см.

$A_1$. Перегнойно-торфянистый, черновато-бурый, рыхлый горизонт. Мощность 4 см.

$A_2$. Белесовато-пепельный, рыхлый, тонкопесчанистый. Мощность 13 см.

$B_1$. Перегнойно-железисто ортштейновый, темнокоричневый, несколько сцементированный и уплотненный. Мощность 15 см.

$B_1$ (G). Железистый, светлый, коричневато-серый, мало сцементированный. Мощность 15 см.

G. Оглеенная супесь.

Встречаются, наконец, и такие подзолистые почвы, у которых непосредственно под горизонтом $A_2$, а иногда и под выщелоченным светло-серым $A_1$ располагается раскисленный, чаще всего зеленоватый или сизоватый глеевый горизонт. Было бы правильно только такие почвы называть подзолисто-глеевыми или торфяно-подзолисто-глеевыми, если присутствует торфянистый горизонт, а все остальные, у которых глеевый горизонт располагается под иллювиальным или ортштейновым, именовать подзолистыми или торфяно-подзолистыми почвами с близким глеевым горизонтом.

Нередко описывались подзолистые почвы с двумя подзолистыми горизонтами: верхним, занимающим нормальное положение, и нижним,

лежащим под иллювиальным горизонтом ($B_1$). Такие случаи чаще всего наблюдаются там, где какая-нибудь более рыхлая и водопроницаемая порода лежит неглубоким слоем на породе, значительно более плотной и менее водопроницаемой, например, песок на глине. В последнем случае нижний белесый или сизовато-белесый горизонт располагается на границе с глиной.

Более внимательное изучение таких случаев привело к заключению, что нижние белесые или сизовато-белесые горизонты не являются подзолистыми, а глеевыми.

Такие почвы описывались в последнее время Касаткиным для лесной дачи бывшего Минского Сельско-Хозяйственного Института, и характер их был правильно истолкован Высоцким. Подобные же почвы описаны Красюком в Каргопольской суше (правобережье р. Онеги) под именем желтоподзолистых почв.

Исследователь отмечает, что в этих почвах, кроме верхнего подзолистого горизонта, имеется нижний, подстилающий иллювиальный горизонт, который характеризуется то ярко охристой, то ржаво-бурой окраской. Нижний горизонт, по описанию Красюка, мокрый, сизовато-белесый, раскисленный. Очевидно, это не подзолистый, а глеевый слой, что подтверждается и аналитическими данными, о которых будет речь в своем месте.

Из только что сообщенных наблюдений явствует, что оглеение может происходить не только под влиянием грунтовой воды, но и под влиянием задержания вод, просачивающихся с поверхности и образующих иногда временную верховодку.

Опишем еще один профиль, наблюдавшийся нами в 1910 г. на ровной полянке среди лесной дачи Руда, принадлежавшей тогда Ново-Александрийскому Институту Сельского Хозяйства и Лесоводства.

$A_1$. Темносерый, почти черный в сыром состоянии. Мощность 13—14 см.

$A_2$. Серый, с мелкими белыми пятнами. Мощность 2—3 см.

$B_1$. Бурый, более связный, но не плотный. Мощность 25—27 см.

$G_1$. Белесый с редкими бурыми пятнами, преимущественно в верхней части. Мощность 38—39 см.

$G_2$. Слабо зеленоватый, уплотненный глеевый горизонт, резко выделяющийся на разрезе. Граница его с предыдущим выражена резко. Мощность 10 см.

$G_3$. Более рыхлая масса того же оттенка с обильными прожилками желтовато-красных выделений гидратов окиси железа. Мощность 60 см.

$G_4$. Слоеватый песок с редкими и слабо выраженными желтовато-красноватыми прожилками. Мощность 65 см.

$G_5$. Яркая красновато-желтая прослойка, в которой, на глубине 230 см. от поверхности, стояла грунтовая вода.

Указанный уровень воды был отмечен 21/II—1910 г. по ст. стилю; 25/III уровень был на глубине 255 см., а 17/V—на глубине 265 см. Так как ранняя весна 1910 г. была очень сухая, то ясно, что в более влажные годы уровень воды поднимается выше (в мае 1911 г. она была на глубине 235 см.) и высота его поднятия в различное время обозначается горизонтальными прослойками гидратов окиси железа, которые выделялись там, где богатые закисным железом грунтовые воды соприкасались с кислородом почвенного воздуха.

Переходим теперь к тем усложнениям профиля подзолистых почв, о которых вскользь было сказано выше.

В некоторых почвах, развивающихся на лессовидных породах, на небольшой глубине подстилаемых более вязкими моренными глинами, обнаруживается иногда присутствие второго гумусового горизонта,

хотя и менее определенно выраженного, чем верхний. Менее ясно нижний гумусовый горизонт намечается и в том случае, если никакого изменения механического состава почвообразующей породы не происходит, что увидим ниже при рассмотрении аналитических данных. Кроме второго гумусового горизонта, наблюдались иногда на глубине 1 м. и более скопления пятен окислов марганца. Приведем описание двух разрезов подзолистых почв Гжатского у. Смоленской губернии.

Близ дер. Уполозы по р. Воре почва формировалась на остатках смытого отчасти безвалунного суглинка, подстилаемого валунной глиной. Всю небольшую толщу безвалунного суглинка заняли поверхностный гумусовый и подзолистый горизонты, из коих последний является в виде сплошного прослойка до 5 см. мощностью. От этого прослойка в толщу валунной глины посылаются неглубокие подзолистые карманы. Непосредственно над валунной глиной идет сплошной прослоек окислов марганца, мощностью до 2 см.

По той же реке, против Михеева, почва формируется также на безвалунном суглинке, имеющем в данном случае уже более значительную мощность и подстилаемом валунными песками, в верхних горизонтах небогатыми галькой и валуном. В этих песках проходят на различных уровнях, в виде волнистых линий, два тонких прослойка глины и на верхнем из них столь же волнистой линией, какую представляет глинистый прослоек, располагается лента марганцевых окислов, состоящая из отдельных продолговатых пятен.

Из обоих описанных примеров видно, что окислы марганца сосредоточились над менее проницаемыми породами, которые, вероятно, и способствовали задержанию растворов, просачивавшихся сверху.

Наблюдаются в природе и другие случаи образования иногда мощных гумусовых горизонтов. Один из таких случаев был отмечен на почвах Восточной Сибири (Филатов), в которых на небольших, сравнительно, глубинах находится более или менее постоянная мерзлота. Над этим-то постоянно мерзлым слоем и собираются иллювиальным путем вещества гумуса. Разности таких подзолистых почв располагаются обычно по пониженным местам и служат переходом к почвам болотного типа.

Другой случай наблюдался в темноцветных подзолистых почвах Московской губ. (Филатов), разрезы которых имеют следующий вид:

$A_0$ — Плотная дернина, мощностью около 6 см.

$A_1$ — Светло-серый, глинистый, с слабо выраженной листоватостью 6 см.

$A_2$ — Явственно-белый, с отчетливой листоватостью и множеством рыхлых, в виде дробинок, ортштейновых зернышек. Мощн. 5—7 см.

$G_1$ — Темно-серый (мышиного цвета) слой с расплывчатым облакообразным очертанием, местами выклинивающийся. Структура не ясно зернистая, но и не листоватая; содержит множество ортштейноподобных зернышек, величиной до горошины. Мощность 5—10 см.

$G_2$ — Пятнистый, благодаря присутствию слабых подзолистых примазок и темно-серых участков, напоминающих $G_1$. Общий фон буро-грязный, местами оглеенный. Ортштейноподобных зернышек мало, но появляются расплывчатых очертаний ржавые пятна. Структура неясно плитчатая. Весь слой заметно влажен. Мощность около 23 см.

$G_3$ — Очень влажный, внизу же совершенно мокрый. Цвет грязно-серый в местах, где нет ржавых примазок, и слегка зеленоватый в оглеенных участках. Мощность 35—40 см.

C — Структурная глина, оглеенная.

Подобного рода разрезы со вторыми гумусовыми горизонтами наблюдаются лишь в „условиях значительной жесткости верхнего слоя грунтовых вод", следовательно, здесь причиной задержки гумусовых веществ является углекислая известь.

Третий случай наблюдался в Амурской области Томашевским. Здесь почвы болотного или лугово-подзолистого типа завоевываются местами лесной растительностью, под влиянием которой болотная почва начинает постепенно превращаться в лесную подзолистую. Вначале, приблизительно в средней части очень мощного гумусового горизонта болотной почвы, начинают появляться отдельные белесые пятна, которые затем постепенно сливаются в сплошной белесый горизонт, который, вклиниваясь в толщу гумусового горизонта, разбивает его на две части: верхнюю и нижнюю.

Нижние гумусовые горизонты подзолов Нарымского края Драницын также ставит в связь с вторичностью их происхождения.

В песчаных подзолах на значительных глубинах можно встретить так называемую жерству (Высоцкий Г., Дубянский В.). В песках междюнных холмов попадаются котловины, которые весною

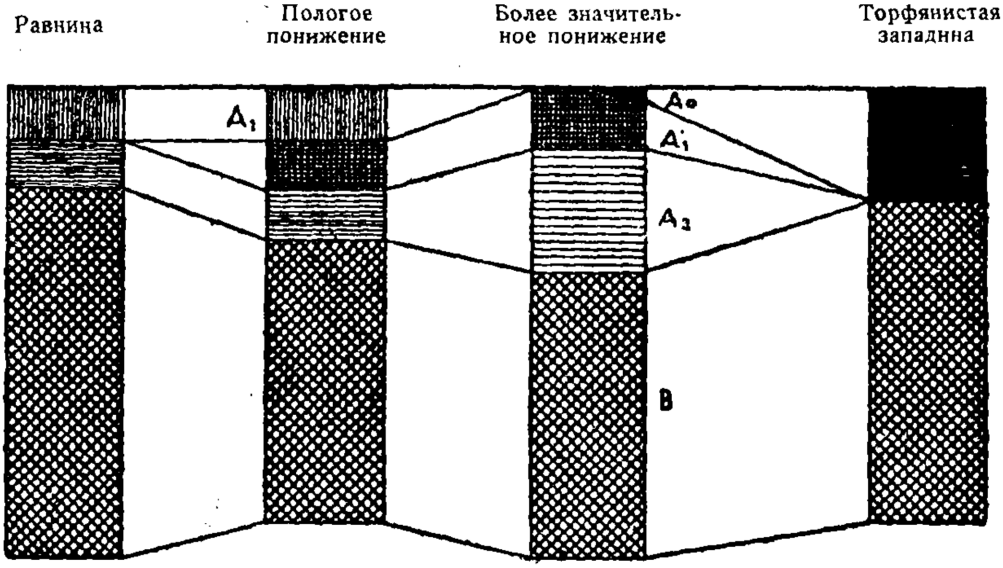



Рис. 6. Влияние микрорельефа на строение подзолистых почв Смоленской губ. по Тумину.

могут заполняться водой. В этой области легкие частицы песка поднимаются ветром в воздух, и в то время, как крупный песок катится по земле, мелкий песок и мельчайшие глинистые частицы переносятся по воздуху и могут попасть в воду котловин. Вместе с водой мельчайшие частицы песка и глины проникают вглубь почвы и где-нибудь остаются, образуя пленку, трудно проницаемую. Здесь начинают скопляться коллоидные вещества и получается более или менее мощная прослойка буроватого цвета. В свежем состоянии она довольно мягка, но на воздухе и особенно на солнце уже через 10 минут твердеет: повидимому, здесь происходит, при высыхании, переход золей кремнезема в жели. В лугово-подзолистых почвах предстепья можно наблюдать иногда, при близком стоянии грунтовых вод к поверхности, появление карбонатов в почвенном разрезе (Афанасьев).

Переходим теперь к вопросу о влиянии рельефа на строение подзолистых почв. Для подзолистых суглинков Смоленской губ. Тумин дает следующую схему постепенного перехода от почв ровных мест к почвам слабых западин, более глубоких западин и, наконец, торфянистых котловин (рис. 6). Для пояснения схемы укажем, что горизонт $A_1$

характеризуется автором следующим образом: „серый с белесыми пятнами и полосами. Слоистость ясно заметна, толщина слоиков 1 мм.; верхняя поверхность каждого слоика светлее нижней. В данном горизонте есть поры, но их мало. Конкреций очень незначительное количество". Горизонт $A_0$ представляет травяно-моховой покров или торфянистую массу. Остальные обозначения схемы соответствуют обозначениям данного выше разреза, описанного тем же исследователем.

Гориз. G торфянистой западины представляет светло-синеватый суглинок с белесыми пятнами и полосами кирпично-красного цвета. Кирпично-красные пятна идут до глубины 55 см., а ниже почти не встречаются.

Влияние микрорельефа в области песчанистых подзолистых почв было прослежено Захаровым в окрестностях Ленинграда. Схе-

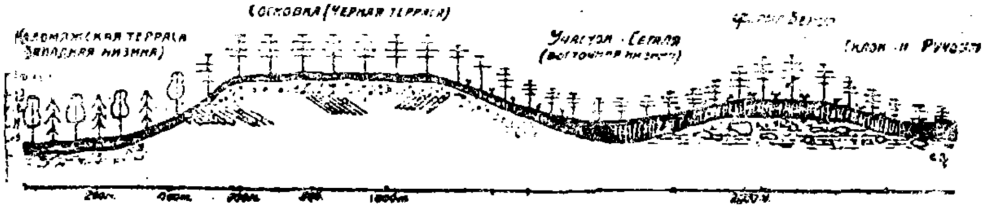


Рис. 7.

матический профиль местности, где производились исследования, изображается на прилагаемом чертеже (рис. 7).

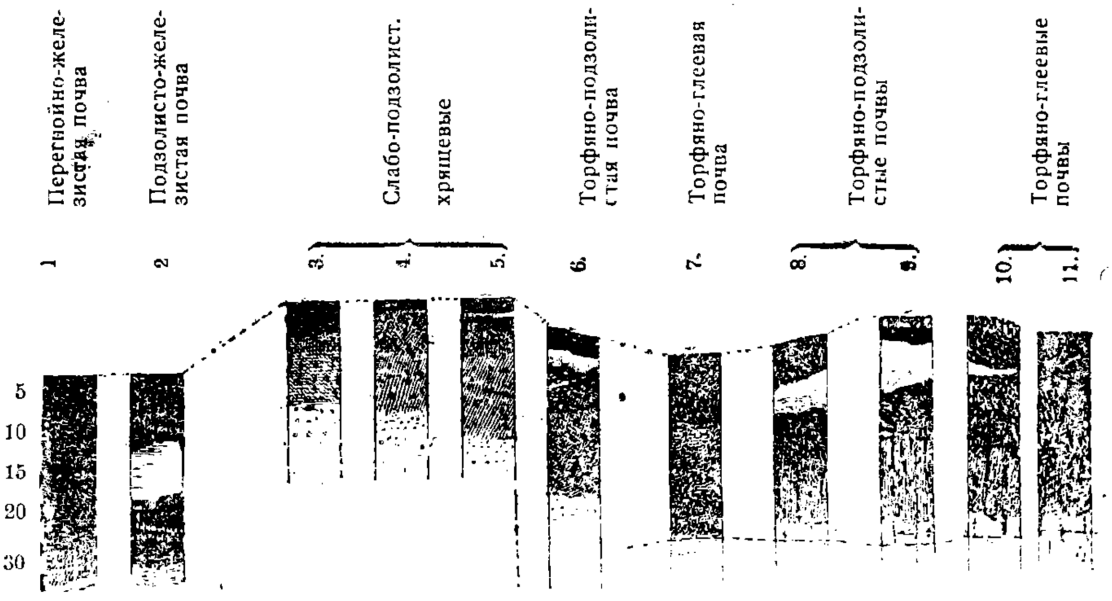



Рис. 8.

Схемы почвенных разрезов, соответствующие повышениям и понижениям местности, дают такую картину (рис. 8).

Приведем, заимствуя у Захарова, описание нескольких характерных разрезов, входящих в состав данной схемы.

Разрез № 4.

$A_1$. Верхний гумусовый горизонт, очень слабо развитый, темно-серый в сухом виде. Верхняя часть состоит из полуперегнивших растительных остатков. Кое-где слабые белесоватые прослоечки . . . . . 3 см.

$B_1$. Коричневато-серая масса с серыми пятнами перегнойных веществ 12 см.
$B_1$. Желтый песок с многочисленными пятнами ржавого цвета.

Разрез № 5, у края гряды.

$A_0$. Лесная подстилка . . . . . 2,5 см.
$A_1$. Перегнойный горизонт, плотный, слегка торфянистый . . . . . 1,5 „
$A_2$. Серопепельный, рыхлый, бесструктурный . . . . . 1 „
$B_1$. Коричиево-серый, рыхлый . . . . . 12 „
$B_1$. Хрящевато-гравельная масса, ржаво-желтая . . . . . 23 „
C. Розовато-серый хрящевато-гравельный нанос.

Разрез № 6.

$A_0$. Лесная подстилка с торфяно-моховым покровом . . . . . 3 см.
$A_1$. Черновато-серый перегнойный горизонт . . . . . 4 „
$A_2$. Серовато-пепельный, бесструктурный, рыхлый . . . . . 5 „
$B_1$. Темнокоричневый ортштейновый горизонт, довольно рыхлый . . . 11 „
$B_1$. Железистый ортштейиовый горизонт, рыжевато-желтой окраски . . . 27 „
C. Диагонально-слоистый розоватый песок.

Разрез № 10.

A. Перегнойно-торфянистый, черноватый, бесструктурный . . . . . 20 см.
$B_1$. Серо-коричневый, перегнойно-ортштейновый . . . . . 10 „
G. Сизовато-белый глеевый горнзонт.

Такова закономерность смены подзолистых почв под влиянием колебания рельефа или, иными словами, под влиянием изменения количества влаги, идущей на процессы почвообразования, а также под влиянием направления, по которому влага поступает в почву, т. е. имеем ли мы дело только с влагой, просачивающейся с поверхности и формирующей почвенные горизонты, или и с влагой, поднимающейся от уровня грунтовой воды и формирующей горизонты глеевые.

Большинство описанных разрезов, за исключением тех, которые представляли собой слабо-подзолистые (дерновые) почвы, принадлежат к категории подзолистых почв, которые характеризуются ортштейновыми образованиями. Эти последние, как мы видели, значительно отличаются своим внешним видом друг от друга прежде всего в зависимости от того, приурочиваются ли они к почвам песчаной или глинистой группы. У первых наблюдаются ортштейновые образования более или менее сплошного характера, в виде прослойков, слоев, дающих иногда отдельные карманы, прожилки и пр. У глинистых почв ортштейн является в виде отдельных конкреций округлой формы, диаметр которых колеблется от 1—2 мм. до сантиметра и даже несколько более.

Среди ортштейновых образований песчаных и супесчаных подзолистых почв еще Мюллер выделил прежде всего три основные группы:

A. Ортштейн, обязанный своим происхождением вмыванию[1]).

1. Глинистый ортштейн. Более или менее пористая и твердая смесь песку и глины серого цвета. Щелочи и кислоты не действуют.

2. Торфообразный ортштейн. Плотная землистая, или твердая черно-бурая, черная и голубовато-черная масса с белыми песчинками. Разрушается раствором щелочи; распадается на воздухе.

[1]) Мы употребили термин „вмывание" вместо принятого автором „Abschwemmung", так как по нашему мнению первый термин точнее определяет характер совершающегося здесь процесса. Вмывание глинистых частиц в подзолистых почвах принимал и A. Mayer. Landw. Versuchst. 1903, 58, p. 161.

B. Ортштейн, получившийся путем абсорбции.

3. Гумусовый ортштейн. Плотный, землистый или твердый желтовато-бурого или черно-бурого цвета. От действия щелочи распадается. Разбавленные кислоты слабо изменяют. Распадается на воздухе. Этот тип имеет две разновидности:

a) Железисто-гумусовый ортштейн. Содержит железа больше, чем подстилающий его горизонт.

b) Бедный железом гумусовый ортштейн. Содержит железа меньше, чем подстилающий его горизонт.

C. Ортштейи конкреционного происхождения (Durch Konkretion entstandener Ortstein).

4. Железистый песчаник.

5. Дерновая руда.

Мы полагаем, что собственно ортштейновые образования представляет только группа B. Третью группу не следует выделять в ортштейновые, во-первых, потому, что отнесенный к ней железистый песчаник не отличается существенно от ортштейнов предыдущих групп, а, во-вторых, потому, что дерновая руда имеет совершенно иное происхождение, чем ортштейн. Она, как это правильно отметил фан Беммелен, не является продуктом выделения из просачивающихся сверху вод, а продуктом, образуемым поднимающимися к поверхности подпочвенными водами.

Образуется ли ортштейн путем абсорбции (вторая группа Мюллера) или следует принять иной способ образования, мы пока не обсуждаем, отлагая этот вопрос до рассмотрения генезиса подзолистых почв вообще.

Раманн различает три формы ортштейна, а именно:

1. Branderde, образующий легко распадающуюся массу, богатую органическими веществами; залегает на небольших глубинах.

2. Ортштейн твердый, как камень, бурой до черной окраски, со средним содержанием органического вещества. Встречается преимущественно в северной Германии.

3. Буроватый или бурый ортштейн, очень твердый, содержащий небольшое количество органического вещества. Он обычно имеет большую мощность и перекрывается слоем менее твердого и темного ортштейна.

Прежде чем мы перейдем к химическим свойствам подзолистых почв, необходимо отметить, что ортштейновые образования встречаются далеко не во всех подзолистых почзах, и что те почвы, которые мы относим к категории просто подзолистых или слабоподзолистых (дернозых) почв, обычно созершенно не сопровождаются ясно развитыми ортштейновыми образованиями.

Следовательно, для образования ортштейновых разностей подзолистых почв требуются какие-то особые услозия, помимо условий, общих для развития подзолистых почв вообще. Каковы эти условия, мы увидим ниже, а теперь обратимся к химической характеристике подзолистых почв и остановимся прежде всего на химизме тех разностей, в которых отсутствует ортштейн. Мы располагаем следующими данными для подзолистых почв Якутской республики, развившихся из гранита и из близкой к диориту породы.

I. Подзол из гранита на Яблоновом хребте в бассейне р. Тунгира.

$A_1$. Торфянисто-перегнойный горизонт.

$A_2$. Белесый сплошной горизонт.

$B_1$. Буровато-желтый мелкоземистый горизонт.

C. Гранит.

Необходимо пояснить, что горизонт $B_1$ представляет не только механически измельченную массу гранита, в которую не попали более крупные зерна кварца, входящего в состав гранита, так как они менее, чем полевой шпат, обладающий хорошо выраженной спайностью, способны превращаться в порошок, но отчасти и иллювиальный горизонт. Для анализа горизонтов $A_1$, $A_2$ и $B_1$ взяты только мелкоземистые части последних, одних и тех же размеров, полученные путем отсеивания через одно и то же сито.

| | $A_1$ | $A_2$ | $B_1$ | C |
|---|---|---|---|---|
| $H_2O$ при 100° Ц. | 3,06% | 1,69% | 4,10% | 0,98% |
| Гумуса | 10,94 | 1,25 | 2,29 | — |
| Потери при прокал. | 12,78 | 5,02 | 6,00 | 1,21 |
| $SiO_2$ | 66,86 | 74,01 | 63,60 | 74,87 |
| $Al_2O_3$ | 13,38 | 13,78 | 17,10 | 13,82 |
| $Fe_2O_3$ | 1,71 | 1,95 | 4,50 | 1,92 |
| $Mn_3O_4$ | 0,04 | 0,04 | 0,08 | 0,04 |
| CaO | 1,38 | 0,92 | 0,69 | 0,63 |
| MgO | 0,14 | 0,13 | 0,45 | 0,40 |
| $K_2O$ | 2,36 | 2,28 | 4,12 | 3,96 |
| $Na_2O$ | 1,61 | 1,76 | 3,51 | 7,65 |
| Сумма | 100,26 | 99,89 | 100,05 | 99,50 |

Перечислив цифры на минеральное вещество, получаем:

| | $A_1$ | $A_2$ | $B_1$ | C |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 76,42% | 78,01% | 67,65% | 76,17% |
| $Al_2O_3$ | 15,29 | 14,52 | 18,19 | 14,06 |
| $Fe_2O_3$ | 1,98 | 2,05 | 4,78 | 1,95 |
| $Mn_3O_4$ | 0,04 | 0,04 | 0,08 | 0,04 |
| CaO | 1,57 | 0,97 | 0,73 | 0,64 |
| MgO | 0,16 | 0,13 | 0,47 | 0,40 |
| $K_2O$ | 2,69 | 2,40 | 4,38 | 4,03 |
| $Na_2O$ | 1,78 | 1,84 | 3,68 | 2,66 |

Из полученных цифр видно, что, несмотря на то, что из горизонтов $A_1$ и $A_2$ были удалены крупные зерна кварца, а гранит анализировался целиком, в составе первых двух горизонтов находим не только не меньше $SiO_2$, чем в граните, а даже больше (особенно в $A_2$). Очевидно, что из поверхностных горизонтов вынесена не только некоторая часть оснований, но и полуторных окислов [1]). Это особенно ясно из сравнения состава горизонтов $A_1$ и $A_2$ с $B_1$.

Так как в данном случае мы имели дело с породой, богатой кварцем, в силу чего могла образоваться значительная разница состава породы и ее мелкозема, то интересно проследить те изменения, которые подзолообразовательный процесс произвел в бескварцевой породе.

II. Подзол из породы, близкой к диориту (Яблоновый хребет, бассейн р. Тунгира) [2]).

$A_1$. — Торфянисто-перегнойный горизонт.
$A_2$. — Белесый сплошной горизоит.
B. — Буроватый мелкоземистый горизонт.
C. — Порода, близкая к диориту.

[1]) Известь иногда накопляется в поверхностных горизонтах в связи с большим содержанием гумуса и торфообразных частиц.

[2]) Оба образца были доставлены экспедицией Сукачева, входившей в состав экспедиций, командированных по инициативе Переселенческого Управления для изучения почв и растительности Азиатской России.

Как и предыдущем случае, анализировался мелкозем горизонтов $A_2$ и B. В горизонте $A_1$ определялись только гигроскопическая вода и потеря при прокаливании.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $H_2O$ при 100° Ц. . . . . | 7,55% | 2,58% | 3,48% | 0,89% |
| Гумуса . . . . . | — | 2,80 | 1,65 | — |
| Потери при прокал. . | 29,45 | 4,19 | 4,74 | 3,37 |
| $SiO_2$ . . . . . | — | 69,55 | 62,22 | 54,74 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | — | 14,96 | 17,93 | 21,28 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | — | 3,08 | 4,58 | 2,46 |
| FeO . . . . . | — | — | 1,85 | 6,38 |
| $Mn_3O_4$ . . . . . | — | сл. | 0,31 | 0,43 |
| CaO . . . . . | — | 1,62 | 2,08 | 5,65 |
| MgO . . . . . | — | 0,91 | 1,27 | 1,65 |
| $K_2O$ . . . . . | — | 2,15 | 2,01 | 0,71 |
| $Na_2O$ . . . . . | — | 2,57 | 2,81 | 2,75 |
| $P_2O_5$ . . . . . | — | 0,07 | 0,08 | 0,31 |
| Сумма . . . . . | | 99,10 | 99,91 | 99,77 |

Перечислив цифры на минеральное вещество, получаем:

| | $A_2$ | $B_1$ | C |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ . . . . . | 73,28% | 65,38% | 56,78% |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 15,76 | 18,84 | 22,07 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 3,24 | 4,81 | 2,55 |
| FeO . . . . . | — | 1,94 | 6,61 |
| $Mn_3O_4$ . . . . . | сл. | 0,32 | 0,44 |
| CaO . . . . . | 1,70 | 2,18 | 5,86 |
| MgO . . . . . | 0,95 | 1,33 | 1,72 |
| $K_2O$ . . . . . | 2,26 | 2,14 | 0,76 |
| $Na_2O$ . . . . . | 2,70 | 2,95 | 2,85 |

На этом примере ясно виден вынос полуторных окислов из горизонта $A_2$. Такова общая картина, которую дают анализы подзолистых почв даже в том случае, если они не содержат ортштейна. Горизонты $A_1$ и $A_2$ оба являются элювиальными, и происходящий в них процесс вымывания более или менее одинаков, несмотря на различие их морфологии, главным образом, цвета. Поэтому мы и обозначаем оба эти горизонта одной и той же буквой A. Горизонт $B_1$, напротив, является иллювиальным, так как в него вмыто кое-что из поверхностных горизонтов.

Еще резче это явление наблюдается там, где подзолистый процесс выражен наиболее ярко. В этих случаях призматические отдельности гориз. B, у которых поверхности разделяющих их трещин можно обособить, покрыты на этих поверхностях особыми корочками, чрезвычайно тонкозернистыми, содержащими 74,77% иловатых частиц (<0,01 мм.) и 36,96% тонкого ила (<0,001 мм.). Сам гориз. $B_1$ содержит 60,32% всего ила и в составе его 19,58% тонкого ила. Эти данные подкрепляются следующими химическими анализами (Геммерлинг):

| | Корочки | | | Структури. отдельн. гориз. $B_1$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $B'_1$ | $B''_1$ | $B'''_1$ | | | |
| | Почва № 10 | Почва № 18 | Почва № 17 | Почва № 10 | Почва № 18 | Почва № 17 |
| Потеря при прокалив. . . . . | — | — | — | — | 1,41% | 3,53% |
| $SiO_2$ . . . . . | 53,80% | 55,58% | 56,48% | 73,91% | 75,48 | 73,68 |

| | Корочки | | | Структурн. отдельн. гориз. $B_1$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $B'_1$ Почва № 10 | $B''_1$ Почва № 18 | $B'''_1$ Почва № 17 | Почва № 10 | Почва № 18 | Почва № 17 |
| $Al_2O_3+P_2O_5$ . . | 21,67 | 22,29 | 23,00 | 9,59 | 13,03 | 13,41 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 10,67 | 6,88 | 6,28 | 5,83 | 5,18 | 4,71 |
| $Mn_2O_4$ . . . . . | сл. | сл. | сл. | сл. | сл. | сл. |
| CaO . . . . . | 0,86 | 1,22 | 1,49 | 0,89 | 2,18 | 2,22 |
| MgO . . . . . | 2,38 | 2,04 | 1,93 | 1,44 | 1,33 | 1,43 |

Анализы указывают на большое скопление в корочках гориз. $B_1$ глинозема, однако, проба не обнаруживает в них свободных гидратов глинозема. Вывод из всех рассмотренных данных ясен: в горизонт $B_1$ вносятся из верхних горизонтов тончайшие иловатые частицы, которые, как мы уже знаем, значительно богаче глиноземом, чем крупнозернистые частицы.

Приведем теперь ряд аналитических данных для нескольких почв, вместе с их ортштейновыми образованиями. Для этой цели мы воспользуемся анализами Раманна для песчанистых подзолов Померании, анализами Туксена для датских песчанистых подзолов, анализами Гельбига (Мюнст) для подзолов Шварцвальда, образовавшихся из гранита, и анализами Геммерлинга для русских подзолов.

Все эти анализы дают, в общих чертах, одну и ту же картину: горизонт $A_2$ обеднен основаниями и полуторными окислами по сравнению с материнской породой, а ортштейн обогащается полуторными окислами и окислами марганца, тогда как количество оснований в нем не всегда увеличивается (исключение составляет иногда окись магния, о чем скажем еще ниже). Разлагаемость ортштейна в соляной кислоте заметно повышена по сравнению с разлагаемостью материнской породы, но и это касается опять-таки преимущественно полуторных окислов, окислов марганца, фосфорной, серной кислоты и кремнезема и сравнительно в меньшей степени оснований.

Анализы Раманна

| Составные части | Подзол с 1,5% гумуса | | | Ортштейн с 7,28% гумуса | | | Желтобурый песок под ортш. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Растворилось в HCl | Не растворилось | Всего | Растворилось в HCl | Не растворилось | Всего | Растворилось в HCl | Не растворилось | Всего |
| $K_2O$ . . . . . | 0,0076 | 0,618 | 0,626 | 0,0178 | 0,754 | 0,772 | 0,0085 | 1,103 | 1,117 |
| $Na_2O$ . . . . . | 0,0111 | 0,167 | 0,178 | 0,0033 | 0,360 | 0,363 | 0,0213 | 0,528 | 0,549 |
| CaO . . . . . | 0,0110 | 0,060 | 0,071 | 0,0194 | 0,170 | 0,189 | 0,0254 | 0,225 | 0,250 |
| MgO . . . . . | 0,0026 | 0,020 | 0,023 | 0,0137 | 0,028 | 0,042 | 0,0401 | 0,064 | 0,104 |
| $Mn_3O_4$ . . . . . | 0,0032 | 0,060 | 0,063 | 0,0044 | 0,047 | 0,051 | 0,0068 | 0,026 | 0,033 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 0,0964 | 0,450 | 0,546 | 0,1936 | 0,690 | 0,784 | 0,3448 | 0,760 | 1,105 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 0,0268 | 1,650 | 1,677 | 1,5256 | 2,320 | 3,845 | 0,4000 | 3,210 | 3,610 |
| $P_2O_5$ . . . . . | 0,0059 | 0,043 | 0,049 | 0,2966 | 0,042 | 0,338 | 0,0281 | 0,043 | 0,071 |
| Сумма . . . . . | 0,1646 | 2,068 | 2,233 | 2,0744 | 4,441 | 6,482 | 0,895 | 5,938 | 6,833 |

## Анализы Туксена (Дания)

| Растворилось в соляной кислоте | Торф | Подзолистый горизонт | Ортштейн | Матер. порода | Торф | Подзолистый горизонт | Ортштейн | Матер. порода |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_2O_5$ | 0,044 | 0,011 | 0,038 | 0,031 | 0,025 | 0,005 | 0,039 | 0,008 |
| $Al_2O_3$ | 0,218 | 0,265 | 0,170 | 1,695 | 0,382 | 0,086 | 0,804 | 0,191 |
| $Fe_2O_3$ | 0,451 | 0,182 | 3,720 | 1,462 | 0,142 | 0,053 | 0,791 | 0,632 |
| CaO | 0,088 | 0,007 | 0,096 | 0,039 | 0,038 | 0,008 | 0,007 | 0,006 |
| MgO | 0,053 | 0,005 | 0,032 | 0,040 | 0,009 | 0,009 | 0,005 | 0,002 |
| | 0,055 | 0,017 | 0,073 | 0,084 | 0,015 | 0,006 | 0,008 | 0,012 |
| $Na_2O$ | 0,032 | 0,005 | 0,037 | 0,021 | 0,006 | 0,005 | 0,008 | 0,004 |
| Сумма растворимых минеральных веществ | 0,941 | 0,492 | 4,166 | 3,372 | 0,613 | 0,172 | 1,672 | 0,855 |
| Общее содержание гумуса | 36,03 | 2,8 | 12,02 | 2,59 | 13,24 | 1,76 | 11,96 | 1,21 |

## Анализы Helbig'a

| | Валовой состав | | | Растворяется в HCl | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Подзол | Ортштейн | Матер. порода | Подзол | Ортштейн | Матер. порода |
| $SiO_2$ | 81,46% | 62,83% | 69,61% | 0,0969% | 2,2076% | 0,1178% |
| $Al_2O_3$ | 10,22 | 18,56 | 15,24 | 1,5399 | 12,2624 | 8,1492 |
| $Fe_2O_3$ | 1,38 | 4,80 | 2,33 | | 1,5688 | |
| MnO | 0,11 | 1,14 | 1,12 | 0,1055 | 0,5634 | 0,2363 |
| CaO | 0,17 | 0,78 | 0,97 | 0,1167 | 0,1819 | 0,1973 |
| MgO | 0,57 | 0,63 | 0,69 | 0,0624 | 0,3380 | 0,1421 |
| $K_2O$ | 3,90 | 4,48 | 5,20 | 0,0935 | 0,2062 | 0,2188 |
| $Na_2O$ | 3,64 | 4,63 | 5,47 | 0,1223 | 0,1591 | 0,0544 |
| $P_2O_5$ | 0,29 | 0,89 | 0,58 | 0,0282 | 0,1268 | 0,0920 |
| SO | — | — | — | 0,0491 | 0,2552 | 0,0522 |

Такие же результаты дают анализы подзолов с ортштейнами, произведенные Гельбигом, из которых видно, что в ортштейнах особенно резко повышается растворимость глинозема. К сожалению, в анализах Гельбига нет определений гумуса, что же касается потери при прокаливании, то она определяется такими цифрами:

Гранитные ортштейны { 1 . . . 23,38% ; 2 . . . 21,40

Песчаниковые ортштейны { 1 . . . 10,82 ; 2 . . . 3,57 ; 3 . . . 7,03

Из этих данных видно, что количество органического вещества иногда бывает очень невелико в ортштейнах.

Чрезвычайно интересен факт нахождения в последнее время в ортштейнах супесчаных подзолов бывш. Донской области палыгорскита (Полынов). Получается ли палыгорскит во всяком подзолистом процессе, или для этого необходимы некоторые специальные условия, пока недостаточно ясно.

Ортштейновые конкреции глинистых подзолов содержат также значительные количества полуторных окислов и окислов марганца. Определение этих групп в конкрециях подзолов Смоленской губ. по горизонтам почвы дало следующие результаты (Тумин):

| Гориз. | Глубина | $Fe_2O_3+Al_2O_3$ | $Mn_3O_4$ |
|---|---|---|---|
| $A_1$ | 2— 7 см. | 31,94% | 18,12% |
| $A_2$ | 16—21 „ | 23,73 | 2,46 |
| B | 60—65 „ | 25,46 | 5,06 |

Приведем анализы конкреций ортштейна в глинистых подзолах Биксада (Венгрия) параллельно с анализом гориз. $A_2$ тех же подзолов (Glinka, K.):

| | Гориз. $A_2$ | Ортштейн |
|---|---|---|
| Потеря при прок. | 5,30% | 6,45 |
| $SiO_2$ | 77,58 | 51,59 |
| $Al_2O_3$ | 11,99 | 10,67 |
| $Fe_2O_3$ | 2,88 | 14,49 |
| MnO | — | 12,93 |
| CaO | 0,81 | 1,91 |
| MgO | 0,61 | 0,93 |
| $K_2O$ | 0,95 | 1,13 |
| $Na_2O$ | 0,74 | 1,06 |
| Сумма | 100,86 | 101,09 |

Исследования Геммерлинга показали, что в ортштейновых конкрециях можно заподозрить присутствие небольших количеств гидратов окиси алюминия. Для выяснения этого вопроса исследователь обрабатывал ортштейн слабым раствором NaHO (3,5 гр. на литр воды). Навеска ортштейна бралась в 5 гр. и кипятилась полчаса с литром раствора. Мы приведем здесь несколько определений глинозема и кремнезема из щелочной вытяжки для ортштейна следующих почв:

1. Супесчаный подзол Московского у.
2. Глинистая торфяно-подзол. почва Звенигородского у. Москов. губ.
3. Суглинистый подзол из Сочи.

| №№ образц. | Первая обработка | | | Вторая обработка | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Гумус | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ |
| 1 | 1,83% | 0,197% | 1,977% | 0,55% | 0,502% |
| 2 | 1,79 | 0,785 | 1,629 | — | — |
| 3 | 0,94 | 1,284 | 1,284 | 1,151 | 0,906 |

При перечислении на минеральное вещество и отношения частиц $Al_2O_3 : SiO_2$ получается:

| $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Al_2O_3 : SiO_2$ | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Al_2O_3 : SiO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,201% | 2,014% | 1 : 0,17 | 0,560% | 0,513% | 1 : 1,85 |
| 0,799 | 1,659 | 1 : 0,82 | — | — | — |
| 1,377 | 2,223 | 1 : 0,99 | 1,162 | 0,915 | 1 : 2,15 |

Если принять во внимание только первую обработку и иметь в виду, что слабые растворы щелочи разлагают каолин так, что на 1 частицу $Al_2O_3$ приходится только 1,6—1,7 частиц $SiO_2$, то окажется, что максимальное количество гидрата глинозема не превышает 1,75%. Если ортштейн составляет $^1/_{10}$ часть всей почвы, его заключающей, то во всей почве % гидрата $Al_2O_3$ не превысит 0,175%. Это нужно

иметь в виду, чтобы не переоценить факта содержания гидрата глинозема в подзоле.

У подзолистых почв (торфянисто-подзолистых) с близкими глеевыми горизонтами полуторные окислы в ортштейновом горизонте $B_1$ склопляются в меньшем количестве, что можно видеть из следующих аналитических цифр [1]):

Вытяжка 10% HCl

| | Гориз. | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ |
|---|---|---|---|
| Суглинистый подзол Охтенского лесничества Ленинградской губ. | $A_1$ ( 7—10 см.) | 0,288 | 0,585 |
| | $A_2$ (11—14 „ ) | 0,186 | 0,214 |
| | $B_1$ (14—18 „ ) | 7,009 | 7,290 |
| | $B_1$ (20—30 „ ) | 2,815 | 1,053 |
| | C (85—95 „ ) | 2,048 | 1,911 |
| Подзолисто-глеевая почва оттуда же | $A_1$ (18—29 „ ) | 0,663 | 0,117 |
| | $A_2$ (29—35 „ ) | 0,926 | 0,254 |
| | $B_1$ (40—60 „ ) | 1,748 | 0,975 |
| | C (70—80 „ ) | 0,650 | 2,114 |

Анализы желтоподзолистых почв (Красюк) дают такие цифры:

| | $A_1$ | $A_2$ | B | G | Подстил. порода |
|---|---|---|---|---|---|
| Гумус . . . . . | 5,2% | 0,7% | 1,3% | 0,3% | — |
| Гигроск. $H_2O$ . . . . . | 1,9 | 0,7 | 1,2 | 0,9 | 1,7% |
| Потеря прок. . . . . | 6,2 | 1,6 | 3,6 | 2,3 | 2,0 |
| Химич. св. $H_2O$ . . . . | 0,9 | 0,2 | 2,3 | 1,9 | — |
| $SiO_2$ . . . . . | 74,8 | 79,9 | 72,8 | 73,3 | 71,6 |
| $Al_2O_3+P_2O_5$ . . . . . | 9,6 | 8,6 | 12,8 | 12,9 | 13,6 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 2,4 | 2,2 | 4,2 | 3,8 | 4,7 |

Из приведенных данных ясно, что обозначенный нами буквой G горизонт действительно является глеевым, а не подзолистым, как это и было отмечено раньше.

Как распределяется гумус по горизонтам подзолистой почвы и в ортштейновых конкрециях той же почвы, видно из следующей таблицы, относящейся к подзолистым суглинкам Смоленской губернии (Тумин):

| | | Почва | | Конкреции | |
|---|---|---|---|---|---|
| Глубина в см. | Горизонты почвы | Гумус | Потеря при прок. | Гумус | Потери при прок. |
| 2—7 | $A_1$ | 6,28% | 10,22% | 5,28% | 15,37% |
| 16—21 | $A_2$ | 0,595 | 1,98 | 1,57 | 6,02 |
| 27—32 | $B_1$ | 0,460 | 5,34 | 0,996 | 6,35 |
| 60—65 | $B_1$ | 0,258 | 5,55 | 0,66 | 6,47 |
| 100—105 | $B_1$ | 0,371 | 5,27 | 0,65 | 5,55 |
| 130—135 | C | 0,143 | 5,46 | 0.53 | 5,11 |

Для гумуса подзолистых почв является характерным резкий скачок при переходе от гориз. $A_1$ к гориз. $A_2$, а также нахождение второго небольшого максимума на некоторой глубине. Последнее явление не случайно, так как повторяется во всех анализах подзолистых почв Смоленской губ. В гумусе ортштейновых конкреций скачок также большой от гориз. $A_1$ к горизонту $A_2$, но менее резкий, чем для горизонтов самой почвы. Содержание гумуса, за исключением гориз. $A_1$, в конкрециях превышает содержание гумуса в самой почве.

[1]) Витынь; см. также работу Frosterus, B.

Чтобы закончить с химическими свойствами подзолистых почв, нам остается рассмотреть еще данные водных вытяжек, в которых обнаруживается ряд своеобразных свойств, первоначально отмеченных Захаровым, а именно: эти вытяжки имеют кислотную реакцию [1]), величина которой понижается по мере углубления. Органического вещества всегда переходит в вытяжку больше, чем минерального, при чем количество последнего по мере углубления падает. Все эти положения подтверждаются на приводимых ниже данных для подзолистой почвы из гранита Якутской республики.

| На 100 гр. возд. сухой почвы: | Гориз. $A_1$ | Гориз. $A_2$ | Гориз. $B_1$ |
|---|---|---|---|
| Цвет вытяжки | Желтов. | Оч. слабо желтов. | Бесцветн. |
| Кислотн. в граммах NaHO | 0,0064 | 0,0033 | 0,0017 |
| Сухой остаток | 0,0807 | 0,0480 | 0,0254 |
| Минер. веществ | 0,0139 | 0,0100 | 0,0082 |
| Потери при прок. | 0,0668 | 0,0380 | 0,0172 |
| $SiO_2$ | 0,0008 | 0,0016 | 0,0010 |
| $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ | 0,0038 | 0,0018 | 0,0008 |
| $CaO$ | 0,0014 | 0,0020 | 0,0015 |
| $MgO$ | 0,0001 | 0,0012 | 0,0008 |
| $K_2O$ | 0,0005 | 0,0005 | 0,0014 |
| $Na_2O$ | 0,0017 | 0,0010 | 0,0006 |
| $P_2O_5$ | 0,0002 | сл. | сл. |
| Cl | 0,0052 | 0,0019 | 0,0023 |
| $SO_3$ | 0,0013 | 0,0014 | 0,0010 |

Приведем данные водных вытяжек для лугово-подзолистых почв Зейско-Буреинского водораздела.

| | $A_1$ | $A_2$ | $B_1$ | $B_1$ | C |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0—15 см. | 15—25 см. | 25—45 см. | 45—65 см. | — |
| Сухого остат. | 0,0660 | 0,0404 | 0,0252 | 0,0222 | 0,0264 |
| Минер. вещ. | 0,0178 | 0,0118 | 0,0096 | 0,0116 | 0,0096 |
| Потери прок. | 0,0483 | 0,0286 | 0,0156 | 0,0106 | 0,0168 |
| $SiO_2$ | 0,0016 | 0,0016 | 0,0026 | 0,0015 | 0,0010 |
| $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ | 0,0041 | 0,0019 | 0,0012 | 0,0010 | 0,0010 |
| $CaO$ | 0,0048 | 0,0028 | 0,0020 | 0,0018 | 0,0030 |
| $MgO$ | сл. | сл. | — | 0,0003 | 0,0004 |
| $K_2O$ | 0,0011 | 0,0010 | 0,0011 | 0,0008 | 0,0007 |
| $Na_2O$ | 0,0028 | 0,0021 | 0,0016 | 0,0008 | 0,0011 |
| $P_2O_5$ | 0,0014 | сл. | едва зам. сл. | едва зам. сл. | едва зам. сл. |
| $SO_3$ | 0,0011 | едва зам. сл. | сл. | 0,0008 | 0,0009 |
| Cl | 0,0012 | 0,0018 | 0,0006 | 0,0014 | 0,0007 |

Цифры показывают, что лугово-подзолистые почвы обнаруживают те же свойства, что и лесные подзолистые; несколько больше лишь насыщенность основаниями, особенно кальцием.

Для подзолистых почв, помимо всех уже отмеченных признаков, характерна бедность поглощенными основаниями, в частности известью. Приведем несколько данных, полученных нами для различных подзолистых почв окрестностей Ленинграда.

---

[1]) Прежние определения кислотности очень грубы. Современные точные методы (см. кислотность почвенных растворов) показывают, что кислотность подзолистых почв (активная), выражаемая показателем $P_H$ (показатель концентрации водородных ионов), колеблется в пределах 3,5 — 6,8 для гориз. $A_1$.

| Наименование разностей | Горизонт | Глубина | CaO | MgO | P$_2$O$_5$ (по Годройцу) |
|---|---|---|---|---|---|
| Песчаный подзол | $A_1$ | 3—7 см. | сл. | сл. | 0,004 |
| | $A_2$ | 16—23 „ | нет | нет | 0,0005 |
| | $B_1$ | 41—55 „ | 0,014 | сл. | 0,0006 |
| | C | 76—81 „ | 0,060 | 0,004 | 0,0008 |
| Суглинистый подзол | $A_1$ | 5—10 „ | 0,085 | 0,046 | 0,0025 |
| | $A_2$ | 15—20 „ | 0,038 | 0,016 | 0,0005 |
| | $B_1$ | 40—50 „ | 0,091 | 0,066 | 0,0006 |
| Подзолистый суглинок | $A_1$ | 5—19 „ | 0,178 | 0,067 | 0,0005 |
| | $A_2$ | 21—28 „ | 0,059 | 0,040 | не опред. |
| | $B_1$ | 34—42 „ | 0,115 | 0,110 | — |
| Слабоподзолистый суглинок | $A_1$ | 10—20 „ | 0,365 | 0,095 | нет [1] |
| | $B_1$—C | 25—35 „ | 0,390 | 0,178 | — |
| Подзолисто-глеевый суглинок | $A_1$ | 0—10 „ | 0,528 | 0,143 | нет |
| | $A_2$—G | — | 0,192 | 0,090 | — |
| | G—C | — | 0,265 | 0,141 | — |

Прежде чем говорить о генезисе рассмотренных разностей подзолистых почв, которые мы называем первичными, остановимся еще на вторичных подзолистых почвах. Первичными мы называем такие, которые уже в начальных стадиях почвообразовательного процесса формировались по подзолистому типу [2]), вторичными—такие, которые раньше принадлежали другому типу почвообразования, а потом постепенно превращались в подзолистые почвы.

Из вторичных подзолистых почв прежде всего обратили на себя внимание так называемые лесные суглинки или серые лесные земли. На своеобразие этих последних впервые указал Плагге, главный садовник Казанского университета, о чем упоминается в известной работе Рупрехта о черноземе. Однако, ни Плагге, ни Рупрехт, ни другие исследователи, хорошо знавшие, что у нас в черноземной полосе зачастую нет чернозема под лесами (Борисяк, Леваковский), не останавливаются на своеобразной морфологии лесных почв. Этого вопроса впервые касается в 1883 г. Докучаев, а затем он подробнее разрабатывается участниками нижегородской и полтавской почвенных экспедиций. К вопросу о строении и структуре этих почв Докучаев вновь возвращается в 1888 г.

До работ Коржинского так называемые лесные суглинки, установленные Докучаевым, считались самостоятельным первичным почвенным образованием. Докучаев предполагал, что в степных областях одни пространства были отзечно заняты травянистой растительностью, а другие лесом. Под травянистой растительностью развивались черноземные почвы, а под лесом—„лесные суглинки".

От последнего термина в настоящее время следует отказаться в виду его неопределенности. С одной стороны, логично было бы

[1]) Показание „нет" не значит, что водородный ион отсутствует; количество его может не улавливаться этим методом.

[2]) Если в самом начале почвообразования в подзолистой зоне почва еще и не имеет внешнего облика подзолистой, тем не менее ее органическая составная часть должна обладать теми свойствами, которые присущи таковой же подзолистых почв, может быть в несколько ослабленной форме (бедность поглощенными основаниями, некоторая недосыщенность).

требовать, чтобы каждый суглинок из-под леса именовался лесным суглинком, но тогда в эту категорию попадут все суглинистые подзолистые почвы из-под леса, с другой же стороны, должны существовать и лесные супеси, которые также нужно каким-то образом включить в классификацию.

Поэтому мы предпочитаем вместо термина „лесной суглинок" употреблять название деградированный суглинок, параллельно с каковым существует, на равных основаниях, и деградированная супесь.

Дело в том, что Коржинский, исследуя северо-восточную границу чернозема, пришел к заключению, что так называемые „лесные суглинки" и некоторые другие подзолистые почвы представляют результат последовательного изменения чернозема под влиянием надвинувшегося на него леса; такое изменение чернозема и получило название деградации.

Взгляды Коржинского опытным путем подтвердил Костычев. Этот исследователь оперировал с черноземной почвой бывш. Екатеринославской губ. Навески почвы по 300 гр каждая помещались в два сосуда, слоем в 6 дюймов, при чем в одном из сосудов поверхность почвы покрывалась слоем опавших дубовых листьев в количестве 150 гр. После этого почвы поливались водой каждый раз в таком количестве, чтобы они не могли задержать всей воды, но чтобы часть последней проходила в поставленные под сосудами с почвой стаканы. Всего было употреблено для поливки:

В сосуде с покровом из листьев . . . . . 10.100 куб. см.
„ без покрова „ . . . . . 10.125 „ „

В стаканы фильтровались совершенно бесцветные растворы, из которых вскоре оседало белое вещество, оказавшееся углекислой известью. Опыты продолжались год; вода, прошедшая сквозь почву, выпаривалась в платиновых чашках и твердый остаток анализировался.

Результаты получились следующие:

| | В сухой почве % | В растворе из сосуда с листьями | Без листьев |
|---|---|---|---|
| | | Граммы | |
| Гумус . . . . . | 8,461 | | |
| Химич. связ. вода . . . | 3,258 | | |
| Потери при прокал. | 11,718 | 1,9012 | 1,2530 |
| Раствор. в HCl: | | | |
| $SiO_2$ (в растворе соды) | 16,508 | 0,3128 | 0,1705 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 6,337 | 0,2704 | 0,0204 |
| $Fe_2O_3$ . . . | 4,984 | | |
| $Mn_3O_4$ . | 0,234 | 0,1038 | 0,0219 |
| CaO . . . | 2,088 | 1,3569 | 1,7618 |
| MgO . . . . | 1,715 | 1,3483 | 0,3667 |
| $K_2O$ . . . | 0,736 | 0,0726 | 0,0496 |
| $Na_2O$ . | 0,103 | 0,0654 | 0,0593 |
| $P_2O_5$ | 0,168 | 0,0053 | сл. |
| $SO_3$ . | сл. | 0,0839 | 0,1611 |
| $CO_2$ . . . . . | 0,424 | — | — |
| Сумма растворим. . . | 24,938 | 3,6184 | 2,6113 |
| „ нераствор. . . | 63,344 | — | |

Промывая водой черноземную почву, Костычев достиг того, что через три года в ней осталось только 2,5% перегноя (вместо исходного количества в 8,46%). Оказалось, таким образом, что, повышая увлажнение черноземной почвы, можно получить серую, напоминающую цветом подзолистую, почву.

Несмотря на все эти данные, сущность процесса деградации оставалась не выясненной до последнего времени. Можно было только утверждать, что какую-то роль в процессе деградации играет повышенная влажность, появляющаяся в поверхностных горизонтах лесных почв, по сравнению со степными, но какова роль этой влажности, было неясно.

Прежде чем высказать свои соображения по этому вопросу, остановимся на тех наблюдениях, которые были произведены нами в пределах Воронежской губ. над деградацией супесчаных черноземных почв или черноземных супесей. Вся русская литература, посвященная характеристике деградированных почв, затрагивает обычно деградацию суглинистых черноземов, вопрос же о том, как совершается деградация супесчаных почв, оставляет открытым.

С деградацией черноземных супесей впервые пришлось ознакомиться при изучении почвенного покрова части Графского лесничества; здесь записано три разреза. В первом из них, около питомника, наблюдался такой профиль:

$A_1$. Однородной окраски, темносерая, во влажном состоянии почти черная, супесь. Мощность 47—50 см.

$A_1$. Ряд оторванных от предыдущего и разъединенных друг от друга гумусовых полос. Мощность около 40 см.

$A_2$. Почти белый песок. Мощность 35 см.

$B_1$. Вязкая красно-бурая глина с коричневыми примазками и темными гумусовыми пятнами. В верхней части неправильные гнезда песка с гумусовыми отсрочками. Мощность 30—35 см.

$B_2$. Горизонт скопления углесолей с журавчиками $CaCO_3$.

Во второй яме, за питомником, наблюдалась почти та же картина, что и в первой яме, только здесь слой песка оказался несколько более мощным. Глина обнаружилась на глубине 2 м. от поверхности, и в ней до глубины 3,2 м. карбонатов не встречено.

Позже в том же районе была заложена еще одна яма, в которой под сплошным гумусовым горизонтом черноземной супеси, мощностью около 50 см., оказалось три довольно широких гумусовых полосы, еще достаточно темной окраски, разделенных друг от друга слабо сероватой песчаной породой. Нижняя часть полосатой гумусовой толщи напоминает переливы так называемой муаровой ткани.

Особенно богатый материал по изучению деградации супесчаных почв доставили окрестности Воронежского Сельско-Хозяйственного Института, а именно территория фермы и, частью, соседнего села Подгорного. Этот район, расположенный на водоразделе Дон—Воронеж, сложен мощной свитой флювио-глациальных песков с прослойками и линзами глин, прикрытой на значительной площади бурой безвалунной глиной. Эта порода, однако, не покрывает сплошь район; ближайшие к рекам, особенно к Дону, участки остались без глинистой покрышки, и находящиеся здесь пески стали, по спаде ледниковых вод, развеваться, а по успокоении эолового процесса заселились травянистой растительностью, под которой и развились черноземные почвы. Позже эти последние были завоеваны лесом, а затем.

по истреблении леса, началось новое развевание, похоронившее местами деградированные супесчаные почвы.

Глубокие разрезы, заложенные на территории земель с. Подгорного и фермы Института моим покойным сыном Д. Глинка, обнаружили следующее строение современных и ископаемых почв:

I. В лесу у оврага (2-го) на пути из Подгорного в Ямное.

$A_1$. Мелкозернистый, серовато-темный, бесструктурный супесчаный горизонт. Мощность 26 см.

$A_2$. Белесовато-серый супесчаный. Мощность 13 см.

$A_1$ (ископ. почвы). Темный и связный, распадающийся в нижней части на отдельные пятна, потеки. Мощность 38 см.

$B_1C$. Бурый вязкий суглинок. Мощность 75 см.

Желтый песок.

II. Территория бывшего леса на пути от Подгорного к Задонскому шоссе; небольшой холмик.

$A_1$. Серый, бесструктурный, супесчаный. Мощность 23 см.

$A_2$. Белесый, но не сплошь, а пятнами, при чем вверху пятна крупные, а глубже мелкие. Явственно белесый на глубину 27 см., а глубже пятнист. Общая мощность 42 см.

$A_1$ (ископ. почвы). Темный, почти черный, довольно влажный и связный. Книзу пятнами и полосами, с более светлыми промежуткамн. Общая мощность до 100 см.

$B_1$. Буро-желтый супесчаный. Мощность 100 см.

$B_2C$. Желтая, весьма связная глина, вскипающая на глубине 290 см. от поверхности.

III. На территории фермы Института, под лесом.

$A_0$. Лесная подстилка, преимущественно из дубовых листьев. Мощность 1—2 см.

$A_1$. Темный, супесчаный, влажный; по высыханин сереет. Мощность 8 см.

$A_2$. Более светлый, оподзоленный. Мощность 8—9 см.

$A_2$ (ископ. почвы). Темный, сплошной окраски до глубины 32 см. от конца предыдущего горизонта.

$A_1-A_2$. Чередование гумусовых полосок.

$B_1$. Желтый суглинок с бурыми пятнами.

Кроме описанных разрезов, на той же территории имеется и еще ряд аналогичных профилей. Сопоставляя их, нетрудно притти к заключению, что, при начальных фазах деградации черноземных супесей, нижняя часть гумусового горизонта последних расслаивается на небольшое количество (две-три) широких гумусовых полос, иначе говоря, гумус нижних горизонтов почвы становится более подвижным и начинает постепенно вмываться в глубину. Существующие в литературе наблюдения над деградацией суглинистых черноземов говорят о том, что и здесь посветление гумусового оттенка прежде всего проявляется в нижних частях гумусового горизонта, но не вполне было ясно, почему именно там получается посветление.

Из ряда профилей на территории фермы Воронежского Института ясно, что в дальнейшем деградация черноземных супесей идет так, что толстые гумусовые полосы разбиваются на ряды более тонких полосок, которые вмываются все глубже и глубже. Получается зебровидная поверхность нижней части гумусового горизонта, имеющая значительную мощность. Еще позже значительная часть бывшего сплошного гумусового горизонта превращается в систему тонких, несколько извилистых, иногда пересекающихся в отдельных участках гумусовых полосок. Наконец, гумусовые полоски, вмываясь глубже, начинают терять свою гумусовую окраску и приобретают

буроватый железистый оттенок; получаются, в конечном итоге, образования, которые были названы Высоцким псевдофибрами.

В супесчаных почвах, где молекулярные и коллоидные растворы передвигаются вглубь более или менее равномерно во всех точках профиля, вмывание гумуса выражается в отслаивании более или менее параллельных друг другу полос; в почвах суглинистых это вмывание обнаруживается в виде отдельных, разрозненных гумусовых пятен на разных глубинах. Внимательно исследуя профили деградированных суглинков, можно притти к заключению, что видимые следы гумуса в этих почвах наблюдаются, в общем, на больших глубинах, чем в соседнем черноземе. Они выражаются не только в форме темных пятен, но и в форме тех темнобурых глянцевитых налетов, которые наблюдаются на поверхностях призматических отдельностей горизонта $B_1$ и на которые было обращено внимание еще Богословским. При осторожном прокаливании кусочков гор. $B_1$ с глянцевитыми бурыми налетами наблюдается потемнение (обугливание) этих последних. После сильного прокаливания поверхности с налетами получают более яркую красную окраску, чем соседние участки без таких налетов. Это показывает, что в бурых налетах, кроме веществ гумуса, присутствуют в несколько больших количествах, чем в остальной массе горизонта $B_1$, гидраты окиси железа.

Чем же объясняется усиление подвижности гумуса при явлениях деградации? Мы полагаем, что ответ на этот вопрос имелся еще в опытах Костычева, но при тогдашнем развитии науки он оставался скрытым. Выше мы уже отметили, что в стаканах, куда стекали промывные воды, оказался осадок углекислой извести. Так как в почве ее не было, то, очевидно, она образовалась за счет вымывания поглощенного почвой кальция. Из работы Захарова и целого ряда позднейших аналитических исследований известно, что среди оснований, переходящих в водную вытяжку из черноземных почв, на первом месте по количеству стоит известь. Опыты Гедройца с замещением поглощенных черноземной почвой оснований указывают на особенное богатство чернозема поглощенным кальцием.

Нет никакого сомнения в том, что гумус, потерявший значительное количество связанной им извести, приобретает большую дисперсность и поэтому способен легче переходить в золеобразное состояние и легче вымываться. Такого же мнения держится и Соколовский. О том же говорит Гиссинк в появившейся в 1922 г. работе, где мы встречаем следующие строки: „нарушение коллоидного равновесия в почве происходит существенным образом от того, что благодаря вымыванию сначала $CaCO_3$, а затем (или, может быть, одновременно, при малых количествах $CaCO_3$) и части абсорптивно связанных оснований (в первую голову извести и магнезии) почвенные жели переходят в суспензии, золи и настоящие растворы. В почвенных водах тогда появляются во взмученном состоянии частицы глины, золи окислов железа, возможно также золи глинозема и кремнезема и, может быть, настоящие гумусовые растворы и углесоль закиси железа. Все это, вместе с почвенной водой, опускается в глубину". Далее Гиссинк останавливается и на выяснении причин, почему на некоторой глубине в почве все эти золи, суспензии и пр. выпадают. Причинами, по его мнению, могут служить более сухие горизонты, лишенные влаги с помощью корневой системы растений, встречаемой мутными почвенными водами на некоторой глубине, присутствие электролитов, а может быть и тонко-капиллярная структура более глубоких слоев.

По нашему мнению, выпадение суспензий и желей происходит там, где гравитационная вода начинает переходить в молекулярную.

Таким образом, процесс деградации есть нарушение коллоидного равновесия со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Как известно, процесс этот протекает вплоть до образования типичной подзолистой почвы (подзола), что можно проследить на небольшом участке опытного поля частного земледелия Воронежского Сельско-Хозяйственного Института. Этот участок представляет, в общем, довольно ровную площадь с несколькими то мелкими, то более глубокими западинами. Западная его часть покрыта темными деградированными суглинками такого строения:

$A_1$. Бесструктурный в верхней части, глубже ясно зернистый, темносерый. Мощность 32 см.

$A_2$. Ореховатый. Более светлого оттенка горизонт, с явственной подзолистой „присыпкой" на поверхностях „орехов"[1]). Мощность 20 см.

$B_1$ Бурый, вязкий иллювиальный горизонт, почти весь прокрашенный гумусом. Структура призматическая. Мощность 38 см.

$B_1'$. Более желтого оттенка, бесструктурный. Мощность 33 см.

$B_2$. Карбонатный горизонт. Вскипание с глубины 123 см.

C. Бурая безвалунная глина.

Типичным признаком этой стадии деградации[2]) является прокрашивание гумусом горизонта $B_1$. Этот признак темных деградированных суглинков был впервые установлен Флоровым при исследовании почв Киевской губ.

В восточной половине опытного поля преобладает следующая стадия деградации—светлые деградированные суглинки, имеющие такое строение:

$A_1'$. Разрушен распашкой и распылен, а потому бесструктурный. Светлосерого цвета. Мощность 14 см.

$A_1''$. Зернистый, ясно оподзоленный. Мощность 15 см.

$A_2$. Ореховатый горизонт с ясно выраженной подзолистой присыпкой на орехах. В профили видны ясные белесоватые пятна и пятнышки. Мощность 16 см.

$A_2$—$B_1$. Переходный горизонт. Структура промежуточная между ореховатой и призматической. Мощность 7 см.

$B_1$. Плотный, коричнево-бурый, с ясными коричневыми глянцевитыми потеками на гранях призматических отдельностей. Местами остатки полуразрушенных кротовин и полуразложенных древесных корней. Мощность 52 см.

$B_1'$. Желтобурый, почти бесструктурный. Коричневые потеки кое-где наблюдаются. Нередки ходы корней, заполненные материалом, окрашенным гумусом. Мощность 51 см.

$B_2$. Карбонатный горизонт. Вскипание с глубины 155 см., заметные выделения карбонатов со 157 см.

По неглубоким котловинкам восточной части опытного поля процесс деградации пошел еще дальше, и почва здесь приобретает следующий вид:

$A_1$. Светлосерый, бесструктурный. Мощность 12 см.

$A_2'$. Сильно оподзоленный, почти белый в сухом состоянии. Ясно пластинчатого сложения. Мощность 13 см.

$A_2''$. Сильно оподзоленный, ореховатой структуры. Мощность 15 см.

---

[1]) „Орехи"—это крупнозернистые, но обмытые, остроребериые отдельности.

[2]) Темные деградированные суглинки являются второй стадией деградации. Первую представляют деградированные черноземы, о которых будет сказано ниже.

$A_2$—$B_1$. Переходный, крупно-ореховатой структуры; с белесыми пятнами. Мощность 8 см.

$B_1$. Коричнево-бурый с необычайно большим количеством коричневых глянцевитых примазок, пронизывающих весь горизонт. Книзу они делаются реже, однако, заметны вплоть до горизонта вскипания. В верхней части $B_1$ встречаются подзолистые пятна. Мощность 60 см.

$B_1'$—$B_2$. Более желтого оттенка и менее структурный. Мощность 54 см.; вскипание с глубины 162 см.

В более глубоких западинках той же восточной части поля залегают вполне обесструктуренные почвы, т. е. настоящие подзолы (вторичные). Во влажном состоянии эти почвы кажутся сверху и даже во всей толще гумусового горизонта темными, почти черными. При высыхании те же горизонты становятся светлосерыми, почти белесыми. До глубины 29 см. масса рыхлая, бесструктурная, почти однородная. Правда, нижние части поверхностного горизонта имеют слабо выраженную слоеватость. Следующий гумусовый горизонт ($A_2$) несколько более связный, но структуры в нем не наблюдается. Подстилающий гумусовую толщу бурый иллювиальный горизонт ($B_1$), хотя и имеет коричневые протеки, но они не так бросаются в глаза, как в предыдущих разрезах. Эти протеки как бы рассосались, распределились по толще более значительной мощности. Общая мощность А+В=155 см., а глубже идут чередующиеся через каждые 15—20 см. слои глинистого или рыхлого, сильно влажного песка со слоями глины. Вскипание на глубине 230 см. В верхних частях гор. $B_1$ резко выражены подзолистые пятна.

Все сообщенные до сих пор наблюдения позволяют утверждать, что и вообще подзолистый процесс, в своей основе, есть не что иное, как вынос из поверхностных горизонтов подвижных золей гумуса, мало насыщенного здесь кальцием, а под его защитой и тонких минеральных суспензий и отложение таковых суспензий в горизонте $B_1$ вместе с небольшими количествами перегноя.

Что же такое представляет так называемая присыпка или родственный ей белесый подзолистый горизонт? С нашей точки зрения присыпка, это—тончайший кварцевый песок, остающийся на поверхности глинистых комочков после отмывания с этой поверхности еще более тонких глинистых частиц, и гидратов окиси железа. Она представляет таким образом как бы остаток отмучивания.

Некогда считали присыпку той вторичной кремнекислотой, которая получается при разложении кислотами гумуса силикатов и алюмосиликатов. Если бы кремнекислота являлась действительно продуктом кислотной обработки почвенных силикатов, то прежде всего следовало бы ожидать в подзолистых почвах заметного количества кремнезема, растворимого в едких и углекислых щелочах. Опыты показывают, однако, что растворимой кремнекислоты в подзолах не больше того, что можно получить, действуя теми же реактивами на тонко измельченный порошок кварца.

Помимо этого, если бы действительно весь кремнезем подзолистой присыпки или подзолистого горизонта представлял остаток от разложения силикатов и алюмосиликатов, то мы должны были бы в горизонте $B_1$ перзично-подзолистой или деградированной почвы найти значительное количество свободных гидратов глинозема, но таковых в нем не оказывается, что подтверждается приведенными ранее анализами Геммерлинга. Если в ортштейне, по данным того же исследования, и находится небольшое количество гидратов

глинозема, то не следует при этом забывать, что глинозем может входить в состав золы растений и что при минерализации остатков последних он должен получиться в тонко раздробленном состоянии, а потому легко передвигаться.

Нельзя, конечно, целиком отрицать возможности кислотного разложения в подзолах, так как последние содержат слабые органические кислоты, но концентрация этих кислот, судя по величинам концентрации водородных ионов ($P_н$ от 3,5 до 6), настолько мала, что особенно больших размеров кислотного разложения ожидать нельзя. Если бы даже весь свободный глинозем подзола представлял результат этого процесса, то ему должны были бы соответствовать очень небольшие количества кремнезема, а между тем анализ определяет в подзолах десятки процентов кремнезема.

Таким образом, мы еще раз должны подчеркнуть, что существенную роль в подзолообразовании играют процессы вымывания и вмывания коллоидов и суспензий, а кислотное разложение представляет лишь слабый сопутствующий процесс.

Над образованием ортштейна в подзолистых почвах мы здесь можем не останавливаться, отсылая читателя к опытам Аарнио, описанным в главе о механическом составе почвы, а отметим лишь, как это отчасти уже явствовало из описаний профилей подзолов, что в песчаных подзолах ортштейн образует целые прослойки, тогда как в глинистых встречается в форме конкреций (бобовинок, горошин). Происходит это потому, что в песчаных почвах просачивание коллоидных растворов идет более или менее равномерно во всей толще породы, тогда как в глинистых этого быть не может.

Чтобы закончить с подзолистым процессом, остается еще рассмотреть вопрос о том, почему в подзолистых горизонтах ($A_2$) глинистых и суглинистых почв появляется слоистое сложение. Если принять наше толкование подзолистого процесса, то будет ясно, что в горизонте наиболее резкого вымывания должно происходить перераспределение частиц. Это последнее несколько напоминает тот процесс, который наблюдается в мутных лужах на земной поверхности.

Вернемся теперь к процессам деградации. Из предыдущего ясно, что всякое увеличение количества влаги, притекающей к почве черноземного типа, должно вызывать ее деградацию, независимо от того, совершается ли это при помощи леса или без него. И действительно, иногда в глубоких котловинках среди чернозема, если грунтовые воды относительно глубоки, можно наблюдать значительно оподзоленные почвы.

Изучая летом 1922 г. почвенный покров полей Рамонской свеклосахарной опытной станции (Воронежской губ.), мы нашли в довольно широкой котловине среди мощного чернозема почву такого строения [1]):

$A_1$. Однородной окраски, мелкокрупчатый, темный. Мощность 73 см.

$A_1$. Более буроватого оттенка; структурность выражена слабее. Мощность 18 см.

$A_2$. Оподзоленный горизонт. Подзолистость возрастает в глубину и делается книзу резкой. Мощность 48 см.

$B_1$. Бурый иллювиальный горизонт, в который заходят подзолистые протеки. В нем найдены деградированные кротовины. До 180 см. вскипания нет.

Насколько быстро идут под лесом процессы деградации, показывают следующие наблюдения (Тумин): тридцать с небольшим лет тому назад, по идее Докучаева, были произведены лесные посадки в виде полос в Каменной степи Воронежской губ. Изучение почв

[1]) То же отмечено Понагайбо для Полтавской губ.

под этими посадками и в их ближайшем соседстве через тридцать лет показало, что местный обыкновенный чернозем очень заметно изменил свою физиономию, особенно под посадками. Он, правда, не превратился в одну из разновидностей деградированных почв, описанных нами выше, но перешел в так называемый выщелоченный чернозем, свойственный более влажным районам, чем обыкновенный.




Рис. 9.

Первой фазой деградации, как уже было отмечено выше, считают обычно деградированный чернозем (рис. 9). У этой разности верхняя, достаточно мощная часть гумусового горизонта на глаз кажется совершенно не измененной, а в нижней его части появляются серовато-белесые оттенки. При этом углекислая известь вымыта из горизонта, непосредственно подстилающего гумусовый, и начинает образоваться горизонт $B_1$. По данным Тумина для Тамбовской губер., структура $A_1$ вначале чечевичатая, глубже ореховатая, а затем зернисто-комковатая. Вскипание глубже 150 см.

Деградированный чернозем представляет переход от лесных подзолистых почв к черноземным.

Переход к тем же черноземным почвам от лугово-подзолистых идет через так называемые черноземовидные почвы. Это почвы степных лугов, содержащих смешанную лугово-степную флору. В них можно наблюдать и некоторые признаки подзолистых почв (сероватые оттенки нижних частей гумусового горизонта дробовидные ортштейновые конкреции) и некоторые признаки степных почв. Таковыми являются карбонатные горизонты, по своему характеру, однако, ближе напоминающие таковые же не чернозема, а карбонатно-солончаковатых почв (см. главу о солончаках).

Остановимся теперь на химических свойствах группы деградированных почв.

Для деградированных суглинков Полтавского у. Георгиевским получены следующие данные (валовой анализ):

| | Потеря при прок. | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $CaCO_3$ | $MgCO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Гориз. $A_1$ | 8,41% | 73,6% | 10,36% | 3,01% | 1,39% | не опр. | — | — |
| „ $A_2$ (ореховат.) | 7,56 | 71,54 | 11,05 | 3,17 | 1,54 | 0,64 | — | — |
| „ $B_1$ (красно-бурый) | 8,42 | 70,11 | **11,84** | **3,54** | 1,07 | 0,95 | — | — |
| „ $B_2$ (мергелистый) | — | — | — | — | — | — | 1,36 | 23,94 |
| „ C (неизмен. лёсс) | 6,35 | 75,84 | 10,35 | 1,92 | 1,83 | 0,54 | 9,03 | 2,7 |

Та же картина получается у Богословского для красно-бурого гориз. $B_1$ деградированного суглинка Тульской губернии.

| | Потеря при прок. | Гигроскоп. вода | Гумус | $CO_2$ | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O+Na_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Красно-бурый гориз. $B_1$ с глубины 1—2 м. от поверхности | 7,83% | 3,79% | 0,49 | 0,0 | 69,49 | **12,60** | **5,25** | 2,63 | 0,48 | 2,38 |
| Неизмен. лёсс | 7,81 | 1,68 | 0,29 | 3,46 | 70,51 | 11,38 | 2,50 | 4,14 | 1,60 | 2,50 |

Солянокислая вытяжка, произведенная в лаборатории Коссовича над деградированным суглинком из Курской губ., дала следующие результаты:

| | Гумус | N | $P_2O_5$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Гориз. $A_1$ (10—15 см.) . . . . | 3,02 | 0,13 | 0,07 | 0,92 | 0,98 | 0,29 | 0,22 | 0,14 | 0,07 |
| „ $A_2$ (30—45 „) . . . . | 0,51 | 0,03 | 0,07 | 1,14 | 0,92 | 0,18 | 0,21 | 0,11 | 0,04 |
| „ $B_1$ (60—97 „) . . . . | 0,34 | 0,03 | 0,10 | **3,47** | **2,46** | 0,33 | 0,49 | 0,36 | 0,11 |

К сожалению, в этом анализе не хватает горизонта С, но характер гориз. $B_1$ выражается совершенно определенно.

Из приведенных данных ясно, что гориз. $B_1$ (красно-бурый) является наиболее обогащенным полуторными окислами и обедненным кремнеземом, как это наблюдается и в первичных подзолистых почвах.

Что касается количества гумуса в деградированных почвах, то оно колеблется в известной мере, соответственно колебанию содержания гумуса в черноземных почвах того района, где взят образец деградированного суглинка, и в связи с интенсивностью процесса деградации. Так, в Полтавской губернии, где % гумуса в черноземах, в среднем, невысок, горизонт $A_1$ деградированных суглинков содержит от 2 до 4% гумуса, при чем замечено, что в образцах почв, взятых непосредственно из-под леса, количество гумуса всегда выше, чем в почвах, уже находившихся в культуре. Те же соотношения наблюдаются, впрочем, и для всех подзолистых почв, и вообще распашка является, повидимому, и для других почвенных типов причиной, ведущей к уменьшению гумуса (Панков, М.). В деградированных суглинках Орловской губ., где черноземы содержат от 6 до 10% гумуса, определяется от 2,5 до 5—6% гумуса, при чем максимальные количества соответствуют разностям, приближающимся к деградированным черноземам, а минимальные—разностям, приближающимся к подзолистым почвам.

Растворимость гумуса деградированных суглинков в воде довольно высока; так, анализы Лесневского дают для горизонта $A_1$ величину $^1/_{44}$, а для гориз. $A_2$—даже $^1/_{20}$, т. е. в первом случае в раствор переходит немного более 2% всего гумуса почвы, а во втором—5%. Для типичных подзолистых почв растворимость гумуса определяется в среднем для гориз. $A_1$—$^1/_{30}$, а для горизонта $A_2$—$^1/_{12}$—$^1/_{10}$, т. е. растворимость гумуса в деградированных суглинках несколько понижена по сравнению с типичными подзолистыми почвами.

Количество гумуса в почвенном разрезе деградированных суглинков не падает такими резкими скачками по направлению сверху вниз, как это наблюдалось в первичных подзолистых почвах. По данным Богословского, в деградированном суглинке Горбатовского у. Нижегородской губернии наблюдается следующее распределение гумуса в вертикальном направлении:

| | | |
|---|---|---|
| Поверхностный горнз. | 2,18% | % убыли |
| На глубине 16—19 см. | 1,93% . . . . . | 11,4% |
| „ „ 26—27 „ | 1,50% . . . . . | 22,2% |

Водные вытяжки из деградированных суглинков, по данным Захарова, обнаруживают слабо-кислый характер горизонта $A_1$. В глубину кислотность [1]), как и у подзолистых почв, ослабевает, реакция становится нейтральной, а глубже, еще, повидимому, в пределах горизонта В, делается слабо-щелочной. Количество переходящего в раствор органического вещества в горизонте А больше, чем

[1]) Определения по старым, мало точным методам.

количество минерального вещества. В более глубоких горизонтах минеральное вещество начинает брать перевес над органическим.

Сказанное иллюстрируется нижеследующими аналитическими данными Захарова, относящимися к образцам деградированных суглинков из дер. Алешни Рязанской губ. (I) и из Диканьки Полтавской губ. (II). Последний образец представляет темную разность, а первый— светлую разность деградированных суглинков.

100 ч. сухой почвы содержат:

| | Глубина взятия пробы в см. | Цвет вытяжки | Сухой остат. | Прокал. ост. | Потеря при прокалив. | Кислотн. (NaHO) | Щелочн. $\frac{1}{2}(HCO_3)$, | Cl | $SO_3$ | $SiO_2$ | CaO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. | 10—15 | буроват. | 0,0947 | 0,0245 | 0,0702 | 0,0036 | — | 0,0046 | 0,0037 | 0,0024 | — |
| | 58—63 | бесцвет. | 0,0340 | 0,0132 | 0,0209 | нейтральн. | | 0,0045 | 0,0014 | 0,0040 | 0,0074 |
| II. | 0—22 | буроват. | 0,0901 | 0,0227 | 0,0674 | 0,0010 | — | — | — | — | — |
| | 133—152 | бесцвет. | 0,0522 | 0,0329 | 0,0193 | — | 0,0495 | 0,0058 | 0,0053 | 0,0038 | 0,0174 |

О поглощенных основаниях деградированных суглинков Арского кантона Татреспублики Тюрин дает следующие данные:

Слоисто-ореховатые (плитчато-ореховатые по Тюрину) суглинки.

| № 128 | Гориз. | | CaO | MgO |
|---|---|---|---|---|
| | $A_1$ | 0—15 см. | 0,42 | 0,67 Гумуса 3,60% |
| | $A_2$ | 18—25 „ | 0,23 | 0,06 |
| | $B_1$ | 50—60 „ | 0,60 | 0,16 |
| | C | 90—100 „ | 0,50 | 0,15 |

Светлосерый деградированный суглинок (на сером мергеле).

| № 66 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $A_1$ | 0—15 „ | 0,87 | 0,19 |
| | $A_2$ | 15—30 „ | 0,44 | 0,18 |
| | $B_1$ | 40—50 „ | 0,69 | 0,14 |

У почв подзолистой группы, развившихся в районах с породами, богатыми углекислой известью, горизонт $B_1$ обычно имеет красно-бурый цвет, который выражен тем яснее, чем слабее развиты гумусовые горизонты. К этой категории мы причисляем отчасти и так называемые буроземы Раманна. Последние нам пришлось изучать в окрестностях Будапешта, близ сел. Шоймар (Solymar), где они залегают на лессе, и пришлось убедиться в том, что местные буроземы должны быть отнесены к категории подзолистых почв. Там, где на этих почвах находится лес, оподзоленные гумусовые горизонты еще ясно различимы, под ними же залегает более плотный красно-бурый горизонт ($B_1$). Там, где эти почвы распаханы, слабо выраженные горизонты $A_1$ и $A_2$ смешаны с горизонтом B, и почвы уже с поверхности отличаются красновато-бурой окраской; следы подзолообразовательных процессов заметны только по котловинкам.

Эти почвы ближе всего напоминают подзолистые почвы окрестностей Ново-Александрии, развившиеся на лессе; в последнем случае только процессы оподзоливания и выщелачивания выражены более определенно. Остановимся на характеристике одного из разрезов ново-александрийских почв, сделанного в вершине лессового оврага, между д.д. Влостовице и Сковешин (Глинка, К).

1. Светлосерый гумусовый горизонт подзолистой почвы ($A_1$) . . . 30 см.
2. Белесо-серый, равномерно оподзоленный ($A_2$) . . . . . 18 „
3. Оподзоленность выступает пятнами на основном красновато-буром фоне ($A_2$) . . . . . 12 „
4. Красновато-бурый плотный и вязкий горизонт, резко выделяющийся по консистенции от всех остальных горизонтов описываемого профиля. В нем иногда появляются мягкие темные пятнышки и реже белесые пятна и прожилки ($B_1$) . . . . . 38 „
5. Белесые пятна и прожилки начинают постепенно вытеснять красно-бурую плотную массу . . . . . 30 „
6. Красно-бурая масса выступает только в форме тонких прослойков, а вся толща горизонта заполнена белесой рыхлой массой, имеющей ложную слоеватость. Масса эта того же состава, как пятна и прожилки предыдущего горизонта . . . . . 36 „
7. Ложная слоеватость исчезает; разрез приобретает во всех своих частях более или менее однородный сероватый оттенок, но на сером фоне появляются ясно выделяющиеся темные пятнышки или пятна с неопределенными, расплывчатыми очертаниями . 45—47 „
8. Узкая, слабо оформленная темная полоска со следами выделения гумусовых веществ . . . . . 3—8 „

Вскипание начинается на глубине 2,14 м. от поверхности, непосредственно под темной полоской.

Другие разрезы повторяют только что описанный; колеблется лишь мощность отдельных горизонтов, последовательность же их остается неизменной. На холмах иногда отсутствуют гумусовые горизонты, и на дневную поверхность выходит красно-бурый горизонт $B_1$.

Обратимся теперь к рассмотрению аналитических данных, относящихся к описанному разрезу, и остановимся прежде всего на цифрах механического анализа (по Сабанину).

| №№ горизонтов разреза | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Величина частиц | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9[1]) |
| > 0,25 мм. . . | 0,75 | — | — | — | — | — | — |
| 0,25—0,05 „ . . | 27,25 | 24,50 | 27,50 | 28,00 | 16,25 | 15,50 | 20,50 |
| 0,05—0,01 „ . . | 50,00 | 55,00 | 45,25 | 56,25 | 62,40 | 60,75 | 63,25 |
| < 0,01 „ . . | 22,00 | 25,50 | 27,25 | 15,75 | 21,35 | 23,75 | 16,25 |

Из приведенных цифр видно прежде всего, что нижние горизонты хотя и мелкоземистее материнской породы, но носят более или менее однотипичный с нею облик, что видно и на разрезе, механический же состав остальных горизонтов отличается заметным понижением количества песчаной пыли (0,05—0,01), которая здесь уже не играет столь доминирующей роли. Выделяются особенно резко два горизонта: 2-й и 4-й. Первый из них обеднен не только песчаной пылью, но и илом, что заметно и по его консистенции в разрезе, второй обеднен пылью, но зато обогащен иловатыми частицами в большей степени, чем какой-либо другой из горизонтов разреза. В виду того, что анализы №№ 2 и 4 обнаруживают значительную близость (последний богаче илом, но беднее пылью, при чем количество песку одинаково), а физические свойства соответственных горизонтов резко различны, дополнительно к приведенным данным был изучен состав иловатых частиц обоих горизонтов, при чем оказалось, что в 4-м горизонте 27,25% иловатых частиц состоят из:

[1]) Лёсс первоначально был обработан быстро и на холоду слабым раствором уксусной кислоты для удаления углесолей, затем промыт водой и после этого уже подвергался кипячению и дальнейшим манипуляциям механического анализа.

7% частиц — 0,01—0,005 м.
2,75% „ — 0,005—0,001 „
17,50% „ — <0,001 „

тогда как 22% иловатых частиц горизонта 2-го составлены из:

13,00% частиц — 0,01 —0,005 мм.
2,25% „ — 0,005—0,001 „
6,75% „ — <0,001 „

Из этих данных видно, что почти две трети ила 4-го горизонта (красно-бурого) слагаются чрезвычайно тонкими частицами, в то время как в илу 2-го горизонта, наоборот, около двух третей более грубых частиц. Следует отметить кроме того, что иловатые частицы 4-го горизонта отличаются резким красно-бурым оттенком, тогда как иловатые частицы 2-го горизонта окрашены в очень светлый буроватый цвет.

Химические анализы дают следующие результаты:

| | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Гигроскоп. воды . | 0,66% | 2,50% | 2,53% | 1,25% | 1,34 | 1,36 | 1,80 | |
| Потери при прок. . | 0,82 | 1,86 | 1,66 | 1,11 | 1,25 | 2,94 | 2,64 | (в том числе |
| $SiO_2$ . . . . . | 88,23 | 82,57 | 80,44 | 84,70 | 84,06 | 80,82 | 79,63 | $CO_2$—1,20). |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 7,37 | 10,90 | **8,69** | 7,31 | 11,10 | 7,18 | 6,73 | |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 0,97 | | **4,03** | 2,11 | | 2,41 | 3,01 | |
| CaO . . . . . | 0,69 | — | 1,63 | — | 1,53 | 3,26 | 3,04 | (с $CO_2$ связа- |
| MgO . . . . . | 0,49 | — | 0,78 | — | — | 0,88 | 0,63 | ио 1,54). |
| $K_2O$ . . . . . | 0,81 | — | 1,61 | — | — | 0,69 | 2,07 | |
| $Na_2O$ . . . . . | 0,58 | — | 0,81 | — | — | 1,03 | 1,40 | |
| | 99,96 | — | 99,65 | — | — | 100,21 | 99,15 | |

Приведенные аналитические данные отмечают для красно-бурого горизонта (№ 4) те же свойства, которые установлены и анализами Георгиевского, для всего же разреза они позволяют сделать и некоторые другие выводы. Прежде всего отмечается резкая выщелоченность подзолистого горизонта (2) не только по сравнению с другими горизонтами выветривания, но и с материнской породой. Менее выщелочен горизонт 6-й, но это потому, что анализу подвергались не белые пятна и прожилки этого горизонта, а смесь этих прожилок с красно-бурой массой, следы которой еще присутствуют в данном горизонте. В 4-м горизонте, на ряду с относительным обеднением кремнеземом, наблюдается ясное накопление полуторных окислов, но нет обогащения основаниями, в горизонте же 8-м накопления полуторных окислов не заметно, но есть ясное накопление извести. Если принять во внимание, что на ряду с этим заметно возрастает потеря при прокаливании, и что горизонт 8-й имеет явственную темноватую окраску, то напрашивается заключение, что известь связана здесь с веществами гумуса.

Отметим здесь, что Трейтц из наблюдений в пределах Венгрии вывел заключение, что „над известковой породой возникает всегда богатая железом красная почва с небольшим содержанием гумуса". Из характеристики, даваемой почвам Румынии Мургочи, заимствуем следующее описание румынских „буроземов". „Бурозем характеризуется здесь древними дубовыми насаждениями с некоторыми другими видами деревьев, тогда как подзол в Молдавии покрыт буко-

вым лесом, а в Ольтении и Валахии — смешанным дубово-буковым. Эта бурая до ржаво-бурой почвы (бурозем) содержит 3—5% гумуса, имеет зернисто-угловатую структуру; растворимые соли и даже карбонаты выщелочены в ней до глубины 1 м. и глубже. Ее угловатая структура, не похожая на ореховатую, выступает яснее в подпочве, и здесь окраска, благодаря мелким конкрециям и пленкам окиси железа, несколько краснее".

Таким образом ясно, что причиной содержания и скопления железа в горизонте $B_1$ всех описанных выше почв подзолистой группы является углекислая известь, что легко можно доказать и лабораторными опытами, заставляя просачиваться сквозь содержащий $CaCO_3$ лесс слабые растворы хлорного железа. В верхних горизонтах лесса тотчас начинает выделяться в коллоидном состоянии гидрат окиси железа, который и окрашивает эти горизонты в красно-бурый цвет. Ничего подобного с лессом, лишенным углекислой извести, не наблюдается. Летом 1926 г. мне удалось наблюдать типичные буроземы Венгрии. У них явственно различаются элювиальные горизонты ($A_1$) желтоватого оттенка и красновато-бурые иллювиальные горизонты ($B_1$). Наблюдается и тонкая гумусовая полоска на границе вскипания.

На ряду с процессами деградации теоретически возможно допустить существование и процессов реградации, т. е. превращения деградированного суглинка, после уничтожения леса и вторичного заселения местности травянистой растительностью, в чернозем. На такого рода процессах даже настаивали в свое время некоторые исследователи, не приводя, однако, сколько-нибудь убедительных примеров. Нам кажется, что при решении подобного рода вопросов в степных районах должны играть важную роль красно-бурые горизонты. Если бы удалось где-либо встретить подобные горизонты под черноземной почвой, явилась бы возможность утверждать, что данная почва представляется вторичной, возникшей путем реградации. Пока таких фактов не отмечено, мы можем рассуждать лишь чисто теоретически о возможности превращения деградированных суглинков в чернозем.

По мере перехода из европейской части СССР в Западную Европу, в связи с повышением температур года и вегетационного периода и некоторым повышением количества атмосферных осадков, процессы почвообразования несколько изменяются, подзолистость ослабляется, а красно-бурые горизонты выступают резче и заметнее. „Буроземы" Западной Европы представляют, так сказать, последнюю стадию подзолистого типа выветривания, лежащую на пути перехода этого типа в тип более южных желтоземов и красноземов.

Оговоримся здесь еще раз, что под буроземами, повидимому, понимали и описывали разные вещи, и что эта разность почв до сих пор хорошего описания профилей не имеет.

Кроме равнин, подзолистые почвы встречаются и в горных странах как в виде лесных, так и луговых. В большинстве случаев у горных почв резкой подзолистости не наблюдается, что и понятно, так как в горных рельефах трудно ожидать благоприятных условий для накопления просачивающейся влаги.

Представителем лугово-подзолистой группы в горах являются так называемые горно-луговые почвы, располагающиеся выше лесной полосы. Правда, не все горно-луговые почвы дают ясную морфологическую и химическую картины подзолистого процесса; здесь, как и на равнине, можно встретить переходы и к черноземному типу, в виде черноземовидных почв, а также и к торфянистым высокогорным почвам.

Отметим здесь кратко данные Неуструева о горно-луговых почвах Кара-тау и Таласского Алатау. Эти почвы развиваются здесь на суглинистом наносе довольно значительной мощности. У всех почв этого рода вверху каемка черного цвета. Дерновый темносерый горизонт имеет мощность в 1—5 см., с массой корешков, а под ним, резко отделяясь, лежит довольно светлая, серо-бурая, с корнями и железистыми пятнами, глинистая масса, комковатая или гороховатая, книзу слабо светлеющая и переходящая в бурый, иногда красноватый пористый нанос—в глину с желто-охристыми пятнами.

Некоторые аналитические данные для этих почв приводим непосредственно ниже.

| Место взятия образца | Глубина | Гумус | Пот. прок. | $H_2O$ при 100° |
|---|---|---|---|---|
| Близ горы Мын-Джылки в Кара-тау. Абсолютная высота около 1800 метр. | 0—3 см. | 25,24% | 27,98% | 5,06% |
| | 6—10 „ | 6,96 „ | 8,84 „ | 2,56 „ |
| | 20—30 „ | 3,30 „ | 6,04 „ | 2,00 „ |
| | 55—60 „ | 1,38 „ | 3,48 „ | 1,57 „ |
| | 87—95 „ | 1,16 „ | 3,41 „ | 1,63 „ |
| *Донгулек-саз в Таласском* Алатау. Около 2500 м. абсол. высоты | 0—2 „ | 28,62 „ | 32,64 „ | 6,62 „ |
| | 3—8 „ | 13,91 „ | 16,58 „ | 4,57 „ |
| | 8—13 „ | 8,60 „ | 10,40 „ | 4,04 „ |

В щебневатых почвах этой группы морфологические признаки менее ясны.

## ЛИТЕРАТУРА


Aarnio, B. Intern. Mitteil. f. Bodenkunde, 1913.
„ „Почвоведение", 1915, №№ 2 и 3.
„ Mitteilungen d. Intern. Bodenkundl. Geselsch., 1925, № 2.
Albert. Zeitschr. f. Forst.-u. Jagdwesen, 1910, H. 6.
Афанасьев, Я. Русский почвовед, 1915.
„ Зап. Горецкого Сельско-хоз. Инст., 1922.
„ Очерки почв по Белоруссии, Горки, 1926.
„ Почвенный покров с.-в. Брянской губ., Горки, 1926.
Aschan, O. Zeitschr. f. prakt. Geologie, XV, 1907.
Bemmelen, van. Zeitschr. f. anorgan. Chemie, 22, 313, 1900.
Богословский, Н. „Почвоведение", 1902, № 2.
„ Почвы бассейна р. Оки, 1896.
„ Изв. Геолог. Комит., 23, стр. 337—343.
„ Матер. по изуч. русских почв, вып. VI, 1890.
Bömer u. Lemcke. Deut. landw. Presse, 1902, 761.
Bradfer, K. Bull. de la Soc. belge de géologie. T. XVII, fasc. III—IV (Deuxième série t. VII), 1903, p. 267—295.
Храмов. Лесной журнал, 1889, т. XIX, вып. 1.
Daubrée. Compt. rendus Acad. de Sc. T. XX, p. 1775—1780.
Добровольский. Матер. по изуч. русских почв, вып. XIII, 1900.
Докучаев, В. Тр. Спб. Общ. Естеств., 1874, т. VI, стр. XXI.
„ Картография русских почв. 1879.
„ и ученики. Матер. к оценке зем. Нижегор. губ., т. I—XIV;
„ „ Матер. к оценке зем. Полтавск. губ., вып. I—XVI.
„ Труды И. Вольн.-Экон. Общ., 1880, т. 1.

Дранницын, Д. „Почвоведение", 1912, № 3.
„ Изв. Докуч. Почв. Комит., 1914, № 2.
Ehrenberg. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, 1909.
Emeis, C. Waldbauliche Forschungen u. Betrachtungen. Berlin, 1875.
Emmerling u. Loges. Vereinsblatt des Haide-Kultur-Vereins f. Schleswig-Holstein, 1886, p. 63—70.
Erdmann. Heideaufforstung. Berlin, 1909.
Филатов, М. Тр. почв.-ботан. эксп. Почв. исслед. 1908 г., вып. IX, 1910.
„ Мат. по изуч. почв Московской губ., вып. 1, 1913.
„ Предвар. отч. о почв. исслед. в Дмитровск. у. и с.-в. части Клинского у. Московск. губ. Москва, 1914.
Флоров. Матер. по исслед. почв и грунтов Киевской губ., вып. 1. Одесса, 1916 г.
Фрейберг. Почвы водосбора верхнего течения р. Оки (уезды Болховский, Мценский и Орловский), Орел, 1908.
Фрейберг и Румницкий. Почвы водосбора верхнего течения р. Десны в пределах Орловской губ. (уезды Брянский, Трубчевский, Севский). Тула, 1910.
Frosterus, B. Geologiska kommissionen i Finland. Geotekniska Meddelanden, № 10, 1912.
„ Internationale Mitteil. f. Bodenkunde, 1913.
„ u. Glinka, K. Zur Frage nach der Einteilung der Böden in Nordwest-Europas Moränengebieten, Helsingfors, 1914.
Геммерлинг. „Русский почвовед", 1922, № 4—5.
Георгиевский. Мат. к оц. зем. Полт. губ., вып, I, 1890.
„ Матер. по изуч. русск. почв, вып. IV.
Глинка, К. Ежегодник по геологии и минер. России, т. V, 1902.
„ Földtani közlöny, 41, 1911.
„ Матер. к оценке зем. Полтавск. губ. 4, 1891, стр. 62.
„ „Почвоведение", 1911, № I, 1924, № 3—4.
Гордягин. Тр. Казан. Общ. Ест., т. XXXIV, 1900.
Helbig. Zeitschr. f. Forst-u. Jagdwesen, 1903, 1909, H. 1.
Hesselman, H. Meddeland. fran statensförsöksanstalt, H. 7. 1910.
Hissink, D. J. Intern. Mitteil. f. Bodenkunde, 1922, Bd. XII, H. 3/6.
Ильенков. Русский сельский хозяин, 1869. т. I.
Kindler. Poggend. Annal. 1836, XXXVII, 203—206.
Коржинский, С. Тр. Казан. Общ. Ест., 1887, 17, № 6 и 18, вып. 5, 1888.
Костычев, П. Журн. Сельск. хоз. и лесов., 1888, № 4 и 5; Тр. Спб. Общ. Ест., т. XX.
Крылов. Bullet. de la Soc. Imp. de natural. de Moscou, 1872, № 1.
„ Зап. Минер. Общ., 1874, II серия.
Lemcke. Ueber die Ortsteinbildung in der Provinz Westphalen. Münster, 1903.
Лесневский. Зап. Ново-Александр. Института, т. X, вып. 2.
Lorenz, von, N. Centralbl. ges. Forstwes. 1908, 34, 273.
Mayer, A. Landw. Versuchst. 1903, 53, p. 161; 1904, 60, p. 475.
Мертвого. Хозяин, 1896.
Morison, C. G. and Sotters, D. G. Journ. of Agric. Science, 1914.
Морозов, Г. „Почвоведение", 1902, № 3.
Müller, P. E. Studien über die natürlichen Humusformen und deren Einwirkung auf Vegetation. Berlin, 1887 (датское издание вышло 2 выпусками в 1878 и 1884 гг.).
Münst. Mitteil. der geolog. Abteil. des kgl. Württ. Staats-Landesamtes, 1910, № 8. К работе приложен большой список литературы.
Munteanu-Murgoci, G. Comptes rendus de la première conférence agro-géologique. Budapest, 1909, p. 322.
Павлинов. Матер. по изуч. русских почв. Вып. III.
Панков, М. Журн. Опытн. Агрон. 11, вып. 2.
Полынов. Изв. Докуч. Почв. Комит., 1915, № 2.
Ramann, E. Jahrb. d. k. preuss. geolog. Landesanstalt für 1885. Berlin, 1886.
„ Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, 1886, 1 Heft.

Ramann, E. Die Waldstreu und ihre Bedeutung für Boden und Wald. Berlin, 1890.
„ Bodenkunde, 2. Auflage, 1905, p. 405.
Reinders. De sammenstelling en het ontstaan des zoogen. oerbanken, 1889.
Rindell, A. Meddel. från Landsbruksvetenskaplig a samfundet i Finland, 1910. H. 1. Bil. № 4.
Расположеиский. Описание коллекции почв Волжско-Камского края. Казань, 1896.
„ Описание коллекции почв Пермской губ, 1895.
Roth, I. Allgem. u. Chem. Geologie, Bd. I, 1879, S. 597.
Рупрехт. Прилож. к X т. Записок Акад. Наук, № 6, 1866.
Захаров, С. „Почвоведение", 1910, № 4.
„ Журн. Опытн. Агрон., 4, 1906.
„ Изв. Конст. Межевого Институт., вып. V, 1914.
Sauer. Zeitschr. f. prakt. Geologie, Bd. XVII.
Senft. Die Humus, Torf, Marsch-und Limonitbildungen. Leipzig, 1862.
Сибирцев, Н. Тр. Вольн.-Экон. Общ., 1896, № 1.
„ Зап. Ново-Александрийского Инст., 1899.
Sjollema. Tijdschrift der nederlandsche Heidemaatsschappij, 7, 1901.
Слупский, Е. Тр. Спб. Общ. Естеств., т. VIII, 1877; проток., стр. 2.
Соколовский, А. Изв. Петровск. С.-Х. Акад., 1919, вып. 1—4, 1921.
Сорокин. Тр. Общ. Естеств. при Казанск. Университ., т. XXXI, вып. V.
Sprengel. Die Bodenkunde usw. Leipzig, 1837.
Шульга. Тр. почв.-ботан. эксп. Почв. исслед. 1909 г., вып. 7, 1913.
Tamm. O. Bull. of the Geolog. Jnstit. of Upsala, vol. XIII, parts, 1915.
Ткаченко, М. Леса севера. Спб., 1911; Изв. Лесн. Ин-та, 1908.
Томашевский, И. Тр. Амурск. экспед., Вып. XV, 1912.
Treitz, P. Földtani közlöny, XL, 1910.
Трухановский. Сельский хозяин, 1895, №№ 23—24.
Тумин, Г. Мат. к оцеике зем. Смоленск. губ., вып. V, Смоленск, 1909.
„ Журн. Оп. Агрон., 1911, I.
„ Опыт борьбы с засушливыми услов. степн. хоз. Вороиеж, 1923.
Тюрин, И. О почвах в районе среднего и верхнего течения р. Киндерки, Арского кантона, Татреспублики. Казань, 1925.
Vageler, P. Naturwiss. Rundschau, 1906, 21, 441.
Wakimiz и Tetsugoro. Journ. of the faculty of Sc., Jmp. Univ. of Tokio, vol. I, part 2, 1925.
Виноградов. Изв. Петровской Землед. Акад., 1903.
Витынь, Я. Журн. Опытн. Агрон., 1911, № 2.
Vitinns. Latvijas smiltis un smilts zemes. Riga, 1924 (с немецк. резюме).
Высоцкий, Г. „Почвоведение", 1905, № 4; 1906, № 1—4.

## III. Почвы степного типа

### 1. Черноземные почвы

В истории русского почвоведения чернозем, относящийся к категории данных почв, играл выдающуюся роль. Громадная площадь его распространения, своеобразная обстановка, в которой он залегает, огромное сельско-хозяйственное значение этой почвы издавна привлекали к ней внимание различных исследователей, и до сих пор чернозем пользуется исключительным вниманием как со стороны теоретиков, так и практиков сельских хозяев.

Как произошел чернозем, откуда такое иногда громадное количество органических веществ, почему чернозем ограничен в своем

распространении определенной областью—вот вопросы, которые пытались решать путешественники, геологи, ботаники, агрономы и почвоведы с давних времен.

Первая попытка решить вопрос о происхождении русского чернозема принадлежит Ломоносову, но попытка эта оставалась до 1900 г. неизвестной ни одному из исследователей русского чернозема. На нее впервые указал акад. Вернадский, изучая напечатанную в 1763 г. работу Ломоносова: „Первые основания металлургии".

„Его (чернозема) происхождение,—говорит Ломоносов,—не минеральное, но из двух прочих царств натуры, из животного и растительного, всяк признает"... „И так нет сомнения,—заканчивает он свои рассуждения по вопросу о происхождении чернозема,—что чернозем не первообразная и не первозданная материя, но произошел от согнития животных и растущих тел современем"[1]).

Этот простой и, можно сказать, наиболее естественный вывод с давних времен был сделан и русским народом, но к нему не сочли возможным присоединиться многие из исследователей чернозема.

Путешествовавший в конце XVIII столетия по России Паллас одним из первых высказался за морское происхождение чернозема, ограничив, однако, область приложения своей морской гипотезы южными окраинами России. Изучая ставропольские степи (Предкавказье) и наблюдая соленосность почв и грунтов данной территории, он высказался в том смысле, что эта местность некогда представлялась обширным приморским тростниковым болотом, или временами затоплялась морем, осаждавшим на ней ил, богатый органическими веществами.

Известный геолог Мурчисон значительно расширил область приложения гипотезы Палласа и пришел к выводу, что вся площадь русского чернозема представляет осадок морского дна, но только не южных морей, а северного ледяного моря. Напомним, что в те времена ледниковые наносы считались осадками ледникового моря. Чтобы решить вопрос об источниках органических веществ, которыми так богаты черноземные почвы, Мурчисон выдвинул вторую гипотезу, предположив, что материалом для образования чернозема послужили толщи черной юрской глины, которые были размыты и перенесены далеко к югу. Эта гипотеза способна была объяснить, по мнению Мурчисона, и географическое распространение чернозема в Европейской России. Так как к северу от Москвы нет основания предполагать значительных отложений темноцветных юрских глин, то и понятно, что чернозем не встречается к северу от параллели Москвы.

Несколько позже за морское происхождение чернозема высказывался Петцольд, предположив, что чернозем представляет ил Черного и Каспийского морей, воды которых распространялись некогда гораздо дальше на север.

Материалом для образования гумуса послужили, главным образом, остатки животных организмов, населявших прежние морские бассейны. Этим объясняется, по мнению автора, богатство гумуса азотом, а также и бесформенность гумуса, в котором нельзя различить никаких растительных остатков.

Все морские гипотезы явились результатом недостаточного знакомства со свойствами чернозема, а главным образом с чертами его строения, характера материнских пород и пр. В настоящее время все они имеют лишь исторический интерес.

---

[1]) Правда, под именем чернозема Ломоносов понимал всякую богатую перегноем почву, но и настоящий чернозем, очевидно, не исключался из этой категории. См. Павлов, А.—„Почвоведение", 1911, № 4.

Менее отжившими свой век представляются гипотезы о болотном происхождении чернозема, так как не все исследователи и не всегда резко разграничивали почвы избыточного увлажнения (луговые, болотные) и черноземы, а иногда даже и объединяли в одной общей группе эти совершенно различные генетические типы.

Родоначальником болотных гипотез является академик Эйхвальд, который принимал русский чернозем за продукт бывших болот и тундр. Свою гипотезу Эйхвальд подкреплял, во-первых, исторической справкой о прошлом нашего юга, из которой оказывалось, что некогда этот юг был богат озерами, болотами и лесами, а, во-вторых, фактами нахождения в некоторых черноземах скорлупок диатомовых и фитолитарий (по определениям Эренберга).

По поводу первого из соображений Эйхвальда еще Рупрехтом было замечено, что допустить прежнее обилие лесов на юге России нет никаких оснований, что еще во времена Геродота скифы и сарматы сильно жаловались на безлесие. Фитолитарии в данном вопросе еще ничего не доказывают, так как они могли образоваться и из ковыля, типичной степной формы (Рупрехт) и вообще из злаков.

Воззрения Борисяка довольно близко стояли к взглядам Эйхвальда, хотя этот исследователь оговаривался, что чернозем „нельзя уподоблять ни с торфом, ни с перегноем". „Происшедший по окончательном высыхании озер и болот иловатый суглинок, от влияния перемен воздушных, новой земной растительности, разрыхляясь и мало-по-малу перерабатываясь, мог преобразоваться в настоящий чернозем, как перед нашими глазами иловатые почвы, происшедшие от высыхания озер, сами собой превращаются в плодоносные".

Вангенгейм фон-Квален, принимая, как и два предыдущие исследователя, болотное происхождение чернозема, не счел, однако, возможным признать его образование in situ. Зная, что болота и торфы приурочены, главным образом, к северной части, он предположил, что массы торфа и болотного ила могли быть перемещены на юг потоками ледникового моря.

К группе последователей болотной гипотезы должны быть причислены Людвиг, Г. Романовский, отчасти Черняев, который принимал болотное и вообще водное происхождение нижних горизонтов чернозема. Строго говоря, к той же категории следует причислить Германна, находившего много сходства между русскими черноземами и западно-европейскими маршевыми почвами и почвами приморских болот, и Орта, который не мог себе представить иначе происхождение чернозема, как при условии некоторого избытка влаги, и потому сближал его с луговыми землями. В данном случае сказалось, очевидно, влияние тех многочисленных исследований западно-европейских специалистов, которые выяснили условие накопления гумуса при заболачивании. Большинство из этих исследователей и не могло себе представить иной комбинации внешних факторов, которая могла бы повести к накоплению значительных количеств гумуса. Дань господствующим воззрениям отдал до некоторой степени и Гюльденштедт, в общем высказывавшийся в пользу растительно-наземного происхождения чернозема. За растительно-наземное происхождение высказывались также Эверсман, Гюо и неизвестный критик работы Петцольда.

По справедливому замечанию Докучаева, отцом научной постановки и самой разработки вопроса о происхождении русского чернозема является академик Рупрехт. Вопрос о происхождении чернозема был поставлен Рупрехтом на чисто ботаническую почву

(„чернозем представляет вопрос ботанический", заявлял этот ученый в самом начале своего классического труда о черноземе). Разобрав доказательства, представленные защитниками морской и болотной гипотез, и найдя их несостоятельными, Рупрехт останавливается над теми соображениями, согласно которым чернозем мог произойти из лесной растительности. Не находя ни одного доказательства в пользу существования лесов в русских степях, Рупрехт отвергает и эти соображения. Микроскопические исследования Вейссе, заявляет он, над 300 образчиками чернозема из 30 различных мест не открыли ни малейшей частицы древесных корней. Правда, это возражение Рупрехта могло бы показаться в настоящее время несущественным, и защитники бывшего существования лесов могли бы с полным правом утверждать, что время, протекшее с момента уничтожения лесов до современного Рупрехту периода, могло быть достаточным для того, чтобы превратить в бесформенный гумус все древесные остатки; но справедливость взгляда Рупрехта этим, конечно, не уничтожается, так как существуют в его пользу и другие доводы.

Окончательным выводом Рупрехта является положение, что чернозем образовался из степной травянистой растительности и, как растительно-наземная почва, представляет полный аналог северным дерновым почвам. Последние, однако, отличаются значительно меньшей мощностью и более светлым цветом. Поставив вопрос, почему северные почвы тоньше и бледнее черноземных, Рупрехт, при решении его, не счел возможным обосноваться на одном различии флор, под влиянием которых формировались те и другие почвы, а привлек еще и вспомогательный фактор, в виде возраста, и старался подыскать доказательства в пользу того, что черноземная флора древнее, чем северная флора. Влияние климатических условий Рупрехт совершенно отрицал.

Как бы ни был односторонне решен Рупрехтом вопрос о происхождении чернозема, большая заслуга этого исследователя в том, что он первый обстоятельно развил теорию растительно-наземного происхождения черноземных почв и сдал в архив морские гипотезы, а отчасти и болотные. Говорим: „отчасти", потому что гораздо позже Рупрехта, хотя и в иной форме, чем Эйхвальд и Вангенгейм фон Квален, исследователи пытались рассматривать чернозем если и не в качестве болотной почвы, то во всяком случае, как почву, возникшую при условиях избыточного увлажнения.

Не касаясь пока этих позднейших болотных гипотез (о взглядах Орта было упомянуто несколько выше), укажем, что и другое положение Рупрехта, а именно невозможность образования чернозема под лесами, также впоследствии подвергалось переоценке. Богданов, присоединяясь к мнению Рупрехта о растительно-наземном происхождении чернозема, не соглашался, однако, исключить участие лесной растительности в образовании этой почвы, считая, что Рупрехт недостаточно проанализировал этот вопрос. Обсуждая теоретически условия накопления гумуса в лесу и в степи, Богданов приходит к заключению, что леса должны накоплять гораздо больше органических остатков, а следовательно, и гумуса от них должно образоваться больше, чем от бедной растительности сухой степи. Сам исследователь под лиственными лесами бывш. Симбирской (ныне Ульяновской) и Саратовской губерний наблюдал почву, которая, по его словам, была неотличима от чернозема.

Неполнота толкований Рупрехта вызывала в свое время и другие объяснения факта накопления гумуса в черноземе, опять-таки

со стороны лиц, считавших за доказанное, что чернозем есть почва растительно-наземная. Так, академик Карпинский переносил центр тяжести вопроса на материнские породы, отмечая, что чернозем приурочен к лессовой области, и что в том случае, „когда на породе, по литологическим свойствам приближающейся к лессу, непосредственно залегает растительная земля, последняя является или сходной с черноземом, или настоящим черноземом“[1]).

Штукенберг, исследуя юго-восток России, указал, что чернозем приурочен лишь к областям, где нет соленосных каспийских пород. На последних залегает полынная степь, не покрытая черноземом, а к северу от границы соленых каспийских осадков—ковыльная черноземная степь.

Совершенно особняком среди ученых, решавших вопрос о генезисе чернозема, стоял дерптский профессор К. Шмидт, которого интересовал, в сущности, не столько вопрос о происхождении самого чернозема, сколько его материнской породы. В силу этого он не касался органической составной части черноземных почв, а только минеральной. Штудируя состав некоторых черноземов и параллельно состав финляндских и днепровских кристаллических пород, он пришел к заключению, что минеральная составная часть черноземов ближе напоминает состав гранитов южной кристаллической полосы, чем состав финляндских пород. Отсюда вывод: черноземы и подстилающая их порода образовались от выветривания верхнего слоя днепровской гранитной возвышенности. Необоснованность этой гипотезы в настоящее время настолько очевидна, что нет надобности дольше на ней останавливаться.

Из всего изложенного видно, что если растительно-наземное происхождение чернозема и было твердо установлено работами Рупрехта, тем не менее вопрос о черноземе далеко не был решен во всей его полноте, и за более обстоятельную разработку этого вопроса взялся Докучаев, опубликовавший в 1883 году капитальную работу под заглавием: „Русский чернозем“.

Докучаеву предстояло решить три главных вопроса, а именно: способен ли лес образовать чернозем, представляют ли лессовые породы необходимое условие для развития чернозема, и, наконец, действительно ли климат, как это считал Рупрехт, не играл никакой роли в развитии черноземных почв.

На первый вопрос Докучаев, как и Рупрехт, отвечает отрицательно, частью на основании собственных наблюдений, частью на основании заключений Ляйеля и Леваковского. По замечанию первого, „леса могут быть так же густы и высоки, как в Бразилии, и населены мириадами четвероногих птиц и насекомых, и все-таки, по окончании десяти тысяч лет, пласт чернозема в несколько дюймов толщиной составит единственный остаток от всех этих мириад деревьев, листьев, цветов и плодов,—от бесчисленных скелетов птиц, четвероногих и пресмыкающихся, населявших плодородные пространства“.

Леваковский, изучая Таврические горы, замечает, между прочим, что леса, искони населявшие известные полосы этих гор, не только не образовали здесь настоящего чернозема, но даже не произвели хоть сколько-нибудь значительных скоплений перегноя вообще.

С точки зрения современного почвоведа примеры бразильских и таврических лесов не могут представляться убедительными, так

[1]) На важное значение лёсса в вопросе о формировании чернозема указывали также Конткевич и Агапитов. Как известно, проф. Гильгард держался мнения, что чернозем может быть только на породах, содержащих углекислую известь.

как при оценке влияния лесов на образование чернозема необходимо считаться с климатическими условиями страны, и поэтому следует штудировать влияние лесов в той же климатической полосе, которую занимает и чернозем. Исследование почв под лесами черноземной полосы показало Докучаеву, что лесные почвы отличаются существенно иными строением и структурой от черноземных почв. Если под лесами в черноземной степи и находятся черноземы, на что указывал, между прочим, Богданов, то это еще не служит доказательством, что чернозем образован лесом: лес мог поселиться уже на готовом черноземе. Прибавим от себя, что Богданов мог и не заметить, при своих исследованиях, признаков деградации черноземной почвы под лесом, признаков, которые легко отмечаются новейшими исследователями.

И теоретические соображения Докучаева о приросте и характере разложения лесных остатков привели его к тому же выводу о неспособности леса образовать чернозем.

По вопросу о роли климата Докучаевым были высказаны следующие соображения: „влияние климата (в процессах почвообразования) весьма многосторонне: a) климат обусловливает качество растительности (степная флора, северная луговая и пр.), b) количество ее (годовой прирост), c) количество растительной массы, сгорающей (как на поверхности, так и под ней) в течение года, d) наконец, характер процессов гниения (кислый и сладкий гумус)". „Две местности, совершенно одинаковые по всем физическим особенностям, никогда не будут тождественны по своим почвам, если условие b, c и d будут различны". Первому условию, как видно, Докучаев придавал сравнительно меньшее значение. Следует заметить, что, оценивая влияние климата, Докучаев ограничился лишь одной стороной вопроса и не вошел в обсуждение того, поскольку отзывается климат на процессах выветривания.

„Представим себе,—говорит далее Докучаев,—три местности с одинаковыми (приблизительно, конечно) условиями грунта, рельефа и возраста, пусть они одновременно сделаются жилищем одних и тех же растений. Но предположим затем, что одна из них находится в той полосе России, где чувствуется сильный недостаток метеорных осадков и сравнительный избыток теплоты и света, где лето длинное, а зима короткая, где растительный период хотя и носит на себе характер энергичный, но он весьма непродолжителен, где суховей в течение двух—трех суток высушивает колодцы и спаляет растительность, где нет лесу, мало рек и сильное испарение; другая местность пусть залегает в том районе России, где существует (относительно) избыток влаги, много лесов и болот, где чувствуется недостаток теплоты, где зима продолжается 6—7 месяцев, а теплое время 3—4, где испарение очень слабое, где почва всегда более или менее сыра; наконец, третий участок помещается в такой полосе России, где климатические условия занимают как раз средину между двумя упомянутыми крайними случаями. Как известно, такие примерные предположенные нами климатические особенности довольно близко соответствуют: a) северной, b) крайней южной и крайней юго-восточной России и c) лучшим (средним) частям нашей черноземной полосы, при чем, конечно, между ними существует целый ряд переходов. Спрашивается, мыслимо ли, чтобы при таких существенно различных условиях образовались бы одинаковые растительные почвы. Конечно, нет"...

С этим выводом Докучаева нельзя не согласиться, но следует вместе с тем отметить, что если климатические условия северной

и южной полос очерчены им настолько полно (хотя для северной полосы и не вполне точно, так как там далеко не всегда избыток влаги, а только по относительно пониженным местам), что выводы об энергии и характере разложения органических остатков могут быть сделаны без труда, то климатические условия черноземной полосы охарактеризованы недостаточно.

На севере избыток влаги ведет к накоплению органических остатков в виде торфяных масс и не вполне перегнившего лугового гумуса, на юге гумус накопляться в значительных количествах не может, а в черноземной полосе он накопляется, хотя и не имеет тех свойств, что северный гумус. В силу каких условий он должен накопляться в черноземной полосе, Докучаев определенно не говорит, но и из его кратких характеристик можно сделать вывод, что не избыточная влага здесь является причиной. Свои рассуждения о роли климата в распределении по России различных почв Докучаев заканчивает соображением, что в весь период образования чернозема климат, в общем, оставался тот же, что и теперь, а теперешние условия, как ясно для всякого, не имеют ничего общего с избыточным увлажнением. Вопрос был бы вполне ясным, если бы к сказанному было прибавлено, что комбинация температуры и влаги в степях такова, что может развиваться богатая растительность, но, для быстрого и энергического разложения органических остатков, тепла, а главное влаги, недостаточна, следствием чего является накопление гумуса.

Такие соображения были, между прочим, довольно определенно высказаны Миддендорфом.

Фактическую опору сильного влияния климата на географическое распределение растительно наземных почв европейской части СССР Докучаев видит в следующих фактах:

1. В упорном следовании черноземной почвы (взятой в целом) не вдоль параллелей, а с юго-запада на северо-восток, как раз параллельно известным изотермам, известному распределению атмосферных осадков и известному характеру дикой травянистой, а частью и лесной растительности.

2. В том, что указанного направления держатся и отдельные гумусовые полосы.

3. В нахождении как раз по середине черноземной полосы почв, наиболее богатых гумусом, отсюда же по направлению к С.-З. и Ю.-В. границам чернозем постепенно и незаметно сходит на-нет.

4. В замечательно резко выраженном местами совпадении изменения характера степной флоры с постепенным исчезанием чернозема.

Говоря об отдельных полосах чернозема, Докучаев имел в виду установленную им закономерность в распределении гумуса среди черноземов европейской части СССР. По данной им схеме, наибольшее количество гумуса содержится в восточной части центральной области чернозема, а затем это пятно с максимальным содержанием гумуса опоясывается с севера и юга полосами с постепенно понижающимся содержанием гумуса по направлению к северной и южной границам чернозема. Эти полосы он называл изогумусовыми.

Дальнейшие, более детальные исследования показали, что столь правильных соотношений в количестве гумуса в черноземах европейской части СССР не существует, но в общем схема Докучаева все же близка к действительности, так как несомненно, что не только количество гумуса, но в известной мере и его качество, по мере при-

ближения к северной и южной границам чернозема, изменяются, что нельзя не поставить в связь с климатическими условиями. С другой стороны, столь же несомненно, что на количество гумуса оказывает большое влияние механический состав материнских пород, от которого зависит большая или меньшая проницаемость этих пород для воды, воздуха и растворов, а следовательно, большая или меньшая энергия процессов распада и вымывания органических веществ. Еще Рупрехт отметил то обстоятельство, что на грубых песках чернозем не образуется, т. е. на песках не накопляется достаточно мощных и достаточно богатых гумусом горизонтов. Это положение должно быть, однако, в настоящее время принято с известными ограничениями.

Позже Докучаев, указывая на тот факт, что черноземы восточных губерний в общем богаче гумусом, чем те же почвы западных губерний, ставил этот факт, между прочим, в связь с механическим составом материнских пород востока и запада европейской части СССР.

Вопрос о необходимости для развития чернозема лессовых пород был решен Докучаевым отрицательно, так как из его исследований в европейской части СССР выяснилось, что чернозем, кроме лесса, развивается на юрских глинах, на мелу и меловых рухляках, на девонских известняках, третичных супесях и песках. Иначе говоря, как и всякий другой тип почвообразования, чернозем может образоваться на самых разнообразных материнских породах, ибо в данном случае не столько имеет значение материнская порода, сколько способ ее изменения при превращении в почву.

Чтобы закончить с теориями происхождения чернозема, остановимся еще на соображениях Краснова, который, впрочем, интересовался не столько образованием чернозема, сколько происхождением степей. Важнейшим условием образования степи он считал равнинность местности и, как следствие этого, слабое дренирование, благодаря которому возникает заболачивание, вредящее корням древесной растительности. В том же направлении влияют и соли, которые, по причине отсутствия дренажа, не выщелачиваются из почвы. Таким образом, эти представления воскрешают перед нами болотную гипотезу, хотя и в несколько ином виде.

Недренированные степи Краснов считал первичными и причислял к этой категории припонтийские и приднепровские степи, Барабу, прерию среднего Амура, большую часть прерий окрестностей великих озер С. Америки, Льяно Эстакадо, отчасти пусты Венгрии. „Дальнейший размыв степи, эрозия ее балками, оврагами и речными долинами удаляют ее от этого типа. В нее внедряется лес, и она становится вторичною, измененною, переходною к лесной области страной".

С положениями Краснова никоим образом нельзя согласиться. Прежде всего равнинность вовсе не является типичным признаком всех степей. Нам известны степи с волнистым, сопочным, рельефом в горах и предгорьях Закавказья, в Семипалатинской, Акмолинской, Забайкальской и Енисейской губ., и тем не менее эти степи покрыты травянистой растительностью такою же, как и равнинные, и одеты черноземными и каштановыми почвами. С другой стороны, в подзолистой зоне европейской и азиатской части СССР существуют местами огромные, удивительно равнинные пространства, которые искони были покрыты лесом. Мы также ни в коем случае не могли бы объединить в одной группе прерию Среднего Амура с нашими приднепровскими степями и пустами Венгрии. Амурская прерия не степь, а луг, как это совершенно правильно считал и Шимпер, луг, покрытый

почвой, ничего общего с черноземом не имеющей, приднепровские степи покрыты черноземом, а пусты Венгрии, в значительной своей части, даже каштановыми почвами.

Что поверхность нашей степи когда-то (особенно в весенние периоды) была несколько богаче влагой, чем современная распаханная и изборожденная оврагами степь, это вполне вероятно, но что она вся целиком никогда не страдала избытком влаги, это также несомненно. Избыточное увлажнение, помимо того влияния, которое оно оказывает на энергию разложения органических остатков и на процесс накопления гумуса, отзывается на почве и целым рядом других признаков, с которыми мы познакомимся при описании почв избыточного увлажнения и которых не наблюдается в черноземе. Накопление гумуса, как мы уже знаем, при достаточном количестве материала, из которого он может образоваться, происходит не только при условиях избыточного, но и недостаточного увлажнения, и если по поводу черноземной степи и высказывались иногда за избыточность увлажнения, то полынная степь с ее ясно выраженной ксерофильной растительностью едва ли могла бы подать повод к такому заключению, а, между тем, почвы этой степи содержат у ее северной границы до 4 и более процентов гумуса.

Параллельно с исследованием вопроса о происхождении русского чернозема шло изучение границ территории, занятой этой почвой. Первые сведения о распространении чернозема в европейской части СССР и о его границах находим в работах Шторха и Георги, относящихся к концу XVIII столетия. Согласно этим сведениям, основанным частью на материалах бывш. Межевого Департамента, чернозем находится в районах Новгород-Северском, южной половине Черниговского, в Киевском, Екатеринославском, северной части Очаковской земли, в земле бывш. Донской обл. на Кавказе, в Моздокском уезде и по Тереку, в некоторых местах степной части Крыма, в бывш. наместничествах: Харьковском, Курском, Орловском, в некоторых частях Тульского и Калужского, исключая северные уезды, в Симбирском, Пензенском, Тамбовском, Воронежском, Саратовском, Казанском, Нижегородском, Уфимском, Вятском, Пермском.

Несмотря на то, что в этом описании находятся несомненные ошибки и пропуски, что местами за чернозем принимались просто черные по цвету почвы, в общем очерк черноземных областей оказался довольно подробным и отвечающим действительности. Эти сведения послужили впоследствии основой для изданной в 1842 году „Карты промышленности Европейской России", где, однако, допущены некоторые изменения; так, чернозем не показан в Крыму, по левому берегу Дона и в Терской и Кубанской областях.

В 1851 году вышла в свет почвенная карта России, изданная Министерством Государственных Имуществ под руководством акад. Веселовского, по материалам, собранным министерством в период 1838—1843 гг. при помощи кадастровых комиссий, палат государственных имуществ, отдельных членов-корреспондентов ученого комитета и пр. При составлении этой карты приняты были во внимание и существовавшие литературные данные. На карте не показан чернозем Кавказа, но зато появились островки черноземных почв там, где их на самом деле не существует (например, по Западной Двине). Карта Веселовского переиздавалась без существенных изменений в 1853 и 1857 гг.

В 1866 году появилась карта чернозема Рупрехта, в виде приложения к его труду: „Геоботанические исследования над черноземом".

На этой карте, кроме сплошной полосы чернозема, которая в северо-восточной части разбивается на ряд островов, показан еще ряд мелких островков вдоль северной границы чернозема (в Черниговской, Калужской, Владимирской и Казанской губ.).

В 1869 году, под редакцией Вильсона, вышло новое издание почвенной карты Министерства Государственных Имуществ, главнейшие отличия которой от предыдущего издания заключались в изменении северной и юго-восточной границ чернозема, уничтожении двух черноземных островов вдоль северной границы и нанесении нескольких новых островов.

В 1879 году почвенная карта России была переиздана под редакцией Чаславского, при чем еще раз изменяются границы чернозема, вновь показывается чернозем на Кавказе, и среди чернозема устанавливается 8 разностей.

В 1882 году появилась „Схематическая карта черноземной полосы Европейской России" проф. Докучаева. Эта карта приложена в 1883 году к работе последнего „Русский чернозем". На карте чернозем разбит на отдельные полосы (изогумусовые), о которых была уже речь выше.

В 1900 году вышла в свет почвенная карта Европейской России, издание Министерства Земледелия и Государственных Имуществ, предпринятое по инициативе Докучаева и обработанное Сибирцевым, Ферхминым и Танфильевым. С этого издания несколько позже Ферхминым была составлена почвенная карта Европейской России в масштабе 1 : 9.030.000.

В настоящее время в Докучаевском Почвенном Институте, под руководством Л. И. Прасолова, изготовляется новая почвенная карта европейской части СССР.

Северная зона чернозема, занимая громадное пространство в европейской части СССР, распространяется отсюда как на восток, так и на запад. Влияние горных кряжей в европейской части СССР на географию чернозема (закон вертикальной зональности) сказывается весьма наглядно как в направлении к югу (к Кавказу), так и по направлению к востоку. Зона чернозема в южных частях Самарской и Сталинградской губерний сменяется почвами пустынных степей, а эти почвы в Предкавказьи вновь переходят постепенно в чернозем. Подходя к Уралу, зона чернозема обрывается, при чем возвышенности Урала покрываются почвами подзолистого типа, но черноземная зона тотчас же восстанавливается на равнинах по восточному краю Уральских гор. Такую же роль, по отношению к зоне сибирского чернозема, играют отроги Алтая, Кузнецкого Алатау и горы Восточной Сибири. Поэтому почти сплошная зона чернозема Западной Сибири, подходя к предгорьям Алтая и Кузнецкого Алатау, теряет свою сплошность и разбивается на отдельные острова. Еще более островной характер имеет эта зона в Восточной Сибири, где в нее постоянно вклиниваются отроги различных гор (Енисейская, Иркутская губ. и Забайкальская) Самые восточные островки чернозема в СССР находятся в окрестностях Сретенска и Нерчинска Забайкальской губернии. Из Забайкалья зона чернозема протягивается в северную Маньчжурию, но не доходит до берегов Великого океана. Амурская и Приморская губернии совершенно лишены черноземных почв.

В азиатской части СССР в настоящее время, кроме чернозема Западной Сибири, достаточно изучен и чернозем Енисейской губ. Западно-сибирский чернозем изучался в Тобольской, Томской губ. (в том числе в Алтайском округе), а также в Тургайской, Акмолинской

и Семипалатинской губерниях. В Восточной Сибири, кроме енисейских черноземов, изучались и забайкальские[1]).

Еще по данным Гордягина, черноземные почвы Тобольской губ. не образуют значительных сплошных площадей, так как приурочиваются к вытянутым с юго-запада на северо-восток увальным грядам, большею частью довольно узким; между этими грядами развиваются почвы других типов, на что будет подробнее указано в отделе о географии русских почв. В южных половинах уездов Курганского, Ишимского и Тюкалинского черноземы покрывают более значительные участки ровной степи. Исследователь отмечает, что грунтовые воды здесь стоят глубоко, и на глубине 2—4 м. значительной влажности не встречается; даже с глубины 2 м. почва летом делается более сухой, чем на поверхности. Снег весною сходит рано, даже на равнинных участках, и почва быстро высыхает; то же и после обильных дождей, влага которых не проникает глубоко. Все это указывает, что и в вопросе о происхождении западно-сибирского чернозема не может быть речи об избыточной влаге. Такозы же условия его распространения и в Томской губернии.

К западу от чернозема европейской части СССР та же почва известна в Галиции, где в последнее время черноземная зона изучалась Бубером, затем в Венгрии. Границы австро-венгерского чернозема были нанесены на карту еще Лоренцом. В настоящее время следует сделать оговорку, что далеко не все пространство венгерских „пуст“ принадлежит черноземной зоне; значительная их часть покрыта каштановыми почвами, что уже отмечено пока схематически новейшими венгерскими почвоведами на карте. Из черноземных площадей Зап. Европы следует еще отметить черноземы Румынии, Болгарии и Германии, особенно окрестности Магдебурга и Гильдесгейма, где черноземные почвы, в значительной своей части, деградированы[2]).

Черноземная зона не доходит до прибрежий Атлантического океана, как в Азии не доходит до Великого; причиной этому влажные морские ветры там и здесь, которые делают невозможным существование у океанических прибрежий континентальных почвенных зон. И в прибрежьях Атлантического океана (Бельгия, Франция) и в Великом океане (Япония) мы наблюдаем постепенный переход лесной подзолистой зоны в лесную же зону буроземов, желтоземов и красноземов более теплых широт. То же наблюдается и в других местах Зап. Европы (Юго-Славия, Венгрия, отчасти Чехо-Словакия и пр.).

К той же северной черноземной зоне, как и черноземы Евразии, принадлежат черноземные почвы Сев. Америки, распространенные в штатах Дакота, Небраска, Техас и в частях других соседних штатов. Почвы примиссисипских прерий, повидимому, аналогичны приамурским луговым почвам и, подобно последним, с востока ограничивают область распространения чернозема.

Южная зона чернозема определенно известна пока в Аргентинской республике. Область, занятая здесь этой почвой, с запада ограничивается 65° з. д. (от Парижа), с юга—38° ю. ш., на севере же она теряется у берегов Rio Salado в солончаках под 30° ю. ш. Самый лучший чернозем находится в провинции Entre Rios; в провинции Санта-фэ мощность его меньше, к западу он становится более песча-

[1]) Значительная часть этих исследований произведена экспедициями бывш. Переселенч. Управления, труды которых перечислены в прилагаемом далее списке литературы.

[2]) Из новейших работ о черноземах Зап. Европы отметим исследования Graf zu Leiningen, Schalow, Hohenstein, K., von See (см. список литературы).

нистым. В провинции Cordoba песчаный чернозем занимает ее восточную часть, а на западе постепенно сменяется песками. В провинции Buenos Aires наиболее богатая почва занимает северную ее часть; к югу и юго-западу суглинистый чернозем постепенно переходит в песчанистый, а затем и в пески. Обстановка, при которой залегает аргентинский чернозем, в общем та же, что и всюду в черноземных областях. Сведений о других черноземных областях той же южной зоны у нас не имеется, но возможность существования таковых не исключена для Африки[1]) и восточной Австралии.

Что касается тропической зоны, то существование в ней чернозема пока строго не доказано. Теоретически мыслимо допущение, что при переходе от влажных субтропических областей к субтропическим пустынным степям должны встретиться районы, где травянистые пространства существуют при такой комбинации температуры и влаги, которая будет на накопление гумуса действовать так же, как климатические условия нашей черноземной степи, но будут ли местные темноцветные почвы вполне аналогичны нашим черноземам,—этого мы утверждать не можем. Не можем пока высказываться с уверенностью и о полной аналогии индийского регура с европейско-азиатским черноземом, ибо незнакомы в достаточной мере с морфологией разрезов первого.

История изучения этой интересной почвы во многом напоминает таковую же русского чернозема. В кадастровых описаниях Мадрасского президентства и в ряде статей Индийского геологического комитета эти почвы называли regur, regar, regada и cotton soil (хлопковая почва), при чем несомненно, как это бывало у нас, бывает и до сих пор, к регуру относили всякую вообще темную почву, не справляясь с условиями ее генезиса и ее морфологией.

Ньюбольд для объяснения генезиса регура предполагал, что почва эта представляет осадок, оставленный водами, некогда затоплявшими обширные пространства. Кинг (см. у Воейкова), сравнивая регуры с торфяными болотами Ирландии, с черными почвами Аннамалайских лесов и Нильгерийских болот, останавливается на гипотезе болотного происхождения регуров, несмотря на то, что всякий след болот и лесов в настоящее время здесь исчез совершенно. Того же мнения придерживаются Фут (Foote) и Вальтер[2]).

Другие исследователи ставили в связь происхождение регуров с темноцветными вулканическими породами.

О родстве регура с черноземами и об одинаковом способе их происхождения говорили Воейков и Рихтгофен. Образцы, доставленные Воейковым из Индии, не были, однако, типическими, почему Докучаев и не соглашался в свое время признать их родство с черноземами.

За это родство больше всего говорят данные о строении регуров, кратко сообщаемые Рихтгофеном, а именно указания на присутствие под гумусовыми горизонтами известковых конкреций (kunkur). Он же указывает, что области, занятые регуром, покрыты высокой травянистой растительностью, что лесов здесь нет и что здесь выпадает в год меньше 1200 мм. влаги и наблюдается ясная смена сухого и дождливого времен года. Зная, что в черноземной области Аргентины падает до 800 мм. осадков при годовой температуре в 16—17°, мы считаем теоретически довольно вероятным, что если не одинаковые,

---

[1]) В последние годы для Африки это отмечено Марбутом.

[2]) Walther. Lithogenesis der Gegenwart. Jena 1893—1894.

то весьма близкие результаты даст комбинация в 1000 мм. и в 25—28°, каковая существует в области распространения индийского регура.

Помимо тех огромных площадей, которые чернозем занимает по равнинам обоих полушарий, он встречается и в горных странах, как один из представителей почв вертикальных зон. Высота его залегания находится в зависимости от тех климатических условий, в которых лежит подошва гор. Если подошва покрыта лесами с подзолистыми под ними почвами, то чернозем в горах не встретится вовсе, если же подошва расположена в местности пустынной, или пустынно-степной, то есть основание, при соответственных условиях рельефа, ожидать присутствия на некоторой высоте чернозема. На этом основании в горных странах средней Европы (Альпы) чернозем отсутствует, но он нередко встречается в горах Закавказья (Тифлисская, Эриванская губ.), где был исследован Докучаевым и Захаровым, и в горах Семиречья (Прасолов, Бессонов). В южном Туркестане (Сыр-Дарьинская, Ферганская, Самаркандская обл.) встречаются его аналоги, о чем подробнее будет сказано в географическом очерке. Черноземные почвы или их аналоги возможно встретить на южном склоне Пиринеев.

Черноземные почвы равнин СССР, по мощности своих гумусовых горизонтов, морфологическим особенностям и отчасти по содержанию гумуса, распадаются на несколько разностей, а именно[1]):

1) Выщелоченный черноземный
2) Мощный или тучный чернозем
3) Обыкновенный или средний чернозем
4) Южный или бедный чернозем
5) Приазовский или предкавказский черноземный.

Некоторые исследователи выделяют к северу от выщелоченного еще северный чернозем (Тумин), но, повидимому, это то же, что и деградированный.

Уже у выщелоченного чернозема вскипающий горизонт отделен от гумусового более или менее уплотненным буроватым горизонтом, который является не чем иным, как зачатком иллювиального $B_1$, столь типичного для деградированных суглинков.

Начиная с мощного чернозема, иллювиальный бурый горизонт пропадает, и отсюда, собственно говоря, нужно считать начало типичных признаков чернозема, так как в выщелоченном есть уже моменты, намечающие переход к подзолистому типу.

В виду сказанного, мы начнем характеристику черноземных почв с мощного чернозема, а затем проследим, как меняются свойства черноземов к северу от этой разности и к югу от нее. Это лучше всего сделать в пределах одной какой-либо губернии[2]), так как все разности чернозема меняют, в большей или меньшей степени, свои свойства в зависимости от того, лежат ли они в западной, центральной или восточной части черноземной зоны. Необходимо также оговориться, что все даваемые характеристики будут относиться к глинистым разностям чернозема, так как в супесчаных некоторые характерные признаки исчезают.

Мощный чернозем назван так потому, что его гумусовые горизонты мощнее, чем у выщелоченного, обыкновенного и южного

[1]) Имеются и иные классификации черноземов (Имшенецкий).

[2]) В дальнейшем будем пользоваться для выщелоченного, мощного и обыкновенного черноземов данными по Тамбовской губ. (Тумин).

черноземов[1]). Их мощность в Тамбовской губ. колеблется от 100 до 120 см., в Воронежской от 95 до 110, редко 115 см.

Горизонт $A'_1$ однородной, темной, почти черной окраски; его мощность колеблется в пределах 34—55 см. Структура ясно зернистая, зернышки округлые (горошины). Гориз. $A''_1$ с трудом отличается от $A'_1$; он также равномерно окрашен почти до конца. Структура его зернисто-комковатая, переходящая в нижней части в комковатую. Последняя, впрочем, встречается в более южных частях подзоны мощного чернозема. Вскипание или в конце гориз. $A''_1$, или непосредственно под ним. Углесоли чаще всего в форме лжегрибницы (псевдомицелия), глубже которой, однако, идут нередко крупные вертикальные прожилки, а еще глубже и конкреции $CaCO_3$.

В Заволжье (Самарская губ.) исследователи выделяют не мощный, а тучный чернозем. У этой разности мощность гумусовых горизонтов колеблется от 60—70 до 80—90 см. и в редких случаях достигает 100 см., толщиной своих гумусовых горизонтов он не отличается от следующего за ним к югу обыкновенного чернозема, но гораздо богаче последнего гумусом. Еще далее к востоку тучный чернозем сильнее убывает в мощности.

Выщелоченный чернозем, лежащий к северу от мощного, имеет толщину гумусовых горизонтов от 90 до 100 см. Горизонт $A'_1$ темноватого или темно-серого цвета, мощностью в 45—50 см. Гор. $A''_1$ в верхней своей части ясной и равномерной гумусовой окраски, что для нижней его части не всегда наблюдается. Структура $A'_1$ в верхней его части зернистая, а глубже делается зернисто-комковатой с примесью орешков. Как уже было отмечено выше, здесь можно выделить бескарбонатный бурый горизонт $B_1$, непосредственно подстилающий гумусовый. Глубже бурого горизонта лежит карбонатный, заметно обогащенный углекислой известью, из чего можно заключить, что $CaCO_3$ был вымыт из вышележащего, ныне бурого, горизонта.

Обыкновенный чернозем, расположенный к югу от мощного, имеет общую мощность гумусовых горизонтов от 65 до 85 см. (в Тамбовской губ.). В Воронежской губ. и Донской области наблюдается иногда и меньшая мощность. Горизонт $A'_1$ серее, чем у мощного чернозема, и в верхней своей части у девственных почв имеет иногда слоеватое сложение. Структура его комковато-зернистая, глубже переходящая в комковатую. Мощность колеблется в пределах 20—35 см. Гор. $A'_1$ постепенно переходит в $A''_1$, но здесь провести границу этих двух подгоризонтов легче, чем у мощного чернозема. Бескарбонатный подгумусовый горизонт ($B_1$) отсутствует. Углесоли выделяются в виде пленок, жилок, а в южной части подзоны в форме белых округлых пятен, так называемой белоглазки.

Южный чернозем, поскольку он изучен в бывш. Донской области (Никифоров), обладает таким профилем:

$A'_1$ —Распадается на две части (в почвах целинных участков и многолетних залежей): верхняя—мощностью в 6—8, реже 10 см., имеет светло-серую окраску и слоеватое сложение. Вертикальные трещины разбивают ее на грубые торцевидные глыбы. От нижней части отграничивается довольно резко. Нижняя часть темнее по окраске и более плотна. В ней замечаются признаки распадения на мелкие комки и пористость. Общая мощность $A'_1$—10—14 см.

$A''_1$—Характеризуется более буроватым или рыжеватым оттенком. Он более или менее уплотнен, но обнаруживает склонность рассыпаться на мелкие

[1]) Название „мощный" дано раньше, чем стал известен прикаспийский чернозем, мощность гумусовых горизонтов которого, как увидим, еще больше.

структурные отдельности. На протяжении $A''_1$ наблюдаются темные языки, идущие от гориз. $A'_1$. Граница $A''_1$ со следующим довольно ясна, хотя и не в такой степени, как с предыдущим.—Мощность 20—25 см.

$B_2$—Непосредственно под гумусовым горизонтом лежит безгумусовый, очень сильно уплотненный до глубины 120—130 см. от поверхности. Он резко трещиноват в горизонтальном и вертикальном направлениях, и эти две системы трещин делят горизонт на призматические комки. По вертикальным трещинам наблюдаются темные гумусовые языки, имеющие иногда начало в самых верхних частях гумусового горизонта. Стенки трещин покрыты глянцем и имеют более темную окраску, чем общая масса призматических отдельностей.

На глубине 60—90 см. от поверхности, внутри уплотненного горизонта, наблюдается горизонт выделения углекислой извести, мощность которого до 30 см. $CaCO_3$ выпадает здесь в форме резко выраженной белоглазки. Глазки обыкновенно почти округлой формы, 1—2 см. в диаметре. Они имеют яркобелый цвет, чаще хрупки, иногда же довольно плотны.

$B_3$—На глубине, в среднем, 150 см. от поверхности (колебания между 115 и 180 см.) начинается гипсовый горизонт, который не наблюдался в более северных разностях чернозема. Гипс выделяется в форме крупных, пластинчатых или листовых, желтоватого цвета кристалликов, собранных в крупные желваки диаметром 3—4 см. Реже попадаются рассыпчатые скопления кристаллов, в виде жил, пропласток и т. п.

Кротовин, которыми богаты описанные ранее разности чернозема, в южном черноземе мало.

Приазовский (предкавказский) чернозем отличается большой мощностью гумусовых горизонтов (до 140 см.), не особенно густой их окраской серовато-черного или буроватого оттенка, своеобразной ореховато-комковатой структурой, соединенной с рыхлостью и рассыпчатостью и присутствием, начиная с поверхностных горизонтов, войлокообразных налетов игольчатых кристаллов углекислой извести. Горизонт белоглазки у этих почв относительно слабо развит и начинается обычно не выше 95 см., а иногда только на глубине 145 см. Гумусовые горизонты содержат экскременты крупных дождевых червей, вертикальные ходы которых видны иногда хорошо в подгумусовых горизонтах, в виде черных линий.

Приведем детальное описание профиля такой почвы на границе Ростовского округа, в 12 в. к юго-западу от ст. Кагальницкой (Прасолов).

$A'_1$—0—20 см. Черный с буровато-серым оттенком; разбивается на неправильные комки и легко распадается на пористую и мелкозернистую массу. Вскипание с глубины 8 см.

$A'_1$—20—55 см. Серовато-черный. Сверху рассыпчато-зернистый, книзу более связный и откалывается столбиками с мелко-бугристыми поверхностями и ореховой структурой.

$A''_1$—55—90 см. Очень постепенный переход от серовато-черной к пестрой окраске; те же характерные, мелкобугристые поверхности излома и крупно-ореховая или комковатая структура; много кротовин. Белый нежный налет углекислой извести на гранях отдельностей.

$A''_1$—90—105 см. Быстрое исчезание гумусовой темнобурой окраски и переход к желтобурой вниз языками и пятнами. Переполнен кротовинами. Белый налет.

$B_2$—105—185 см. Желтобурая глина с гумусовыми затеками и белоглазкой, то густой, то очень редкой.

$B_3$—185—240 см. Глина желтобурая с черными линиями корневых ходов (и дожд. червей?) и очень редкой белоглазкой.

Гипса не видно.

На поверхности девственного чернозема наблюдалось иногда присутствие растительного войлока, в виде сухой переплетенной массы мелких корешков с незначительной примесью песка и мельчайших глинистых частиц (Поленов).

Реже, как наблюдал проф. Докучаев на Струковских степях б. Полтавской губ., на поверхности лежит слой бурой порошковатой растительной трухи, по которой нога ступает, как по ковру.

К числу характерных признаков черноземного разреза принадлежит присутствие кротовин. Иногда последние встречаются в таких количествах, что горизонты почвы, особенно в нижних частях $A_1$ и в $A'_1$, бывают настолько переработаны, что с трудом определяются границы отдельных горизонтов. На разрезе кротовины представляются в виде округлых, овальных и неправильной формы пятен, при чем пятна эти в гумусовой части разреза выделяются тогда, когда они заполнены материалом материнской породы, а в подгумусовой,— когда выполнены материалом гумусовых горизонтов. Сукачев различает четыре типа кротовин: 1) кротовины сплошные, состоящие целиком из более или менее однородного материала и представляющиеся на разрезах в виде сплошных кругов или эллипсов; 2) кротовины окаймленные, состоящие из двух вставленных один в другой цилиндров. В разрезе получается круг с ободком другого цвета. Цвет ободка в лессе темнее цвета остальной массы кротовины, а в гумусовых горизонтах—светлее. Он обыкновенно плотнее и тверже как массы кротовины, так и массы окружающей породы, и богаче углекислой известью. Если ободок широкий, то он часто ясно слоист; иногда наблюдаются и полуокаймленные кротовины; 3) кротовины концентрично или эксцентрично слоистые в разрезе представляются в виде кругов или эллипсов, на фоне заполняющей массы которых заметны полосы, расположенные концентрично или эксцентрично. У кротовин этого типа заполняющая их масса ни по цвету, ни по плотности не отличается резко от окружающей породы. Эксцентричность получается в том случае, если разрез пришелся не вполне перпендикулярно к длине кротовины. Этот тип встречается сравнительно реже, чем два предыдущих; 4) последний тип не является, собственно говоря, самостоятельным. Он получается благодаря комбинированию двух первых типов и происходит от того, что одна кротовина заходит в другую или пересекает ее в месте прохождения разреза.

Сплошные кротовины, по мнению Сукачева, получаются при засыпании норы механически, или при заполнении норы самими животными, окаймленные под влиянием атмосферных факторов и живущих в норах животных. Первые обусловливают выделение на стенках кротовин углесолей, вторые, постоянно ползая в норе взад и вперед, оставляют на стенках жир, остатки пищи, экскременты, вообще органические вещества, образующие впоследствии гумус. Полуокаймленность может явиться результатом частичного осыпания, а также и в том случае, если на дне норы был запас пищи или экскременты животного. Труднее всего поддаются объяснению слоистые кротовины; надо полагать, что в образовании их принимала участие вода.

В подзонах мощного и обыкновенного черноземов (а местами, может быть, и выщелоченного) наблюдается иногда такое перерытие животными почвы, что в ней совершенно нельзя разграничить отдельные горизонты. Такие черноземы называют кротовинными.

Чаще всего кротовинные черноземы располагаются по высоким частям водоразделов, куда, повидимому, бежали роющие животные

от сохи или плуга земледельца, захватывавшего прежде всего окраины водоразделов, ближе к рекам. Что роющие животные охотно перебираются туда, где их не тревожат, показывает следующий пример: на Воронежской областной опытной станции (Орловка) был несколько лет тому назад брошен в залежь участок земли с целью восстановить на нем бывшие степные условия. За последние годы этот участок до такой степени перерыт слепцами, что на нем, можно сказать, нет живого места.



Рис. 10. Черноземная почва с плювием. Г. Высоцкий.

Кротовинные черноземы отличаются высоким вскипанием, иногда почти с поверхности.

Изучение глубоких горизонтов черноземных почв показало, что в лессовых областях нередко на глубине от 2 до 4 метров наблюдаются неясно оформленные гумусовые горизонты, в связи с коими находятся также скопления углекислой извести и гипса[1]). На прилагаемом рисунке (рис. 10), заимствованном из работы Высоцкого, буквами F и G обозначены скопления гумуса и гипса. Гумусовый горизонт, как видно на чертеже, залегает на глубине от 3 до 4 метров, но дает отростки как в верхнюю, так и в нижнюю часть разреза. Гипс в данном случае приурочивается к тому же гумусовому горизонту и является или в виде мелких кристаллов, или в виде довольно крупных друзовидных конкреций (от ореха до кулака величиной). Иногда скопления гипса лежат выше или ниже гумусового горизонта, а порой и совершенно отсутствуют.

Что касается выделений углекислой извести, то наблюдения говорят следующее: верхний слой черноземной почвы, в среднем до глубины 47 см., лишен заметных количеств углекислой извести (не вскипает с кислотой), глубже начинает уже вскипать. Заметные скопления углекислой извести появляются в виде жилок, напоминающих иногда грибной мицелий (лжегрибница Измаильского), в виде пятен, мелких глазков и крупных конкреций. Первый горизонт скопления углекислой извести появляется немного ниже верхнего гумусового горизонта (на глубине около 0,85—0,9 м.) в виде глазков. Второй горизонт наблюдается уже на глубине 4,15—4,4 м. и состоит из разрозненных плотных желваков и расплывчатых беловатых пятен. В промежуточном (E) и гумусовом (F) горизонтах крупные выделения углекислой извести или совсем отсутствуют, или попадаются в небольших количествах. Жилки углекислой извести (лжегрибница) наблюдаются в различных горизонтах.

Скопление верхнего горизонта углекислой извести Высоцкий объясняет передвижением растворов в летний период, когда почвенные воды наиболее богаты углекислотой, снизу вверх, что связано с высыханием поверхностных горизонтов почвы. До поверхности, однако, эти растворы дойти не могут, так как влага перехватывается

[1]) О кротовинных черноземах см. работу А. Панкова.

корнями растений на значительной глубине, где и происходит выделение солей, заполняющих мелкие пустоты, в виде камер и гнезд мелких животных (черви, пауки) и насекомых.

Изучая подобные разрезы черноземных почв в Велико-Анадоле б. Екатеринославской губ., а также наблюдая параллельно за просачиванием атмосферных вод, за промоканием и высыханием грунта в различные времена года и при различных условиях, Высоцкий пришел к заключению, что на плато и пологих склонах с более или менее глубоким залеганием грунтовых вод не происходит сплошного промывания грунта просачивающимися водами. Ежегодно, на глубине между 2 и 4 метрами, остается слой, влажность которого, не достигая капиллярной влагоемкости, круглый год более или менее постоянна. Этот слой был назван Высоцким „мертвым горизонтом“[1]), представляющим как бы предел просачивания в глубину всяких растворов, возникающих при почвообразовании, а особенно таких сравнительно трудно растворимых соединений, как гипс и углекислая известь, а также и таких, которые при известном изменении условий способны видоизменяться и принимать нерастворимые формы. К типу последних принадлежат растворы „креновой“ кислоты, которые, восстановляясь при недостаточной аэрации, способны давать мало подвижную „гуминовую“ кислоту. В силу указанных причин как минеральные, так, частью, и органические вещества остаются в пределах промокаемого горизонта и здесь выделяются, образуя заметные на простой глаз скопления. Все эти скопления органического и неорганического характера Высоцкий предложил назвать „иллювием“.

Наши наблюдения в Воронежской губ. привели к заключению, что это действительно иллювий, образующийся вмыванием материала, заполняющего кротовины и жилые камеры животных, в глубину.

Существуют иногда в черноземах и более глубокие гумусовые горизонты, имеющие связь с грунтовыми водами. Эти своеобразные глеевые горизонты описаны нами для подзоны мощного чернозема, на водоразделах, где грунтовые воды лежат не глубже 5—6 метр. Приведем здесь описание одного такого разреза из Воронежского у.[2]).

1. Нормальные гумусовые горизонты мощного чернозема 95—98 см.
2. Слабо выраженная лжегрибница.
3. На глубине 155 см. пятна и прожилки $CaCO_3$.
4. „ „ 275 „ журавчики „
5. „ „ 350 „ гнездышки серовато-белой мергелистой глины.
6. „ „ 415 „ заметный прослой серой глины.
7. „ „ 451 „ черная глина, рассыпающаяся на орехи; под ней показалась вода.

О гумусовых горизонтах под черноземами Украины будем говорить в главе о древних и ископаемых почвах.

Чтобы закончить с морфологией черноземных почв, отметим своеобразные черты строения горных закавказских черноземов. Прежде всего рельеф здешних черноземных участков (окрестности оз. Гокчи) мало напоминает безбрежные равнины русской черноземной степи. В общем здесь скорее волнистая, чем равнинная поверхность; кое-где выступают почти голые холмики, сложенные из той же черной базальтовой лавы, из которой формируется и здешний чернозем. Общий характер флоры переносит исследователя в черноземную степь

[1]) Впоследствии Высоцкий отказался от связи установленного им иллювия с мертвым горизонтом.

[2]) Более подробно см. Глинка, К. „Почвоведение“, 1916, № 1.

Саратовской губ.; обилие ковыля местами поражающее (окрестности с. Еленовки на берегу оз. Гокчи). Черноземные участки расположены здесь на абсолютной высоте около 1850 метров.

На ровных участках чернозем имеет такое строение: поверхностные гумусовые горизонты ничуть не отличаются от таковых же русского чернозема; под ними лежит сплошной белый горизонт, переполненный углекислой известью, содержащий также и углекислую магнезию. Нижние части этого горизонта часто как бы припаяны к верхним неизмененным частям материнской породы. Таким образом, в разрезе наблюдатель видит резко выделяющуюся белую полосу, заключенную между двумя черными. На склонах строение чернозема изменяется в том отношении, что под гумусовыми горизонтами находится буроватая суглинистая порода, также переполненная углесолями, а под ней уже лежит лава. Кое-где лава сменяется почти чистым вулканическим стеклом (обсидианом).

Выше сообщенные сведения о материнских породах чернозема уже дают возможность заключить, что среди представителей этого типа почвообразования, как и среди представителей каждого другого типа, могут встречаться разности, более или менее резко различающиеся друг от друга своим механическим составом, начиная от тяжелых суглинистых и кончая супесчаными и даже скелетными. Только резко песчаных разностей чернозема, как указывал еще Рупрехт, не существует. Данное обстоятельство находит свое объяснение в том, что пески представляют среду, легко доступную влаге и воздуху, благодаря чему разложение органических веществ протекает здесь энергичнее, гумуса много накопляться не может, а соли также не задерживаются и не накопляются. К тому же, если в степное пространство вклиниваются широкие полосы песков, то на них обычно поселяется лес, а под последним развиваются подзолистые почвы. Исследователь, пересекающий черноземную полосу европейской части СССР на пути из Москвы в Саратов (через Рязань, Козлов, Тамбов), легко может убедиться в справедливости сказанного. Как конечные члены рыхлых почв черноземного типа, описывались в русской почвенной литературе черноземные супеси и черноземные глинистые пески (в Саратовской губ.).

Значительно большее распространение в пределах русских степей суглинистых разностей чернозема сравнительно с супесчаными легко объясняется преобладающим типом материнских пород, характеризующихся своей мелкоземистостью.

Для примера приводим здесь несколько механических анализов поверхностных горизонтов черноземных почв:

| | >2 мм. | 2—1 | 1—0,5 | 0,5—0,25 | 0,25—0,01 | <0,01 мм. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ключищи Нижег. г. . . . . | 0,295 | — | 0,079 | 0,044 | 41,071 | 58,323 |
| Руновщина Полт. г. . . . . | — | 0,01 | 0,16 | 0,69 | 43,59 | 42,15 |
| Орловская оп. станц. Ворои. г. . | — | — | 3,01 | 7,80 | 27,30 | 61,89 |
| То же . | — | — | 3,54 | 6,69 | 24,85 | 64,72 |
| Велико-Анадол Екатер. г. . . . | — | — | — | — | 67,40 | 30,0 |
| Голотовщина Полтавск. г. . . . | — | — | — | 0,4 | 61,69 | 25,01 |
| Еньки „ „ . . . . | — | — | — | 0,67 | 77,13 | 12,4 |
| Сибирские черноземы | | | | | | |
| Сорочья степь Тобол. г. . . . . | — | 0,20 | 0,99 | 1,62 | 30,59 | 66,60 |
| Замиралово „ „ . . . . | — | — | 0,18 | 0,37 | 29,23 | 77,21 |

О размерах структурных отдельностей в черноземных почвах можно судить по следующим данным, относящимся к Тамбовской губ. (Т у м и н):

| Размеры структ. отдельн. | Цеитр. часть мощного | Северная часть чернозема | Южная половина выщелочен. | Северн. полов. черноз. | Деградированн. черноз. |
|---|---|---|---|---|---|
| > 10 см. . . . . | — | — | — | 0,14 | — |
| 10—7 „ . . . . | | — | 0,44 | 0,42 | 0,20 |
| 7—5 „ . . . . | 2,40 | 0,24 | 1,19 | 0,68 | 1,87 |
| 5—3 „ . . . . | 15,02 | 10,40 | 13,50 | 14,23 | 24,16 |
| 3—2 „ . . . . | 19,80 | 16,90 | 12,20 | 17,28 | 19,30 |
| 2—1 „ . . . . | **31,95** | **33,16** | **35,33** | **33,78** | **29,45** |
| 1—0,5 „ . . . . | 12,63 | 13,43 | 14,98 | 12,02 | 10,59 |
| 0,5—0,25 . . . . | 8,10 | 9,37 | 11,12 | 8,74 | 7,03 |
| < 0,25 „ . . . . | 10,10 | 16,50 | 11,24 | 12,71 | 7,40 |

Как видно, около трети структурных элементов чернозема состоит из зерен размерами 1—2 см. При деградации нарастает количественно фракция от 3 до 5 см., что особенно резко проявляется уже у деградированных суглинков.

Из физических свойств чернозема отметим чрезвычайную п л а с т и ч н о с т ь его глинистых разностей. По данным А. П а н к о в а, она отвечает самым пластичным породам А т т е р б е р г а (черноземы Воронежской губ.).

Переходя к химическим свойствам, остановимся прежде всего на гумусе. Как распределяется последний в профилях черноземов, видно из следующей таблицы:

| Глубина в см. | Деград. черноз. | Выщелоч. черноз. | Мощный черноз. | Обыкнов. черноз. | Южный черноз. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1—5 см. | 5,0% | 8,0% | 10,5% | 7,0% | 4,5% |
| 20—25 „ | 3,0 | 6,5 | 9,0 | 5,5 | 3,0 |
| 40—45 „ | 1,5 | 5,0 | 7,5 | 4,0 | 1,5 |
| 60—65 „ | 1,0 | 3,5 | 6,0 | 2,5 | 1,0 |
| 80—85 „ | 0,7 | 2,0 | 4,5 | 1,0 | 0,5 |
| 110—120 „ | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | — |

Цифры показывают, что убывание гумуса в глубину идет более постепенно, чем это наблюдалось для подзолистого типа. Наибольшая постепенность убывания отмечается у мощного чернозема, за ним идут выщелоченный и обыкновенный. Более быстрое убывание у южного и особенно деградированного черноземов.

Что касается колебания количеств перегноя в верхних горизонтах различных черноземов, то пределы таковых намечаются, примерно, таким образом:

| | |
|---|---|
| Деградированный чернозем . . . . . | 4— 7% |
| Выщелоченный „ . . . . . | 6— 9 „ |
| Мощный запад. части зоны . . . . . | 6—10 „ |
| „ (тучный) вост. части . . . . . | 10—13 (и более) |
| Обыкновениый черноз. . . . . | 6—10 „ |
| Южный „ . . . . . | 4 — 6 „ |
| Приазовский „ . . . . . | 4— 6 „ |

О подвижности (растворимости или диспергировании в воде) перегноя черноземных почв Тамбовской губ. (Т у м и н) дает представление следующая таблица:

| | Глубина в сантиметрах. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1—5 | 40—45 | 80—85 | 120—140 |
| Деградиров. чернозем . . . | $^1/_{261}$ | $^1/_{166}$ | $^1/_{75}$ | $^1/_{64}$ |
| Север. половина выщелочеи. | $^1/_{274}$ | $^1/_{195}$ | $^1/_{157}$ | $^1/_{180}$ |
| Южная „ „ | $^1/_{388}$ | $^1/_{246}$ | $^1/_{187}$ | $^1/_{171}$ |
| Центр. часть мощного чер. | $^1/_{399}$ | $^1/_{298}$ | $^1/_{292}$ | $^1/_{231}$ |
| Южная „ „ „ | $^1/_{418}$ | $^1/_{330}$ | $^1/_{309}$ | $^1/_{190}$ |
| Обыкиовенный чернозем . . | $^1/_{441}$ | — | — | — |

Цифры показывают, какая часть всего количества гумуса распускается в воде. Здесь можно подметить две закономерности: во-первых, увеличение подвижности гумуса к северу от обыкновенного чернозема, и, во-вторых,—повышение распускаемости в более глубоких горизонтах почвы. Последнее особенно резко подчеркнуто, как и следовало ожидать, у деградированного чернозема.

Водная вытяжка из черноземных почв дает обычно не сильно различающиеся между собой величины минерального остатка и потери при прокаливании, что видно из следующих цифр, относящихся к поверхностным горизонтам различных черноземов (1—5 см.).

| | Минер. остат. | Потеря при прокал. |
|---|---|---|
| Деградированный чернозем . . . . | 0,0236 | 0,0396 |
| Северная половина выщелоченного . | 0,0235 | 0,0345 |
| Южная „ „ . | 0,0294 | 0,0485 |
| Северная часть мощного черноз. . . | 0,0263 | 0,0425 |
| Центральная „ „ „ . . . | 0,0321 | 0,0534 |
| Южная „ „ „ . . | 0,0307 | 0,0426 |
| Обыкновенный чернозем . . . . . | 0,0280 | 0,0368 |

Из переходящих в водную вытяжку минеральных веществ на первом месте стоит кальций, как это констатировано еще Захаровым. Данные о количествах переходящей в раствор извести для черноземов Тамбовской губ. приводятся непосредственно ниже (Тумин).

| Гориз. 1—5 см. | CaO |
|---|---|
| Деградиров. чернозем . . . . . | 0,0091 |
| Северная половина выщелоч. черноз. . . . . | 0,0079 |
| Южная „ „ „ . . . . . | 0,0114 |
| Северная часть мощного „ . . . . . | 0,0100 |
| Центральная „ „ „ . . . . . | 0,0134 |
| Южная „ „ „ . . . . . | 0,0108 |

Захаров дает такой средний состав водных вытяжек из черноземных почв:

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Горизонты | Глубина взятия пробы в см. | Цвет вытяжки | Сухой остаток | Минеральн. остаток | Потеря при прокалив. | Щелочность 2 ($HCO_3$) | Cl | $SO_3$ | $SiO_2$ | CaO |
| $A_1$ | 10—25 | золот. желтый | 0,0734 | 0,0366 | 0,0368 | 0,0196 | 0,0062 | 0,0030 | 0,0047 | 0,0160 |
| $A_2$ | 30—80 | бесцв. | 0,0640 | 0,0288 | 0,0362 | 0,0241 | 0,0061 | 0,0017 | 0,0039 | 0,0144 |
| C | 90—150 | „ | 0,0644 | 0,0386 | 0,0258 | 0,0388 | 0,0039 | 0,0024 | 0,0031 | 0,0146 |

Процентное содержание сухого и прокаленного остатка водной вытяжки:

| | | В % сухого остатка | | | | В % прокален. остатка | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| $A_1$ . . . | 10— 25 | 100 | 49,96 | 50,04 | 26,70 | 100 | 16,85 | 8,15 | 12,77 | 43,48 |
| $A_2$ . . . | 30— 80 | 100 | 44,99 | 55,01 | 37,66 | 100 | 17,57 | 4,90 | 13,53 | 41,46 |
| C . . . | 90—150 | 100 | 57,21 | 42,76 | 60,25 | 100 | 10,10 | 6,22 | 8,03 | 37,82 |

Из тамбовских анализов видно, что количество переходящей в раствор извести уменьшается к северу, для суждения же о том, как это количество изменяется к югу от подзоны мощного чернозема, данных еще недостаточно. Нужно, кроме того, иметь в виду, что степень насыщенности чернозема кальцием нужно учитывать в связи с содержанием гумуса и тонких суспензий, и не всегда та почва, из которой в водную вытяжку перейдет большее количество извести, будет и более насыщена кальцием.

Общее количество поглощенной извести, которая может быть вытеснена из почвы действием хлористых солей (по Гедройцу), достигает для самарского чернозема (разность неизвестна) 1,3%. Систематических исследований этого вопроса по отношению к черноземным почвам пока нет, хотя ряд отдельных определений в литературе имеется. Количество поглощенного магния (опред. в виде MgO) в черноземных почвах не превышает десятых долей процента, а калия и натрия сотых долей. Только в подгумусовых уплотненных горизонтах южного чернозема найдены бо́льшие количества натрия, что говорит о начале солонцового процесса (см. солонцовый тип).

Углекислого кальция в верхних горизонтах черноземных почв нормально (если порода не карбонатна и нет перерытия животными) не содержится, за исключением приазовского чернозема. В тех черноземах, где нет вторичного скопления вымытого $CaCO_3$, количество углекислой извести в карбонатном горизонте колеблется около 16—17%. Если чернозем образуется из пород, богатых силикатной известью или углекислой (карбонатные черноземы), то количество последней в карбонатном горизонте может быть и больше. Так, например, в черноземах Лорийской степи (Закавказье) на породах вулканического характера, богатых силикатной известью, наблюдаются такие величины:

| | | $CaCO_3$ |
|---|---|---|
| № 1 | Глубина 53—70 см. . . . . | 31,81% |
| | „ 70—89 „ . . . . . | 30,05 „ |
| № 2 | „ 89—107 „ . . . . . | 24,70 „ |
| | „ 107—120 „ . . . . . | 33,76 „ |

Что касается валового состава или, правильнее говоря, силикатной части черноземных почв, то здесь приходится установить две их категории.

У первой из них, именно у выщелоченных черноземов (и, конечно, деградированных, в которых уже намечается переход к подзолистому типу), наблюдается небольшой вынос глинозема и окиси железа из верхних горизонтов в гориз. $B_1$ который, как мы видели выше, намечен уже и у выщелоченных черноземов.

Для деградированного чернозема мы располагаем такими данными валового анализа, перечисленными на безгумусовое, безводное и бескарбонатное вещество (Тумин):

| Глубина | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | Сумма $R_2O_3$ |
|---|---|---|---|
| 1— 5 см. | 8,91% | 4,43% | 13,34% |
| 20—25 „ | 9,38 „ | 5,32 „ | 14,70 „ |
| 40—45 „ | 11,93 „ | 5,69 „ | 17,62 „ |
| 80—85 „ | 10,97 „ | 5,79 „ | 16,76 „ |
| 130—135 „ | 10,85 „ | 5,69 „ | 16,54 „ |

Передвижение полуторных окислов несомненно. Другую группу составляют мощный, обыкновенный и южный черноземы, у которых отсутствуют иллювиальные горизонты силикатного состава, а потому количества глинозема и окиси железа во всех горизонтах почвы остаются более или менее одинаковыми, что и типично для степного почвообразования, где гумус, насыщенный кальцием, мало дисперсен и не поддерживает дисперсности минеральных суспензий.

О постоянстве химического состава черноземных почв второй группы дают представление нижеследующие аналитические данные.

Для Тобольского обыкновенного чернозема получено:

| | Гориз. А | Гориз. С |
|---|---|---|
| $H_2O$ при 100°С. | 4,57% | 3,37% |
| Потеря при прок. | 10,74 | 5,90 |
| Гумус | 7,58 | 2,40 |
| $SiO_2$ | 64,28 | 61,10 |
| $Al_2O_3$ | 13,61 | 12,69 |
| $Fe_2O_3$ | 4,75 | 4,79 |
| CaO | 1,53 | 6,50 |
| MgO | 1,78 | 2,38 |
| $K_2O$ | 1,55 | 1,53 |
| $Na_2O$ | 1,28 | 1,89 |

Перечислив данные на минеральное вещество без карбонатов, получаем:

| | Гориз. А | | Гориз. С | |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 71,74% | | 71,33% | |
| $Al_2O_3$ | 15,19 | 20,49 | 14,81 | 20,40 |
| $Fe_2O_3$ | 5,30 | | 5,50 | |
| CaO | 1,70 | | 2,07 | |
| MgO | 1,97 | | 2,77 | |
| $K_2O$ | 1,97 | | 1,78 | |
| $Na_2O$ | 1,79 | | 2,20 | |

Состав чернозема Акмолинск. г. выражается следующими данными:

| | 1—16 см. | 14—28 см. | 33—48 см. | 94—104 см. (С) |
|---|---|---|---|---|
| Гигроск. вода | 6,85% | 7,20% | 6,90% | 5,15% |
| Гумус | 12,23 | 5,70 | 1,88 | 0,44 |
| $CO_2$ | — | — | — | 4,53 |
| Потеря при прокал. | 13,72 | 8,62 | 5,62 | 8,45 |
| $SiO_2$ | 61,22 | 63,81 | 65,48 | 59.23 |
| $Al_2O_3$ | 12,59 | 14,36 | 14,90 | 12,54 |
| $Fe_2O_3$ | 5,60 | 5,75 | 5,94 | 5,31 |
| MnO | 0,49 | 0,33 | 0,54 | 0,37 |
| CaO | 2,15 | 1,26 | 1,83 | 8,14 (2,38) |
| MgO | 1,45 | 1,84 | 2,10 | 2,06 |
| $K_2O$ | 1,83 | 2,41 | 2.27 | 1,70 |
| $Na_2O$ | 0,89 | 1,31 | 1,08 | 1,35 |
| $SO_3$ | 0,39 | 0,44 | 0,44 | 0,62 |
| $P_2O_5$ | 0,15 | 0,16 | 0,11 | 0,08 |
| | 100,48 | 010,29 | 100,32 | 99,85 |

Перечислив приведенные аналитические данные на безводную, безгумусовую и бескарбонатную минеральную массу, получаем:

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 70,56 | 69,60 | 69,11 | 69,16 |
| $Al_2O_3$ | 14,51 | 15,66 | 15,73 | 14,61 |
| $Fe_2O_3$ | 6,45 | 6.26 | 6,27 | 6,20 |
| MnO | 0,56 | 0,35 | 0,57 | 0,42 |
| CaO | 2,47 | 1,37 | 1,93 | 2,77 |
| MgO | 1,67 | 2,00 | 2,21 | 2,40 |
| $K_2O$ | 2,10 | 2,62 | 2,39 | 1,98 |
| $Na_2O$ | 1,02 | 1,42 | 1,14 | 1,57 |
| $SO_3$ | 0,41 | 0,48 | 0,47 | 0,72 |
| $P_2O_5$ | 0,17 | 0,16 | 0,11 | 0,08 |

Просматривая полученные цифры, мы приходим к заключению, что существенных различий в составе силикатной части данной черноземной почвы от других почв того же типа не замечается. Бросается лишь в глаза значительное богатство местного чернозема серной кислотой. Повидимому, это свойство общее большинству почв западносибирской черноземной зоны и, вероятно, находится в связи с некоторой гипсоносностью местных материнских пород.

В горах южного Туркестана (южная часть Сыр-Дарьинской, Ферганская, Самаркандская, Закаспийская бывшие области) среди вертикальных зон мы уже не встречаем вполне типичных черноземов, какие встречаются еще в горах северного Семиречья. Здесь лежат лишь черноземоподобные почвы, в некоторой степени напоминающие чернозем и принадлежащие к тому же типу почвообразования. Неуструев дает следующую характеристику разреза черноземоподобных почв Андижанского у. Ферган. обл.

0— 3 см. Следы слоеватости.

3—22 „ Горизонт, вверху неправильно комковатый, ниже ореховатый, черно-бурого цвета, весь источенный червями. Встречается щебенка с белой коркой углесолей.

22—32 „ Почва ясно буреет, сохраняя ту же структуру.

С 32 см. Прибывает много округлой гальки и неокатаиные камни, особенио на глубине 42—45 см., где гальки едва пересыпаны мелкоземом грязноватого цвета.

Почва вскипает на глубиие 30 см. Материнской породой является каменноугольный известияк.

Содержание гумуса и гигроскопической воды выражается для этой почвы следующими данными:

В гориз. 0— 6 см. содерж. гумуса—7,30%; гигроскоп. воды—3,61%
„ „ 14—40 „ „ „ 5,10 „ „ 2,21
„ „ 0—25 „ „ „ 6,65 „ „ 2,65

## ЛИТЕРАТУРА

Abich. Bull. Acad. Pètersb. 1854, XIII.

Агапитов. Изв. Вост.-Сиб. Отд. Русск. Геогр. Общ., т. XI, № 3—4.

Бессонов. Тр. почв.-ботан. экспед. по исслед. колониз. район. Азиатской России. Ч. I. Почв. нсслед. 1908, вып. VI. Изд. Перес. Управления.

„ Почвенный покров Самарской губ., 1924.

Blasius. Reise im Europ. Russland in den Jahren 1840 u. 1841. Braunschweig, 1844.

Блажний. Почв. очерк Таманского полуострова. Краснодар, 1926.
Богданов. Птицы и звери черноз. полосы Поволжья и долины средней и нижней Волги. Спб. 1871.
„ Труды Вольн.-Экон. Общ., 1877, т. I.
Борисяк. О черноземе. Речь. Харьков, 1852.
Buber. Die galizisch-podolische Schwarzerde, ihre Entstehung und natürliche Beschaffenheit und die gegenwärtigen landwirtschaftlichen Betriebsverhältnisse des Nordostens dieser Bodenzone Galiziens. Berlin, 1910.
Хаинский, А. Тр. почв.-ботан. экспед. по исслед. колоииз. район. Азиатской России. Ч. I. Почв. исслед. 1912—13 гг., вып. 1.
Czerniaev. Bull. de la Soc. des Natur. de Moscou, 1845, т. XVIII, № 3.
Димо. Полупустынные почвенные образования юга Царицынского уезда. Саратов, 1907.
„ Почвоведение, 1903, № 2.
Димо, Геммерлинг, Шульга. Предвар. отч. о работах по изуч. ест.-истор. условий Пензенской губ. Москва, 1912.
Докучаев. Русский чернозем, 1883.
„ Предвар. отч. об исследов. на Кавказе летом 1899 г. Тифлис, 1899.
Эйхвальд. Палеонтология России, 1850.
Ehrenberg. Monatsber. der Berlin. Akad. 1850.
Эверсман. Естеств. история Оренбургского края. 1840.
Флоров, Н. Матер. по исслед. почв. и грунтов Киевской губ. Одесса 1916.
Georgi. Geographisch-physikal. u. naturhistor. Beschreibung des Russischen Reichs. 1797.
Германн. Землед. журн. Москов. Общ. Сельск. Хоз., 1837, № 1.
Giedwillo. Bull. de la Soc. des Natur. de Moscou, 1851.
Глинка, К. Почвоведение, 1909, № 2.
„ и сотрудники. Предв. отчет об организ. и исполн. работ по исслед.
„ почв Азиатской России в 1910 г.
„ „Почвоведение“, 1909, № 4; 1910, № 1.
„ Горшенин, Стратонович и Яковлев. Труды Докуч. Почв. Комитета, вып. 1,1914.
„ Почвы Киргизской республики. Оренбург, 1923.
„ Геология и почвы Воронежской губ., Вороиеж, 1921.
Городков, Б. и Неуструев, С. Почвеииые районы Уральской обл. Урал. Технико-экон. сборн. вып. 5, 1923. Екатеринбург.
Гордягин. Тр. Общ. Ест. при Казан. Уиив., т. XXXIV, 1900.
Горшенин, К. Почвы Челябин. у. Оренб. губ. Птрг. 1917.
„ Тр. Сибир. С.-х. Академин, т. III.
„ Почвеиные районы Алтая, Н.-Николаевск, 1924.
Гроссул-Толстой. Зап. Общ. Сельск. Хоз. южиой России, 1857.
Güldenstädt. Reisen durch Russland und im Kaukas. Gebirge, herausgegeben von Pallas. 1787—1791.
Hohenstein. Jahresber. u. Mitt. d. Oberrhein. geolog. vers., 1920, 9.
Hyot. Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée. 1842.
Искюль. Предв. отч. об орган. и исполн. работ по исслед. почв Азиатской Россин в 1912 г., под ред. К. Глинки, Спб. 1913.
Имшенецкий, И. Кубанские степи. Ростов-иа-Дону, 1924.
„ Бюллетени почвовед., 1926, № 2—4.
Яворовский. Изв. Геолог. Комит., т. XIV.
Яковлев, С. Почвы и грунты по линии Армавир-Туапсинской ж. д. СПБ. 1914.
Карпинский. Научно-историч. сборник Горного Института, 1873.
Келлер, Б. По долиниам и горам Алтая, т. I, Казань, 1914.
Конткевич. Геологич. исслед. в гранитн. полосе Новороссии по восточную сторону Днепра, 1881.
Королев. Зап. Зап.-Сиб. Отд. Русск. Геогр. Общ., кн. XXIV.
Короткий. Предв. отч. об орган. и исполн. работ по исслед. почв Азиатск. России в 1912 г., под ред. К. Глинки, Спб. 1913.

Коссович. Отчет с.-хоз. хим. лабор. Мин. Земл. и Госуд. Имущ. I, 1899.
Костычев. Почвы черноземной области России, ч. I. 1886.
Краснов. Тр. Спб. Общ. Естествоиспыт. 1887.
Красюк, А. Почвы и грунты по линии Подольской ж. д. Петроград, 1922.
Краснов. Травяные степи северного полушария. Изв. Общ. Люб. Естествознан., Антропол. и Геогр., состоящ. при Москов. Унив. т. LXXXIII, 1894.
Крокос. Материалы для характеристики почвогрунтов Одесской и Николаевской губ. Одесса, 1923, 1924.
Лапин. Сельск. хоз. и лесоводство. 1902, CCIV, № 3.
Левченко. Труды почв.-ботан. экспед. по изуч. колониз. район. Азиатск. России, ч. I. Почв. исследования, 1908 г., вып. 1.
Leiningen, W. Graf. zu. Internation. Mitt f. Bodenkunde, 1920.
Ломоносов. Первые основания металлургии. 1763.
Ludwig. Ueberblick d. geolog. Beobacht. in Russland, insbesondere im Ural während einer Reise im Jahre 1860. Leipzig, 1862.
Мартьянов. Тр. Общ. Ест. при Казан. Унив. XI, вып. 3.
„ Изв. Вост.-Сиб. Отд. Русск. Геогр Общ., т. XIV, 1—3.
Махов, Г. Районизация Украины на основе характера ее почвогрунтов. Харьков, 1924.
Миддендорф. Очерки Ферганской долины, 1882.
Munteanu-Murgoci. Comptes rendus de la première conference agrogéologique. Budapest, 1909.
Мурчисон. Геологическое описание Европейской России, ч. II.
„ Журн. Мин. Госуд. Имущ. 1843, VIII, 119—138.
Набоких. А. Мат. по исслед. почв и грунтов Харьков. губ., вып. 1—6, Харьков, 1914.
„ То же по Херсонской губ., вып. 1—6, Одесса, 1915.
Неуструев. Предв. отч. об организ. и исполн. работ по исслед. почв Азиат. России в 1911 г., под ред. К. Глинки. Спб., 1912.
Никитин. Изв. Геол. Ком., т. V, 1896.
Novák, V. Intern. Mitteil. f. Bodenkunde, 1924, H. 3—6.
Oldham. A manuel of the geology of India (2-е изд. книги Medlicott и Blanford) Calcutta, 1893.
Orth. Geognost. Durchforsch. des Schlesisch. Schwemmlandes, 1872.
„ Die Schwarzerde und ihre Bedeutung für die Kultur. Die Natur, 1877, № 3.
Отоцкий. Литература по русскому почвоведению, 1898.
Павлов. „Почвоведение", 1911, № 4.
Pallas. Bemerkungen auf einer Reise in die südlich. Staathalterschaft. des Russischen Reichs, 1799.
П. А. Журн. Мин. Госуд. Имущ., 1852—53, XLIV, библиография, стр. —14.
Панков, А. Ест.-истор. районы Воронеж. губ. Воронеж, 1921.
„ Изв.-Горского Полит. Инст., 1922, № 1.
Petzold. Beiträge zur Kenntnis des Inneren von Russland, zunächst in landw. Hinsicht, 1851
Полеиов. Мат. к оценке зем. Полт. губ., вып. III. Хорольский у.
Полынов. Пески Донской обл.—Тр. Почв. Инст. Акад. Наук, т. I и т. II, 1926 и 1927.
Прасолов. Тр. почв.-ботан. экспед. по изуч. колониз. район. Азиатской России, ч. I. Почвеин. исслед. 1910 г., вып. 2, 1914.
„ „Почвоведение" 1916, № 1.
Райкин. Предв. отч. об организ. и исполн. работ по исслед. почв Азиатской России в 1912 г.; под ред. К. Глинки.
Ремизов, Н. Почв. покров Приазовского оп. поля. Ростов-на-Дону, 1925.
Richthofen. Führer für Forschungsreisende, 1886.
Романовский, Г. Горный журн. 1863 г., ч. I, стр. 484.
Рожанец. Предв. отч. об организ. и исполн. работ по исслед. почв Азиатской России в 1913 г.; под ред. К. Глинки.
Рупрехт. Геобот. исслед. о черноземе.—Прилож. к X т. Запис. Имп. Акад. Наук, № 6, 1866 г.

Захаров. „Почвоведение", 1906, № 1—4.
„ Журн. Оп. Агрон. 1906, кн. IV.
See, von, K. Intern. Mitt. f. Bodenkunde, 1918.
Shalow, E. Beihette z. Botan Centralbl., Bd. 38, Abt. II, 1912.
Сибирцев. Черноземы в разных странах, 1898. Публич. лекция.
Сибирцев. Из заграничных экскурсий.—Зап. Ново-Алекс. Инст., т. XII, вып. 3, 1899.
Синельников. Изв. Москов. С.-Хоз. Институт., 1900, кн. 4.
Словцов. Зап. Зап.-Спб. Отд. Русск. Геогр. Общ., кн. XXI, 1897.
Смирнов. Тр. почв.-ботан. экспед. по изуч. колониз. район. Азиатской России, ч. I. Почвенные исслед. 1909 г., вып. 1.
„ Почвы горной части Змеиногорского у. Баку, 1926.
Шмидт, К. Физико-хим. исслед. почв и подпочв черноземн. полосы Европ. России, вып. I. 1879.
Storch. Statistische Uebersicht d. Staathalterschaft des Russischen Reichs. 1795.
Танфильев, Бараба и Кулундин. степь в пределах Алтайск. окр.—Тр. Геолог. части Кабин. Е. И. В., т. V. вып. 1, 1902.
Главнейшие физико-географич. районы, Одесской губ., Одесса, 1924.
Тихонович, Н. Землеведение, 1902, кн. II—III.
Treitz, P. Földtani közlöny, 1910.
Тюремнов, С. „Почвоведение" 1925. № 1—2.
Тумин, Тр. почв.-ботан. экспед. по изуч. колониз. районов Азиатской России, ч. I. Почвенные исслед., вып. 10, 1910.
„ „Почвоведение", 1914, № 1—2.
„ „Почвы Тамбовской губ.", ч. I, 1915 г.; ч. II, 1916.
„ Чернозем в его отношении к плодородию. Воронеж, 1923.
„ Матер. по районир. центрально-черноз. обл. Воронеж, 1925, вып. I.
Walther, J. Lithogenesis d. Gegenwart, Jena, 1893—1794.
Wangenheim v. Qualen. Bull. de la Soc. de Natur. de Moscou 1853, 1854.
„ Тр. Вольн.-Экон. Общ., 1854, № 9 и 1875.
Weisse. Bull. de la Soc. de Natur. de Moscou, 1855.
Вернадский. О значении трудов М. В. Ломоносова в минералогии и геологии. Москва, 1900.
Веселовский. Хозяйственно-стат. атлас Европ. России, 1851.
„ О климате России. Изд. Акад. Наук, Спб., 1857.
Вильсон. Объяснение к хозяйств.-статист. атласу Европ. России, 1869.
Витынь, Я. О почвах Кубанской обл., их происхождении и свойствах. Екатеринодар, 1918.
„ Почвы района табачных плантаций в Кубан. обл. и на Черноморском побережьи Кавказа. Спб., 1914.
„ „Русский почвовед". 1922. № 1—3.
Воейков. Тр. Вольн.-Экон. Общ., 1880, т. III.
Выдрин и Ростовский. Мат. по исслед. почв Алтайского округа. Бариаул, 1896.
Высоцкий, Г. „Почвоведение", 1899, 1900.
Высоцкий, Н. Изв. Геолог. Комитет., т. XIII.

### 2. Каштановые почвы

Каштановые почвы занимают в СССР самое северное положение среди почвенных образований пустынных степей и непосредственно соприкасаются с зоной чернозема, вдаваясь в последнюю отдельными языками по пониженным участкам рельефа или захватывая южные склоны. Эти почвы занимают довольно обширные пространства в Поволжье (Сталинградская, Самарская губ.), откуда широкой полосой направляются на восток и более узкой—на запад. Через бывш. Дон-

скую область, где она прерывается, и Крымскую республику каштановая зона идет в южную часть Бессарабии, а через Оренбургскую губ. и Уральскую обл. она же уходит в Казакстанскую АССР. Перед Алтаем каштановая зона обрывается, переходя в предгорьях Алтая в чернозем (влияние горной страны, закон вертикальной зональности), и только по долинам южного Алтая мы встречаем каштановые почвы, которые связывают каштановую зону Зап. Сибири с таковой же Восточной Сибири. В Восточной Сибири каштановые почвы встречаются на юге Енисейской губ., совершенно не заходят в Иркут-

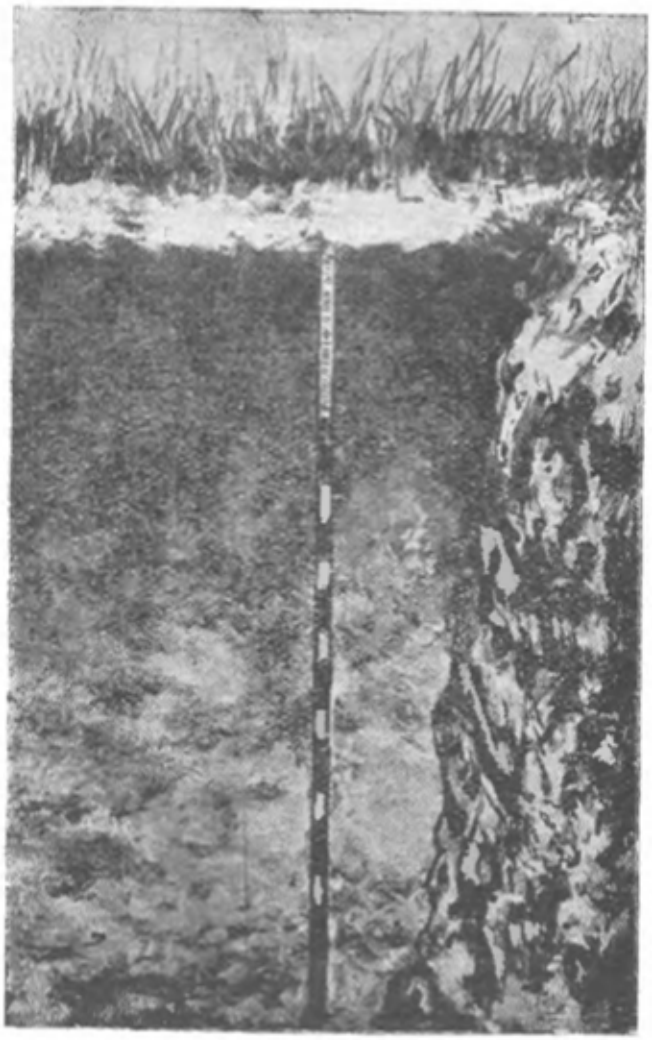


Рис. 11. Каштановая почва Енисейской губ. Фот. Стасевича.



Рис. 12. Каштановая почва Тургайской обл. (издали). Фот. Левченко.

скую (влияние горных систем) и вновь появляются в южном Забайкалье, откуда сплошной полосой переходят в Маньчжурию, где, как и чернозем, не доходят до прибрежья Великого океана.

В Западной Европе каштановые почвы определенно известны в Румынии (Мургочи) и Венгрии (Глинка, К.), встречаются также в Испании, где они, повидимому, являются уже результатом вертикальной зональности.

В Сев. Америке каштановые почвы не выделялись и не описывались, но едва ли можно сомневаться в том, что они там присутствуют, ограничивая с запада область местного чернозема. Их присутствие представляется также вполне вероятным и в Ю. Америке.

Кроме равнинных пространств, мы встречаем каштановые почвы и в горных странах, например, в Семиречье, где они являются уже представительницами вертикальных зон (Прасолов, Глинка, К.). В южн. Туркестане встречаются, при соответственных условиях, их аналоги — темносерые почвы (Неуструев, Глинка, К.). Можно выделить в пределах каштановой зоны темнокаштановые и светлокаштановые почвы.

Больше всего изучены со стороны географии, морфологии и химизма каштановые почвы Казакстана и частью Восточной Сибири (Енисейская, Забайкальская губ.), благодаря работам почвенных экспедиций бывш. Переселенческого Управления. Этими работами мы и воспользуемся для ближайшей характеристики описываемых почв.



Рис. 13. Каштановая почва Акмолинской губ. Фот. Стасевича.

Переходя к характеристике морфологических особенностей каштановых почв, отметим прежде всего, что почвы эти отличаются темнобурым цветом своих гумусовых горизонтов, напоминающих цвет зрелых плодов каштана, откуда и самое название. Темнобурые куски почвы имеют вместе с тем явственный сероватый оттенок, аналогичный таковому же южного чернозема.

Строение каштановой почвы таково (Тумин):

$A_1$.—В верхней своей части (5—7 см.) характеризуется слоеватым сложением, несколько более светлым оттенком и относительной рыхлостью. Нижняя часть того же горизонта совершенно лишена структуры, столь характерной для южного чернозема, и отличается плотноватостью. При раздавливании или разбивании сухого комка распадается на пороховидные отдельности.

Мощность этого горизонта достигает лишь $^1/_3$ общей мощности гумусовых горизонтов.

$A'_1$.—Более светло окрашен, плотноват, как и нижняя часть $A_1$, и также лишен зернистой или ореховатой структуры. Окраска книзу убывает постепенно с легкой языковатостью и пятнистостью.

Общая мощность гумусовых горизонтов достигает, как максимум, 60 см., если не считать отдельных гумусовых языков и подтеков, уходящих иногда и глубже.

Горизонты $A_1$ и $A'_1$ имеют ясно выраженные или маскированные вертикальные трещины через 5—8 см. Благодаря трещинам и плотноватости, оба горизонта выламываются призмовидными комками.

Вскипание у каштановых почв наблюдается или в нижней половине гориз $A'_1$, или даже с поверхности. Этот последний случай связан с существованием значительного количества карбонатов в материнской породе. Вскипающие с поверхности каштановые почвы называются карбонатными.

В подгумусовых горизонтах замечаются значительные скопления углекислой извести в виде пятен, а также и гипса.

По механическому составу можно среди каштановых почв различать: каштановые суглинки, супеси, глинистые пески и пр. Супесчаные каштановые почвы отличаются от суглинистых более светлым бурым оттенком и нередко отсутствием карбонатного горизонта.

Механический состав отдельных горизонтов каштановых суглинков сравнительно мало различается, что видно из данных нижеследующей таблицы (Скалов):

| Глубина в см. | Песок | | | Песчаная пыль | | | | Ил <0,0015 мм. | Всего | Отношение глины к песку |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Крупный 3—1 мм. | Средний 1—0,5 | Мелкий 0,5—0,25 | 0,25—0,05 | 0,05—0,01 | 0,01—0,005 | 0,005—0,0015 | | | |
| 0— 5 | 1,767 | 0,930 | 3,006 | 9,530 | 6,728 | 44,706 | 9,796 | 19,849 | 96,355 | 1 : 0,30 |
| 5—25 | 2,242 | 0,840 | 3,781 | 13,892 | 6,920 | 34,288 | 12,830 | 19,210 | 94,003 | 1 : 0,42 |
| 25—55 | 2,198 | 0,955 | 3,723 | 13,644 | 8,958 | 36,214 | 16,903 | 14,302 | 96,897 | 1 : 0,45 |
| 55—72 | 2,305 | 1,016 | 2,714 | 12,164 | 8,466 | 38,799 | 21,607 | 8,477 | 95,548 | 1 : 0,38 |
| 72—100 | 1,750 | 0,822 | 2,794 | 12,173 | 8,779 | 37,013 | 24,407 | 7,607 | 95,345 | 1 : 0,38 |

Несколько убывает в глубину колличество иловатых частиц, взамен чего возрастает количество мелкой пыли. Если эти две группы мельчайших механических элементов соединить в одну, то разница в процентном содержании отдельных механических элементов не будет превышать ошибки анализа. Некоторое обогащение илом поверхностных горизонтов указывает на совершающееся здесь механическое выветривание, передвижение же механических элементов в более глубокие горизонты не наблюдается. Столь же незаметным является передвижение и химических элементов, что видно из нижеследующей таблицы (Стасевич), относящейся к каштановой почве Енисейской губернии:

| Глубина в см. | $CO_2$ | Потеря при прокал. | $H_2O$ при 100° Ц. | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | $P_2O_5$ | Сумма |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5— 4 | — | 8,25 | 2,89 | 62,78 | 15,01 | 5,09 | 2,45 | 2,14 | 1,72 | 2,18 | 0,150 | 99,992 |
| 5—12 | — | 6,14 | 2,49 | 64,07 | 15,41 | 6,15 | 2,72 | 1,40 | 1,64 | 2,12 | 0,125 | 99,815 |
| 11—17 | 1,13 | 4,26 | 1,80 | 65,20 | 15,46 | 5,60 | 2,97 | 1,98 | 1,73 | 2,32 | 0,140 | 99,748 |
| С. 57—63 | 0,63 | 3,42 | 1,77 | 65,69 | 15,63 | 6,42 | 3,42 | 1,22 | 1,43 | 2,13 | 0,137 | 99,533 |

Перечислив приведенные цифры на минеральное вещество (без карбонатов), получаем:

| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | $P_2O_5$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 — 4 см. . . . . | 68,42 | 16,36 | 5,55 | 2,67 | 2.33 | 1,87 | 2,38 | 0,163 |
| 5—12 „ . . . . . | 68,26 | 16,42 | 6,55 | 2.90 | 1,49 | 1,75 | 2,26 | 0,133 |
| 11—17 „ . . . . . | 69,98 | 16,59 | 6,01 | 1,64 | 2,13 | 1,86 | 2,49 | 0,150 |
| 57—63 „ . . . . . | 69,04 | 16,43 | 6,75 | 2,75 | 1,38 | 1,50 | 2,24 | 0,144 |

Количество гумуса в каштановых почвах убывает в глубину постепенно, как это ясно из следующих данных (Стасевич):

| Глубина в см. | Гумус | Гигроск. вода | Потеря при прок. |
|---|---|---|---|
| 0— 2 | 4,02% | 3,12% | 5,51% |
| 3—14 | 3,24 | 3,42 | 4,50 |
| 11—18 | 2,75 | 2,63 | 4,33 |
| 19—28 | 2,12 | 2,31 | 4,08 |
| 35—45 | 0,94 | 1,74 | 2,48 |

Повидимому, 5% гумуса является предельной величиной для каштановых почв, большинство же почв этой группы в Западной и Восточной Сибири содержит не больше 3,5—4,5%. Таково же содержание гумуса и в каштановых почвах Венгрии; так, в почве окрестностей Сабадка определено—3,11%, в почве Сегед—4,60%.

Водорастворимыми веществами каштановые почвы в гумусовых горизонтах не богаты, но в более глубоких горизонтах иногда находим довольно значительные количества солей. Приводим несколько аналитических данных для почв Енисейской губ. (Стасевич).

Аскырская равнинная степь

| Глубина в см. | Цвет | Щелочность $2(HCO)_3$ | Сухой остат. | Потеря при прок. | Минер. вещ. | Cl | $SO_3$ | $K_2O$ | $Na_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0—3 | желт. | 0,0192 | 0,0544 | 0,0316 | 0,0228 | сл. | — | — | — |
| 3—9 | желт.-опал. | 0,0216 | 0,0548 | 0,0316 | 0,0232 | сл. | сл. | — | — |
| 11—18 | слабо-желт. | 0,0192 | 0,0580 | 0,0340 | 0,0240 | сл. | сл. | — | — |
| 19—28 | почти бесцв. | 0,0403 | 0,0732 | 0,0434 | 0,0298 | 0,0002 | 0,0058 | — | — |
| 35—45 | бесцв. | 0,0537 | 0,0744 | 0,0242 | 0,0502 | 0,0004 | 0,0044 | — | — |

Холмистая степь Абакана

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1—6 | светло-желт. | 0,0228 | 0,0728 | 0,0488 | 0,0240 | 0,0006 | 0,0040 | — | — |
| 8—14 | желтов. | 0,0144 | 0,0502 | 0,0314 | 0,0188 | сл. | 0,0016 | — | — |
| 23—29 | чуть желт. | 0,0384 | 0,0826[1]) | 0,0433 | 0,0393 | 0,0024 | 0,0093 | 0,0012 | 0,0015 |
| 34—39 | почти бесцв. | 0,0456 | 0,0656[2]) | 0,0356 | 0,0300 | 0,0010 | | | |
| 71—78 | бесцветн. | 0,0672 | 0,0408[3]) | 0,0304 | 0,1104 | 0,0129 | | | |

### 3. Бурые почвы

Бурые почвы были выделены в особую группу Докучаевым, который наблюдал их развитие в Прикаспийском крае. Так как Докучаев разделил почвы Европейской России, главным образом, по цвету и по содержанию гумуса, не штудируя детально морфологии бурых почв, то невольно возникает вопрос, следует ли отграничивать бурые почвы от каштановых, руководясь только цветовым признаком, так как при детальном исследовании оказалось, что строение бурых почв мало чем отличается от строения каштановых.

При разграничении упомянутых почвенных групп исследователи столкнулись еще с одним фактом: оказалось, что почвенная зона, лежащая в азиатской части СССР к югу от каштановой, а также

[1]) Слабо вскип. с HCl.

[2]) Вскипает с HCl.

[3]) Плавится и сильно вскипает с HCl.

местами и в европейской части, слагается почвами не только более светлых оттенков, чем каштановые, но и с явственным уплотнением на некоторой глубине, иначе говоря с почвами, где на ряду с гориз. А начинает намечаться ясно уплотненный иллювиальный горизонт $B_1$ Подобные почвы были выделены в особую группу солонцеватых, и некоторые авторы (Тумин) склонны были термин „бурые почвы" заменить термином „солонцеватые". Однако, оказалось, что последним термином первый не вполне покрывается, ибо среди почв бурой окраски, как и среди почв каштановой окраски, встречаются как солонцеватые (с уплотненным горизонтом $B_1$), так и несолонцеватые разности (Неуструев). К последним принадлежат, например, бурые почвы к югу от оз. Балхаш[1]), светлобурые суглинки северных частей Семиречья вне Балхашского бассейна, а также и бурые суглинки некоторых частей Самарской губ. (Неуструев).

Так как цветовой оттенок почвы, если он не зависит от цвета материнской породы, не является случайностью, а представляет весьма постоянный признак для почв той или другой зоны, признак, проявляющийся на сотнях и тысячах верст в широтном направлении, то едва ли ему можно придавать меньшее значение, чем, например, структуре почвы, появлению слабо уплотненного горизонта $B_1$ и т. п. На этом основании мы считаем необходимым бурые почвы отделить от каштановых. Оговариваемся, что под именем бурых почв мы будем понимать только те разности, у которых нет уплотненного горизонта $B_1$. Все разности с явственным горизонтом $B_1$, относящиеся к солонцеватым бурым почвам, мы будем рассматривать особо, вместе с солонцами и другими солонцеватыми почвами[2]).

Как мы уже отметили выше, бурые почвы отличаются от каштановых более светлым бурым цветом, при чем и здесь наблюдается обычно с поверхности тот сероватый оттенок, который присущ всем почвам умеренной пустынной степи вообще. Благодаря светлой окраске, гумусовые горизонты у бурых почв нередко с трудом отграничиваются от горизонтов безгумусовых. Общая мощность гумусовых горизонтов чаще всего колеблется в пределах 30—45 см. Как и в каштановой зоне, здесь можно выделить темнобурые и светлобурые разности. Приводим описание двух разрезов светлобурых суглинков из Прибалхашского района Семиречья, сделанное Туминым.

В приилийской полосе наиболее пониженной части области, на полынно-эбелековой[3]) степи разрез почвы имеет такой вид:

Гориз. $A_1$—До 5 см. мелкоячеистый, слоистости ие имеет, слабо плотноватый; ниже, до 15 см. слабо слоистый и слабо плотноватый. Толщина слоиков до 1 мм., разницы в окраске поверхностей слоиков нет. Общая мощность горизоита—15 см. Переход в гориз. $A'_1$ по цвету очень постепенен и трудио уловим.

„ $A'_1$--Слоистости не имеет; слабо плотноватый. Пятен$CaCO_3$ нет. Мощность горизонта 25 см.

„ $B_2$ —Имеет более белесый оттенок, чем предыд. гориз.; в ием заметны неясио выраженные пятна углекислой извести.

В более повышенной части области (около Анракайских гор) на полынно-эбелековой степи разрез почвы имеет такой вид:

Гориз. $A_1$—До 2—3 см. пористо-слоистый или же ячеистый без слоистостн. Глубже, до 8 см., слабо слоистый, а еще глубже, до 19 см., слоистости нет. Слабо

[1]) Глинка, К. и сотрудники. Предварит. отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1909 г. СПБ., 1910, стр. 72.

[2]) Бессонов в последиее время высказывает мнение о том, что бурых почв выделять не следует.

[3]) Эбелек—Ceratocarpus arenarius.

плотноватый, без зернистости. Общая мощность 19 см. Переход в гориз. $A_2$ постепенный.

Гориз. $A_2$—Слегка бурее верхнего, слабо плотноватый, без зернистости до 35 см., а ниже, до 56 см. появляются пятна углекислой извести и плотность слегка возрастает. Мощность горизонта—36 см.

„ $B_2$—Светлобурый суглинок с малым количеством пятен углекислой извести.

Описываемые почвы вскипают с поверхности, т. е. принадлежат к группе карбонатных[1]), но существуют бурые суглинки, и не вскипающие с поверхности.

Супесчаные и песчаные разности бурых почв также имеют значительное развитие как в прикаспийской низменности, так и в Степном генерал-губернаторстве; встречаются они и в северной части Семиречья.

Количество гумуса в бурых суглинках колеблется между 1 и 2%, при чем гумус убывает в глубину столь же постепенно, как и в каштановых почвах. Приводим несколько цифровых данных, характеризующих распределение гумуса, гигроскопической и химически связанной воды и углекислоты в бурых суглинках северного Семиречья (Прасолов):

| Местность | Глубина в см. | Гумус | $H_2O$ при 100° Ц. | Хим.-связ. вода | Потеря при прок. | $CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Под Тарбагатаем к С. . . . . | 0—7 | 1,878 | 1,625 | 2,987 | 6,649 | 0,859 |
| от с. Бахты . . . . . | 10—26 | 1,210 | 1,528 | 2,536 | 7,335 | 2,061 |
| | ВС. 40—45 | 0,844 | 1,662 | 2,001 | 9,233 | 4,726 |
| | 0—8 | 1,750 | 1,275 | 2,729 | 6,156 | 0,401 |
| За оз. Ала-куль близ Караагач . . . | 10—22 | 0,936 | 1,875 | 3,377 | 7,776 | 1,412 |
| | 45—50 | 0,690 | 2,991 | 3,065 | 8,710 | 1,964 |
| | ВС. 70—80 | 0,349 | 1,650 | 3,016 | — | 1,949 |
| | 0—6 | 2,04 | 1,06 | 0,41 | 4,89 | 1,41 |
| Близ оз. Таукекуль . . . . . | 8—24 | 1,41 | 1,61 | 0,88 | 7,50 | 3,60 |
| | 26—40 | 0,495 | 2,29 | 1,52 | 12,85 | 8,04 |
| | ВС. 60—80 | 0,240 | 1,06 | 1,06 | 19,67 | 17,31 |
| | 90—95 | 0,207 | 0,87 | 0,80 | 9,30 | 7,42 |

Водные вытяжки из бурых суглинков показывают, что они столь же мало засолены, как черноземы или каштановые почвы. В доказательство приводим данные, относящиеся к бурому суглинку Семиречья (Прасолов):

| Глубина в см. | Цвет вытяжки | Сухой остат. | Прокален. остат. | Щелочн. ($HCO_3$) | Cl | $SO_3$ | CaO | MgO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0—8 | слабо-желтов. | 0,0565 | 0,0330 | 0,0313 | 0,0014 | сл. | ясн. сл. | сл. |
| 13—50 | бесцв. | 0,0410 | 0,0276 | 0,0274 | 0,0007 | — | ясн. сл. | сл. |
| С 65—75 | „ | 0,0323 | 0,0241 | 0,0206 | 0,007 | — | сл. | слаб. сл. |

К сожалению, полными валовыми анализами не солонцеватых бурых почв мы пока не располагаем, но уже a priori можно утверждать, что в этих анализах, как и в анализах каштановых почв, мы не усмотрели бы заметных передвижений каких-либо соединений из верхних горизонтов в более глубокие.

---

[1]) Карбонатные бурые суглинки представляют северно-туркестанский тип; к С. и С.-З. от оз. Балхаш залегают чрезвычайно типичные бурые суглинки, не карбонатные. Карбонатными могут быть и каштановые почвы, и даже черноземы, особенно южные. В этом случае $CaCO_3$ принадлежит материнской породе, а не современному процессу почвообразования.

### 4. Сероземы

Сероземы были обособлены впервые в б. Сыр-Дарьинской области (Неуструев), где они покрывают плато и склоны увалов между реками и речками, т. е. располагаются в волнистой местности, обеспечивающей сток поверхностных вод.

Пока исследователи были мало знакомы с почвами Туркестана, местные почвы носили название эолово-лессовых или просто лессовых (Сибирцев, Коссович). При этом допускалось, с одной стороны, что преобладающей материнской породой Туркестана является лесс, а, с другой, принималось, что лесс этот продолжает формироваться и в настоящее время, так что процессы почвообразования протекают здесь одновременно с чисто механическими процессами отложения лессовой пыли.

Более внимательное изучение туркестанских почв показывает, однако, что процесс почвообразования на местных равнинах протекает столь же нормально, как и на равнинах других почвенных зон, и что никакого одновременного, сколько-нибудь заметного механического процесса не происходит. Какой бы способ происхождения ни приписывать туркестанскому лессу, несомненно одно, что отложение лесса здесь давно уже прекратилось, и что если в настоящее время наблюдается местами перенос пыли, то такой же процесс можно наблюдать и в других пустынно-степных и даже степных районах, не имеющих лессового характера. Следует прибавить к сказанному, что хотя сероземы Туркестана и располагаются чаще всего на лессах и лессовидных породах, но известны случаи, когда тот же почвенный тип формируется и из других материнских пород.

Структура туркестанских сероземов в весьма сильной степени зависит от деятельности дождевых червей, которые встречаются здесь в изобилии вместе с насекомыми и другими животными, устраивающими в почве свои жилища (ящерицы, змеи, черепахи).

„Верхние слои почвы окрашены в ясно сероватый тон, который от серого колеблется до серо-бурого, но окраска несколько буреет на глубине 10—20 см., чтобы на 30—50 см. снова сделаться более серой, благодаря массе карбонатных жилок, пятен и вообще увеличению карбонатов; глубже делается часто пестрой от пятен и жилок извести и, наконец, превращается в однородный буро-серый, довольно темный от влажности лесс“ (Неуструев).

Структура сероземов вверху слоеватая, часто слабо; наблюдается деление на чечевички; здесь почва умеренно плотна и связна, благодаря корешкам злаков, но на глубине 5—10 см. часто легко рассыпчата. Глубже лежащие дырчатые (от действия червей и насекомых) горизонты отличаются рыхлостью; лопата легко идет в них, но с наступлением карбонатных слоев почва становится жесткой, как камень; правда, это наблюдается не всегда. Сложение карбонатного горизонта комковатое или крупноореховатое. Глубже 80 см., а часто только на глубине 200 см. к почве возвращается снова умеренная рыхлость и рассыпчатость, вообще свойственная лессу. Под карбонатным слоем появляются часто жилки гипса (130—200 см.). Верхние слои почвы летом сухи, только ниже карбонатного слоя замечается легкая влажность, свойственная также лессу в глубине.

Механический состав сероземов зависит, конечно, от характера материнской породы, но даже и сероземы на лессах отличаются друг от друга, вследствие разности в составе лессов. Типичные почвы содержат до 40% иловатых частиц (<0,01 мм. в диаметре).

Отдельные горизонты серозема не отличаются заметно друг от друга своим механическим составом, как это видно из нижеследующей таблицы:

| Место взятия образца | Глубиина в см. | 1—0,5 мм. | 0,5—0,25 мм. | 0,25—0,05 мм. | 0,05—0,01 мм. | <0,01 мм. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| К С. от Вревского, | 0—7 | 0,06 | 0,04 | 19,15 | 33,04 | 47,71 |
| Чимкентского уезда: | 12—26 | 0,01 | 0,02 | 19,66 | 33,01 | 47,30 |
| | 50—60 | 0,06 | 0,02 | 14,77 | 35,47 | 49,68 |
| | 103—110 | 0,02 | 0,02 | 27,57 | 31,89 | 40,50 |
| | 172—180 | — | 0,01 | 17,32 | 40,85 | 41,82 |

Распределение гумуса и углекислоты в сероземах иллюстрируется следующими данными:

| Место взятия образца | Глубина в см. | $CO_2$ | Гумус | $H_2O$ при 100° Ц. | Хим. связ. вода | Потеря при прок. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вревское, Чимкентского | 0—3 | 4,93 | 2,00 | 1,34 | 1,68 | 3,68 |
| уезда: | 13—26 | 6,72 | 0,45 | 1,62 | 1,68 | 2,04 |
| | 50—60 | 8,92 | 0,26 | 1,61 | 1,41 | 1,67 |
| | 103—110 | **10,74** | 0,22 | 1,31 | 1,33 | 1,56 |
| | 172—180 | 8,52 | 0,13 | 1,48 | 1,20 | 1,33 |
| К В. от ст. Арыс, того же | 0—7 | 5,10 | 1,61 | 1,32 | 1,02 | 2,63 |
| уезда: | 8—15 | 5,52 | 1,09 | 1,29 | 1,40 | 2,49 |
| | 15—22 | 6,20 | 0,38 | 1,38 | 1,62 | 2,00 |
| | 90—100 | **10,30** | 0,23 | 1,42 | 0,96 | 1,19 |
| | 137—145 | 9,32 | 0,21 | 1,45 | 1,4 | 1,62 |

Приведенные определения, а также и другие, которыми мы располагаем, указывают, что сколько-нибудь заметное количество гумуса (выше 1%) содержится лишь в верхних 15 см. серозема, а глубже количество гумуса понижается до немногих десятых процента. Благодаря этому в сероземах чрезвычайно трудно уловить границу между гумусовыми и безгумусовыми горизонтами почвы.

Распределение углекислоты совершенно ясно указывает на карбонатность всех слоев почвы; почти во всех исследованных образцах обнаруживается скопление карбонатов на глубине 50—150 см., при чем максимум обычно лежит на глубине 100—120 см. Таким образом, несомненно, что почвообразовательный процесс привел к выделению ясно выраженного карбонатного горизонта, который, как мы уже видели, является более или менее типичным для почв степей и пустынных степей. В сероземах карбонаты облегают часто камеры червей и жуков, образуя как бы корку вокруг них.

Несомненно, что карбонатность почв есть следствие климатических условий: карбонаты не вымываются из почв благодаря сухости климата, но все же при изучении сероземов видно, что, по сравнению с лессом, верхние горизонты почвы обеднены ими, а карбонатные — обогащены.

Следовательно, вымывание и вмывание углесолей здесь все-таки существует.

Водные вытяжки из сероземов дают такие результаты:

| Место взятия образца | Глубина в см. | Сухой остат. | Прокал. остат. | Потеря при прок. | Раствор гумуса | Цвет вытяжки | Щелочность ($NaHCO_3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| К В. от ст. | 0—7 | 0,0566 | 0,0354 | 0,0212 | 1/76 | желтоват. | 0,0344 |
| Арыс: | 0—15 | 0,0576 | 0,0465 | 0,0111 | 1/98 | бесцветн. | 0,0344 |
| | 15—30 | 0,0445 | 0,0364 | 0,0081 | — | „ | 0,0344 |

| Место взятия образца | Глубина в см. | Сухой остат. | Прокал. остат. | Потеря при прок. | Раствор. гумуса | Цвет вытяжки | Щелочность ($NaHCO_3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 90—100 | 0,0324 | 0,0283 | 0,0041 | 1/55 | бесцветн. | 0,0344 |
| | 137—145 | 0,0365 | 0,0314 | 0,0051 | 1/41 | „ | 0,0365 |
| К С. от | 0—7 | 0,0552 | 0,0281 | 0,0271 | 1/77 | желтоват. | 0,0355 |
| Вревского: | 13—26 | 0,0345 | 0,0254 | 0,0091 | 1/50 | бесцветн. | 0,0344 |
| | 50—60 | 0,0351 | 0,0290 | 0,0061 | 1/43 | „ | 0,0368 |
| | 103—110 | 0,0273 | 0,0188 | 0,0085 | 1/27 | „ | 0,0307 |
| | 172—180 | 0,0386 | 0,0267 | 0,0119 | 1/11 | „ | 0,0376 |

Количество хлора в различных горизонтах двух анализированных образцов почв колеблется между 0,0010 и 0,0027%, а серной кислоты в первом образце нет совершенно, а во втором от 0,0010 до 0,0046. Все эти данные указывают, что и сероземы, подобно остальным зональным почвам пустынной степи, очень мало засолены.

Валовые анализы сероземов, хотя и не совсем полные (не определено содержание щелочей), дают тем не менее определенное представление об отсутствии и в этих почвах сколько-нибудь заметного передвижения отдельных групп окислов по горизонтам почвы; вот эти анализы для почвы, взятой к В. от ст. Арыс:

| | Глубина в сантиметрах | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 - 7 | 8—15 | 90—100 | 137—145 |
| $H_2O$ при 100° Ц . | 1,34 | 1,31 | 1,44 | 1,47 |
| Гумуса . . . . . | 1,61 | 1,08 | 0,23 | 0,21 |
| Химич. соед. воды | 1,02 | 1,41 | 0,95 | 1,41 |
| $CO_2$ . . . . . | 5 10 | 5,52 | 10,31 | 9,34 |
| $SiO_2$ . . . . . | 59,84 | 59,66 | 52,86 | 53,76 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 11,18 | 11,33 | 10,25 | 10,18 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 5.19 | 5,35 | 4,89 | 5,30 |
| $CaO$ . . . . . | 7,24 | 7,66 | 13,06 | 12,11 |
| $MgO$ . . . . . | 3,08 | 2,82 | 3,01 | 2,82 |
| $P_2O_5$ . . . . . | 0,201 | 0,230 | 0,104 | 0,130 |
| $SO_3$ . . . . . | 0,553 | 0,160 | 0,223 | 0,059 |
| Щелочи по разности | 4,98 | 4,84 | 4,11 | 4,68 |

Вполне точного перечисления в данном случае на безгумусовую и бескарбонатную массы сделать нельзя, ибо несомненно, что часть углекислоты связана здесь с $MgO$, а какова эта часть количественно, неизвестно. Но и без такого перечисления нетрудно видеть, что бескарбонатные массы всех горизонтов будут чрезвычайно близки между собою по составу.

Описанные здесь сероземы не представляют собственно почв наиболее пониженных равнин Туркестана, а являются первой ступенью вертикальных зон этой горной страны.

На равнинах лежат светлые сероземы, которые имеют, примерно, такой профиль (Драницын):

0—0,25 см. Гладкая беловато-серая корочка, внизу пористая; в ней наблюдаются тонкие трещины.

0,25—10 „ Пористая, слоистая, светлосерая масса, рыхлая.

10—85 „ Весьма плотная, пористая масса, раскалывающаяся на острогранные комья. Рассеяиные точки солей местами группируются, например, на глубине 35—50 см.

85—130 см. Очень пористый, плотный, несколько влажный. Заметные выделения солей (горошины). Оттенок быстро переходит из буроватого в светло-серый.

Почва, повидимому, солончаковата, но таково и большинство светлых сероземов.

Сероземы, кроме Туркестана, известны в Закавказье, где они развиваются как на рыхлых, так и на плотных вулканических породах. К последним, повидимому, нужно причислить некоторые сероземы окрестностей Эривани, впервые описанные проф. Докучаевым. Эти почвы были найдены как около самой Эривани, так и верстах в 30 на север и северо-запад от этого города. По описанию Докучаева, на базальтах, трахитах наблюдаются на поверхности белые пленки или мучнистый покров, обыкновенно в 2,5—7,5 см. толщиной. Такие же почвы распространены по юго-западному совершенно безводному подножию Алагеза, откуда они спускаются сначала в долину Аракса, а затем снова поднимаются по северным вулканическим склонам Арарата. То же наблюдается между Аралыхом и Ахурами. Пятна, ленты и островки тех же почв тянутся по долине Аракса и ее склонам к Кульпам и Кагызману. Докучаев назвал эти почвы белоземами. Южное побережье оз. Гокчи, Муганская, Карабахская и Мильская степи (Захаров) также несут на себе аналогичные почвы. На равнинах упомянутых степей сероземы развиваются на рыхлых наносах и потому стоят ближе к сероземам средне-азиатских республик, они здесь часто солончаковаты и переходят в солонцы и солончаки. Возможно, что часть почв Мильской степи окажется аналогами тех переходных почвенных образований, которые в азиатской части СССР стоят между бурыми почвами и сероземами.

Эриванские сероземы, наблюдавшиеся нами по дороге из Сухого Фонтана к Эривани, в нижних своих горизонтах как бы припаяны к материнской породе (лаве), а в верхних—рассыпаются в сероватый порошок. Морфологии порошковатого горизонта на указанном протяжении нигде не удалось наблюдать, так как вся площадь серозема, несмотря на малую мощность рыхлой массы, распахивается. Можно было констатировать, что рыхлая масса с самой поверхности бурно вскипает с кислотой, следовательно, очень богата углесолями. Сероземы Закавказья, развивающиеся на рыхлых породах, имеют в поверхностном горизонте ясную пористость и хорошо выраженное слоеватое сложение, столь типичное для почв пустынных степей.

Европейско-азиатская зона сероземов продолжается и на запад, в Испанию. Краткие сведения об этих почвах сообщаются, между прочим, Раманном, который, однако, не останавливается над их морфологией. Он указывает только, что залегающие на дилювиальных отложениях почвы окрестностей Мадрида почти белого цвета со слабым сероватым оттенком. Наши наблюдения в окрестностях Мадрида показали, что почвы испанской серой пустынной степи весьма близки, по своему строению, к закавказским, и что здесь встречаются как солонцеватые, так и не солонцеватые разности сероземов.

Между бурой и серой зоной принимают еще полосу серо-бурых почв (Неуструев), но взгляды исследователей на этот вопрос не вполне одинаковы (см. Емельянов) Есть основание полагать, что те почвы, которые Неуструевым назывались серо-бурыми, а Емельяновым—белоземами, являются представителями солонцеватой части светлобурой подзоны. Для этих почв очень характерна чечевичатая (линзовидная) структура гор. $A_1$, особенно в более глубоких его частях.

### 5. Красноцветные почвы

Чтобы закончить с почвами пустынных степей, нам остается еще сказать несколько слов о красноцветных или красноватых почвах субтропических и частью теплоумеренных районов, изученных пока еще недостаточно. В западно-европейской литературе имеются отрывочные данные о таких красноцветных почвах, богатых иногда выделениями углекислой извести, но строение их совершенно не затрогивается[1]). В коллекции Докучаевского Почвенного Института имеется один образец такой почвы из пустынной степи Австралии, сохранивший структуру поверхностных горизонтов. Интересно, что здесь столь же ясно выражено слоеватое сложение этих горизонтов, как и в других рассмотренных уже почвах пустынных степей. Само собой разумеется, что указанное сложение может быть подмечено лишь в почвах более или менее мелкоземистых, связных.

К этой же группе почв принадлежат красноземы Испании, которые нам пришлось бегло наблюдать в окрестностях Саламанки и Вальядолида, хотя по поводу этих почв может быть поставлен вопрос о том, не представляют ли они древних почв, преобразованных в современную эпоху по пустынно-степному типу. Здесь, повидимому, встречаются солонцеватые и несолонцеватые разности. Гумусовые горизонты на разрезе почти неотделимы от безгумусовых. Последние очень богаты углесолями, которые образуют иногда весьма мощные горизонты. В железнодорожных выемках близ Саламанки можно нередко видеть, как глубоко уходят в массу красноцветной почвы отдельные узкие ленты углесолей, пересекающиеся друг с другом и образующие сетку.

Красноцветные почвы встречаются в Малой Азии, Палестине, повидимому, в южной Персии, на Аравийском полуострове, в северной Африке и центральной Австралии.

В последнее время красноцветные почвы сеэеро-африканских пустынных степей и пустынь были маршрутно изучены Драницыным. Последний описывает следующий разрез в окрестностях ст. Le Créder среди альфовой степи:

0—6 см. Красновато-желтый, рассыпчатый, с галькой; бесструктурный.

6—18 „ Мягкая (бесструктурная) плита углекислой извести беловатого цвета, сильно изъеденная с обеих сторон корнями альфы, оставившими на ней глубокие следы.

18—60 „ и глубже.—Серо-белый бесструктурный рассыпчатый горизонт, представляющий смесь мелкозема и обломков туфа светлосерого цвета. Эти куски принадлежат материнской породе.

На террасе, сложенный делювием, почвенный разрез характеризуется более глубоким залеганием карбонатного иллювиального горизонта.

Красноцветные почвы более пустынных районов, кроме красноватого оттенка, характеризуются „слоеватостью поверхностного горизонта и выделением солей на определенных горизонтах в виде глазков и примазок карбонатов и гипса; последний обыкновенно скопляется в форме сплошного прослоя—плиты". Таким образом, здесь наличие обильного иллювия гипса столь же характерно, как для более северной группы красноцветных почв присутствие карбонатов.

Для образца красноцветной почвы из окрестностей Le Créder получены следующие аналитические данные:

---

[1]) Burmeister о почвах Бразилии.

| Глубина в см. | Гигроскоп. вода | $CO_2$ | $SO_3$ |
|---|---|---|---|
| 1—4 | 1,78 | 3,56 | нет |
| 12—20 | 3,22 | 6,05 | „ |
| 30—40 | 2,59 | 11,59 | „ |
| 55—65 | 1,53 | 12,14 | „ |

О количестве гумуса, потери при прокаливании и химической воды дает представление нижеследующая табличка:

| | Глубина в см. | Потеря при прок. | Гумус | Химич. вода |
|---|---|---|---|---|
| Альфовая степь на плато у Le Créder . . . . . | 1—5 | 3,28% | 1,55 | 1,73 |
| Полыниая степь на террасе шотта Chergui . . . . . | 1—4 | 2,28 „ | 0,82 | 1,46 |

Красноцветные почвы более пустынного характера на равнине у ст. Fontaine des Gazelles дают такую картину распределения солей:

| Глубина взятия пробы | Гигроскоп. вода | $CO_2$ | $SO_3$ |
|---|---|---|---|
| 0—0,5 см. | 2,50% | 14,17 | нет |
| 0—3 „ | 2,32 | 18,53 | ок. 3% |
| 4—10 „ | 3,19 | 14,53 | — |
| 15—20 „ | 3,76 | 9,25 | — |
| 25—35 „ | 3,80 | 18,63 | — |
| 45—50 „ | 3,72 | 22,27 | ок. 4% |
| 65—75 „ | 14,79 | 11,28 | ок. 20% |

Количество гумуса в поверхностном горизонте этой почвы достигает 1,69%, а потеря при прокаливании—4,37%. На равнине у Biskra количество гумуса всего 0,79%, а потеря при прокаливании—2,10%.

Водная вытяжка из почвы окрестностей Fontaine des Gazelles дает следующие цифры:

| | Глубина взятия пробы в см. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0—3 | 4—10 | 15—20 | 25—35 | 45—50 | 65—70 |
| Сухой остаток . . . . . | 0,061 | 0,072 | 0,092 | 0,112 | 0,488 | 1,543 |
| Прокал. остаток . . . . . | 0,025 | 0,052 | 0,071 | 0,087 | 0,430 | 1,391 |
| Потеря при прок. . . . . | 0,036 | 0,020 | 0,021 | 0,025 | 0,058 | 0,152 |
| Щелочность ($HCO_3$) . . . . . | 0,016 | 0,038 | 0,035 | 0,069 | 0,056 | 0,029 |
| Хлор . . . . . | нет | 0,0012 | нет | 0,0040 | 0,0089 | 0,0045 |
| $SO_3$ . . . . . | <0,01 | <0,01 | — | — | — | — |

Эти данные, как видно, не отличаются существенно от данных, относящихся к почвам пустынных степей умеренного климата.

На ряду с суглинистыми красноцветными почвами субтропических пустынных степей и пустынь существуют, конечно, и песчаные почвы той же окраски. Количество окиси железа, обволакивающей отдельные зерна пустынных песков и растворимой в соляной кислоте, по определениям Филлипса, для песков центральной Аравии достигает 0,21%. Думается, что и в данном случае, как в предыдущих (латериты, красноземы), можно предполагать, что красный цвет песков зависит от присутствия турьита, образование которого при условиях субтропического пустынно-степного климата еще более понятно, чем в области развития латеритов. В валовом составе красных пустынных песков найдено:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ . . . . . | 98,53% |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 0,28 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 0,88 |
| CaO, MgO и $R_2O$ . . . . . | сл. |

# ЛИТЕРАТУРА


Бессонов и Неуструев. „Почвоведение", 1902, № 3.

Бессонов. О бурой зоне и бурых почвах. „Почвоведение", 1926, № 2.

Blanck u. Geilmann. Landw. Versuchst. 1923.

Blanckenhorn. Schr. d. deutsch. Komit. zur Förderung d. judisch. Palästina-Siedelung. Berlin, 1918.

Блажний. Почв. очерк Таманского полуострова. Краснодар, 1926.

Богдан, В. Отчет Валуйской с.-хоз. опытн. ст. Год I и II, 1900.

Глинка. Почвы Киргизской респ. Оренбург, 1923.

Димо, Н. „Почвоведение", 1903, № 2.

Димо, Н. и Келлер, Б. Полупустынные почвенные образования юга Царицынского уезда. Саратов, 1907.

Докучаев. В. Матер. к оценке земель Нижегород. губ., т. 1.

„ Предварит. отчет об исследованиях на Кавказе. Тифлис, 1899.

Драницын. Труды Докуч. Почв. Ком., вып. III, 1915.

Емельянов. Предвар. отч. об организации и исполнении работ по исследов. почв Азиатской России в 1914 г., Птрг., 1916.

Герн, фон. Зап. Запад.-Сиб. Отд. Русск. Геогр. Общ., 1888, кн. X.

Глинка, К. „Почвоведение", 1909, № 4.

„ и сотрудники. Предв. отч. об организ. и исполнении работ по исслед. почв Азиатской России в 1909 г. Спб. 1910.

Гордеев, Т. Труды Саратовского Общ. Ест., т. V, 1903.

Гордягин. Труды Общ. Естеств. при Казанск. Унив., т. XXXIV, 1900.

Gürich. Peterm. Mitteilungen, 1887.

Hilgard. Journ. d'agriculture pratique, 1894; см. Сельское хоз. и лесов. 1895, февраль.

Иозефович. Сальские степи. Москва, 1926.

Коссович. О механич. составе лессовых почв. Журн. Оп. Агр., 1900.

Краснов. Зап. Русск. Геогр. Общ., 1886.

Кучеровская-Рожанец и Рожанец М. Почвенно-ботан. условия участка Кумсая и прилегающих местностей. Кзыл-Орда, 1926.

Лебедев. Зап. Запад.-Сиб. Отд. Русск. Геогр. Общ. т. 34.

Левченко. Тр. почв.-ботан. экспед. по изучению колонизац. районов Азиат. России. Почв. исслед. 1908, вып. I.

Мелик-Саркисян. Муганская степь. Изд. Отд. Зем. Улучш. Мин. Землед. и Госуд. Им. 1897.

Миддендорф. Очерки Ферганской долины, 1882.

Мушкетов. Туркестан, 1886, т. I.

Murgoči. Comptes rendus de la première conférence agrogéologique. Budapest. 1909.

Неуструев. Тр. почв.-ботан. эксп. по исслед. колонизац. район. Азиат. России. Почв. исследования 1908 т., вып. 7.

„ „Почвоведение", 1910, № 2.

„ Географ. Вестник, т. II, вып. I, 1925.

„ и Бессонов. Почв. условия вдоль проектируемой жел.-дор. линии Семипалатинск-Верный. Спб., 1908.

„ и Никитин. Почвы хлопковых районов Туркестана. Москва, 1926.

Никитин. К характеристике почвообразов. процесса в пустыне Усть-Урт. Пермь, 1926.

Обручев. Закаспийская область. Зап. Р. Г. О., 1890.

„ Центр. Азия, сев. Китай и Нань-Шань, т. I и II, 1900—1901.

Орлов. Зап. Запад.-Сиб. Отд. И. Р. Г. О. 1908, 34.

Остряков. Тр. Общ. Ест. при Казанск. Унив. 1901, т. XXXV, вып. 5.

Phillips. Quart. Journ. Geol. Sol. London, 1882.

Полынов. Северная Монголия. 1925. Изд. Акад. Наук.

Потанин. Тр. Спб. Общ. Естеств., т. XXII, вып. I, 1892.

Прасолов, Л. Тр. почв.-ботан. экспед. по исследов. колониз. район. Азиат. России. Почв. исслед. 1908, вып. 4.

Прасолов. Л. Астраханский край. Почвы. Россия. Петерб. 1921 г. Здесь см. литературу.
„ Почвы Туркестана. Изд. КЕПС'а, 1926.
Раманн. „Почвоведение", 1902, № 1.
Рожанец. Характер почвообр. в Джуруно-Темирском районе, Кзыл-Орда, 2926.
Захаров. Журн. Оп. Агр., т. VI, кн. 2.
„ Почвы Мильской степи. Изд. Отд. Зем. Улучш. Г. У. З. и З. 1912.
Шешуков. Мат. по изуч. русск. почв, вып. III.
Щеглов. Почвы Калмыцкой обл. ч. 1. Саратов, 1926.
Скалов. Тр. почв.-ботан. экспед. по исслед. колониз. район. Азиат. России. Почв. исслед. 1909 г., вып. 2, Спб. 1910. Изд. Перес. Управл.
Смирнов-Логинов. Почвы юго-вост. части нагорного Карабаха. Баку, 1926.
Стасевич. Ibidem. Почв. исслед. 1908 г., вып. 2.
„ Ibidem. Почв. Исслед. 1909 г. вып. 3.
Танфильев. Тр. Геолог. части кабин. его вел., т. V, в. 1, 1902.
Тумин. Тр. почв.-ботан. экспед. по исслед. колониз. районов Азиат. России. Почв. исслед. 1908 г., вып. 10.
Walther, J. Das Gesetz der Wüstenbildung, 1900.
Высоцкий, Г. Природные растительные условия и результаты лесоразведения на Ергенях, Астраханской губ. Петроград, 1915.

## IV. Почвы болотного типа

### А. Собственно болотные почвы

Главнейшими областями распространения болотных почв являются те климатические зоны, которые или извне получают большие количества осадков, или накопляют в поверхностных горизонтах земной коры много влаги, благодаря невысокой температуре и, следовательно, малому испарению. Последняя комбинация является наиболее благоприятной, так как области, получающие извне большое количество влаги, характеризуются зачастую в то же время и высокой температурой. Что касается сухих областей (пустыни, пустынные степи, степи), то здесь болотные почвы встречаются изредка. В большинстве случаев пересыщение влагой отдельных участков этих областей наблюдается относительно меньшее, что, как увидим ниже, приводит к образованию своеобразной группы почв (солончаковых).

Главное условие существования болотных почв — избыточное увлажнение — сказывается прежде всего на характере разложения органических остатков, попавших на земную поверхность и в верхние горизонты почвы. Избыточная влага—враг хорошей аэрации, и, следовательно, разложения органических остатков в болотных почвах идет при затрудненном доступе воздуха. Как известно, полного разложения органических веществ в этом случае не получается, их уничтожение идет чрезвычайно медленно, при разложении развиваются нередко особые газы: метан, сероводород, фосфористый водород, а также окислы азота, свободный азот и пр., накопляются трудно разлагаемые безазотистые и азотистые продукты, каковы органические кислоты, в том числе кислоты гумусовые и кислоты жирного ряда, а кроме того лейцин, тирозин, индол, скатол и пр. Азотистой и особенно азотной кислот образуется немного. Условия среды вредно отзываются на жизнедеятельности многих бактерий, вследствие чего задерживается целый ряд бактериальных процессов, и на помощь бактериям, в качестве потребителей промежуточных продуктов окисления, появляются плесневые грибки.

Благодаря медленности сгорания органического вещества, болотные почвы накопляют большое количество не только гумуса, но и полуразложенных органических остатков, еще не утративших следов организации. Обилие влаги не только вызывает особый характер разложения органических остатков, но и сказывается на скорости передвижения в глубину тех продуктов распада, которые к этому способны, т. е. обладают известной степенью растворимости.

Необходимо прибавить к сказанному, что болотные почвы формируются не только под влиянием просачивающейся влаги, но и под влиянием влаги, поднимающейся к поверхности, так как здесь почвенно-грунтовые воды лежат очень неглубоко. Это последнее обстоятельство накладывает особую печать на процесс почвообразования, а также и на строение почвы.

Прежде чем мы обратимся к разъяснению сущности почвообразовательного процесса и химизма болотных почв, скажем несколько слов о их подразделении и некоторых морфологических признаках.

Наиболее исследованными как со стороны морфологии, так и со стороны химических особенностей представляются разности болотных почв холодно-умеренной климатической полосы; на них мы, главным образом, и остановимся. Эти почвы могут быть разбиты на две главные группы: a) пресноводные и b) приморские болотные почвы.

Обилие как пресноводных, так и приморских болотных почв в прибрежьях Немецкого и Балтийского морей в Западной Европе давно уже заставило немецких, голландских и датских ученых обратить внимание на свои болотные почвы и различить в них ряд разностей. Еще в 20-х годах XIX столетия в западно-европейской литературе появляются сводки, подобные работам Штельцнера, подробно трактующие о болотных почвах. Интерес к этим последним еще более возрос к началу XX столетия, и в настоящее время имеется ряд капитальных работ по изучению болотных образований в разных странах [1]).

I. Пресноводно-болотные почвы могут прежде всего классифицироваться по характеру тех растительных остатков, которые участвуют в образовании этих почв. В этом отношении грубо можно выделить почвы торфянисто-болотные и иловато-болотные, связанные друг с другом различными переходными формами. Помимо указанного классификационного признака, существуют и другие, а именно: степень заболоченности, механический состав и пр. Влияние степени заболоченности всего легче прослеживается там, где сырой луг или иловатое болото постепенно переходят в соседний пологий склон. Вступая на нижнюю треть такого склона, мы постепенно переходим от иловато-болотной почвы к почве торфяно-подзолистой и подзолисто-глеевой, а эти последние столь же постепенно переходят, в свою очередь, к почве подзолистого типа луговой или лесной. При этом типичные черты строения болотной почвы шаг за шагом утрачиваются, и на смену им выступают морфологические признаки подзолистой.

Строение типичной иловато-болотной почвы представляется в таком виде:

A—Поверхностный горизонт темного, часто черного цвета, содержащий неразложенные части растений, пронизанный буроватыми жилками и пятнами

[1]) Литературу о болотах и торфяниках см. у Танфильева и Доктуровского.

гидратов окиси железа. Иногда наблюдается потемнение нижних частей описываемого горизонта, к которым тогда и приурочиваются обугленные остатки растений. Указанный признак легко объясняется тем, что глубже лежащие горизонты почвы менее доступны воздуху, чем самые повериостные, и, следовательно, попавшие туда органические остатки (корни, корневища) разлагаются еще медленнее, чем на поверхности. Мощность горизонта различна, но в общем довольно велика.

G—Второй горизонт, который можно назвать глеевым, ибо он формируется не только под влиянием просачивающихся вод, но и под влиянием поднимающихся к поверхности почвенно-грунтовых вод, характеризуется синеватыми, голубоватыми и зеленоватыми оттенками, что должно быть поставлено на счет восстановительным процессам, возникающим благодаря пересыщению влагой. Указанные цветовые оттенки зависят от закисных соединений железа, среди которых иногда встречается вивианит [$Fe_3(PO_4)_2.8H_2O$]. Последний в совершенно неокисленном состоянии — белого цвета, но при первых следах окисления получает голубоватый оттенок. При дальнейшем окислении феррофосфаты переходят в ферри-фосфаты, что сопровождается образованием целого ряда промежуточных соединений. Отметим еще, что в горизонте G наблюдаются нередко ржавые пятна, прожилки, располагающиеся, между прочим, по трещинам и ходам корней, куда легче может проникнуть, при высыхании поверхностных горизонтов, кислород воздуха.

Иловато-болотные почвы встречаются, в качестве интразональных образований, в подзолистой зоне, а также и тундровой.

Благодаря слабому проникновению кислорода в болотные почвы в них появляется целый ряд соединений железа, неизвестных в других почвенных типах. К числу таковых относятся упомянутый выше вивианит, затем сернистые соединения, как водный FeS, $FeS_2$ (пирит, марказит), а также $FeCO_3$ (кристаллич. и аморфное). Так называемые дерновые руды, появляющиеся иногда в верхних горизонтах болотных почв, образуются под влиянием восходящих грунтовых вод.

Появление в болотных почвах вивианита происходит, по всей вероятности, путем реакции фосфорнокислого аммония на находящиеся в растворе закисные соли железа. Возможно, что образование фосфорной кислоты совершается путем окисления фосфористого водорода и что процесс такого окисления протекает при содействии микроорганизмов, но вопрос о превращениях соединений фосфора в почвах с микробиологической стороны не изучен. Здесь можно напомнить, что и струвит находили среди органических остатков, разлагавшихся при недостаточном притоке кислорода воздуха.

Легко также допустить, что в болотных почвах аммиачные соединения сохраняются легче, чем в почвах, более доступных кислороду воздуха, ибо здесь сильно замедляются процессы нитрификации. Отсюда понятна возможность образования фосфорнокислого аммония.

Так как болотные почвы, просыхая летом, становятся более доступными для атмосферного кислорода, то закисные соединения железа могут окисляться. Пирит и марказит дают при этом железный купорос, свободную серную кислоту, а затем и целый ряд простых и сложных сернокислых соединений (в частности гипс). Поэтому в болотных почвах, богатых сернистыми соединениями железа, может совершаться даже выщелачивание глинозема в виде сернокислого алюминия. Вивианит, как указано было выше, также способен окисляться и давать ряд промежуточных соединений между чистыми ферро- и ферри-фосфатами.

Весьма вероятно, что и в болотных почвах можно найти аналогичные промежуточные продукты, на что указывает отчасти присутствие в этих почвах аморфного бераунита (ферри-фосфат).

Арнд[1]) анализировал плотные конкреции под болотом близ Uschütz желтовато- до буровато-серого цвета, темнеющие на воздухе, и получил следующие результаты:

| | Свежие | Сухие |
|---|---|---|
| $H_2O$ при 100° Ц. | 55,49% | — |
| Химич. $H_2O$ | 3,11 | 6,98 |
| Орган. вещ. | 9,36 | 21,02 |
| Песок | 0,07 | 0,16 |
| Раствор. $SiO_2$ | 0,01 | 0,02 |
| $Fe_2O_3$ | 12,19 | 27,38 |
| FeO | 7,40 | 16,62 |
| MnO | 0,13 | 0,29 |
| CaO | 0,72 | 1,61 |
| MgO | 0,04 | 0,09 |
| $K_2O$ | 0,01 | 0,02 |
| $Na_2O$ | 0,10 | 0,23 |
| $P_2O_5$ | 3,75 | 8,43 |
| $CO_2$ | 7,47 | 16,77 |
| Cl | сл. | сл. |
| $SO_3$ | 0,07 | 0,16 |

На иловато-болотных почвах северной части СССР в сухие лета появляются иногда беловатые налеты солей, в числе которых находятся, между прочим, и хлористые соли. Точному исследованию пока эти солевые налеты не подвергались. Факт нахождения таких налетов сближает до некоторой степени болотные почвы северной полосы с группой солончаков ее черноземной области, о которых будет речь ниже. В болотных почвах Западной Европы из более или менее легко растворимых солей находили сернокислые соли магния, кальция и закиси железа (Меркер, ф.-Беммелен), указывалось также и на присутствие сернокислого алюминия (Шпренгель, фан-Беммелен), щавелевой кислоты и щавелево-кислого кальция (Шмöгер).

Подвергался исследованию и вопрос о состоянии, в котором находится в болотных почвах калий (Виклунд) и фосфорная кислота (Виклунд, Шмöгер, Такке и др.); относительно последней приходили к заключению, что, по крайней мере, часть ее входит в состав нуклеинов (Шмöгер). Нередко, наконец, находили в подгумусовых горизонтах болотных почв и мергелистые образования, что одинаково характерно и для рассматриваемой ниже подгруппы торфянисто-болотных почв. В баварских болотах мергелистые образования чрезвычайно распространены и носят название „Alm". Зендтнер полагает, что этот термин произошел от слов „alba terra". Происхождение Alm'а, содержащего, кроме углекислой извести, еще некоторое количество углекислой магнезии, глинозема, фосфорной кислоты и органических веществ, не всегда достаточно ясно. По поводу генезиса этого образования находим у Рота следующие соображения: „где получающиеся при помощи разложения растительных остатков кислоты (гуминовая, креновая, апокреновая и т. д.) действуют на известняк или содержащую известь почву, там получаются,

[1]) Arnd, Th. Zur Kenntniss der Eisenkonkretionen im Moore. Mitt. Ver. Förder Moorkultur i. d. R. 1908, 36, 108.

вероятно, двойные известково-аммиачные соли, которые могут превратиться в аморфную порошкообразную углекислую известь". На поверхности и внутри торфяных залежей часто находят такие образования или в виде белого налета, или в виде более мощных слоев. В торфяном болоте между Кирхдорфом и Герстензее (Берн) Брунн е р нашел над глиной слой в 2—2,5 ф. мощности, состоявший из аморфной углекислой извести с небольшим количеством кремнезема и без инфузорий. З е н ф т нашел близ Эйзенаха в торфяной залежи и под нею слизисто-тестообразную массу, которая на воздухе распалась в буровато-белый песок, состоящий из круглых зернышек. З е н д т н е р говорит, что Alm образует основу всех южно-баварских луговых болот и прослойки в торфе. В сухом состоянии это рыхлый белый песок, в сыром—киселеобразная масса.

В русских болотах неоднократно находили мергель, напр., в Московской, Владимирской губ.

В большинстве случаев, повидимому, отложение углекислой извести в болотных почвах представляют образования дна озер, путем заростания которых получилось болото [1]). На дне озер нередко образуется известковый ил (Seekreide), или известковый сапропель, представляющий отложения водяных растений. На листьях последних углекислая известь отлагается иногда в виде тонких слоев. К е р н е р наблюдал, что лист Potamogeton lucens, весом в 0,492 гр., выделил 1,04 гр. $CaCO_3$ (Р а м а н н). В иных случаях углекислая известь, в виде туфовидных образований, выделяется источниками (З е н д т н е р). Не исключается возможность выделения углекислой извести и с помощью животных организмов и даже путем разложения растворяющегося в воде бикарбоната.

Отмеченные выше свойства иловато-болотных почв выражены бывают в большей или меньшей степени в зависимости от стадии заболачивания.

Т о р ф я н и с т о - б о л о т н ы е п о ч в ы, по своему строению, не отличаются резко от иловато-болотных почв: вместо землистого иловатого горизонта (поверхностного) здесь является более или менее мощный т о р ф я н и с т ы й горизонт, очень богатый органическими веществами, которые здесь находятся еще в меньшей степени разложения, чем в иловатых разностях.

Состав органической части торфяных горизонтов может быть выражен следующими цифровыми данными (Б е р ш):

| | C | H | O | N |
|---|---|---|---|---|
| Моховой торф . | 57,03 (61,13—50.98) | 5,79 (7,40—4,63) | 35,58 (40,88—31,03) | 1,60 (2,54—0,87) |
| Торф переходного болота . | 57,20 (60,94—54,45) | 6,61 (7,55—5,21) | 31.74 (37,86—30,32) | 1,95 (2,91—1,41) |
| Торф низинного (травяного) болота . . . | 54,18 (61,10—44,78) | 5,67 (7,87—3,85) | 37,27 (47,62—28,48) | 2,88 (4,28—1,81) |

Состав золы тех же торфов в среднем определяется такими данными:

| | $K_2O$ | $P_2O_5$ | CaO |
|---|---|---|---|
| Моховой торф . . . . . | 0,08 (0,01—0,11) | 0,11 (0,04—0,22) | 0,52 (0,22—1,01) |
| Торф переходного болота | 0,10 (0,02—0,13) | 0,13 (0,07—0,22) | 1,38 (0,55—3,21) |
| Торф низинного болота . | 0,10 (0,03—0,25) | 0,16 (0,06—0,47) | 2,95 (0,49—6,68 и более) |

[1]) См., между прочим, H e s s v o n W i c h d o r f. Zeitschr. f. prakt. Geologie, 61, 329.

Среди образований торфа находятся темные, иногда черные выделения д о п п л е р и т а (F r ü h).

Допплерит, по словам Б е р ш, находится во многих торфяных болотах Австрии. Он выполняет трещины или одевает остатки корней. В свежем состоянии дает черную, мягкую, эластичную массу с жирным блеском и раковистым изломом. По высыхании образует довольно твердые, хрупкие, обсидианоподобные куски. Состав его в воздушно-сухом состоянии следующий:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $H_2O$ . . . . . | 18,08% | Золы . . . | 3,27 |
| C . . . . . | 43,53 | | |
| O . . . . . | 31,09 | | |
| H . . . . . | 3,24 | | |
| N . . . . . | 0,79 | | |

В безводном и беззольном веществе содержится:

| | |
|---|---|
| C . . . . . | 55,31 |
| O . . . . . | 39,57 |
| H . . . . . | 4,12 |
| N . . . . . | 1,00 |

Под торфом нередко лежит с а п р о п е л и т, представляющий органическую массу, образовавшуюся, главным образом, за счет планктона, т. е. свободно плавающих в воде растений и животных.

Содержание воздуха в торфяно-болотных почвах обыкновенно значительно ниже, чем в лугово-болотных, что установлено исследованиями Ф а г е л е р а.

Материнские породы в тех случаях, когда торф слагается мхами, особенно из рода Sphagnum, бывают бедны солями, главным образом известью, что видно отчасти и из приведенных выше анализов золы различных торфов.

В остальном строение и другие признаки торфянистых почв близки к таковым же иловатых.

II. Б о л о т и с т ы е п о ч в ы м о р с к и х п р и б р е ж и й. По низменным берегам морей (в Европе—Немецкого, отчасти Балтийского), где идет отложение морских наносов, в устьях рек, впадающих в моря, на наносах смешанного характера формируются также болотистые почвы, которым дано название м а р ш е й. Немецкое слово Marsch (plattdeutsch—Mar, английское—Marsh), по мнению Ш т е л ь ц н е р а, имеет общий корень с латинским mare (море). В виду этого, казалось бы необходимым выделять в группу маршей только почвы, в образовании материнских пород которых принимало участие море, хотя в работах о маршевых почвах не всегда делается такое ограничение, и к маршам причисляются нередко почвы, развившиеся на речных наносах.

Морской нанос, на котором впоследствии формируются маршевые почвы, строится не только из минеральных веществ, но и из остатков растительных и животных организмов. Первые представлены водорослями и частями других растений, попавших с материков, а вторые—раковинами моллюсков. Кроме того, и те, и другие являются в виде тонкого ила, потерявшего следы органического строения. Ко всему этому присоединяются скорлупки диатомовых, корненожек и пр. Богатый органическим илом морской осадок (Schlick) отлагается морем в теплые летние месяцы, зимой же преобладает минеральный нанос (Knick, Klee). Этим объясняется чередование более светлых и более темных прослойков в глубоких горизонтах грунта маршевых почв.

Когда отложившийся осадок значительно повысил плоский морской берег, появляются первые пионеры наземной флоры солончакового типа (Salicornia herbacea, Chenopodium maritimum, Arenaria maritima и пр.). Когда обычные морские приливы не захватывают берега, появляются Poa maritima, приморские же луговые травы (напр., Glyceria, Juncus Gerardi и др.) начинают развиваться лишь тогда, когда нанос поднят над уровнем обыкновенного прилива на 3—4 ф. и начинает просыхать (Stöckhard, Варминг). На севере СССР участки лугов, заливаемые во время прилива соленой морской водой, называются лайды. На них растут Plantago maritima, Triglochin maritimum, Pisum maritimum, Alisma Plantago и др. (Танфильев). Из сказанного можно уже видеть, что в молодых маршах содержится значительное количество морских солей. Старые марши опресняются естественным путем, но нередко практикуется и искусственное опреснение соленых маршей отрезыванием их с помощью плотин и дренированием отрезанных участков.

Собственно процесс образования маршевой почвы начинается с того момента, как поверхность морского наноса покрывается растительностью, и наиболее энергично идет тогда, когда эта растительность принимает характер сплошного лугового покрова. В дальнейшем развитии условия образования маршей ничуть не отличаются от таковых же обычной луговой почвы.

Следовательно, старым маршам присуще в общих чертах то же строение, что и рассмотренным выше иловато-болотным почвам.

Западно-европейские авторы, относя к почве всю толщу наноса, дают иногда картину строения маршей на большую глубину, но не следует упускать из вида, что при этом штудируется не только почва, но и ее материнская порода, грунта которых собственно не коснулись процессы почвообразования (Stöckhard, van Bemmelen, Virchow).

Чтобы составить себе более полное представление о строении маршевых почв, их материнских пород и подпочв, заимствуем у фан Беммелена описание нидерландских маршей, формирующихся на осадках обыкновенно более глинистых с поверхности и более песчанистых по мере углубления. В центре провинции Groningen находятся глинистые почвы, верхний горизонт которых называется „Roodorn". Местами он окрашен гидратами окиси железа в красноватый цвет, богат гумусом и имеет слабо-кислую реакцию. Под этим горизонтом лежит „Knick", мощностью чаще всего 0,2—0,4 м., который собственно и составляет материнскую породу маршевой почвы; он содержит железистые конкреции и пятна окиси железа и, очевидно, в верхних горизонтах его мы имеем аналогию с глеевым горизонтом наших иловато-болотных почв.

Knick хотя и представляет, по премуществу, минеральную массу, однако, не лишен и органических веществ, содержа 5,5% гумуса. Гумус Knick'a, повидимому, не есть целиком результат почвообразования, а отложился отчасти и механически вместе с морским наносом. Иногда мощность Knick'a становится значительнее (1—3 м.), и тогда на некоторой глубине он обогащается известью, переходя в особую породу, носящую название „Wühlerde". Местами эта глина богата гипсом и другими сернокислыми солями (Maibolt, Gifterde). Представляется ли известь в данном случае продуктом почвообразования или же ранее происходивших геологических процессов, остается неясным. Под Knick'ом лежит „Darg", масса еще более богатая, а иногда и очень богатая органическими веществами. Это уже результат

бывшей деятельности моря. В западно-европейской литературе существуют и другие термины для обозначения отдельных слоев маршевых наносов и почв, но мы их касаться не будем. Из составных частей различных горизонтов маршевых почв фан Беммелен указывает на пирит, вивианит, растворимые соли железа, сернокислые алюминий и магний. Все это, как мы видели, встречается и в пресноводно-болотных почвах (см. также Schucht).

Интересно отметить, что пока в маршевой почве есть натровые соли, происходит поглощение натрия гумусом почвы, что сообщает почве неблагоприятные физические свойства (Hissink). Этим вопросом мы займемся подробнее при изучении солонцов. Необходимо также иметь в виду, что маршевые почвы не всегда принадлежат болотному типу. Среди них есть и подзолисто-глеевые почвы (von See), как результат дальнейшей эволюции.

Болотные почвы других областей земного шара мало изучены со стороны их строения и состава, но что они существуют и в других обильно увлажняемых зонах, каковой является, например, тропическая, в этом нельзя было и раньше сомневаться. Уже в своем русском курсе почвоведения [1]) я выделил две категории таких болотных почв тропических широт, аналогичных только что описанным пресноводно-болотным почвам и маршам. К последней категории я отнес мангровые почвы морских прибрежий. Сделано это было больше на основании априорных соображений, чем на основании фактов. В настоящее время существование двух групп тропических болотных почв подтверждается наблюдениями Мора на Зондских островах. На абсолютной высоте от 50 до 200 м. в Deli и Serdang'e, говорит автор, находятся гумусные образования, которые очень напоминают описанный Эбермайером альпийский гумус. В одной долине, параллельной берегу, отложились из источников большие массы известковой накипи (туф), и здесь между обломками известняка находят темнобурую, жирную гумусовую массу, которая содержит и песок, и глину. Эта почва дает умеренный урожай табака невысокого достоинства, так как в почве велико содержание $SO_3$ и поэтому она плохо перегорает; пепел имеет черную окраску. Тот же автор указывает, что в лабораторию Бейтензорга была прислана проба почвы из Бантама (зап. Ява), представлявшая иловатую массу рисового поля (sawah); эта проба сильно пахла сероводородом. Масса была темно-черного цвета, но бурела после обработки разведенной соляной кислотой, при чем происходило энергичное выделение сероводорода. Количество последнего определено в 0,53% по отношению к сухой массе, что соответствует 1,37% FeS. Здесь, таким образом, происходило энергичное восстановление сульфатов. Потеря при прокаливании достигала 36% от сухой массы. При сжигании выделялся характерный запах торфа. Остаток от прокаливания был глинистый.

Что касается морских прибрежий, то, по словам Мора, сама работа рек, выносящих массу минерального материала, из которого строится прибрежная полоса многочисленных дельт и образуются банки, отрезающие участки моря, способствуют заболачиванию берегов. Вода в этой чрезвычайно разветвленной сети протоков, ограничиваемых береговыми валами из песка и гравия, не застаивается, а движется, хотя и очень медленно, по направлению к морю. Эта-то обширная область дельт, банок, переплетающихся протоков и пр. и является местом развития приморских болот и болотных почв, которые тем преснее, чем ближе к материку. Развивающиеся здесь

[1]) 1-е издание, 1908 г.

гумусовые горизонты не представляют торфа, как в болотах более холодных зон. Все основательно разложилось, мало содержится растительных остатков, клетчатка, повидимому, уничтожена. Но остается одна группа органических веществ, которая более сопротивляется разложению: это—смолы. Интересно, что большинство древесных пород здешних лесов богато смолой и тем богаче, чем ближе к морю. Смолы с течением времени темнеют, но не гниют.

Постепенно болотные почвы, более удаленные от моря, лишаются избытка влаги, просыхают и становятся черными и рыхлыми, пригодными для культуры. Такое почвообразование носит здесь название р а у а. Очевидно, самый процесс постепенного опреснения и превращения мангровых почв в почвы, пригодные для культуры, весьма напоминает естественное превращение западно-европейских маршевых почв в польдеры, луга.

Что касается химизма тропических болотных почв, то с таковым мы пока еще очень мало знакомы. Судя по присутствию сернистых соединений, на которые указывает М о р, можно думать, что некоторые признаки, находящиеся в связи с наличием восстановительных процессов, одинаковы как у болотных почв тропиков, так и у болотных почв внетропических стран, но отсюда еще не следует, что и все остальные признаки будут одинаковы. Весьма возможно, что процесс распада алюмосиликатов в тропических болотных почвах протекает энергичнее, чем в почвах наших широт, и доходит до выделения свободных гидратов глинозема. Некоторые намеки на такую возможность дают исследования М ю н ц а и Р у с с о, которые устанавливают присутствие гидратов глинозема в темноцветных почвах Мадагаскара.

Переходим к другой группе почв, относимых нами к категории болотных. Это почвы относительно с у х о й т у н д р ы. Мы говорим о сухой тундре, т. е. о ее относительно повышенных местах, так как пониженные участки заняты здесь торфяно-болотными почвами, по многим признакам сходными с таковыми же почвами лесной зоны. По долинам рек, текущих в тундре, как отмечает Т а н ф и л ь е в, развиваются роскошные луга, следовательно, и почвы здесь должны приближаться к луговым почвам лесной зоны.

На общем облике тундровой зоны мы остановимся ниже, в географическом очерке, здесь же отметим лишь те исследования, которые дают возможность составить некоторое представление о характере тундровых почв.

Особенный интерес представляют исследования С у к а ч е в а, изучавшего тундру к северу и северо-востоку от Урала, т. е. между р. Карой и низовьями Оби. Исследователь отмечает, что характер почвы здесь меняется в зависимости от изменения рельефа и, следовательно, условий увлажнения, а также в зависимости от характера материнских пород. Но если взять почву на возвышенно-равнинной тундре, где при этом нет застаивания воды, то мы будем иметь те условия, при которых мы можем считать, что почвенные процессы протекают типично и нормально для данной области.

Исследователь описывает затем разрез такой именно типичной почвы, сделанный в сравнительно сухой тундре, в верховьях р. Люби-Яга. Микрорельеф здесь слегка мелко кочковатый, что типично для подобной тундры. Травяной покров не густой и не высокий, главным образом из C a r e x r i g i d a Good, к которой рассеянно примешивались P o l y g o n u m v i v i p a r u m L., F e s t u c a o v i n a s. l., низкие отдельные кустики B e t u l a n a n a L. и арктических ив. Самая почва покрыта сплошным нетолстым (2—3 см. мощностью) моховым ковром,

главным образом из Hylocomium sp., Aulacomnium sp. и других мхов. Sphagnum совершенно отсутствует. Эта растительность показывает, что мы имеем тип довольно сухой тундры Почвенный разрез здесь таков:

1 Гумусовый серо-коричневый горизонт, местами с мало разложившимися остатками растений, мощностью 3 см
2 Желтовато-бурый, местами серовато-бурый, охристый, рыхлый, суглинистый горизонт, мощностью 2—3 см
3 Сизо-серый однородный, очень вязкий суглинок, мощностью 8—10 см При выкапывании ямы легко плывет, во взятом монолитном образце делается как бы жидким Граница с вышележащим и нижележащим горизонтами очень резка
4 Буровато желтый (охристый) суглинок, напоминающий 2-й слой, но более плотный мощностью 2—3 см
5 Плотный, буровато-серый, не оплывающий суглинистый горизонт На глубине 40 —60 см. от поверхности в этом горизонте попадаются часто темные, повидимому, гумусовые расплывчатые пятна, а также местами включения щебенки На глубине 79 см от поверхности встречена мерзлота, но характер описываемого горизонта не изменился еще глубже на 10 см Яма вырыта до 89 см

Сукачев отмечает дальше, что при большей влажности почв возрастает мощность сизо-серого горизонта (3), при меньшей влажности—уменьшается; если же при том почва становится песчанистее, то означенный горизонт и совершенно исчезает. Это вполне понятно, так как сизо-серый горизонт является результатом восстановительных процессов, аналогичных тем, которые наблюдаются в гориз. G иловато-болотных почв. Поэтому и сам сизо-серый горизонт есть аналог гориз. G болотных почв.

Там, где этот горизонт отсутствует, почвы тундры, повидимому, начинают приближаться к подзолистому типу. Есть основание утверждать, что подзолообразование нередко наблюдается в тундре, не являясь, конечно, преобладающим или господствующим процессом в данной зоне.

Драницын дает такой разрез для равнинных площадей Большой Низовой тундры Енисейской губ.:

$A_0$ — Торфяная подстилка из мхов осок и веточек карликовой полярной березы Мощность 3—7 см.
$A_1$ — Трудно отделимый от предыдущего гумусовый горизонт, мощностью в 1—2 см
G — Раскисленный, синеватый с обильными примазками ржавчины Мощность 20 - 25 см
C — Глубже лежит мерзлый одноцветный темносерый нанос

---

## ЛИТЕРАТУРА

### Болотные почвы

Алексеев Горный Журнал, 1899, т I, 361
Baumann Mitteil. der k Bayr Moorkulturanst H 3, 1909
, und Gully Ibidem H. 4
Bemmelen, van. Landw Versuchstat Bd VIII
, Zeitschr fur anorg Chemie, 22, 1900
Bersch Zeitschr f Moorkultur u Torfwesen, 1907, 5, 65

Богословский. Изв. Геолог. Ком., 1897, т. XVI, № 8—9.
„ „Почвоведение", 1902, № 4.
Brunner. Mitteil. naturwiss. Gesellsch. Bern, 1849, 123.
Доктуровский, В. Болота и торфяники, развитие и строение их. Москва 1922. См. здесь литературу.
Докучаев. Изв. Кавк. Отд. Р. Г. О., 1899, вып. III.
Драницын. Д. Предв. отчет об организ. и исполн. работ по исслед. почв. Аз. России за 1914 г. Спб., 1916.
Ebermayer. Wollny-Forsch. Bd. X, p. 385.
Endell. Neues Jahrb. f. Mineralogie, 31. Beil.-Band, 1—54, 1910.
Früh, J. Torf und Dopplerit, Zürich, 1883.
„ u. Schöter, C. Moore der Schweiz, 1904.
Глинка, К. Краткая сводка данных о почвах Дальнего Востока (Предварит. собщ.). Спб. 1910. Изд. Пересел. Управ.
„ „Почвоведение", 1910. № 1.
„ „Почвоведение", 1911, № 2.
„ „Почвоведение", 1908, стр. 484.
Городков, Б. Ежегодн. Тобольск. Губ. Музея, вып. XXVII, 1916.
Hähnel. Journ. f. prakt. Chemie, **78**, 281, 1908.
Märcker. Zeitshr. d. landw. Centralvereins d. Prov. Sachsen, 1874.
Mohr. Ball. de „Départem. de l'agriculture aux Indes Néerlandaises, № XVII Buitenzorg, 1908.
Müntz et Rousseaux. Bull. du Ministère d'Agriculture, 1900, № 5.
Palla, E. Neues Jahrb. f. Mineralogie, 1887, II, 6.
Потонье. Сапропелиты. Перев. с немецк. К. П. Калицкого и Н. Ф. Погребова, Петроград, 1920.
Ramann. Organogene Bildungen d. Jetztzeit. Neues Jahrb. f. Mineral., Beil. Bd. X.
„ Bodenkunde. 2. Aufl. 1905.
Rindell. Internat. Mitteil. für Bodenkunde, 1911.
Roth, J. Allgemeine und chemische Geologie. Bd. I, 1879, p. 595.
Захаров. „Почвоведение", 1906, №№ 1—4.
Schimper. Pflanzengeographie, 1898.
Schloesing. Comptes rendus, 1902.
Schmöger. Landw. Jahrbücher, 1896.
Schucht. Journ. f. Landw. 1905, H. IV.
See. K., von. Ueber die Profilbau der Marschböden.—Internation. Mitteil. für Bodenkunde. Bd. X. H. 5/6, 1920.
Sendtner. Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns, 1854.
Senft. Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen, 1862.
„ Zeitschr. d. deutsch. Geolog. Gesellsch. 1831.
Sprengel. Erdmanns Journ. f. technische u. ökonom. Chemie, 1828, Bd. II. u. III.
„ Bodenkunde, 1837.
Stelzner. Möglinsche Ann. d. Landwirthsch., Bd. XX u. XXI, 1827—1828.
Stöckhard. Der chem. Ackersmann, 1866.
Stremme. Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1908, 16.
Сукачев. К вопросу о влиянии мерзлоты на почву. Изв. Акад. Наук, 1911.
Сукачев, В. Болота, их образование, развитие и свойства. 2-е изд. Петроград, 1923.
Танфильев. По тундрам тиманских самоедов летом 1892 г. Изв. Русск. Геогр. Общ., т. XXX.
„ Пределы лесов в полярной России. Одесса, 1911 (литература).
Танфильев и Сытин. Указатель главнейшей литературы о болотах и торфяниках Европ. России и их утилизац. в сельск. хоз. и промышл. Изд. Отд. Зем. Улучш. Мин. Зем. и Госуд. Им. Спб. 1896.
Томашевский. Почвы Зейско-Буреинского водораздела.—Тр. высочайше командир. Амурск. Экспед. Под ред. К. Д. Глинки, Спб. 1912.

Vageier, P. Mitteil. d. k. Bayer. Moorkulturanst, München, 1907, I.
Virchow. Landw. Jahrbücher, 1881, IX.
Варминг. Ойкологич. география растений. Москва, 1901.
Wicklund. Landw. Jahrbücher, 1891, XX.
Wüst. Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1907, XV H. 1.
Список литературы см. также в Jnternationale Mitteilungen für Bodenkunde, Bd. X. Heft 3/4, 1920, S. 153—168 und H. 5/6, S. 233—248.

---

### В. Почвы солончаковые.

Солончаки, располагаясь отдельными, более или менее крупными, пятнами и полосами среди почв различных зон (черноземной, каштановой, бурой, серой, а иногда даже подзолистой), дают ряд переходов к почвам зональным соответственной зоны. Эти переходные образования между зональными почвами и солончаками называются солончаковатыми почвами.

Само слово „солончак" указывает, что эти почвы содержат в себе соли. Иногда солей бывает много и они образуют налеты и даже довольно мощные корки на поверхности почвы, иногда же они на поверхности не обнаруживаются, но видимы в разрезе, особенно при подсыхании последнего.

Откуда и как появились соли в солончаковых почвах и вообще в поверхностных горизонтах земной коры, это вопрос, на который исследователи отвечали целым рядом гипотез. По представлению одних—соли принадлежат древним соляным залежам или небольшим отложениям прежних морских осадков, выщелачиваемых водою, отлагающей вторично выщелоченные соединения (Parish, Philippi, Tschudi, Brakebusch, Döring). Von Schlagintweit-Sakünlünski, на основании своих исследований в Тибетском плоскогорье, показал, что соляные озера происходят путем постепенной концентрации вод обычных источников. Откуда прямой вывод: исчезновение (высыхание) соляных озер поведет к выделению солей на земной поверхности. Posepny считал, что всякая замкнутая котловина должна с течением времени осолоняться, благодаря накоплению солей, выпадающих вместе с атмосферными осадками. В пользу атмосферного происхождения солей высказывались также Высоцкий и Димо. Многие исследователи смотрят на соли, как на продукт выветривания различных более древних кристаллических и осадочных пород. Наконец, Буссенго указывал на вулканическое происхождение солей, т. е. на их связь с термальными источниками вулканических областей.

Из всех этих взглядов наиболее общее значение имеют те, которые связывают происхождение почвенных солей с процессами выветривания и атмосферными осадками. В некоторых случаях соли, конечно, могут получаться всеми вышеуказанными способами, но когда идет речь о солях, распространенных на широких площадях, покрытых при том не морскими и не вулканическими породами, то их происхождение может быть объяснено только выветриванием и переносом атмосферой и атмосферными осадками. Атмосферные осадки доставляют различные хлористые, сернокислые и частью азотнокислые соли, ветры, вместе с минеральной пылью, приносят различные соли, в том числе нередко и значительное количество углекислой извести, выветривание и гумусообразование дают все перечисленные соли.

Вулканические процессы и почвообразование должны считаться первопричинами появления солей на земной поверхности, при чем почвообразованию, как фактору, действующему по всей земной поверхности, следует приписать главную роль. Атмосфера и атмосферные осадки только переносят уже готовые соли. Что значительная часть солей, скопляющихся в различных горизонтах почвы, должна быть поставлена на счет процессам выветривания или, еще шире, процессам почвообразования, можно заключить из сравнения разрезов одного и того же почвенного типа, развивающегося на различных по химическому составу породах. Так, например, черноземы высоких плато Закавказья отличаются от соответственных почв европейской части СССР присутствием сплошного известкового горизонта. Большее количество углекислой извести первых черноземов может быть объяснено только тем, что материнские породы Закавказья много богаче известью, чем силикатная часть лессов и валунных глин, на которых развиваются черноземы европейской части СССР.

Почвообразование и атмосферные осадки доставляют соли в больших или меньших количествах любой климатической области, но оставаться и накопляться в почвах эти соли могут только там, где осадков падает немного, а испарение велико. Да и в таких районах соли скопляются в массе, по преимуществу, в отрицательных формах рельефа, куда могут быть вымыты из более высоких пунктов или принесены неглубоко лежащими грунтовыми водами.

В Европе солончаки известны на Пиринейском полуострове (Новая Кастилия, Аррагония); главные площади их развития нанесены на карту Раманном. Почвы эти залегают здесь среди пустынных степей. Существуют указания на солончаки южной Франции, но особенно обращали на себя внимание солончаки Венгрии.

В С. Америке солончаки изучались, главным образом, в пустынно-степной полосе, прилегающей к Скалистым горам, и в Калифорнии. На территории первого района солончаки известны в штатах Колорадо, Монтэна, Юта, Орегон, Вашингтон. В Калифорнии, где количество осадков постепенно увеличивается к северу, солончаками особенно богата южная часть. Несколько севернее Сакраменто лежит граница, начиная от которой обилие солей в почвах настолько значительно, что вредит даже растительности; у этой границы годовое количество атмосферных осадков достигает лишь 300 мм. К югу и востоку от указанного пункта источники дают негодную для питья воду, богатую горькой и глауберовой солями; даже вода речек не лучше по качеству. Наиболее сухую область представляет плато, простирающееся между Каскадными горами и восточным выступом Скалистых гор. Богаче всего солончаками область, носящая название „Great Ben Country", где почва буквально покрыта выцветами, а ручьи несут соленые воды.

Состав и распределение солей в почве в любой момент находятся в зависимости от наличных температуры и влаги. Следует, впрочем, прибавить, что на распределение солей, помимо температуры и влаги, оказывают влияния различная способность солей к капиллярному поднятию, различная их растворимость и даже различие кристаллических форм (Гильгард).

Южная Америка также богата солончаковыми почвами, которые известны в „Campos" Бразилии, в „Pampas" Аргентины и Патагонии и на высоких пустынных плоскогорьях Перу и Чили. Относительно условия залегания аргентинских солончаков Штельцнер сообщает следующие подробности: там, где лессовые почвы пампы не покрыты

или одеты лишь редкой растительностью и не прорезаны текучими водами, появляются в сухое время года (апрель—сентябрь) соляные корки и выцветы. Толщина корок достигает нескольких миллиметров. Пространства в целые мили протяжением кажутся как бы слегка покрытыми снегом; эти пространства язляются в виде депрессий, незаметных на глаз. Наблюдателю они представляются равниной, и только постепенное увеличение солей, по мере приближения к центру депрессии, позволяет, до некоторой степени, судить об изменении рельефа. Вместе с увеличением количества солей понемногу исчезают деревья и кустарники, которые встречаются в центральных и западных провинциях Аргентины. Они постепенно сменяются солончаковой флорой, но ближе к центру мульды пропадает и эта последняя. Абсолютное бесплодие—типичный признак настоящих солончаков.

Ближе к окраинам соленосных котловин преобладает сернокислый натр, в центре хлористый. Соды, на присутствие которой указывал еще в 1860 г. De-Moussy, Штельцнер не нашел.

Анализы солей нескольких аргентинских солончаков дали следующие результаты:

| | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| $CaSO_4$ . . . . | 8,09% | 3,59% | 0,75% | 11,23% | 9,41% |
| $K_2SO_4$ . . . . | — | 4,04 | 0,84 | 14,19 | 10,41 |
| $Na_2SO_4$ . . . . | — | — | 18,59 | 26,52 | 10,57 |
| $MgCl_2$ . . . . | — | 0,67 | — | — | — |
| KCl . . . . | 2,40 | — | — | — | — |
| NaCl . . . . . | 88,82 | 91,70 | 79,59 | 47,07 | 68,54 |
| $MgSO_4$ . . . | 0,69 | — | 0,23 | 0,99 | 1,08 |

Местами встречается и $CaCl_2$[1]).

К этим данным следует добавить, что количество соли в корке почвы обычно колеблется от 2 до 4%, но кристаллический порошок, который часто встречается и представляет настоящие выцветы, может содержать до 80% и более солей.

В Азии, помимо СССР, солончаки известны в Хиве и Бухаре, на Аравийском полуострове, в Персии, Малой Азии, пустынях и пустынных степях Маньчжурии, Монголии, Китайском Туркестане и в Индостане. Солончаки Индии носят местное название „reh". Они занимают большое пространство на берегу Аравийского моря и по берегам Инда вплоть до Ганга, а также от залива Cutsch вглубь страны до Афганистана. В виду того, что солончаковый северо-запад Индии получает довольно значительное количество осадков (до 700 мм. в год), Гильгард полагает, что появление здесь солончаков объясняется своеобразным распределением осадков по временам года. Осадки здесь выпадают понемногу почти каждый месяц, за исключением только ноября; поэтому там никогда не выпадает такого количества дождя, которое было бы достаточно для сквозного промачивания почвы и для вынесения легко растворимых солей в грунтовые воды. Индийские солончаки очень богаты, между прочим, углекислой известью, которая залегает иногда на некоторой глубине в виде сплошных слоев известкового туфа, носящего название „kankar".

В Африке солончаками богата Сахара и ее северные окраины; встречаются также они в пустынях и пустынных степях южной Африки. Известны, наконец, солончаковые почвы в центральной Австралии.

---

[1]) Присутствие $CaCl_2$ отмечается темными влажными пятнами.

По преобладанию в солончаках тех или иных групп солей различают следующие группы (Т у м и н):

1) К а р б о н а т н ы е солончаки, содержащие преимущественно углекислый кальций (отчасти $MgCO_3$).
2) С у л ь ф а т н ы е солончаки, в которых преобладают сернокислые соли (натрия, кальция, магния, реже калия).
3) Г а л о и д н ы е солончаки, где господствуют хлористые соли (NaCl, $MgCl_2$, KCl, $CaCl_2$).
4) С м е ш а н н ы е, содержащие не одну из перечисленных групп солей, а более, напр., одновременно галоидные и сульфатные соли.

Г е д р о й ц полагает, что, с точки зрения методики мелиорации, классификация солончаков по преобладающему в них аниону должна быть признана неудовлетворительной, так как свойства солончака в первую очередь обусловливаются не анионами его солей, а катионами; поэтому солончаки должны быть разбиты на группы на основании содержания в них катионов: натриевые, кальциевые, магниевые и т. д., затем содержащие смеси катионов—натриево-кальциевые или кальциево-натриевые и пр.

Правильнее было бы в классификации учитывать одновременно и анионы, и катионы.

Все солончаки приурочиваются к зонам или районам относительно сухим, что видно было уже из перечисления тех областей земного шара, где известны солончаки. Кроме того, во всех этих случаях они встречаются там, где близки к поверхности грунтовые воды. В районах, богатых влагой, например в большей части подзолистой зоны, к тем элементам рельефа, которые в более сухих зонах покрыты солончаками, приурочиваются почвы болотные (или подзолисто-глеевые), которые в иных случаях могли бы называться железистыми или железисто-марганцевыми солончаками. От них к югу наблюдается переход к к а р б о н а т н ы м солончакам.

Последние наиболее далеко идут на север, встречаясь по северной границе степи. В средней части Якутской республики они заходят далеко в область подзолистой зоны. У северных разностей солончаков особенно ясно наблюдаются черты, свойственные болотным торфяно- и глее-подзолистым почвам: появление в подгумусовых горизонтах сизоватых, зеленоватых оттенков, охристых пятен и полос, иногда ортштейновых конкреций.

Карбонатные солончаки имеют иногда довольно мощные гумусовые горизонты, под которыми наблюдаются сплошные горизонты порошкообразной углекислой извести; такая форма ее выделения типична для тех случаев, когда эта соль отлагается грунтовыми водами. Описываемые почвы нередко вскипают с поверхности; иногда на некоторой глубине вскипание прекращается, а затем появляется вновь, усиливаясь с глубиной.

Приведем несколько аналитических данных.

В водной вытяжке карбонатного солончака на террасе р. Лены (Якутская республика) найдено:

| | Сухой остаток | Прокал. остаток | Общая щелочн. | Щелочн. норм. карб. | Раств. гумус | CaO | Cl | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1—08 см. . . | 0,1131 | 0,0384 | 0,0083 | — | 0,0355 | сл. | — | сл. |
| 12—20 „ . . | 0,1070 | 0,0373 | 0,0165 | — | 0,0376 | сл. | — | сл. |
| 23—30 „ . . | 0,0906 | 0,0515 | 0,0368 | — | 0,0241 | сл. | 0,0014 | сл. |
| 45—50 „ . . | 0,5376 | 0,3343 | 0,1459 | 0,0270 | 0,0723 | 0,0255 | 0,0468 | 0,0731 |

Для карбонатного солончака из Маканчи (Семиречье) имеются такие данные (Прасолов):

| | 0—20 см. | 70—80 см. |
|---|---|---|
| Гигроскоп. воды | 3,67% | 2,46% |
| Гумуса | 7,47 | 1,41 |
| Потери при прокалив. | 15,82 | 5,80 |
| Химич. связан. воды | 4,18 | 2,13 |
| Углекислоты | 22,35 | 22,95 |
| В водной вытяжке содержится: | | |
| Сухого остатка | 0,3820 | |
| Прокаленного остатка | 0,2650 | |
| Общей щелочности | 0,1327 | |
| Щелочн. норм. карбон. | 0,0056 | |
| CaO | ясн. сл. | |
| MgO | сл. | |
| Cl | 0,0070 | |
| $SO_3$ | ясн. сл. | |
| $N_2O_5$ | сл. | |

Что касается галоидных, сульфатных и смешанных солончаков, то и они в северных районах могут быть несколько заболоченными или, можно сказать иначе, здешние болотные почвы являются нередко и солончаковыми. Подобного рода почвы описывались, например, для окрестностей линии Тюмень-Омской жел. дороги, где они залегают по окраинам болот, в области так называемых займищ (травяных болот) или вблизи озер. Приведем описание профиля солончака близ ст. Мангут.

$A_1$—Матово-черный с легким коричневатым оттенком, зернисто-порошковат. В нижней части линзы серовато-бурого суглинка. Мощность 12 см.

$A_1G$—Темносерый с мелкими белесоватыми крапинками и ржавыми пятнышками. Зернистый, рыхлый, довольно влажный. Мощность 15 см.

G—Сероватобурый, с ржавой и темно-серой побежалостью. Зернистый, вязкий, влажный. Белесоватые и ржавые пятна. Сильное вскипание. Мощность 20 см.

G—Серовато-бурый, сильно вязкий суглинок с сизыми и ржаво-бурыми пятнами. Местами встречаются хряшеватые конкреции карбонатов.

Здесь же встречаются солончаковые почвы с торфянистыми горизонтами и резким оглеением.

Даже на юге каштановой зоны солончаки по берегам озер несут еще признаки оглеения; нам приходилось наблюдать оглеенные горизонты в солончаках по долинам некоторых рек Туркестана.

О распределении солей в упомянутых выше группах солончаков можно судить по следующим данным водных вытяжек:

| Солончак Ленской террасы (Якут. респ.) | Гигр. вода | Сухой остат. | Прокал. остат. | Общая щелочн. | Раств. гумус | CaO | MgO | Cl | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0— 1 см. (корка) | 6,63% | 4,1610 | 3,4540 | 0,0306 | 0,0379 | 0,5850 | знач.кол. | 1,1110 | 0,7997 |
| 2— 8 см. | 6,77 | 4,4464 | 4,0740 | 0,0195 | 0,0233 | 0.6715 | „ | 1,4010 | 0,7366 |
| 13—20 „ | 6,26 | 4.4140 | 4,3620 | 0,0181 | 0,0189 | 0,6582 | „ | 0,8830 | 0,7384 |
| 30—40 „ | 2,99 | 0,8576 | 0,5525 | 0,0248 | 0,0086 | 0,0814 | зам. кол. | 0,4002 | 0,0473 |

Для солончака у ст. Мангут, профиль которого был описан выше, имеем:

| | Гигр. вода | Сухой остат. | Прокал. остат. | Общая щелочн. | Раств. гумус | CaO | Mgo | Cl | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0—12 см, . | 8,91% | 1,2650 | 1,0810 | 0,0402 | 0,0477 | оч. много | много | 0,2515 | оч.мн. |
| 24—32 „ . | 5,69 | 0,1420 | 0,1160 | 0,0325 | 0,0156 | ясно зам. | сл. | 0,0401 | зам.кол. |
| 37—47 „ . | 6,72 | 0,1020 | 0,0820 | 0,0506 | 0,0075 | „ | нет | 0,0106 | сл |
| 84—95 „ . | 5,17 | 0,0770 | 0,0630 | 0,0427 | 0,0081 | „ | „ | 0,0074 | ничт.сл. |

Из приведенных данных можно заключить, что в солончаках (особенно первом) присутствуют одновременно соли кальция, магния и натрия. Углекислый кальций обычно есть всегда, как видно из приводимых ниже данных:

| Якутско-Вилюйский водораздел | Гумус | Потеря при прокалив. | Химич. связ. вода | $CO_2$ |
|---|---|---|---|---|
| 0— 8 см. . . . | 6,85% | 10,68% | 3,83% | 1,24% |
| 10— 17 „ . . . | 1,89 | 4,41 | 2,52 | 3,48 |
| 45— 58 „ . . . | 1,41 | 4,34 | 2,93 | 1,44 |
| 75— 88 „ . . . | 1,57 | 3,63 | 2,06 | 0,72 |
| 125—138 „ . . . | 1,87 | 4,06 | 2,19 | 0,08 |
| По линии Тюмень-Омской жел. дороги | | | | |
| Корка . . . . . | 1,83 | 2,61 | — | 1,26% |
| 3—11 см. . . . | 3,70 | 7,13 | — | 2,77 |
| 18—23 „ . . . . | 2,41 | 6,01 | — | 3,49 |
| 32—38 „ . . . . | 0,42 | 2,81 | — | 7.69 |
| 78—85 „ . . . . | — | — | — | 2,73 |

Следующие аналитические данные относятся к солончакам более южных почвенных зон:

| На берегу оз. Чушка-Куль б. Тургайской губ. Каштановая зона | Гигроскоп. вода | Гумус | $CO_2$ | Сухой остат. | Прокал. остат. | Cl | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0— 3 см. . . . . | 3,27% | 2,17% | 0,23% | 5,9159% | 5,7616% | 0,0108 | 3,0060 |
| 3—17 „ . . . . | 3,66 | 1,43 | 0,31 | 3,1870 | 3,0860 | 0,0108 | 1,6462 |
| 17—53 „ . . . . | 4,23 | 0,76 | 1,40 | 2,7200 | 2,6606 | 0,1746 | 1,3323 |
| 53—93 „ . . . . | 4,94 | 0,43 | 3,09 | 2,8224 | 2,5072 | 0,4212 | 1,1291 |
| Солончак Семиречья с белыми выцветами. Бурая зона | | | | | | | |
| 0— 1 см. . . . . | 1,79 | 2,80 | — | 3,9604 | — | 0,0538 | 2,0786 |
| 1— 4 „ . . . . | 1,66 | 2,77 | — | 9,0490 | — | 0,1699 | 5,0682 |
| 4— 9 „ . . . . | 3,47 | 2,28 | — | 2,7470 | — | 0,2152 | 1,0071 |
| 25—30 „ . . . . | 0,96 | 0,78 | — | 1,2680 | — | 0,5234 | 0,2562 |
| 55—60 „ . . . . | 1,12 | 0,74 | — | 1,4990 | — | 0,5872 | 0,3334 |
| Солончак оттуда же с черн. выцветами | | | | | | | |
| 0— 1 см. . . . . | 3,25 | 2,56 | — | 32,4560 | — | 9,7477 | 7,7364 |
| 4— 9 „ . . . . | 2,54 | 3,69 | — | 3,0784 | — | 1,6284 | 0,4220 |
| 25—30 „ . . . . | 1,59 | 2,05 | — | 2,4970 | — | 1,0960 | 0,2319 |
| 55—60 „ . . . . | 1,31 | 0,79 | — | 1,9220 | — | 1,0195 | 0,2847 |

В последнем образце, возможно, присутствует $CaCl_2$; обычно солончаки с $CaCl_2$ имеют темную поверхность.

В туркестанских солончаках встречалось иногда и заметное количество азотнокислых солей; последние отмечались и в солончаках С. Америки.

Остановимся теперь на анализах некоторых солончаков серой зоны Туркестана.

| Пухлый солончак Сыр-Дарьин. обл. | Сухой остат. | Прокал. остат. | Общ. щелочн. | Щелочн. норм. карб. | $R_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | Cl | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Корочка . . | 0,8630 | 0,2020 | 0,0430 | 0,0015 | 0,0020 | 0,0402 | 0,0013 | 0,0111 | 0,2997 | 0,0070 | 0,4300 |
| 1— 4 см. | 5,3690 | 5,3030 | 0,0304 | 0,0024 | 0,0056 | 0,1126 | 0,0678 | 0,0249 | 2,0938 | 0,0310 | 2,9480 |
| 10— 20 „ | 1,9820 | 1,8870 | 0,0190 | 0,0004 | 0,0020 | 0,1107 | 0,0343 | 0,0291 | 0,7378 | 0,5821 | 0,5440 |
| 103—110 „ | 0,7900 | 0,7800 | 0,0247 | 0,0015 | 0,0012 | 0,0114 | 0,0079 | 0,0076 | 0,3576 | 0,2671 | 0,3340 |
| 130—140 „ | 0,3760 | 0,3770 | 0,0270 | 0,0025 | 0,0016 | 0,0049 | 0,0055 | 0,0058 | 0,1887 | 0,1331 | 0,8150 |

| Солончак северной части Голодной степи (Димо) | Гигроскоп. вода | $CO_2$ | MgO, раствор. в уксусн. к-те | $SO_3$, раствор. в HCl |
|---|---|---|---|---|
| 0— 2 см. . . . . | 2,71% | 11,96% | 1,52% | 7,07% |
| 3— 8 „ . . . . . | 3,15 | 4,64 | 1,39 | 3,08 |
| 15— 20 „ . . . . . | 3,95 | 10,83 | 1,43 | 3,75 |
| 45— 55 „ . . . . . | 8,67 | 3,52 | 1,75 | 15,04 |
| 60— 70 „ . . . . . | 10,49 | 5,67 | 1,56 | 20,37 |
| 75— 85 „ . . . . . | 11,74 | 5,51 | 1,35 | 32,73 |
| 100—110 „ . . . . . | 15,02 | 2,79 | 1,23 | 30,14 |
| 125—135 „ . . . . . | 14,80 | 5,03 | 1,14 | 29,37 |
| 150—160 „ . . . . . | 4,09 | 10,63 | 1,58 | 1,02 |

В водной вытяжке из того же солончака определено:

| | Сухой остат. | Прокал. остат. | Щелочн. в $CO_2$ | CaO | MgO | Cl | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0— 2 см. . . . . | 14,244 | 13,536 | 0,0348 | 0,316 | 0,339 | 2,171 | 5,685 |
| 3— 8 „ . . . . | 5,116 | 4,820 | 0,0198 | 0,274 | 0,102 | 0,795 | 2,002 |
| 15— 20 „ . . . . | 2,728 | 2,512 | 0,0158 | 0,290 | 0,064 | 0,375 | 1,099 |
| 45— 55 „ . . . . | 2,696 | 2,520 | 0,0158 | 0,292 | 0,090 | 0,362 | 1,175 |
| 60— 70 „ . . . . | 2,211 | 2,038 | 0,0132 | 0,294 | 0,066 | 0,162 | 1,047 |
| 75— 85 „ . . . . | 1,320 | 1,212 | 0,0106 | 0,328 | 0,048 | 0,055 | 0,643 |
| 100—110 „ . . . . | 1,332 | 1,196 | 0,0158 | 0,330 | 0,047 | 0,063 | 0,640 |
| 125—135 „ . . . . | 1,338 | 1,192 | 0,0158 | 0,318 | 0,048 | 0,055 | 0,649 |
| 150—160 „ . . . . | 0,740 | 0,668 | 0,0198 | 0,040 | 0,027 | 0,139 | 0,256 |
| Грунтовая вода с глубины 165 см. | | | | | | | |
| В 1 литре . . . . . | 8,105 | 7,290 | 0,1056 | 0,470 | 0,439 | 1,794 | 2,643 |

Пухлый солончак, анализ которого приведен выше, называется так потому, что поверхностные его горизонты действительно вспухают, делаются чрезвычайно рыхлыми и сыпучими. При копании ямы верхняя сухая часть стенки непрерывно осыпается и пылит, так что вертикального разреза получить нельзя. Как видно из приведенного анализа, пухлые солончаки особенно богаты сернокислым натрием, который, кристаллизуясь в виде глауберовой соли ($Na_2SO_4.10H_2O$), оттягивает от почвы значительное количество воды; слабее действует в этом отношении гипс. Раздвигая при кристаллизации почвенные частички, эти соли делают почву более рыхлой.

Пухлые солончаки начинают встречаться уже в каштановой зоне, а в серой они занимают местами довольно значительные площади. Киргизы именуют их словом „кебир“ [1]).

Приведем еще аналитические данные для солончака Сыр-дарьинской поймы (Д и м о):

| | Гигроск. вода | Гумус | $CO_2$ | Валовое содерж. $SO_3$ | MgO из уксусн. к-ты |
|---|---|---|---|---|---|
| Выцветы солей . . . | 3,25% | 3.86% | 1,46% | 39,85% | 1,63% |
| 0 — 2 см . . . . | 4,68 | 4,39 | 4,40 | 17,90 | 1,79 |
| 2 — 10 „ . . . . | 2,43 | 3,02 | 6,61 | 1,26 | 1,29 |
| 10 — 20 „ . . . . . | 2,09 | 2,32 | 6,92 | 0,65 | 1,85 |
| 25 — 35 „ . . . . . | 2,02 | 1,78 | 8,76 | 0,27 | 1,32 |
| 40 — 50 „ . . . . | 1,63 | 1,52 | 11,44 | 0,35 | 1,58 |
| 60 — 70 „ . . . . . | 1,22 | 0,89 | 13,56 | 0,28 | 2,01 |
| 95 — 105 „ . . . . | 1,21 | — | 14,56 | 0,27 | 4,22 |
| 115 - 125 „ . . . . . | 1,74 | — | 11,36 | 0,15 | 4,14 |

В водной вытяжке того же солончака найдено:

| | Сухой остат. | Прокал. остат. | Раств. гумус | Щелочн. общая | Щелочн. нормал. карб. | $R_2O_3$ | CaO | MgO | Cl | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Корка выцветы | 61,760 | 59,736 | 0,5161 | 0,2486 | 0,0360 | 0,2952 | 0,7508 | 0,6960 | 1,1693 | 52,8470 |
| 0— 2 см. . | 23,288 | 22,088 | 0,2293 | 0,1656 | 0,0240 | 0.3352 | 0,1748 | 0,4827 | 1,0720 | 11,5776 |
| 2— 10 „ . | 2,084 | 1,944 | 0,0218 | 0,0541 | — | 0,0474 | 0,2111 | 0,0631 | 0.2366 | 0,8952 |
| 10— 20 „ . | 0,632 | 0,572 | 0,0310 | 0,0541 | — | — | 0,0317 | 0,0121 | 0.0626 | 0,2671 |
| 25— 35 „ . | 0,124 | 0,381 | 0,0118 | 0,0878 | — | — | 0 0078 | 0,0129 | 0.0017 | 0,1559 |
| 40— 50 „ . | 0,100 | 0,360 | 0,0118 | 0,0878 | — | — | 0,0069 | 0,0022 | 0.0278 | 0,1340 |
| 60— 70 „ . | 0,504 | 0,484 | 00,118 | 0,0878 | — | — | 0,0078 | 0,0073 | 0.0278 | 0,2014 |
| 95 —105 „ | 0,380 | 0,318 | — | 0,0512 | — | — | 0,0049 | 0,0029 | 0.0209 | 0,1312 |
| 115—125 „ . | 0,256 | 0,224 | — | 0,0720 | — | — | 0,0059 | 0,0018 | 0.0139 | 0,0412 |
| Грунтовая вода с глубины 115 см. | | | | | | | | | | |
| 1 литр . . . . | 1,1962 | 1,1612 | — | 0,1725 | — | — | 0,1911 | — | 0,0696 | 0,6376 |

В солончаке Сыр-Дарьинской поймы присутствует небольшое количество средней соды ($Na_2CO_3$), что и вызывает щелочность нормальных карбонатов. С этим связывается и заметное содержание в водной вытяжке полуторных окислов, так как растворы соды действуют на алюмосиликаты, а также и растворимость гумуса в поверхностном горизонте.

Здесь преобладают резко сернокислые соли, а в солончаках Аму-Дарьинской поймы хлористый натрий (Л е в ч е н к о). В среднем грунтовые воды Каракумов содержат:

| | |
|---|---|
| $CaSO_4$ . . . . . | 14,51% |
| $MgSO_4$ . . . . . | 13,10 |
| NaCl . . . . . | 58,18 |

Из ряда сообщенных анализов видно, что у солончаков наиболее засолены поверхностные горизонты, в глубину же количество солей

[1]) Кроме этого термина, в киргизском языке есть и другие, употребляющиеся для обозначения солончаков, а именно: с о р, х а к и т а к ы р. Сор, согласно Н е у с т р у е в у, означает вообще солончак, чаще всего с выцветами солей. В слове „хак“ оттеняется избыточное увлажнение по временам и обращение данного пространства в грязь. Т а к ы р — „незакрытое растениями, твердое, стучащее под копытами пространство“.

падает. Наблюдаются, однако, случаи, когда поверхностные горизонты содержат меньше солей, а в глубину их количество возрастает. Повидимому, в этих случаях мы имеем дело со вторичным процессом вымывания солей, приводящим, как увидим дальше, к образованию солонцов.

Хаинский описывал так называемые периодические солончаки в каштановой зоне Семипалатинской губ. „В общем, характерными признаками этих солончаков,— писал исследователь,— можно считать серый цвет верхних горизонтов, присутствие поверхностной слоевато-пористой корки и призматическую структуру горизонтов $B_1$ и $B_2$. Все эти особенности строения выступают в периодических солончаках только в летнее сухое время. Весной, когда почвы долин пропитываются талыми водами, все структурные особенности сильно маскируются".

Из сообщенных данных можно заключить, что периодические солончаки представляют переходную форму от солончака к солонцу.

Водные вытяжки из таких почв дают следующую картину:

| | | Сухой остат. | Прокал. остат. | Общая щелочн. | $R_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | Cl | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $A_1$— 0— 6 | см. | 0,1174 | 0,0676 | 0,0242 | сл. $Fe_2O_3$ | 0,0110 | 0,0075 | 0,0051 | 0,0190 | 0,0142 | сл. |
| $B_1$—15— 23 | „ | 0,7406 | 0,6513 | 0,0399 | 0,0232 | 0,0310 | 0,0298 | 0,0102 | 0,2372 | 0,2139 | 0,1024 |
| $B_2$—40— 50 | „ | 1,5730 | 1,4077 | 0,0446 | 0,0379 | 0,0570 | 0,0726 | 0,0816 | 0,4976 | 0,2629 | 0,4004 |
| 65— 75 | „ | 2.6766 | 2,1588 | 0,0261 | 0,1182 | 0,3482 | 0,1296 | 0,0873 | 0,3983 | 0,2582 | 0,8182 |
| 90—100 | „ | 2,5709 | 2,1677 | 0,0234 | 0,1126 | 0,3557 | 0,1297 | 0,0772 | 0,3752 | 0,2264 | 0,8907 |

Чтобы закончить с солончаками равнин, отметим еще, что в районах, где применялось искусственное орошение, нередко создавались солончаки в таких местах, где их раньше не было. Явление вторичного засоления были констатированы в С. Америке, в Новоузенском у., в Муганской степи (Закавказье) и в Туркестане. Чаще всего в этих случаях соли вытягиваются на бугорки, где и образуется искусственный солончак. Явления вторичного засоления при орошении описываются и для Индии.

Солончаковые почвы не представляют явления, свойственного только равнинным странам. Высокогорные долины и даже горные склоны нередко несут на себе солончаковые почвы. В Туркестане достаточно часто попадаются горные карбонатные солончаки. Один из резко выраженных образцов таких почв был описан Прасоловым под именем „белозема испарения" в Семиречье (быв. Пржевальский у.). Почва залегает в долине Арпы у р. Сулок, на высоте 2.765 м. над уровнем моря. Аналитические данные для этой почвы таковы:

| | Гигроск. вода | Потеря при прокал | Гумус | Химич. связан. вода | $CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0— 4 см. . . . . | 3,25% | 12,55% | 6,99% | 1,99% | 17,42% |
| 4—10 „ . . . . . | 2,15 | 7,81 | 3,59 | 2,07 | 20,11 |
| 50—55 „ . . . . . | 1,01 | 4,36 | 0,70 | 2,65 | 1,55 |

В водных вытяжках определено:

| | Сухой остаток | Прокал. остат. | Общая щелочн. | CaO | MgO | Cl | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6—10 см. . . . . | 0,1567 | 0,0999 | 0,0559 | сл. | сл. | 0,0154 | 0,0104 |
| 50—55 „ . . . . . | 0,0325 | 0,0325 | 0,0248 | мало | мало | 0,0042 | 0,0039 |

Другого состава солончак был найден в долине Мукана, на высоте 1.843 метр.; его анализы приводятся непосредственно ниже.

| | Гигроск. вода | Потеря при прок. | Гумус | Химич. связ. вода | $CO_2$ | N |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0— 1 см. . . . . | 4,11% | 10,56% | 1,52% | 4,93% | 4,19% | 0,105% |
| 1—10 „ . . . . . | 5,83 | 10,92 | 0,68 | 4,11 | 4,44 | 0,067 |
| 60—70 „ . . . . . | 4,58 | 9,03 | 0,63 | 4,58 | 5,98 | — |

В водных вытяжках определено:

| | Сухой остат. | Прокал. остат. | Общая щелочн. | CaO | MgO | Cl | $SO_3$ | $N_2O_5$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0— 1 см. . | 11,535 | 11,331 | 0,0317 | много | много | 0,1509 | 6,255 | есть |
| 1—10 „ . | 7,626 | 7,403 | 0,0244 | „ | оч. много | 0,6879 | 3,413 | „ |
| 60—70 „ . | 3,543 | 3,321 | 0,0132 | „ | много | 0,3897 | 1,540 | сл. |

Смирнов описал карбонатные солончаки на Алтае. Один из этих солончаков, встреченный на высоком перевале к Кырлыку (1.525 м.), характеризуется следующим профилем:

$A_1G$—Серо-коричневого цвета, с выцветами солей уже на поверхности. Тонкозернист, бесструктурен. При высыхании растрескивается на поверхности на тонкие листочки. Мощность 15 см.

$A_1G$—Несколько светлее. Мощность 29 см.

G—Синевато-серого цвета, весьма пластичный. Мощность 28 см. Глубже лежит серо-желтый песок, глинистый, с галькой и обломками пород.

Аналитические данные для этой почвы таковы:

| | Гигроск. воды | Гумуса | Потери при прокал. | $CO_2$ |
|---|---|---|---|---|
| 0—15 см. . . . . | 9,83% | 27,48% | 31,43% | 8,88% |
| 15—44 „ . . . . . | 6,64 | 10,30 | 14,53 | 6,33 |
| 44—72 „ . . . . . | 3,85 | 3,12 | 5,60 | 6,23 |
| Песок „ . . . . . | 2,50 | 0,69 | 3,09 | 8,85 |

В водных вытяжках определено:

| | Сухого остат. | Прокал. остат. | Общая щелочн. | CaO | $K_2O$ | $Na_2O$ | $SO_3$ | Cl | $P_2O_5$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0—15 см. . . . | 0,2280 | 0,0840 | 0,0912 | 0,0260 | 0,0031 | 0,0102 | 0,0075 | 0,0015 | 0.0085 |
| 15—44 „ . . . | 0.1300 | 0,0520 | 0,0456 | 0,0235 | 0,0020 | 0,0058 | 0,0011 | 0,0041 | 0.0074 |
| 47—72 „ . . . | 0,0760 | 0,0340 | 0,0180 | 0,0201 | 0,0014 | 0,0038 | 0,0027 | 0,0027 | сл. |
| Песок „ . . . | 0,0680 | 0,0301 | 0,0528 | 0,0240 | 0,0015 | 0,0029 | 0,0010 | 0,0010 | „ |

Даже на высотах до 4.000 метр. в восточном Памире были найдены пухлые солончаки (Неуструев).

### Солончаковатые почвы

От солончаков к окружающим их незасоленным почвам можно наблюдать постепенные переходы. Такие переходные образования и получили название солончаковатых почв.

В черноземной зоне чаще всего наблюдаются такие переходы между карбонатными солончаками и черноземными, и эти почвы достаточно распространены в Зап. Сибири, а отчасти и Восточной.

Солончаковатые почвы Зап. Сибири отличаются высоким вскипанием (50—65 см.). Гумус в них распределяется заметными скачками,

что можно видеть из нижеследующих данных, относящихся к Барабе (Хаинский):

| | Гигроск. вода | Гумус | Потеря при прокал. |
|---|---|---|---|
| № 125. 5—20 см. . . . | 9,03% | 13,90% | 16,18% |
| 35—45 „ . . . | 7,84 | 2,60 | 7,52 |
| 65—75 „ . . . | 5,24 | 0,57 | 9,57 |
| № 161. 5—20 „ . . . | 9,10 | 12,78 | 15,73 |
| 35—45 „ . . . | 7,90 | 1,64 | 6,89 |
| 45—75 „ . . . | 7,01 | 0,86 | 8,00 |
| № 171. 5—20 „ . . . | 8,73 | 10,15 | 14,63 |
| 35—45 „ . . . | 7,35 | 2,30 | 7,28 |
| 67—75 „ . . . | 4,74 | 0,54 | 12,62 |

Этим химическим признакам соответствует и морфология: поверхностный горизонт часто имеет черный цвет с сизоватым оттенком и богатую дернину. Между верхним и следующим горизонтами резкая граница. В более глубоком горизонте скопление гидратов окиси железа. В безгумусовом—гипс и мергелистые конкреции.

Водные вытяжки подобных почв дают такую картину:

| | Сухой остат. | Прокал. остат. | Раствор. гумус | Общая щелочн. | Cl | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| № 171. 5—20 см. . . . | 0,144 | 0,049 | 0,0157 | 0,0291 | 0,0042 | 0,0146 |
| 35—45 „ . . . | 0,067 | 0,035 | 0,0055 | 0,0238 | 0,0027 | 0,0103 |
| 65—75 „ . . . | 0,073 | 0,042 | 0,0014 | 0,0488 | 0,0030 | 0,0201 |

В горных странах солончаковатые почвы также встречаются. В пример приведем солончаковатые разности в районе каштановых почв южной части Горного Алтая (Смирнов). Эти почвы найдены на высоте 1.000—1.200 м. и отличаются высоким содержанием гумуса.

### Пустынные корки

В группе солончаков мы рассмотрим также, так называемые, пустынные корки, хотя вопрос о положении таковых в почвенной классификации не может считаться в достаточной мере выясненным, несмотря на то, что в настоящее время накопилась уже довольно богатая литература, посвященная вопросу о географии и генезисе пустынных корок. Таковых можно различить по меньшей мере четыре типа, а именно: известковая кора, гипсовая кора, кремнеземистая кора и защитная кора.

Хотя все упомянутые коры были известны уже давно, но наиболее полную картину о них дали работы Бланкенгорна[1]), на которых мы прежде всего и остановимся. Изучение поверхностных образований сев. Африки приводит Бланкенгорна к заключению, что северо-африканская пустыня может быть разделена на три зоны, различие которых обусловливается неодинаковыми климатическими факторами, что касается частью температуры, а главным образом атмосферных осадков. Одного взгляда на карту осадков достаточно для того, чтобы видеть, что Египет принадлежит двум климатическим зонам.

Нильская дельта и самая северная полоса Ливийской пустыни относится еще к области правильных средиземноморских зимних дождей так же, как Сирия, Тунис, Алжир и Марокко. Во всех перечисленных

[1]) По тому же вопросу см. Massignon, Le Mesle, Fischer, Flamant, Passarge, Ферсман.

странах сходны и поверхностные образования. Легко растворимые соли: поваренная и гипс, как и в умеренном климате Европы, выщелочены из почвы путем естественного дренажа. Но так как испарение, усиливаемое ветрами, здесь не менее значительно, чем в центральной пустыне, то и здесь водные растворы вытягиваются на поверхность по капиллярам, и так как легко растворимых солей здесь нет, то поднимаются к поверхности более трудно растворимые, которые и выделяются, наконец, из растворов, образуя твердую кору. Таким образом возникают твердые корки светлокрасного, буроватого, серого или белого цветов, состоящие из углекислой извести, химически связанной кремнекислоты, окиси железа и воды со следами хлористого натрия. В виде включений в корке находятся кварцевые зерна, куски кремня и пр., а также раковины Helix и других наземных моллюсков.

По данным Бланкенгорна, известковая кора одевает иногда слоем до 1 м. мощности волнистую поверхность равнины



Рис. 14. Известковая кора в С.-Америке.

Туниса, особенно приподнятые сухие места, где всего сильнее идет испарение. В плоскогорьях Алжира и внутри Марокко известковая кора, мощностью до 50 см., распространена на громадном пространстве совершенно независимо от рельефа материнских пород. Там, где эта кора покрывает сухую породу, например, пески, как между Bogar и Djelfha, местные жители во многих местах легко устраивают земляные жилища, проламывая кору и подрываясь под нее.

В северной Сирии Бланкенгорн нашел такие же почвенные образования по краям северно-сирийской пустыни, между Homs, Selemije и Aleppo, с мощностью до 50 см. В Палестине такие же корки были уже раньше описаны Фраасом; в окрестностях Iерусалима они имеют даже особое название: nari. По новейшим данным (Бланкенгорн), nari (Oberflächenbreccie) достигают мощности от $^1/_2$ до 2 метр. Бланкенгорн наблюдал их также по пути из Мекки в Monghara. Здесь известковые корки одевали слоем до 0,75 м. холмы, сложенные морскими четвертичными осадками. Цвет их был серый или красноватый, содержание кремнезема колебалось между 1 и 9%. И далее, к юго-востоку от Bir Hamam, эти поверхностные образования,

хотя и более спорадично рассеянные, сопровождают путешественника на протяжении почти 70 километров в северное Ливийское пустынное плато. Здесь, правда, известковая кора представлена несколько иначе, и ее присутствие выражается в том, что все твердые породы, особенно же плейстоценовый известняк, несут на поверхности ту же самую характерную грязновато-мясокрасную окраску и имеют бо́льшую твердость и плотность на поверхности, чем в глубине.

Та же известковая кора встречается в С. Америке (Техсас и Нью-Мексико) и имеет здесь местами широкое распространение. Она известна в С. Америке под именем hardpan. Иог. Вальтер, описывая пустынные районы этой страны, указывает, что здесь кристаллические и палеозойские породы покрыты белой известковой коркой, цементирующей местами гальки, находящиеся на поверхности. Характерно, что те области в С. Америке, в которых встречается известковая кора, имеют то же годовое количество осадков, как и южный Атлас, Палестина и внутренняя часть Сирии.

О химическом составе известковой коры можно судить по нижеследующим данным, относящимся к почвам Сирии:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ химич. связани. . . . | 3,2— 7,2% |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 1,0— 2,1 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 0,8— 1,2 |
| $CaCO_3$ . . . . . | 88,4—85,2 |
| NaCl . . . . . | 1,3—10 |
| $H_2O$ . . . . . | 4,2—2,4 |

В менее дренированной части Египта, более бедной атмосферными осадками, вместо известковой коры появляется гипсовая кора или брекчия. Находящиеся на поверхности кварцевые зерна и обломки пород соединены в кавернозную массу цементом, состоящим из гипса и углекислой извести или только из гипса. Этот гипс, при действии ветров, может иногда покрываться поверхностным механическим наносом. В Египте феллахи добывают гипс, но через несколько лет гипсовая кора вновь появляется.

Со стороны химического состава гипсовая кора северо-африканской пустыни была изучена Piccard, у которого мы заимствуем несколько аналитических определений:

| | |
|---|---|
| Песку и глины . . . . . | 62,9% |
| $CaCO_3$ . . . . . | 0,8 |
| $CaSO_4$ . . . . . | 27,5 |
| KCl+NaCl . . . . . | 0,16 |
| $H_2O$ и орган. вещ. . . . . | 8,64 |

Судя по описанию Штрейха, гипсовая кора встречается и в пустынях центральной Австралии.

В пустынных районах С. Америки гипсовые корки описывались в штате Нью-Мексико, где занимают широкую неправильную площадь к северу от Black River и другую площадь—к югу от этой реки (рис. 15). Гипсовые почвы носят здесь местное название yeso. Means и Frank D. Gardner указывают, что гипс здесь находится в зернистом виде. В сухом состоянии почвы плотны и тверды, но при смачивании они, как куски сахара, впитывая влагу, становятся мягкими и начинают пропускать воду.

В сев. Африке, по мере движения к югу, гипсовая кора исчезает и редко лишь переходит широту Minieh. Начиная отсюда, на поверхности земли встречаются лишь накопления обломков без всякого

склеивающего цемента, пока под 18° с. ш. не перейдем в еще более бедную дождями область.

Если смотреть на известковую и гипсовую корки с точки зрения Бланкенгорна, то их следует сближать с солончаками, но точка зрения Бланкенгорна не единственная, и даже фактическая сторона его наблюдений в новейших работах как будто бы разделяется не всеми исследователями. Так, например, Пассарге указывает, что во внутренних степях Алжира коры достигают толщины в 0,5—2 м. и более, но сверху они всегда прикрыты землистым слоем в 0,25—1 ф. Если это так, то возникает вопрос, не представляют ли во многих случаях известковые корки обычный карбонатный иллювиальный горизонт, свойственный всем почвам пустынных степей, но только несколько приближенный к поверхности. По крайней мере, Драницын, в своем путешествии по Алжиру, нигде не нашел известковых корок, карбонатные же горизонты попадались всюду в почвах пустынных степей.



Рис. 15. Гипсовая кора в С. Америке.

Существует и другая точка зрения на известковые корки, впервые обоснованная Фраасом, который считал корку Палестины реликтовым образованием, свойственным бывшему, более влажному климату. Эта точка зрения, по отношению к северо-африканским коркам, разделялась Ролландом и Пассарге.

Штудируя литературу об известковых и гипсовых корках, можно притти к заключению (см. Драницын), что под именем корок описывались довольно разнообразные по генезису отложения. В одних случаях это иллювиальные горизонты, в других—может быть и элювиальные образования (напр., богатые карбонатами сероземы Закавказья на вулканической лаве или некоторые корки С. Америки на кристаллических породах), в-третьих—образования, аналогичные солончакам и пр.

Вопрос, во всяком случае, требует дальнейшего изученияк как со стороны географии, так, в особенности, со стороны морфологии и химизма, в связи с теми же свойствами других почвенных горизонтов

и материнских пород, на которых известковые и гипсовые корки образуются.

Кальковским, а затем Пассарге была описана кремнеземистая кора в Калахари. Аналогичные кремнеземистые образования отмечаются для центральной Австралии, Египта. В последнее время акад. Ферсманом описаны кремнеземистые образования в Кара-Кумах. Судя по приводимым исследователем очень интересным данным, здесь процесс окремнения поверхностных пород связан с окислением серы (может быть, микробиологическим) в серную кислоту. Несмотря на значительную литературу вопроса о кремнеземных корках, их генезис в разных районах недостаточно ясен и, может быть, неодинаков[1]).

В бездождной области пустыни, при отсутствии известковых и гипсовых корок, тем яснее выступает бурая защитная кора, носящая также название пустынного загара (рис. 16). На защитную кору обратил внимание еще Гумбольдт во время своих путешествий, но дал этому явлению неправильное толкование. Впоследствии,

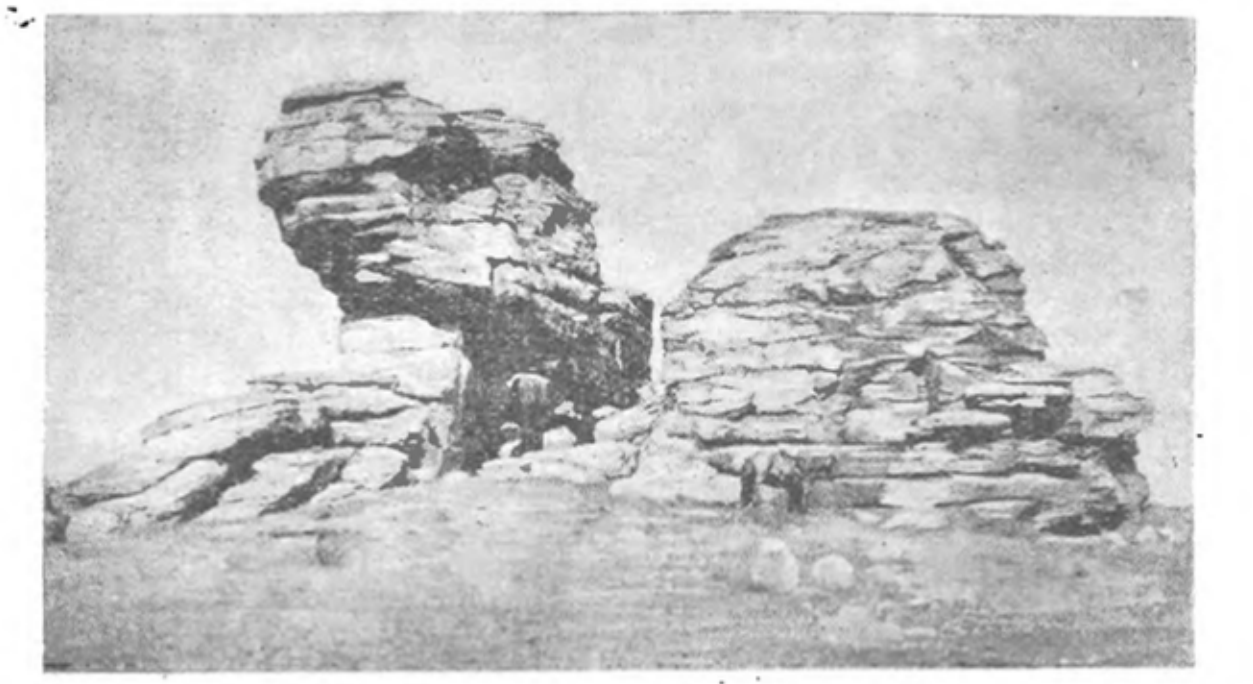


Рис. 16. Защитная кора в Забайкалье.

в 40-х, 50-х и 60-х годах XIX столетия, о пустынном загаре сообщали многие путешественники и исследователи, но лишь в новейшее время защитная кора была изучена полнее, и появились толкования способа ее происхождения.

Наблюдения Иог. Вальтера в Африке, Америке и Азии показали, что бурая кора является настолько характерным признаком бездождных областей, что может считаться как бы руководящим ископаемым пустынь. Чем беднее осадками пустыня и чем беднее она растительностью, тем резче и нагляднее выделяется и бурая кора. Определение бурая не всегда отвечает действительности: защитная кора бывает желтая и черная, блестящая, как лак, и красноватая. Некоторые известняки обнаруживают слабую наклонность к образованию корки; их поверхность представляется светлобурой или светложелтой. Если же они содержат окаменелости, то поверхность последних окрашивается в темный кофейно-бурый или черный цвет. Богатые

[1]) Литературу вопроса см. в сборнике КЕПС'а, № 59. Сера.—Сборник статей Влодавца, Волкова, Ферсмана и Щербакова.

кремнеземом породы особенно легко покрываются бурой корой, и кремнистые конкреции, кремнистые губки выделяются своим темно-бурым цветом на светлобуром или даже желтом фоне содержащих их пород. У гранитов западной части Тексаса полевые шпаты буреют сильнее, чем кварц и слюда; гальки и куски пород на верхней поверхности темнее, чем на нижней.

Исследования Обручева в пустынях центральной Азии показали, что и там защитная кора имеет широкое распространение, наиболее интенсивно развиваясь в местах, где отсутствует растительность. Инсоляция, по мнению Обручева, играет в образовании корки несущественную роль, так как утесы, валуны и щебень покрыты коркой со всех сторон, обращенных к разным странам света, и разница в интенсивности образования корки на поверхностях, обращенных к югу или к северу, очень слаба.

Корка наиболее темна и блестяща на породах, содержащих наибольшее количество кремнезема и железа, т. е. на кварцитах, лидитах, кварцевых сланцах, диабазах, базальтах, порфирах и порфиритах; на крупнозернистых гранитах корка светлее, менее блестящая и распределяется не сплошь, а большими и малыми пятнами. На известняках с прожилками железистого кварца поверхность утесов и щебня весьма оригинальна: прожилки и гнезда кварца выдаются ребрами и буграми и покрыты корками более темными и блестящими, чем промежуточные участки известняка, которые более или менее грубошероховаты или даже остро-бугорчаты и покрыты бурой или желтобурой матовой коркой.

„Наибольшего поразительного развития",—по словам Обручева,—черная корка достигает на южном склоне Тянь-Шаня, в ущелье Курам-Таш и полосе пустыни, опоясывающей с юга восточный Тянь-Шань; в упомянутом ущельи склоны гор, поднимающиеся на 500—700 метр. над дном, сверху донизу сплошь покрыты блестящей корой, так что при соответствующем освещении сверкают миллионами синеватых огоньков, при другом освещении подавляют своей чернотой, словно вылитые из чугуна колоссы".

Защитная кора чаще всего характеризуется ничтожной мощностью в один или немного больше миллиметров и так плотно приплавлена к породе, что ее нельзя отделить. Окраска самой породы почти не оказывает никакого влияния на цвет коры; у красных и белых песчаников Вальтер наблюдал одинаковый оттенок защитной коры.

Если поскоблить защитную корку острым инструментом или осколком кремня, то чаще всего, по наблюдениям Зикенбергера, обнаруживается кроваво-красная черта, иногда же желтая и серая. Первая отвечает, по всей вероятности, маловодному гидрату окиси железа (турьиту), вторая—гетиту или лимониту, а третья—окислам марганца. Смесь этих соединений способствует получению различных других оттенков черты. Что касается химического состава защитной коры, то здесь между чистыми окислами железа и таковыми же марганца наблюдаются всевозможные переходы.

В образовании защитной коры принимают участие, по мнению Вальтера, те же силы, благодаря которым на поверхности пород в сухих областях появляются растворимые соли, а именно влажность и нагревание солнечными лучами. Породы, являясь более или менее пористыми, впитывают в себя влагу росы или дождя. Кроме того, те же породы содержат в себе следы растворимых солей, особенно хлористого натрия, который можно встретить повсюду. Присутствие

солей способствует ходу разложения горных пород. Углекислота и фосфорная кислота, содержащиеся в окаменелостях, также играют в рассматриваемых процессах роль растворителей. Если проникнутые указанными растворами породы нагреваются, то растворы поднимаются по капиллярам к поверхности, где соединения железа и марганца выделяются и образуют твердую оболочку. Кремнезем кристаллических пород и фосфорная кислота известняков вступают в соединение с железом и марганцем, благодаря чему окислы закрепляются на поверхности породы, а выделившиеся хлористые соли уносятся ветром. В корках на известняках Моккатама было найдено 2,5% фосфорного ангидрида. Эта фосфорная кислота получается из окаменелостей, чем объясняется наблюдение Вальтера, что нуммулиты бывают окрашены интенсивнее содержащего их известняка.

Под влиянием ливня, иногда проносящегося над пустыней, защитная кора частью разрушается, частью меняет свой цвет, и из глянцевитой становится матовой, но затем, под действием солнечного нагревания, озона воздуха и отчасти шлифования, сообщающего корке блеск, восстанавливается первоначальный вид корки.

Линк, основываясь на лабораторных опытах, полагает, что гидраты окиси железа отделяются от железосодержащих пород под влиянием растворов хлористого натрия и азотнокислого аммония при сильном нагревании, какое происходит в пустынях. Влагу для образования упомянутых растворов доставляет, главным образом, роса, а не дожди, которые в пустынях редки. Там, где часты выпадения дождей, корки не появляются, несмотря на одинаковую с пустыней силу инсоляции. В последнем заключении Линк, однако, не вполне прав. Как показали исследования Дю-Буа, защитная корка появляется на поверхностях скал и галек и во влажных районах тропиков (Суринам), по преимуществу в сухое время года. Исследователь наблюдал и изучал здесь целый ряд корок: светлобурозатокрасную на граните, желтую, краснозатобурую до черной на среднезернистом граните, черную, гладкую и блестящую корку на гранат содержащем слюдяном сланце, в точках, где нет или мало граната. На полевых шпатах саванновых песков Дю-Буа наблюдал также черную корку.

## V. Почвы солонцового типа

Солонцовые почвы, считавшиеся когда-то явлением спорадическим, интразональным, при более широком ознакомлении с почвенным покровом нашей страны, оказались очень сильно распространенными.

В азиатской части СССР почвы солонцового типа найдены не только в степных и пустынно-степных областях, но и в подзолистой зоне, правда, в той лишь ее части, которая отличается резкой континентальностью климата и, в особенности, сухим и относительно теплым летом.

Почти всюду, где есть солончаки, встречаются и солонцы, и только там, где солончаки берут резкий перевес над всеми остальными почвами (нижняя зона Туркестана), солонцы заметно замирают. Таким образом, несмотря на соседство этих двух почвенных образований, между ними наблюдается известный антагонизм, сущность которого будет выяснена позже.

Исследованию солонцовые почвы подвергались в С. Америке, в Венгрии и особенно в СССР, где собрано и наибольшее количество фактических данных и даны наиболее исчерпывающие объяснения генезиса этих почв.

Говоря о солонцовом типе, мы должны иметь в виду не только солонцы в тесном смысле, но и так называемые солонцеватые почвы, у которых морфологические и химические признаки солонца являются в большей или меньшей степени ослабленными. Если принять это во внимание, то окажется, что солонцовый тип так же зонален, как и все другие. Пояс его распространения—юг каштановой и север бурой зон.

Переходя к морфологии солонцов, отметим прежде всего, что в их профилях совершенно отчетливо различаются два гумусовых горизонта: верхний (А)—элювиальный и нижний (В)—иллювиальный.

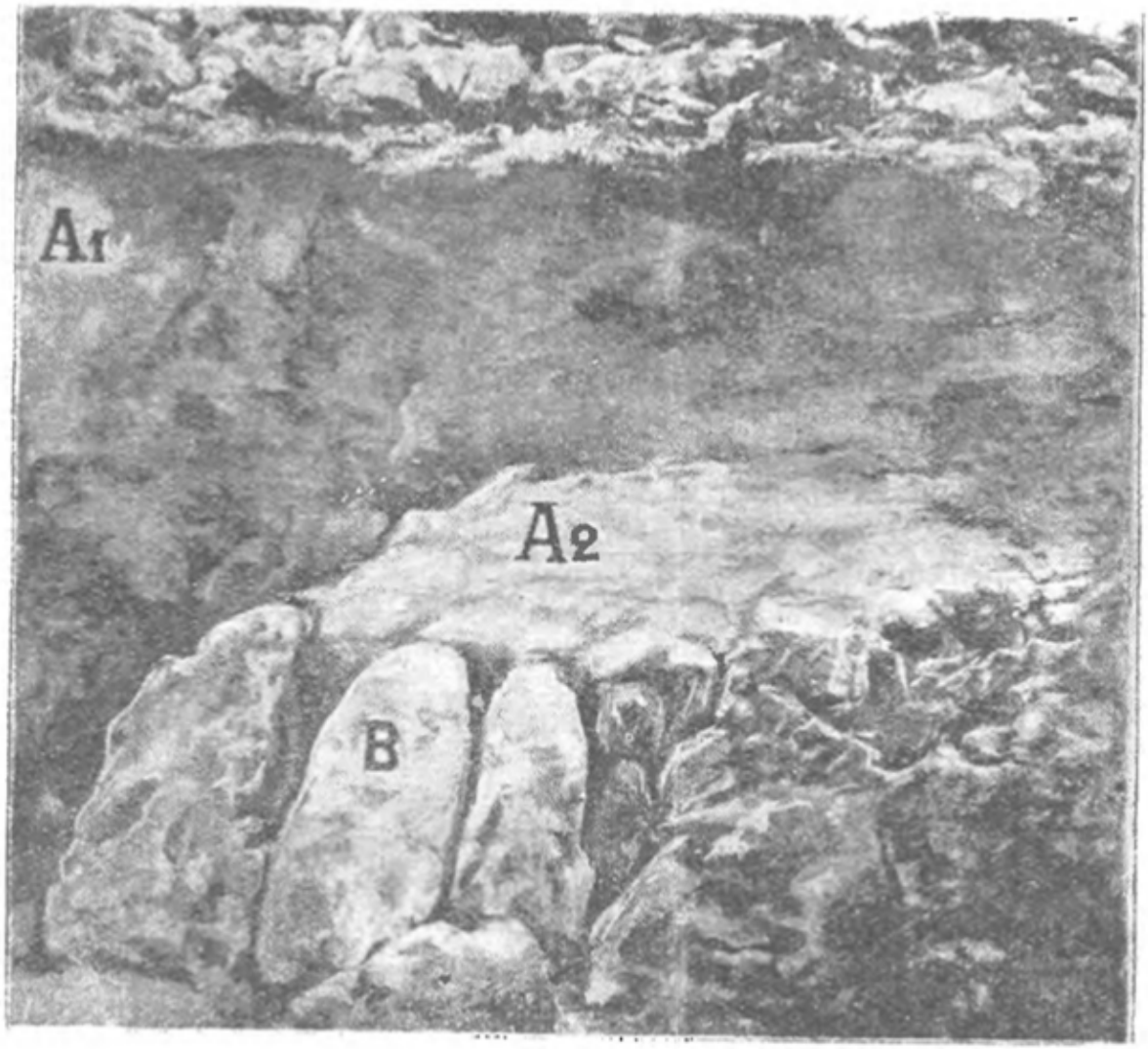



Рис. 17. Столбчатый солонец.

Гориз. А отличается более светлой окраской и большей рыхлостью; окраска гориз. В более темная, а сложение чрезвычайно плотное.

Горизонт А может быть: 1) слоистым; 2) ячеистым, т. е. содержащим пустоты округлой или овальной формы в 1—2 мм. диаметром; 3) бесструктурным. Мощность его весьма разнообразна, начиная от нескольких миллиметров до 20 см. и даже несколько больше.

Иногда гориз. А явственно подразделяется на две части ($A_1$ и $A_2$), при чем в этих случаях $A_1$ имеет более темную окраску, $A_2$ светлее, а порой и совершенно белесый, похожий на подзолистый горизонт.

Гориз. В также построен не всегда одинаково на всем своем протяжении, почему и различают подгоризонты $B_1$ и $B_2$. Вообще же структура гориз. В у разных видов солонцов может быть различна,

почему и выделяют: 1) столбчатые; 2) призматические; 3) ореховатые и 5) глыбистые солонцы. Среди столбчатых и призматических разностей можно различить глубоко-столбчатые или—призматические и корково-столбчатые (призматические). У первых столбы или призмы лежат глубоко, т. е. гориз. А имеет значительную мощность, у вторых он выражен коркой небольшой мощности.

У столбчатых солонцов верхняя часть гор. В ($B_1$) состоит из столбчатых отдельностей в 3—8 см. толщиной. Столбики кверху суживаются, образуя конусообразные закругленные головки, не соприкасающиеся между собой. Эти головки и боковые поверхности верхних частей столбов покрыты серопепельным или белесоватым налетом. Повидимому, эта разновидность солонцов образуется в тех случаях, когда через поверхностные горизонты почвы просачивается достаточное количество влаги. Чаще всего такие солонцы встречаются в черноземной зоне.

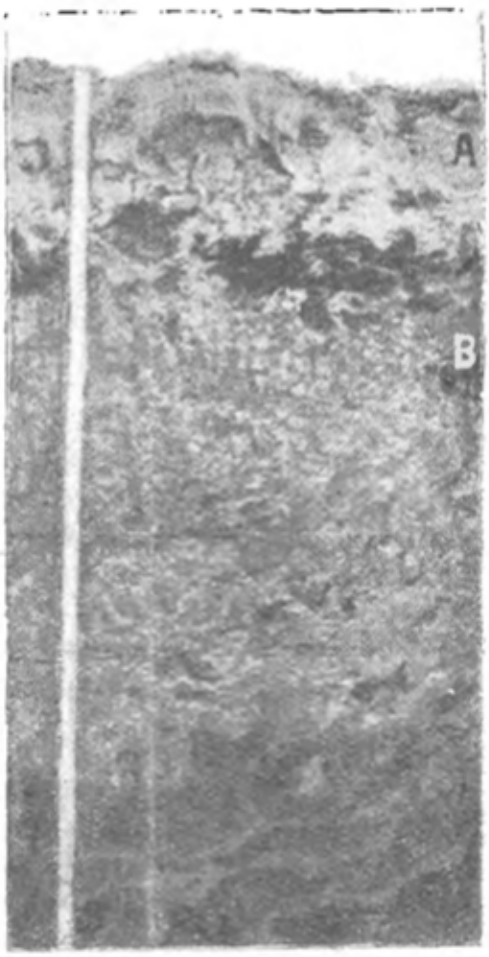


Рис. 18. Призматический солонец.

У призматических солонцов подгоризонт $B_1$ вертикальными трещинами разделяется на ряд призматических отдельностей, имеющих иногда форму карандаша (карандашные отдельности). Длина отдельностей также различна; встречаются, между прочим, и карликовые отдельности.

Горизонт $B'_1$ у столбчатых и призматических солонцов обычно распадается на многогранные отдельности (ореховатый подгоризонт).

У ореховатых солонцов гориз. В целиком состоит из многогранных отдельностей с глянцевитыми поверхностями, каковые наблюдаются и на отдельностях столбчатых и призматических солонцов.

У глыбистых или комковатых солонцов гориз. В разбивается на комки и глыбы неправильных очертаний. Верхняя поверхность плоская, сглажена и покрыта белесоватым налетом.

У всех перечисленных разностей может быть различного сложения горизонт А, что еще увеличивает количество разновидностей этих почв.

Общий тон цветовой окраски солонца более или менее соответствует той зоне, в которой солонец залегает.

Дадим описание нескольких профилей солонцовых почв из различных почвенных зон.

**Столбчатый солонец на 2-й террасе долины р. Лены, недалеко от Якутска (Доленко)**

Подзолистая зона

$A_1$. Дернистый с серо-каштановым оттенком. Переполнен корнями. Слоистости незаметно. Мощность 5 см.

$A_2$. Слоистый; распадается на большие столбики с чешуйчатой слоистостью. Пронизан тонкими корешками. Мощность 9 см.

$B_1$ Столбчатый горизонт, сильно уплотненный; черный. Толщина столбиков 3—4 см. Сверху столбики округлены и имеют белесоватый налет. Мощность 5—6 см.

$B_1$. Плотный подгоризонт, рассыпающийся на удлиненные зерна. Мощность 2—3 см.

$B_2$. Светлобурый с белесоватостью карбонатный горизонт; распадается на чечевички. Бурно вскипает. Мощность 29 см.

$B_2$. Бурый, пористый. Вскипание исчезает на глубине 68 см. от поверхности. Мощность 25 см.

Песок с едва уловимыми темноватыми горизонтальными полосами. Мощность 56 см.

На глубине 165 см. от поверхности мерзлота.

### Ореховатый солонец Ялуторовского у., Тобольской губ. (Горшенин)

Черноземная зона

$A_1$. Темный с сероватым оттенком, бесструктурный и сравнительно рыхлый. Однородный во всей своей массе. Мощность 12—24 см.

$B_1$. Сложен темными, очень ясно отделяющимися друг от друга, угловатыми отдельностями. Эти отдельности, когда почва суха, совершенно свободно рассыпаются, при вынимании из ямы, в виде как бы мелких угольков. Их грани блестящи с темносизоватым отливом. С глубины 32—50 см. отдельности постепенно утрачивают свою темную окраску.

$B_2$. Состоит из желтобурых орешков, которые продолжаются до 55—70 см.

$B_2$. Бесструктурный, желто-белесоватый или серый карбонатный суглинок.

### Призмовидный солонец близ оз. Денгиз в Атбасарском у., Акмолинской губ. (Тумин)

Каштановая зона

A. По цвету каштаново-серый, слоистый, со слабо выраженной разницей в окраске поверхностей слоиков (верхняя поверхность светлее). Рыхлый и при раздавливании дает пороховидно-пылеватые частицы. Мощность 8 см.

$B_1$. Отграничен от предыдущего ясно. Темнобурый, плотный. Вертикальными трещинами разбит на призмы (ширина призм 3—5 см.). Призмы очень плотны, с трудом раздавливаются на комки и зерна и в горизонтальном изломе дают раковистую поверхность. Переход в следующий горизонт постепенный. Мощность 10 см.

$B_2$. Бурый, со слабой гумусовой окраской и более темными языками и пятнами. Есть мелкие пятна невскипающих солей. Мощность 47 см.

BC. Светлобурый суглинок со слабо выраженными пятнами и кристаллами невскипающих солей.

Описанный разрез слабо вскипает с поверхности, но в горизонте A и B вскипания нет; затем вскипание появляется в $B_2$ и идет глубже. Если внимательно исследовать горизонты A и B на вскипание, то окажется, что в них слабо вскипают лишь боковые поверхности трещин.

### Призматически-столбчатый солонец около Канды-Кара в Иргизском у. (Емельянов)

Темнобурая подзона

$A_1$. Светложелтобурая, рыхло связанная, мелкопористая вверху и чешуйчатая внизу корка, при растирании пылеватая, глинистая. Мощность 5 см.

$A_2$. Светлобурый с сероватым оттенком, довольно плотный, глинистый, с блестками слюды. Резко комковат. Обесцвечен. Резкий переход к $B_1$. Мощность 11 см.

$B_1$. Темнокоричневобурый, очень плотный, глинистый. Отдельности с несколько округленными головками. На разрезе выделяются своими вертикальными трещинами; с глянцем на гранях отдельностей. Мощность 12 см.

$B_2$. Желтоватосветлобурый, глинистый, но более рыхлый, чем $B_1$. Неравномерно окрашен потеками и языками. Очень много карбонатов. Мощность 32 см.

C. Белесобурый; выветрившиеся куски породы, довольно рыхлые, мелкие.

**Корково-столбчатый солонец Иргизского у. (Емельянов)**

Темнобурая подзона

A. Светлобурый с серым оттенком; представляет сухую, твердую корку, сверху крупно-губчатую. В глубину губчатость исчезает, горизонт становится очень плотным, буреет, принимает красноватый оттенок и переходит в B. Мощность 5 см.

$B_1$. Со слабо намеченными столбчатыми отдельностями. Плотно сливается с гориз. A; цвет коричнево-бурый. Столбчатые отдельности распадаются на призматические комки с неровными гранями. Гориз. B имеет языковатый характер. Мощность 10—20 см.

$B_2$. Ярко-желтого цвета, рыхлый, мягкий, слегка влажный песок с блестками слюды. Карбонаты в форме прожилок, а не сплошных пятен. Мощность 15—25 см.

Белесожелтая порода, частью того же характера, что и предыдущий горизонт, частью состоящая из участков совершенно выветрившейся слоистой породы. Вскипание с глубины 35 см.

На ряду с типичными солонцами, как уже говорилось выше, встречаются почвы, обладающие аналогичными признаками, но только слабее выраженными. Среди этих почв различают две группы (Тумин), а именно солонцеватые и слабо солонцеватые почвы. „У солонцеватой почвы,—говорит Тумин,—горизонты A и B, по цветовым и структурным особенностям, разграничиваются ясно, но поверхность соприкосновения гориз. B с гориз. A не оглажена и лишена белесого налета. У слабо-солонцеватых почв горизонты A и B, по цветовым и структурным особенностям, разграничены неясно, потому что переход от одного горизонта к другому здесь хотя и быстрый, но цветовые и структурные различия горизонтов выражены здесь менее ярко, чем у предыдущих почв". Из этого определения ясно, что если солонцы и солонцеватые почвы легко могут быть установлены в природе, то со слабо-солонцеватыми дело не так просто: тут в определение вносится много субъективного. Теоретически понятно, что между солонцами и не солонцеватыми почвами какой-либо почвенной зоны должны быть постепенные переходы, следовательно, возможны различные степени солонцеватости, в том числе и слабая солонцеватость, но необходимы объективные признаки для ее установления.

Приведем два разреза солонцеватых почв.

**Солонцеватая почва долины р. Тагасай 1-й в Атбасарском у. (Тумин)**

Каштановая зона

A. Светлосерого цвета, плотноватый, с мелкими порами. Мощность 1 см.

$B_1$. Отграничивается от предыдущего ясно. Темнобурый, слегка влажный. Выламывается призмовидными комками, которые имеют горизонтальную спайность и крошатся на комковато-зернистые части. Переход в следующий горизонт очень постепенный. Мощность 14 см.

$B_2$. Слегка светлее предыдущего, менее плотен. Имеет мелкие пятна невскипающих солей, которых много в слое от 15 до 20 см., а ниже пятна выцветов уменьшаются слабее, их меньше, и попадаются кристаллы солей, количество которых с глубиной увеличивается. Мощность 40 см.

C. Шоколадная глина с прослоями синеватой глины. Шоколадная глина богата кристаллами солей.

**Солонцеватая почва Иргизского у. (Емельянов)**

Бурая зона

$A_1$. Серовато-желтый, рыхлый, бесструктурный, песчано-пылеватый. Переплетен корнями. Мощность 8 см.

$A_2$. Светложелтый, плотнее предыдущего, с нерезко выраженной слоистостью и чещуйчатостью. При раздавливании распадается на пороховидные частицы. Супесчаный. Мощность 24 см.

$B_1$. Коричнево-бурый с плотными, крупными удлиненными отдельностями, более светло окрашенными внутри. Мощность 8 см.

$B_1$ Коричнево-желто-бурый, глыбисто-комковат, плотно-сцементирован. Мощность 20 см.

$B_2$. Светложелтый с белесоватым от карбонатов оттенком, с мелкими пятнами и прожилками карбонатов. Более сухой, чем предыдущий, со слабым налетом коричневого цвета по граням, крупно комковат. Мощность 20 см.

Дальше идет довольно рыхлый, влажный песок светложелтого цвета с крупными пятнами карбонатов.

У солонцеватых почв в гориз. В наблюдается или призмовидная, или комковатая структура, аналогично тому, как это наблюдалось у солонцов. Слабо солонцеватые почвы распадаются на разности, главным образом, по сложению гориз. А (слоистое, плотное) и реже по структуре (зернистая), горизонт же В выражен в этих почвах не столь резко, чтобы в нем можно было различить те модификации, которые легко различаются у солонцов.

Глубина вскипания солонцов, солонцеватых и слабо солонцеватых почв вариирует довольно значительно. Встречаются почвы, вскипающие с поверхности (карбонатные солонцеватые, чаще слабо солонцеватые), хотя карбонатность вредит ясному проявлению солонцеватости. Невскипающие соли или совсем отсутствуют в гумусовых горизонтах, или находятся в нижних частях гориз. В; очень редко они поднимаются выше.

Ознакомившись с морфологией почв солонцового типа, переходим к химическим их особенностям, резко выраженным у солонцов. Насколько бесцветна, если можно так выразиться, картина химизма степного типа почвообразования (чернозема, каштановой, бурой почв), настолько же резка и определенна картина химизма солонцов.

Прежде чем перейти к химическим данным, остановимся на механических анализах солонцов из южной части каштановой зоны Тургайской области (Скалов):

| | 3—1 мм. | 1—0,5 | 0,5-0,25 | 0,25-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 | <0,001 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № 50. | | | | | | | | |
| A—0—20 см. | 0,317 „ | 0,260 | 8,067 | 43,039 | 12,265 | 20,223 | 6,936 | 7,378 |
| $B_1$—20—37 „ | 0,052 „ | 0,064 | 4,425 | 39,169 | 9,917 | 18,228 | 11,715 | 15,825 |
| № 54. | | | | | | | | |
| A—0—8 см. | 3,248 „ | 0,757 | 8,081 | 16,085 | 9,230 | 17,648 | 5,738 | 7,920 |
| $B_1$—40—66 „ | 1,282 „ | 0,457 | 6,155 | 47,455 | 7,534 | 12,022 | 8,500 | 15,807 |

Цифровые данные ясно показывают, что уплотненный гориз. В обогащен, сравнительно с гориз. А, самыми тонкими иловатыми частицами. Последние вымыты, очевидно, из гориз. А. Мы уже знаем из примера подзолистых почв, как это должно отразиться на валовом химическом составе солонца: гориз. А должен обогатиться кремнеземом, а гориз. В должен повысить содержание полуторных окислов и обеднеть, в силу этого, кремнеземом. Сказанное хорошо видно на приводимых ниже примерах.

Валовой анализ столбчатого солонца Тюкалинско-Тарского района Тобольской губ. дает такие цифры (Искюль):

| | $A_1$ | $A_2$ | $B_1$ | $B_2$ | C |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0—5 см. | 12—14 см. | 14—20 см. | 40—50 см. | 85—95 см. |
| Гигроск. воды . . | 5,10% | 3,95% | 4,82% | 4,66 | 4,14 |
| Гумуса . . . . . | 13,67 | 8,91 | 6,51 | 1,14 | 0,73 |
| Потери при прокалив. . | 15,83 | 10,24 | 7,90 | 3,87 | 3,50 |
| $CO_2$ . . . . . | — | — | — | 7,93 | 6,81 |
| $SiO_2$ . . . . . | 61,74 | 70,53 | 64,21 | 55,28 | 57,72 |
| $TiO_2$ . . . . . | 0,55 | 0,91 | 0,62 | 0,53 | 0,59 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 8,89 | 9,57 | 14,97 | 11,09 | 10,58 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 4,00 | 3,91 | 5,93 | 5,04 | 5,47 |
| MnO . . . . . | 0,05 | 0,16 | 0,38 | 0,30 | 0,41 |
| CaO . . . . . | 1,37 | 1,54 | 1,44 | 12,08 | 10,18 |
| MgO . . . . . | 1,27 | 1,32 | 1,75 | 1,91 | 2,31 |
| $K_2O$ . . . . . | 1,44 | 0,82 | 1,18 | неопр. | 1,09 |
| $Na_2O$ . . . . . | 1,11 | 0,50 | 0,85 | „ | 0,97 |
| $P_2O_5$ . . . . . | 0,20 | 0,11 | 0,10 | „ | 0,09 |
| $SO_3$ . . . . . | 0,69 | 0,21 | 0,24 | 0,34 | 0,59 |
| Сумма . . . . . | 100,14 | 99,82 | 99,57 | (98,37) | 100,11 |

Перечислив на минеральное бескарбонатное вещество, получаем:

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ . . . . . | 76,78 | | 78,72 | | 70,04 | | 70,77 | | 70,88 | |
| $TiO_2$ . . . . . | 0,65 | | 1,01 | | 0,67 | | 0,67 | | 0,72 | |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 10,54 | 15,28 | 10,68 | 15,04 | 16,33 | 22,79 | 14,19 | 20,64 | 13,03 | 19,77 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 4,74 | | 4,36 | | 6,46 | | 6,45 | | 6,74 | |
| MnO . . . . . | 0,05 | | 0,18 | | 0,41 | | 0,38 | | 0,50 | |
| CaO . . . . . | 1,62 | | 1,72 | | 1,57 | | 2,54 | | 1,87 | |
| MgO . . . . . | 1,50 | | 1,47 | | 1,90 | | 2,44 | | 2,84 | |
| $K_2O$ . . . . . | 1,70 | | 0,91 | | 1,28 | | — | | 1,34 | |
| $Na_2O$ . . . . . | 1,11 | | 0,55 | | 0,92 | | — | | 1,19 | |
| $P_2O_5$ . . . . . | 0,22 | | 0,12 | | 0,10 | | — | | 0,11 | |
| $SO_3$ . . . . . | 0,81 | | 0,23 | | 0,26 | | 0,43 | | 0,72 | |

Анализы солонца из черноземной зоны дают, как видно, ясную картину обогащения полуторными окислами гориз. В и кремнеземом гориз. А.

Приведем еще аналитические данные для солонца каштановой зоны, взятого в Минусинском у., Енисейской губ. (Стасевич):

| | $A_1$ | $A_2$ | $B_1$ | $B_2$ |
|---|---|---|---|---|
| | 0—3 см. | 15—21 см. | 21—29 см. | 32—41 см. |
| Потерн при прокалив. . | 9,29% | 3,42% | 5,37% | 7,86% |
| $CO_2$ . . . . . | — | — | — | 0,58 |
| $SiO_2$ . . . . . | 66,48 | 71,89 | 66,36 | 62,04 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 11,98 | 12,01 | 14,76 | 15,48 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 3,87 | 3,79 | 4,71 | 5,23 |
| CaO . . . . . | 1,57 | 2,29 | 2,89 | 3,25 |
| MgO . . . . . | 0,99 | 0,31 | 0,74 | 0,28 |
| $K_2O$ . . . . . | 2,35 | 2,29 | 2,60 | 2,42 |
| $Na_2O$ . . . . . | 2,46 | 2,58 | 1,98 | 2,77 |
| $P_2O_5$ . . . . . | 0,07 | 0,10 | 0,07 | 0,11 |

По перечислении на минеральное вещество получаем:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 73,29 | | 74,43 | | 70,12 | | 68,31 | |
| $Al_2O_3$ | 13,21 | 17,48 | 12,44 | 16,36 | 15,60 | 20,58 | 17,05 | 22,81 |
| $Fe_2O_3$ | 4,27 | | 3,92 | | 4,98 | | 5,76 | |
| CaO | 1,73 | | 2,37 | | 3,05 | | 2,76 | |
| MgO | 1,09 | | 0,32 | | 0,78 | | 0,31 | |
| $K_2O$ | 2,59 | | 2,37 | | 2,75 | | 2,66 | |
| $Na_2O$ | 2,77 | | 2,67 | | 2,09 | | 3,05 | |
| $P_2O_5$ | 0,08 | | 0,10 | | 0,07 | | 0,13 | |

Вынос из гориз. А тонких суспензий сказывается на обеднении этого горизонта гигроскопической и химически связанной водой. Гориз. В, напротив, обогащается той и другой. Сказанное видно из нижеследующих данных:

| Солонец черноз. полосы Омско-Кокчет. района | Гигроск. вода | Химич. связ. вода. |
|---|---|---|
| $A_1$ (0—4 см.) . . . | 3,40% | 2,92% |
| $A_2$ (6—8 „ ) . . . | 2,34 | 2,75 |
| $B_1$ (8—15 „ ) . . . | 7,76 | 6,0 |
| $B_2$(20—30 „ ) . . . | 5,31 | 5,87 |
| Солонцы каштановой зоны | | |
| 1. Столбчатый солонец | | |
| $A_1$ ( 0— 8 см.) . . . | 1,03 | 1,21 |
| $B_1$ (10—22 „ ) . . . | 4,04 | 2,81 |
| $B_2$ (50—65 „ ) . . . | 2,89 | 1,99 |
| 2. Корковый солонец | | |
| $A_1$ ( 0— 6 см.) . . . | 1,64 | 1,40 |
| $B_1$ ( 6—25 „ ) . . . | 5,25 | 4,18 |
| $B_2$ (25—60 „ ) . . . | 5,03 | 3,76 |
| Супесчаный столбчатый солонец бурой зоны | | |
| $A_1$ ( 0— 8 см.) . . . | 0,47 | 0,33 |
| $A_2$ ( 8—18 „ ) . . . | 0,51 | 0,47 |
| $A_2$ (18—20 „ ) . . . | 0,30 | 2,20 |
| $B_1$ (25—35 „ ) . . . | 3,12 | 2,60 |

Посмотрим теперь, как распределяется гумус в разрезе столбчатого солонца и как изменяется его растворимость по горизонтам.

| Черноземный солонец Саратовской губ. (Дим о) | Гумус | Потеря при прокал. | Относит. содерж. гумуса | Растворим. гумуса |
|---|---|---|---|---|
| $A_1$ ( 1— 4 см.) . . . | 11,093% | 18,47% | 100% | 1/366 |
| $A_2$ ( 4— 7 „ ) . . . | 6,118 | 11,84 | 55 | 1/78 |
| $B_1$ ( 7—13 „ ) . . . | 6,332 | 16,20 | 57 | 1/37 |
| $B_1$ (15—22 „ ) . . . | 6,439 | 16,46 | 58 | 1/24 |
| $B_2$ (29—35 „ ) . . . | 3,539 | 13,11 | 32 | 1/101 |
| $B_2$ (42—50 „ ) . . . | 2,905 | 11,83 | 26 | 1/66 |
| 55—60 . . . . | 2,171 | 8,87 | 20 | 1/60 |
| 65—70 . . . . . | 1,928 | 8,59 | 17,5 | — |
| 75—80 . . . . . | 1,030 | 7,52 | 10 | 1/47 |
| **Солонец подзолистой зоны Якутской респ.** | | | | |
| $A_1$ ( 1— 3 см.) . . . | 8,49 | 11,49 | 100 | 1/422 |
| $A_2$ (10—20 „ ) . . . | 1,04 | 2,24 | 12 | 1/80 |
| $B_1$ (20—26 „ ) . . . | 1,71 | 6,86 | 20 | 1/94 |
| $B_2$ (30—40 „ ) . . . | 0,77 | 9,98 | 0,9 | — |

| Солонец каштановой зоны Тургайск. Обл. | Гумус | Потеря при прокал. | Относит. содерж. гумуса | Растворим. гумуса |
|---|---|---|---|---|
| $A_1$ ( 0— 8 см.) . . . | 1,86 | 4,10 | 81 | 1/453 |
| $B_1$ (10—22 „ ) . . . | 2,28 | 9,13 | 100 | 1/180 |
| $B_2$ (50—65 „ ) . . . | 0,37 | 5,15 | 16 | 1/205 |
| C (80—120 „ ) . . . | 0,14 | 5,72 | 6 | — |
| Супесчаный столбч. солонец Иргизск. у. Бурая зона. | | | | |
| $A_1$ ( 0— 8 см.) . . . | 0,71 | 1,63 | 82 | — |
| $A_2$ ( 8—18 „ ) . . . | 0,67 | 3,17 | 84 | — |
| $B_1$ (25—35 „ ) . . . | 0,79 | 6,51 | 100 | — |

Мы намеренно выбрали солонцы из различных почвенных зон, чтобы показать, что некоторые химические особенности этих почв не зависят от зоны.

Как видно из приведенных цифр, максимальное количество гумуса там, где его вообще много, содержит поверхностный горизонт. В малогумусных солонцах этого уже не наблюдается. Там, где есть гориз. $A_2$, содержание гумуса в нем падает, иногда даже очень резко, что соответствует светлому, порой белесому оттенку этого подгоризонта. В гориз. $B_1$ количество гумуса вновь повышается, а затем книзу еще раз падает. Очевидно, гориз. $B_1$, а иногда и $B_2$, собирают гумус, вымытый из гориз. $A_1$ и $A_2$. Как и почему происходит это вымывание, будет ясно, когда мы просмотрим данные нескольких водных вытяжек из солонцовых почв.

| Призматический солонец Тюмень-Омской жел. дор. | Сухой остат. | Прокал. остат. | Щелочность общая | норм. [1]) | Раств. гумус | Cl | $SO_3$ | CaO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Поверхностн. гор. . . . | 0,1110 | 0,0420 | 0,0132 | — | 0,0261 | 0,0021 | едва сл. | едва сл. |
| 10 см. . . . . | 0,3660 | 0,2400 | 0,1052 | — | 0,0608 | 0,0124 | мн. сл. | сл. |
| 28 „ . . . . . | 0,3640 | 0,2510 | 0,1213 | — | 0,0277 | 0,0128 | сл. | „ |
| 43 „ . . . . . | 0,2860 | 0,2560 | 0,1724 | 0,0153 | 0,0054 | 0,0018 | нет | нет |
| 65 „ . . . . . | 0,1780 | 0,1560 | 0,1384 | 0,0141 | 0,0027 | 0,0007 | едва сл. | „ |
| Ореховатый солонец из окрестн. Ялуторовска | | | | | | | | |
| Поверхностн. гор. . . . | 0,1080 | 0,0450 | 0,0176 | нет | 0,0202 | 0,0018 | нет | знач. к. |
| 15 см. . . . . | 0,0665 | 0,0290 | 0,0091 | „ | 0,0203 | 0,0022 | сл. | ясн. сл. |
| 25 „ . . . . . | 0,0680 | 0,0290 | 0,0081 | „ | 0,0129 | 0,0024 | „ | сл. |
| 45 „ . . . . . | 0,0791 | 0,0380 | 0,0237 | „ | 0,0063 | 0,0048 | „ | зам. кол. |
| Глыбистый солонец Тюмень-Омской жел. дор. | | | | | | | | |
| Поверхностн. гориз.[1]) . | 0,7160 | 0,5050 | 0,1208 | „ | 0,1034 | 0,0056 | зн. кол. | зам. кол. |
| 18 см.[1]) . . . . . | 1,2580 | 0,9420 | 0,1493 | „ | 0,2826 | 0,0734 | много | „ |
| 35 „ . . . . . | 0,8970 | 0,8820 | 0,3863 | „ | 0,0045 | 0,0655 | ясн. зам. | сл. |

Водные вытяжки столбчатых солонцов по Тюмень-Омской жел. дор. окрашены для гориз. $B_1$ в краснобурый цвет, глыбистые—для горизонтов А и $B_1$—в черный; у ореховатых солонцов вытяжка из гориз. В окрашена в желтый цвет.

Переходим к солонцам каштановой зоны.

| Столбчатый солонец Тургайской обл. | Сухой остат. | Прокал. остат. | Раств. гумус | Общая щелочн. | CaO | $K_2O$ | $Na_2O$ | CL | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $A_1$ ( 0—8 см.) . . | 0,0382 | 0,0213 | 0,0041 | 0,0070 | 0,0120 | 0,0038 | 0,0062 | 0,0273 | 0,0064 |
| $B_1$ (10—22 „) . . | 0,1647 | 0,1080 | 0,0127 | 0,0538 | 0,0062 | 0,0034 | 0,0342 | 0,0117 | 0,0174 |
| $B_2$ (50—65 „) . . . | 0,6425 | 0,5900 | 0,0018 | 0,0288 | 0,0165 | — | — | 0,1853 | 0,1388 |
| C (80—120 „) . . . | 1,0380 | 0,8485 | 0,0009 | 0,0264 | 0,0518 | 0,0126 | 0,2139 | 0,1608 | 0,2542 |

[1]) В вытяжках обнаружено присутствие полуторных окислов.

| Столбчатый солонец Якут. республики | Сухой остат. | Прокал. остат. | Раств. гумус | Щелощность общая | Щелощность норм. к | $R_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | Cl | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A { 1— 3 см. | 0,1330 | 0,0520 | 0,0201 | 0,0366 | — | сл. | 0,0070 | 0,0039 | 0,0070 | 0,0175 | 0,0019 | 0,0145 |
| A { 10—20 „ | 0,1140 | 0,0780 | 0,0129 | 0,0640 | — | — | 0,0080 | 0,0052 | 0,0060 | 0,0310 | 0,0054 | 0,0223 |
| B { 20—26 „ | 0,3120 | 0,2260 | 0,0181 | 0,1470 | 0,0042 | 0,0050 | 0,0070 | 0,0090 | 0,0125 | 0,0935 | 0,0298 | 0,0552 |
| B { 30—40 „ | 0,3350 | 0,2290 | 0,0013 | 0,1091 | 0,0033 | 0,0090 | 0,0060 | 0,0068 | 0,0095 | 0,1050 | 0,0420 | 0,0558 |
| 50—65 „ | 0,1310 | 0,1150 | 0,0003 | 0,0744 | 0,0009 | — | 0,0060 | 0,0058 | 0,0056 | 0,0580 | 0,0168 | 0,0252 |
| 100—120 „ | 0,0690 | 0,0560 | 0,0001 | 0,0109 | — | — | 0,0070 | 0,0043 | 0,0060 | 0,0210 | 0,0038 | 0,0123 |
| Корковый солонец оттуда же | | | | | | | | | | | | |
| A ( 0— 1 см.) | 0,2337 | 0,1605 | 0,0306 | 0,0225 | — | зам. кол. | 0,0021 | нет. | — | — | 0,0162 | 0,0209 |
| $B_1$ ( 1— 6 „ ) | 1,2470 | 0,6083 | 0,2296 | 0,0474 | — | много | 0,0219 | сл. | — | — | 0,0240 | 0,0743 |
| $B_2$ (15—25 „ ) | 0,2822 | 0,2111 | 0,0192 | 0,1607 | 0,0677 | знач. кол. | 0,0144 | „ | — | — | 0,0095 | 0,0349 |
| C (45—52 „ ) | 0,2053 | 0,1338 | 0,0127 | 0,1109 | 0,0357 | ясн. сл. | 0,0021 | „ | — | — | 0,0141 | 0,0522 |

## Столбчатый солонец Саратовской губ. (Д и м о)

Черноземная зона

| Глубина в сант. и горизонт | Общая сумма растворимых веществ | Потеря при прокаливании | Сумма растворимых минер. веществ | Cl | $CO_2$ | $SO_3$ | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | Цвет и реакция на лакмус |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $A_1$ 1—4 . . . | 0,0912 | 0,0369 | 0,0542 | 0,0017 | 0,0041 | 0,0170 | 0,0062 | 0,0046 | 0,0043 | 0,0067 | 0,0040 | 0,0036 | 0,0154 | Почти иейтральн., со слабым оттенком щелочн., золотисто-желтая. |
| $A_2$ 4—7 . . | 0,1235 | 0,0617 | 0,0618 | 0,0008 | 0,0065 | 0,0195 | 0,0056 | 0,0073 | 0,0054 | 0,0049 | 0,0016 | 0,0053 | 0,0300 | Реакция та же; буро-желтая, как крепкий чай. |
| $B_1$ 7—13 . . . | 0,3668 | 0,1574 | 0,2094 | 0,0024 | 0,0026 | 0,0531 | 0,0073 | 0,0043 | 0,0049 | 0,0056 | 0,0052 | 0,0071 | 0,0740 | Реакция та же; густо-кофейный, полупрозрачный. |
| $B_1$ 15—22 . . | 0,6458 | 0,1932 | 0,4526 | 0,0013 | 0,0067 | 0,2362 | 0,0084 | 0,0036 | 0,0021 | 0,0073 | 0,0063 | 0,0021 | 0,2010 | То же, только еще темнее. |
| $B_2$ 29—35 . . | 2,8085 | 0,2284 | 2,5801 | 0,0004 | 0,0067 | 0,5459 | 0,0009 | 0,0011 | 0,0009 | 0,3104 | 0,1184 | 0,0166 | 0,7235 | Очень слабо щелочная, золотисто-желтая. |
| $B_2$ 42—50 . . | 1,0478 | 0,0582 | 0,9896 | 0,0006 | 0,0353 | 0,5275 | 0,0012 | 0,0003 | 0,0015 | 0,0059 | 0,0195 | 0,0131 | 0,4078 | Во всех резко-щелочная. Все бледно-желтые, почти бесцветные. |
| 55—60 . . | 0,8540 | 0,0316 | 0,8224 | 0,0009 | 0,0341 | 0,4307 | 0,0026 | — | сл. | 0,0057 | 0,0042 | 0,0636 | 0,3056 | |
| 75—80 . . | 0,5408 | 0,0180 | 0,5228 | 0,0009 | 0,0491 | 0,2359 | 0,0026 | 0,0009 | 0,0013 | 0,0035 | 0,0017 | 0,0134 | 0,2256 | |
| 125—130 . . | 0,1754 | 0,0170 | 0,1594 | сл. | 0,0523 | 0,0180 | 0,0016 | 0,0007 | 0,0008 | 0,0010 | 0,0006 | 0,0043 | 0,0840 | |

| Солонец Акмолинской обл. | Сухой остат. | Прокал. остат. | Раств. гумуса | Общая щелочн. | CaO | $K_2O$ | $Na_2O$ | Cl | $SO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $A_1$ (0—3 см.) . . . | 0,0420 | 0,0280 | — | 0,0240 | — | — | — | сл. | 0,0210 |
| $A_2$ (5—10 „ ) . . . | 0,0680 | 0,0330 | — | 0,0260 | — | — | — | „ | 0,0260 |
| $B_1$ (10—18„ ) . . . | 0,1750 | 0,1240 | — | 0,0460 | — | — | — | 0,0700 | 0,0270 |
| $B_2$ (25—32„ ) . . . | 0,4510 | 0,3920 | — | 0,0360 | — | — | — | 0,0910 | 0,0350 |
| C (53—57 „ ) . . . | 0,5710 | 0,5290 | — | 0,0320 | — | — | — | 0,1190 | 0,0650 |

Из приведенных данных нетрудно усмотреть, что вытяжки из солонцов характеризуются высокой щелочностью иногда нормальных карбонатов[1]), присутствием значительных количеств натрия, повышенной подвижностью гумуса, особенно в гориз. $B_1$. Это уже дает возможность некоторых предпосылок для решения вопроса о генезисе солонцов. Отметим, кроме того, что, изучая водные вытяжки из различных солонцов, можно притти к заключению, что имеется некоторая связь между количеством гумуса в солонце, его щелочностью и интенсивностью окраски водной вытяжки.

Опыты, произведенные Гедройцем, показали, что если черноземную почву обрабатывать повторно растворами хлористого или сернокислого натрия, то можно весь поглощенный кальций заменить натрием. Если затем почву промывать водой до тех пор, пока в промывных водах исчезнет Cl или $SO_3$, то почва начинает вести себя, как солонец: появляются окрашенные гумусом водные растворы, почва приобретает вязкость, просачивание сильно замедляется. Окрашенные растворы начинают давать щелочную реакцию.

То же самое получается, если взять какой-нибудь солончак, богатый солями натрия, и промывать его водой до тех пор, пока хлористая или сернокислая соли натрия не будут вымыты нацело.

Поэтому Гедройц вначале высказал взгляд, что солонец получается из солончака; позже он оговорился, что, употребляя термин „солончак", он имел в виду почвы, сильно засоленные натровыми солями.

Мы вполне допускаем возможность превращения натровых солончаков в солонцы и наблюдали, вместе с Полыновым, такое явление в долине р. Дона. Если предположить, что речная долина некогда несла на себе солончаковые почвы, и допустить далее, что, благодаря понижению базиса эрозии, река углубила свое русло, а грунтовые воды бывшей долины понизились, то условия для перехода солончака в солонец налицо. Если грунтовые воды, в силу понижения своего уровня, перестанут приносить соли в поверхностные горизонты почвы, а атмосферные воды начнут выщелачивать ранее накопленные соли, то солончак неминуемо превратится в солонец, что и наблюдается на второй террасе Дона в окрестностях станицы Старочеркасской.

Таким фактам нельзя, однако, придавать общего значения и считать, что все солонцы и солонцеватые почвы получились в результате выщелачивания солончаков (Виленский). Для этого нужно было бы прежде всего предположить, а затем и доказать, что значительные части каштановой и бурой зон были когда-то сильнее засолены, чем в настоящее время, и что почвы их были насыщены ионом натрия.

Кроме того, требует еще проверки то положение, действительно ли всякий натровый солончак, после его промывания, превратится в солонец. Едва ли можно сомневаться в том, что главным поглотителем

[1]) Щелочность нормальных карбонатов не всегда указывает на присутствие соды; она может быть связана с кремнекислой щелочью или щелочным гуматом.

натрия является гумус, а минеральные суспензии играют в этом процессе меньшую роль. Если мы представим такой солончак, в котором очень мало гумуса или почти нет его, то, вероятно, в нем будет и немного поглощенного натрия. При таких условиях выщелачивание солончака может и не привести к ясному солонцовому процессу.

В виду всего сказанного, нам представляется возможным допустить, между прочим, и такое толкование генезиса солонцов. Положим, что к почве, и именно к ее верхним горизонтам, во время поднятия уровня грунтовых вод или временной верховодки, притекают натровые соли. Эти соли отдадут свой натрий на замещение кальция и магния, поглощенных почвой, а избытки их будут затем удалены атмосферными водами. Если такое явление будет повторяться ежегодно, то гумусовые горизонты могут насытиться натрием, что и вызовет в дальнейшем развитие солонца.

Когда почва, насыщенная натрием, соприкоснется с водой, часть натрия отщепляется и возникает щелочная реакция, т. е. в растворе появляются ионы $(OH)'$. В присутствии последних гумусовые вещества образуют золи, а тонкие суспензии минеральных частичек взвешиваются в растворе, и вся эта система, становясь подвижной, вмывается в глубину. Это вмывание идет, однако, до тех пор, пока под влиянием углекислоты почвенного воздуха не получится $NaHCO_3$. Глубокому вмыванию, помимо этого, могут помешать соли, находящиеся в более глубоких горизонтах почвы, а также переход воды из гравитационного состояния в молекулярное.

Из целого ряда наблюдений в природе и анализов можно видеть, что если хлориды или сульфаты поднимаются в почвенном профиле кверху, то вместе с тем утрачивается типичная морфология солонца. Во всех так называемых корковых солонцах, у которых горизонт А имеет небольшую мощность и превращается иногда в тонкую поверхностную корочку, хлориды и сульфаты находятся в заметных количествах в гориз. В и гораздо ближе поднимаются к поверхности, чем у так называемых глубоко-столбчатых солонцов. Точно так же солонцы с короткими (карликовыми) отдельностями гориз. В имеют непосредственно под ними выделения солей.

Из предыдущего ясно, что образование солонца не требует непременного присутствия средней соды, но сода, конечно, может получаться в солонце. Согласно Гедройцу, реакции получения средней и кислой соды идут так:

Соединение, связавшее $Na + CaCO_3$ $\rightleftharpoons$ соединение, связавшее $Ca + Na_2CO_3$

„ „ $Na + Ca(HCO_3)_2$ $\rightleftharpoons$ „ „ $Ca + NaHCO_3$.

Остановимся теперь внимательнее на некоторых морфологических особенностях солонцов. Мы уже знаем, что структурные отдельности солонцов могут быть призматическими, т. е. иметь совершенно плоские верхушки или эти верхушки могут быть несколько закруглены или, наконец, они конусообразны, т. е. несколько заострены. Последние формы представляют, повидимому, результат наибольшей обработки этих отдельностей просачивающимися водами, и мы встречаем солонцы с такими отдельностями в более влажных районах (черноземная зона). В пустынных степях чаще встречаются отдельности с закругленными верхушками или призматические отдельности.

По вопросу о слоеватости некоторых частей гориз. А солонцов нам придется напомнить то, что говорилось уже по поводу подзолов. Слоистость, по нашему мнению, есть разультат дифференцировки частиц горизонта при вымывании из него тонких суспензий (ила).

Чтобы закончить с химизмом солонцов, отметим еще, что щелочные растворы, будут ли это растворы соды или так называемые щелочные гуматы, действуют растворяющим образом на тонкий кварц и алюмосиликаты. Поэтому в водных вытяжках солонцов появляются нередко в заметных количествах полуторные окислы, поэтому же в солонцах может присутствовать в заметных количествах некристаллическая кремнекислота [1]), легко переходящая в раствор при кипячении почвы раствором соды.

Переходя к солонцеватым почвам, отметим, что ореховатые солонцы уже представляют, повидимому, промежуточную стадию между солонцом и солонцеватым черноземом, хотя могут быть солонцеватые черноземы и с менее резко подчеркнутой структурой горизонта В.

Из солонцеватых почв каштановой зоны особо следует отметить темноцветные почвы западин, которые назывались иногда черноземовидными. При ближайшем исследовании оказалось, что это почвы солонцеватые. Разница между ними и солонцеватыми почвами равнинных пространств заключается, кроме гумусности первых, в том, что иллювиальный горизонт у западинных почв сильно понижен. Если выкопать траншею от средины такой западины к ее окраине, то можно наблюдать, как, по мере движения от центра западины к ее периферии, горизонт В постепенно поднимается вверх.

Солонцеватые почвы светлобурой подзоны имеют несколько своеобразную физиономию, что можно видеть из следующего описания разреза такой почвы Иргизского у. (Емельянов):

$A_1$. Светлобуровато-желтый с сероватым оттенком, слабо пористый, очень мягкий, легко рассыпающийся в пылеватую массу. Мощность 4 см.

$A'_1$. Желтее, внизу постепенно темнеет. Резко чешуйчатый; в верхней части чешуйчатость мелкая, в нижней более крупная. Расслаивается в горизонтальном направлении. Мощность 7 см.

$A''_1 - B^1$. Светло-бурожелтый с коричневатым оттенком; переходного характера: вверху чешуйчатый, внизу—комковато-чешуйчатый. Мощность 7 см.

$B_1$. Бурожелтый с коричневым оттенком. Наиболее темный из всех горизонтов. Призматически-комковатой структуры, очень плотный, сухой, со слабой глянцевитостью на вертикальных гранях. С углублением становится более глыбистым. Мощность 13—17 см.

$B_1$. Бурый, очень жесткий, глыбистый, супесчаный. Сильно сцементирован. Мощность 6 см.

$B_2$. При высыхании светлопалевый, очень жесткий, плотный, крупной ореховато-призматической структуры, с большим колнчеством выцветов карбонатов, имеющих вид смазанных пятен без яркобелого цвета. Мощность 20 см.

Глубже идет светложелтый песок, плотно слежавшийся, сцементированный и потому очень жесткий.

Вскипание с 31—35 см.

Своеобразным здесь является гориз. $A'_1 - B_1$, которого не отмечали в других зонах.

Химические свойства солонцеватых почв являются средними между солонцами и несолонцеватыми почвами тех зон, в которых они залегают. Мы не будем здесь приводить всей той массы аналитических данных, которыми мы располагаем для солонцеватых почв, а ограничимся сопоставлением некоторых определений из водных вытяжек солонцеватых и несолонцеватых почв.

[1]) См. Scofield, C. S. Bureau of Pleat Jndustry.—Journ. of the Washington Acad ot Science, vol. 11, № 18, 1921; Гедройц. Осолодение почв. Носов. с.-х. оп. ст., отд. агрохимический. Вып. 44, 1926.

Для почв черноземной зоны данные таковы:

| | Сухой остат. | Прокал. остат. | Общ. щелоч. | Раств. гум. | Cl |
|---|---|---|---|---|---|
| Средний чернозем | | | | | |
| 0—100 см. . . . . | 0,0821 | 0,0409 | 0,0231 | 0,0114 | 0,0035 |
| Южный чернозем | | | | | |
| 0—100 см. . . . . | 0,0715 | 0,0415 | 0,0277 | 0,0059 | 0,0015 |
| Солонцеватый чернозем | | | | | |
| 0—100 см. . . . . | 0,3403 | 0,2726 | 0,0384 | 0,0121 | 0,0535 |

Разница, как видно, достаточно ясная: у солонцеватого чернозема сильно повышена растворимость минеральных веществ, щелочность и содержание хлора. Общим признаком водных вытяжек солонцеватых черноземов является заметное увеличение воднорастворимых веществ в гориз. $B_1$ по сравнению с гориз. A, каковой признак является общим с солонцами.

Для почв каштановой зоны данные таковы:

| | Сухой остат. | Общая щелоч. | Раств. гум. | Cl | $SO_3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Темно-каштановые почвы—0—100 см. . . | 0,0623 | 0,0294 | 0,0072 | 0,0020 | 0,0071 |
| Светло-каштановые почвы—0—100 см. . . | 0,1934 | 0,0300 | 0,0070 | 0,0227 | 0,0802 |
| Солонцеватые почвы 0—100 см . . . . . | 0,4126 | 0,0302 | 0,0183 | 0,1038 | 0,0793 |

При сопоставлении этих цифр можно сделать те же выводы, что и в предыдущем случае.

Мы рассмотрели солонцы и солонцеватые почвы СССР, но, как уже отмечено было выше, солонцы встречаются, между прочим, в Венгрии и С. Америке, где они также изучались.

Американцы называют свои солонцы Black Alkali Lands, т. е. черные щелочные почвы, в отличие от солончаков, которым дают название White Alkali Lands, т. е. белые щелочные почвы. Гильгард был, повидимому, первым, который указал на присутствие в черных солонцах соды. Он полагал, что сода является продуктом воздействия растворов NaCl и $Na_2SO_4$ на углекислую известь в присутствии углекислоты. Эта теория оспаривается Гедройцем, полагающим, что она противоречит наблюдающимся в природе фактам, а именно: 1) повышение содержания в почве натриевых солей не повышает в почве количества содержащейся соды, как это вытекает из теории Гильгарда, а в действительности понижает ее; 2) если в почву внести соду, то она исчезает из нее: обменной реакцией с поглощенным[1]) кальцием почвы из нее образуется углекислый кальций.

Кроме Гильгарда, о реакции образования соды в природе высказывались и другие исследователи, частью до Гильгарда (Руд. Брандес, А. Миллер), частью после него (Бланкенгорн, Меликов и Танатар), но на этих работах мы здесь останавливаться не будем[2]). К взглядам Гильгарда примыкали и венгерские исследователи (Трейтц).

О венгерских солонцах мы почерпаем сведения из работ Шигмонда и Трейтца. Первый из указанных авторов различает две

[1]) У автора сказано: „цеолитный", но мы этого термина избегаем. По тому же вопросу см. Димо, Н. Изв. Институт. почвовед. и геоботан. Средне-Азиат. Госуд. Унив., Вып. I, 1925.

[2]) Литературу вопроса см. у Doelter. Handbuch der Mineralchemie, Bd. II, 1913.

группы солонцов, которые, в свою очередь, разделяются на подгруппы, а именно:

1. Почвы szik или szék [1]) в узком смысле:
   а) почвы, содержащие мало растворимых солей,
   б) соленосные почвы.
2. Настоящие содовые почвы.

Первая группа почв залегает на высоких участках, реже в углублениях и характеризуется небольшими количествами солей, в том числе и соды. Строение этих почв описывается исследователем таким образом: „верхний почвенный слой, содержащий различные количества гумуса, черный или сероватый (мышиного цвета); за ним следует черный или бурый, смолообразный, клейкий, глинистый слой, жирный на ощупь и режущийся в природе стальным ножом на мелкие куски; глубже идет глинистый или песчанистый мергелистый слой, который содержит бесчисленные конкреции углекислой извести, напоминающие лессовые журавчики". Растворимые в воде натровые соединения состоят, главным образом, из глауберовой соли; хлориды встречаются только в небольших количествах. Среди области развития описываемой группы почв исследователь находил от 0 до 0,5% растворимых солей вообще и от 0 до 0,2% соды. Данные эти относятся, повидимому, к более высоким горизонтам почвы.

Вторая группа (настоящие содовые почвы) находится между Дунаем и Тиссой и распространена повсюду в самых глубоких западинах. Шигмонд полагает, что соли в этих почвах те же, что и в соседних водных бассейнах, и что сода в них отчасти поступает уже в готовом виде и лишь отчасти является продуктом реакции между NaCl и $CaCO_3$, в присутствии свободной углекислоты почвенного воздуха. На поверхности этих почв находятся настоящие соляные корки или выцветы солей. Характерно, что эти почвы очень богаты $CaCO_3$, которого здесь содержится от 16 до 37%. Наибольшее количество растворимых солей, которое определял Шигмонд, достигает 2—2,5%, при чем половина их, а иногда и больше, состоит из соды, а другая—из NaCl. Глауберовая соль в значительных количествах не наблюдалась.

Трейтц, изучавший солонцы венгерской Alföld (равнины внутренней Венгрии), различает здесь несколько разностей этих почв. „Содовые почвы,—говорит он,—которые залегают в различных областях Alföld, имеют различный внешний вид. Их свойства, цвет и поведение весьма разнообразны. При точном изучении вскоре делается, однако, ясным, что все эти формы представляют лишь различные стадии одного и того же процесса, а именно преобразования луговой глины или суглинистой почвы в содовую почву". Трейтц различает, по условиям залегания, две группы солонцов: долинные содовые почвы и содовые почвы плато, но как в той, так и в другой группе можно встретить различные группы солонцов, с той лишь разницей, что солонцы, преобладающие в глубоких западинах, являются подчиненными на плато.

Из приведенных описаний для нас ясно, что речь идет о солонцах и содовых солончаках.

Как подходят к вопросу генезиса солонцов венгерские исследователи, показывают следующие соображения Трейтца: „атмосферные осадки выщелачивают растворимые в щелочной жидкости гумусовые соединения, окраска почвы становится все светлее, пока,

[1]) Szik (сик), Szèk (сек) на венгерском народном языке значит „сода".

наконец, почва почти потеряет весь гумус. Тогда цвет почвы становится светлосерым, а ее поверхность голой. Эта разность содовых почв называется серый szék. Густой черный раствор, выщелоченный из серой почвы, стекает в соседнее углубление, где может образоваться чрезвычайно богатая гумусом глина мощностью в 50—100 см.".

В конечном результате, однако, верхняя поверхность этой глины не остается черной, а выщелачивается, образуя корку толщиной в 5—10 мм., состоящую из тонкозернистого почвенного скелета.

Сопоставляя толкование венгерских исследователей с той теорией генезиса солонцов, которую мы излагали выше, нетрудно видеть, насколько обоснованнее те выводы, которые получены русскими исследователями.

Чтобы закончить с работой Трейтца, отметим его указания на то, что состав солей в различных горизонтах солонцов меняется по временам года.

„В течение влажной половины года,—говорит он,—углекислый натрий, растворяясь в почвенной влаге, просачивается из верхних горизонтов в подпочву и испытывает, при помощи выкристаллизовавшегося здесь гипса, превращение в сернокислый натрий. При наступлении теплого времени года почвенный раствор вновь поднимается вверх и, дойдя до того места, где из гипса, путем обменной реакции, образовался углекислый кальций, при действии последнего вновь образует соду, которая и передвигается затем в верхние горизонты почвы". Насколько эти соображения согласуются с аналитическими данными, нам неизвестно.

Сода, по указаниям Трейтца, настолько характерна для солонцовых областей, что встречается здесь не только в почвах, но и во всех соляных озерах. Это видно из нижеследующей таблицы:

Анализы воды нескольких соляных озер между Дунаем и Тиссой

| | В 1 литре воды в граммах: | | | |
|---|---|---|---|---|
| Соляные озера | $Na_2CO_3$ | NaCl | Сухой ост. | $SO_3$ |
| Иваначка у Зомбара . . . . . | 3,4476 | 0,9536 | 6,52 | 0,789 |
| Фегермочар . . . . . | 2,1746 | 0,3978 | 2,84 | — |
| Керектё у Бешта . . . . . | 1,6960 | 0,7546 | 3,76 | — |
| Девень у Дьюрдьево . . . . . | 3,6598 | 1,3572 | 6,38 | 1,133 |
| Коново у Заблья . . . . . | 0,5039 | 0,3276 | 1,36 | — |
| Русанда у Маленце . . . . . | 1,9760 | 1,8930 | 6,276 | 2,040 |
| Галашто у Галаш . . . . . | 0,9285 | 0,1895 | 1,14 | — |

Закончив с характеристикой солонцов и солонцеватых почв, остановимся на процессе их эволюции, который был первоначально изучен в природе, а затем исследован лабораторно. Оказывается, что при увеличении количества влаги, благодаря ли изменению микрорельефа, или надвиганию кустарника или леса, солонцы постепенно разрушаются. Это явление было впервые прослежено Т. Поповым в подзоне мощного чернозема Бобровского у. Воронежской губ. Здесь нередки так называемые „осиновые кусты" („солоти", „баклуши", „мокрые кусты", в Сибири „колки"), встречающиеся в подзоне мощного чернозема не только Воронежской, но и Тамбовской и Саратовской губ. Осиновые кусты появляются в областях развития „степных блюдец" или „воронок", на плоских недренированных водоразделах. Блюдца или воронки являются неглубокими западинами часто округлой, но иногда и вытянутой формы. Вместо ковыльной степи, вокруг этих западин развивается луговая степь и возникают своеобразные расти-

тельные сообщества, благодаря тому, что луговая степь переходит в солонцеватые или солончаковатые пространства. Солонцы здесь также многочисленны и своеобразны и залегают иногда в западинах. Западина, покрытая солонцом, с течением времени углубляется (что отмечалось и американскими исследователями), благодаря чему увеличивается количество поверхностной влаги, и солонец начинает разрушаться. Под влиянием увеличившейся влажности, вместо черного или серовато-черного солонца получается солонец белесый в верхней части (гориз. $A_2$ и верхушки гориз. $B_1$). Позже белеет и весь столбчатый горизонт, столбики распадаются на отдельные куски, и, наконец, совершенно разрушается. Еще более резко идет разрушение, если котловина с солонцом заселяется ивами (чаще всего Salix cinerea и S. repens), а впоследствии осиной.

Такого же рода явления были затем многократно отмечены и в Западной Сибири, где наши осиновые кусты в большинстве случаев заменены березовыми колками.

Почва, в которую в конечном итоге превращается солонец, своим внешним видом очень напоминает подзол, но внутренними свойствами от последнего отличается.

Хорошим примером постепенно разрушающегося солонца являются образцы, взятые Искюлем из траншеи, заложенной возле заимки у западного конца оз. Данилова. Здесь можно наблюдать постепенный переход от нетронутого солонца к полуразрушенному солонцу и, наконец, к почве, своим внешним видом напоминающей подзол. Полуразрушенный солонец характеризуется следующим профилем:

$A_1$—Темносерый. Мощность 4—6 см.

$A_2$—Белесый. Мощность 3—7 см.

$B_1$—Темнее по окраске, плотный. Мощность 10 см.

$B_1$—Бескарбонатный. Мощность 11 см.

$B_2$—Легкий суглинок с ржавыми пятнами, вскипающими на глубине 75 см.

Валовые анализы этой почвы дали такие результаты:

| | $A_1$ 0—5 см. | $A_2$ 5—10 см. | $B_1$ 10—20 см. | BC 85—95 см. |
|---|---|---|---|---|
| Гигроск. вода | 4,40% | 1,39% | 5,65% | 5,43% |
| Гумус | 10,69 | 2,19 | 3,07 | 0,45 |
| Химич. связ. вода | 3,19 | 1,00 | 2,59 | 3,52 |
| Углекислота | — | — | — | 7,30 |
| Потери при прок. | 13,64 | 3,27 | 6,05 | 4,11 |
| $SiO_2$ | 63,25 | 79,09 | 67,31 | 56,29 |
| $TiO_2$ | 0,63 | 1,05 | 0,84 | 0,62 |
| $Al_2O_3$ | 10,74 | 9,44 | 11,14 | 9,03 |
| $Fe_2O_3$ | 2,99 | 2,93 | 5,57 | 5,52 |
| MnO | 0,15 | 0,09 | 0,10 | 0,25 |
| CaO | 1,63 | 1,06 | 1,19 | 10,53 |
| MgO | 0,94 | 0,64 | 1,58 | 1,90 |
| $K_2O$ | 1,95 | 1,30 | 1,50 | 1,38 |
| $Na_2O$ | 0,52 | 0,97 | 1,09 | 1,91 |
| $P_2O_5$ | 0,16 | 0,05 | 0,04 | 0,07 |
| $SO_3$ | 0,44 | 0,18 | 0,38 | 0,61 |
| Сумма . . . | 99,89 | 100,06 | 100,09 | 99,55 |

Перечислив на минеральное бескарбонатное вещество, получаем:

| | $A_1$ | $A_2$ | $B_1$ | BC |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 73,33 | 81,72 | 71,57 | 71,38 |
| $TiO_2$ | 0,73 | 1,08 | 0,88 | 0,78 |
| $Al_2O_3$ | 12,45 | 9,75 | 15,03 | 11,45 |
| $Fe_2O_3$ | 3,46 | 3,02 | 5,92 | 7,00 |
| MnO | 0,17 | 0,09 | 0,42 | 0,31 |
| CaO | 1,88 | 1,09 | 1,26 | 1,57 |
| MgO | 1,08 | 0,66 | 1,68 | 2,40 |
| $K_2O$ | 2,26 | 1,33 | 1,59 | 1,75 |
| $Na_2O$ | 0,60 | 0,98 | 1,15 | 2,40 |
| $P_2O_5$ | 0,19 | 0,05 | 0,04 | 0,07 |
| $SO_3$ | 0,50 | 0,18 | 0,40 | 0,79 |

Водная вытяжка из того же образца дает такие цифры:

| | $A_1$ | $A_2$ | $B_1$ | BC |
|---|---|---|---|---|
| Сухой остаток | 0,2040 | 0,1205 | 0,3080 | 0,5010 |
| Минер. вещест. | 0,0740 | 0,0575 | 0,2120 | 0,4745 |
| Потеря при прок. | 0,1300 | 0,0730 | 0,0960 | 0,0265 |
| Щелочность общ. | 0,0201 | 0,0195 | 0,0342 | 0,0896 |
| Раствор. гумус | 0,0473 | 0,0196 | 0,0299 | 0,0052 |
| $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ | — | — | дов. знач. кол. | — |
| CaO | сл. | едва зам. сл. | ясн. сл. | сл. |
| MgO | нет | нет | едва зам. сл. | сл. |
| Cl | 0,0053 | 0,0018 | 0,0085 | 0,0869 |
| $SO_3$ | нет | — | — | 0,1514 |

Как видно из сообщенных данных, почва еще в значительной мере сохраняет свойства солонца: она обладает заметной подвижностью глинозема и железа в гориз. $B_1$, в глубоком горизонте заметно засолена и в валовом составе обнаруживает значительное превышение количества гумуса в гориз. $B_1$, по сравнению с гориз. $A_2$. Что касается распределения минеральных элементов по горизонтам почвы, то в этом отношении, как мы уже знаем, валовые анализы не дают резких различий между солонцами и подзолами.

Рассмотрим теперь аналитические данные для почвы, по внешнему виду напоминающей подзол. Валовой анализ дал такие результаты:

| | $A_1$ | $A_2$ | $B_1$ | $B_1$ | C |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0—4 см. | 5—10 см | 10—17 см. | 25—35 см. | 85—95 см. |
| Вода гигроск. | 5,70% | 0,84% | 5,68% | 5,18% | 4,18% |
| Гумус | 22,33 | 0,31 | 1,01 | 0,82 | 0,22 |
| Потеря при прок. | 24,16 | 1,87 | 5,66 | 4,51 | 4,44 |
| $SiO_2$ | 61,61 | 83,12 | 63,87 | 65,24 | 73,36 |
| $TiO_2$ | 0,64 | 0,93 | 0,81 | 0,60 | 0,69 |
| $Al_2O_3$ | 7,22 | 8,36 | 19,03 | 16,24 | 11,71 |
| $Fe_2O_4$ | 2,15 | 2,03 | 5,02 | 6,99 | 4,43 |
| MnO | 0,09 | 0,08 | 0,18 | 0,25 | 0,19 |
| CaO | 1,21 | 1,07 | 0,90 | 0,88 | 1,46 |
| MgO | 0,65 | 0,30 | 1,87 | 1,70 | 1,09 |
| $K_2O$ | 0,61 | 1,32 | 1,93 | 1,96 | 1,79 |
| $Na_2O$ | 0,37 | 0,45 | 0,44 | 0,90 | 0,68 |
| $P_2O_5$ | 0,12 | 0,03 | 0,11 | сл. | сл. |
| $SO_3$ | 1,26 | 0,23 | 0,26 | 0,31 | 0,73 |

Перечислив данные анализа на безводное и бесгумусовое вещество, получаем:

| | $A_1$ | $A_2$ | $B_1$ | $B_1$ | C |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 81,14 | 84,84 | 67,64 | 68,69 | 76,27 |
| $TiO_2$ | 0,84 | 0,94 | 0,85 | 0,63 | 0,71 |
| $Al_2O_3$ | 9,50 | 8,53 | 20,15 | 17,10 | 12,17 |
| $Fe_2O_3$ | 2,83 | 2,07 | 5,31 | 7,36 | 4,60 |
| MnO | 0,11 | 0,08 | 0,19 | 0,26 | 0,19 |
| CaO | 1,59 | 1,09 | 0,95 | 0,92 | 1,51 |
| MgO | 0,85 | 0,30 | 1,98 | 1,77 | 1,13 |
| $K_2O$ | 0,80 | 1,34 | 2,04 | 2,06 | 1,87 |
| $Na_2O$ | 0,48 | 0,45 | 0,46 | 0,94 | 0,70 |
| $P_2O_5$ | 0,15 | 0,03 | 0,11 | сл. | сл. |
| $SO_3$ | 1,66 | 0,28 | 0,26 | 0,33 | 0,75 |

Довольно резкое повышение гумуса в гориз. $B_1$, сравнительно с $A_2$, указывает, что здесь еще, несмотря на то, что почва приобрела внешность подзола, свойства солонца упорно удерживаются. Картина распределения полуторных окислов еще более резкая, чем в предыдущем образце: горизонт $A_2$ здесь более обеднен ими, а горизонт $B_1$ более обогащен, чем это наблюдается для более ранней стадии разрушения солонца.

Данные водной вытяжки для подзоловидной почвы таковы:

| | $A_1$ | $A_2$ | $B_1$ |
|---|---|---|---|
| | 0—4 см. | 5—10 см. | 10—17 см. |
| Сухой остаток | 0,2680 | 0,0540 | 0,1810 |
| Минер. остаток | 0,0580 | 0,0200 | 0,1340 |
| Потеря при прок. | 0,2100 | 0,0340 | 0,0070 |
| Общая щелочность | 0,0085 | 0,0055 | 0,0146 |
| Раствор. гумус | 0,0842 | 0,0160 | 0,0175 |
| CaO | сл. | ясн сл. | ясн. сл. |
| MgO | нет. | нет. | сл. |
| Cl | 0,0014 | 0,0010 | 0,0039 |
| $SO_3$ | нет | — | — |
| $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ | — | — | знач. колич. |

и здесь еще, по крайней мере, в гориз. $B_1$ чувствуются остатки солонцового процесса.

Прибавим к сказанному, что, по данным Гедройца, в разрушенных солонцах присутствует значительное количество кремнезема, растворимого в слабых щелочных растворах, что, очевидно, также является наследием солонцового процесса[1]).

## ЛИТЕРАТУРА ПО СОЛОНЧАКАМ И СОЛОНЦАМ

Aarnio, B. u. Brenner, W. Intern. Mitt. f. Bodenkunde, 1923, H. 5—6.

Абутьков. Тр. почв.-бот. эксп. по исслед. колон. район. Азиатской России. Почвен. исслед. 1908 г., вып. 3.

Адрианов. Зап. Западн.-Сиб. Отд. Русск. Геогр. Общ., кн. VIII, вып. 2, 1886.

Архипов. Зап. Кавк. Сел. Хоз., 1860, №№ 1—2.

Barnes, J. H. and Barkat. Agr. Journ. of India, XII, 1917.

[1]) См. особенно работу его „Осолодение почв", цитированную выше. К сожалению, она вышла в свет в период печатания моей книги, а потому использовать ее вполне я уже не мог.

Барбот-де-Марни. Зап. Геогр. Общ., 1862, кн. 3.
Bertainchaud. Comptes rendus. CXXXII, 1001.
Беспалый. Тр. Вольно-Экон. Общ., 1891, № 4.
Бессонов и Неуструев. „Почвоведение", 1902, стр. 307.
Blanckenhorn. Peterm. Miteil. Ergänzungsh. 90, 1880.
„ Zur Kenntnis d. Süsswasserablag. und Mollusken Syriens. Palaeontographica, XLIX.
„ Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch., Bd. 53, H. 3.
„ Zeitschr. d. deutsch. Palästina-Ver. 1905, 28.
Богдан. Отч. Валуйск. с.-хоз. оп. ст., год I—II, 1900.
Богданович. Изв. Русск. Г. О. 1888, т. XXIV.
Boussingault. Comptes rendus, LXXVIII, 1874.
Brackebusch. Bol. de la Acad. Nacion. de Ciencias en Córdoba. 1883, V, p. 240.
Burmeister. Description phys. de la république Argentine. T. II, Paris, 1876.
Clerici, E. Boll. Soc. geol. ital. 20, CLXIX—CLXXIX.
Данилевский. Матер. по изуч. русских почв, вып. I.
Димо. „Почвоведение", 1903, № 2.
„ Полупустынные образ. юга Царицынского у., Саратов, 1907.
„ Сельско-хоз. Вестник юго-востока России, 1911, №№ 1—3.
Doelter. Handbuch der Mineralchemie. Bd. 2, 1913.
Докучаев. Картография русских почв. 1879.
„ и ученики. Материалы к оценке зем. Полтав. губ. Вып. I—XVI.
Döring. Bol. de la Acad. Nacion. de Ciencias en Córdoba. 1884, VI, p. 272.
Dorsey, S. W. U. S. Depart of Agricult., 1916.
Драницын. Труды Докуч. Почв. Комит., т. III, 1915.
Du-Bois. Tscherm. miner. u. petrogr. Mitteil., 23, H. 1, 1903.
Ферсман. Сборник „Сера". Изд. КЕПС'а, 1926.
Fischer, Th. Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1910, H. 3.
Flamant. Notice sur l'Hydraulice agricole en Algérie, Alger, 1900.
Fraas. Geologisches aus d. Orient. 1867.
Франкфурт. Вед. с.-хоз. и промышл. организ. южно-русск. землед. синдиката, 1902, №№ 46—41.
Кедройц. Сообщ. из Бюро по Землед. и Почвов. Учен. Комит. Главн. Управл. Земл. и Земл. Сообщение VIII. 1913.
„ Журн. Оп. Агр., 1912, 1914, 1916.
„ Осолодение почв.—Носов. с.-х. оп. ст., отд. агрохимический, 1926, вып. 44.
Герн, фон. Зап. Западн.-Сиб. Отд. Р. Г. О., кн. X, 1883.
Глинка, К. „Почвоведение", 1910, № 4, 1909, № 4.
„ Солонцы и солончаки азиатской части СССР. Москва, 1926.
Гордеев. Труды Сарат. Общ. Естеств., т. V, 1903.
Гордягин. Зап. Запад.-Сиб. Отд. Р. Г. О., кн. XXII, 1897.
„ Тр. Общ. Ест. при Казан. Унив., т. XXXIV, 1900.
Горшенин, Яковлев, Стратонович. Труды Докуч. Почв. Ком., вып. I, 1914.
Hanusz. Földraizi Közlömenyek. 1888, XVI.
Harris, S. F. Soil Alkali, its origin, nature and treatment. New Jork, 1920.
Heyfelder. Buchara. Peterm. Mitt. 1889, VII.
„ Ann. de la sc. agron. franc. et étrangère. 1893.
Hibsch, I. E. Zeitschr. f. prakt. geologie, 1920, s. 69—78.
Hilgard. Origin, value and reclamation of alkali lands.—Jearboock of the U. S. Depart. of Agric. 1895, 103.
Holub. Journey through central South-Africa. Proc. Roy. Geogr. Soc. 1880.
Houzeau. Comptes rendus, 1869, t. LXVIII.
Humboldt. Reise in die Aequatorialgegend, 4.
Klein, C. Sitzungsber. d. k. preuss. Akad. d. Wissensch., 1901, 612—613.
Kohlrausch. Landw. Wochenbl. d. k.k. Ackerbauminist. 1870.

Козловский. Мат. по изуч. русск. почв. Вып. VIII.
Коссович. Отч. сельско-хоз. химич. лабор. Вып. I, стр. 22, вып. III, стр. 1—18—22.
„ Журн. Опытн. Агрон., 1903, кн. 1.
Костычев. Землед. Газета. 1882, стр. 777—778.
„ Сельское и лесное хоз. России, 1893.
Краснопольский. Изв. Геол. Ком., т. XIII, 1894.
Krassay, E. de. Jahrb. d. k.k. geolog. Reichsanst. 1876.
Левченко. Тр. почв.-ботан. эксп. по исслед. колониз. район. Азиатск. России. Почв. исследов. 1908, вып. I.
Левинсон-Лессинг. Тр. Вольн.-Экон. Общ. 1890, № 2.
Le Mesle. Mission géolog. en Tunisie 1890—91, Journ. de voyage. Paris, 1899.
Леопольдов. Журн. Мин. Госуд. Им. 1844.
Lespagnol. Ann. de géographie, №№ 31, 32, 33, 1898.
Link, G. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss., 1901, Bd. 35.
Mann, H. H. and Tamhane, V. A. Bull. 39. Dept. of Agric. Bombay, 1910.
Massignon. Le Maroc dans les prémières années du XVI siècle. Tableaux géograph. d'après Léon l'Africain. Alger, 1906.
Matthieu et Trabet. Le haut plateau oranais. Alger, 1891.
Миддендорф. Очерки Ферганской долины, 1882.
„ Бараба, 1871.
Михайлов. Зап. Запад.-Сиб. Отд. Р. Г. О., кн. XVI, вып. 1, 1893.
Мушкетов, Туркестан, т. I, 1886.
Napp. Die Argent. Republik.,—Buenos-Aires, 1876.
Natterer. Chem. Zentralbl., 1895, p. 686.
Неуструев. Тр. почв.-ботан. эксп. по исслед. почв Азиатской России, почв. исслед. 1908, вып. 7.
„ „Почвоведение", 1910, № 2.
Ochsenius. Wollny's-Forschung. 1897, Bd. XIX.
Обручев. Закасп. область. Зап. Р. Г. О., 1890.
„ Центр. Азия, Сев. Китай и Нань-Шань, т.т. I и II, 1900—1901.
Остряков. Тр. Общ. Ест. при Казанск. Унив., т. XXXV, вып. 5, 1901.
„ Влияние условий поверхн. увлажн. на процессы почвообраз. в сухих областях. Казань, 1905.
Palmer. Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 105.
Parish, W. Buenos Aires and the provinces of the Rio de la Plata. London, 1852.
Passarge. Geograph. Zeitschr., 1909, H. 9.
Petzhold. Archiv f. Naturkunde Liv-, Est- u. Kurlands, I. Ser. III.
Philippi. Riese durch die Wüste Atakama, Halle, 1860.
Piccard. Vierteljahresschr. d. Naturf.-Gesellsch. zu Zürich, Bd. III.
Полынов, Б. Почвы Черниг. губ. Вып. I. Остерский у. Чернигов, 1906.
„ Почва Аксайского займища. Тр. Донского Педагог. Институт, № 2.
Попов, Т. Тр. Докуч. Почв. Ком., вып. III, 1915.
Posepny. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien, LXXVI, 1876.
Прасолов. Труды почв.-ботан. экспед. по исслед. колониз. районов Азиат. России.— Почв. исследов. 1908, вып. VI.
„ Ibidem.—Почв. исслед. 1910, вып. 2, 1914.
Пегеев. Сельское хоз. и лесоводство, 1896, т. 181.
Раманн. „Почвоведение", 1902, № 1.
Richthofen, Freiherr von. China, Bd. I, 1877.
Рожанец. См. Предвар. отч. об организ. и исполн. работ по изуч. почв Азиатской России в 1912 г.—Изд. Перес. Упр. Спб. 1913.
Сафронов. Хозяин, 1900, стр. 1559.
Schirmer. Le Sahara. Paris, 1893.
Schickendantz. Bol. de la Aced. Nacion. de Ciencias en Córdoba, I. 1874, p. 240.
Schlagintweit-Sakünlünski. Abh. d. bayer. Akad. d. Wissensch., XI, 1871, p. 115.

Schweinfurth u. Lewin. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin. 1898, XXXIII № 1, p. 1—25.
Земятченский. Пады, имение В. Л. Нарышкина. Спб. 1894.
Sigmond. Földtani közlöny, 1906, Oktob.-Dezemb. p. 439—454.
Скалов. Тр. почв.-ботан. экспед. по исслед. колониз. район. Азиатской России.—Почв. исследов. 1909 г., вып. 2.
Словцов. Зап. Запад.-Сиб. Отд. Р. Г. О., кн. XXI, 1897.
Стасевич. Тр. почв.-ботан. экспед. по исслед. колониз. район. Азиатск. России. Почв. исследов. 1908 г., вып. 2. 1909 г. вып. 3.
Степаиов. Журн. Оп. Агрон., 1910, стр. 74.
Stelzner, Beiträge zur Geologie u. Palaeontologie d. Argent. Republ. T. 8, 1885.
Streich. Transact. Roy. Soc. South-Austral. Bd. XVI.
Szabo. Jahrb. d. k. geol. Reichsanst., 1850, 1, p. 334.
Tamhane. Bull. 96. Dept. of Agr. Bombay, 1921.
Танфильев. Пределы лесов на юге России. 1894.
Tietze. Jahrb. k.k. geol. Reichsanst., 1877.
Treitz. Földtani közlöny, Bd. XXXVIII, 1908, p. 107, 1910.
„ Jahresber. der Kön. ungar. geolog. Reichsanst. für 1916. Budapest. 1918, s. 561—573.
„ Comité Internat. de Pédologie, V, Comiss. Bucarest. 1924.
„ Naturgeschichte der Alkaliboden. Budapest, 1924.
Tschudi. Reisen durch Südamerika. Bd. V, 292 (Bd. I—V, 1866—68).
Тулайков и Коссович. Изв. Моск. Сельск.-Хоз. Инст., 1906, кн. 2.
Тумин. „Почвоведение", 1904, № 3.
„ Тр. почв.-ботан. экспед. по исслед. колониз. районов Азиатской России. Почв. исследов. 1908 г., вып. 10.
Völker. Chem. Zentralbl., 1883, XII, p. 642.
Валицкий и Элькинд. Матер. по изуч. русск. почв. Вып. IX, 1895.
Wagner, P. Journ. f. Landw. 1872, 79.
Walther, J. Lithogenesis der Gegenwart, 1893—94.
„ Das Gesetz der Wüstenbildung, 1901 (имеется русский перевод).
Webster, J. F. Mem. 1 and 5. Dept. of Agric. Messopotamia, 1921 and 1922.
Whitney. Field operations of the divis. of soils.—U. S. Depart. of Agric., Rep. № 64, 1900.
Вильбушевич. Метеор. Вестник, 1905, февраль, стр. 137; Хозяин, 1895, № 23; см. у автора литературу.
Виленский. Засоленные почвы, их происхождение, состав и способы улучшения. Москва, 1924 (литература).
Высоцкий, Н. Изв. Геолог. Ком., т. XIII, 1894.
Высоцкий, Г. „Почвоведение", 1899, 1900, 1903.
Хаинский. Тр. почв.-ботан. экспед. по исслед. колониз. район. Азиатской России.—Почв. исслед. 1913 г., вып. 1.

## ГЛАВА III

# Влияние химизма материнской породы на почвообразование

Из всех явлений этого порядка внимание исследователей особенно привлекали процессы почвообразования на карбонатных породах во влажных районах.

Лучше всего нам известны такого рода факты среди подзолистой зоны, где отмечается присутствие перегнойно-карбонатных почв, называемых в Польше р е н д з и н а м и.

Формирование почвы на мягких известковых, а еще лучше мергелистых породах создает такие условия, при которых гумус накопляется в почвах в форме насыщенного известью комплекса. Благодаря такому накоплению, большинство известково-перегнойных почв в сыром состоянии отличается своим темным цветом. Будучи насыщен известью, перегной делается мало подвижным, вследствие чего и тонкие минеральные суспензии не передвигаются.

Кристаллические и полукристаллические известняки, повидимому, не способны образовать рендзин, что зависит, по всей вероятности, от меньшей подвижности (растворимости) кристаллической углекислой извести. По крайней мере, в Енисейской и Иркутской губ., где почвы на больших пространствах образуются из известковистых песчаников, содержащих $CaCO_3$ в виде кальцита, типичных рендзин не развивается, а наблюдается иногда весьма определенно выраженный подзолистый тип почвообразования.

В первичных стадиях образования перегнойно-карбонатных почв они являются иногда резко скелетными. Обломки известняка или мергеля попадаются даже на поверхности почвы и в верхнем ее горизонте, но по мере углубления становятся все более и более частыми, пока, наконец, не совершится переход в трещиноватый и разрыхленный слой материнской породы. В дальнейших стадиях почвообразования количество этих обломков уменьшается, поверхностные горизонты становятся мелкоземистыми, не содержат уже, или содержат немного, углекислой извести, и только в более глубоких почвенных горизонтах куски и кусочки материнской породы пестрят серый фон почвы. Указанные различия строения могут зависеть, однако, и от других причин. Если представить себе, что в каких-нибудь районах, однородных по внешним условиям почвообразования, выветриваются две различные породы: одна более плотная известковая, а другая более рыхлая мергелистая, то мы получим рендзинные почвы неодинаковой скелетности. Первая будет более грубая, более богатая обломками материнской породы и менее мощная, так как плотный известняк будет выветриваться медленнее; вторая же будет мелкоземистее, беднее обломками и более глубокая, ибо рыхлый мергель будет выветриваться энергичнее.

Перегнойно-карбонатные почвы не образуют сплошных площадей в СССР, а встречаются отдельными пятнами и островами, что и понятно, так как огромная площадь нашей равнины покрыта наносами, среди которых лишь кое-где выступают участки коренных известковых и мергелистых пород; сами наносы редко бывают мергелистыми. Тем не менее, описываемые почвы пользуются широким распространением. В Ленинградской губ. рендзины формируются на силурийских известняках, в Псковской—на девонских, а иногда и на пресноводных известковых туфах, в Калужской—на меловых мергелях, в Польше—на триасовых, юрских, меловых и послетретичных известняках, мергелях и мергелистых глинах, в Саратовской губ. —на мелу и т. д.

Рендзины, встречающиеся в черноземной зоне, приурочиваются к лесным или бывшим лесным участкам, ибо при степной обстановке известковые и меловые породы превращаются в почвы, не отличимые в конечном итоге от нормальных черноземов.

Кроме СССР, в пределах подзолистой зоны рендзины известны в Германии, Венгрии, Швеции (формируются нередко на послетретичных мергелистых породах), встречаются, вероятно, и в других государствах Европы, в области той же зоны.

В теплоумеренной зоне эти почвы описаны Драницыным для сев. Африки (провинция Константина и область так назыв. телля, среди красноземов).

Строение изученных рендзин представляется в следующем виде:

$A_1$ — Поверхностный серый, темносерый, а иногда почти черный горизонт (во влажном состоянии), содержащий большее или меньшее количество обломков известняка или мергеля, а иногда и свободный от них. Мощность его различна (15—30 см.).

$A_2$ — Слабее окрашенный перегноем беловато-серый, иногда несколько буроватый горизонт, содержащий значительное количество обломков материнской породы.

C — Щебенчатая масса материнской породы.

Повидимому, и в тропиках возможно ожидать образования рендзин, но они там, вероятно, довольно быстро превращаются в латеритные почвы.

Поверхностный горизонт рендзин тем серее, чем он суше. В сильно сухом состоянии пыль его разносится ветрами, почва сильно пылит, почему в Саратовской губ. крестьяне называют рендзины „попылухами“ или „попелухами“ [1]). В изучавшихся нами рендзинах Ленинградской губ. гумусовый горизонт имеет ясную зернистую структуру. О такой же структуре рендзин Саксонии говорит и Квашнин-Самарин.

Несколько отличаются от описанного типа известково-перегнойные почвы, развивающиеся на пресноводных известковых туфах, содержащих значительную примесь железа. В этом случае все горизонты почвы приобретают красновато или охристо-бурую окраску, так как цвет окислов железа сильно маскирует окраску, зависящую от веществ гумуса.

С химической стороны рендзины изучены крайне недостаточно; некоторые данные существуют в русской литературе лишь для рендзин Польши. Гумус этих почв здесь отличается меньшей растворимостью, чем у соседних подзолистых почв, но растворимость его выше,

[1]) Димо. Почвоведение, 1903, № 2. Возможно и другое толкование этих деревенских терминов. Крестьяне „пепел“ называют „попелом“, а сухие рендзины иногда имеют цвет пепла, что в особенности должно бросаться в глаза в черноземной зоне, где преобладающая окраска почв черная.

чем у чернозема. Гумуса в различных известково-перегнойных почвах находили от 1,5 до 7%, чаще всего содержание колеблется между 3 и 4%. Поглощенного кальция рендзины содержат значительно больше, чем соседние подзолистые почвы, как показали наши исследования в Ленинградской губ. Реакция их здесь щелочная ($P_н$=7,2—7,5).

Приведем анализы Малевского, относящиеся к рендзине окрестностей Менцмержа Люблинской губ. Исследован мелкозем трех последовательных горизонтов ($A_1$, $A'_1$, и C), прошедший через сито Кнопа № 5. Результаты получились следующие:

| | $A_1$ | $A'_1$ | C |
|---|---|---|---|
| Воды при 105° Ц. . . . . | 2,637 | 2,489 | 2,014 |
| Растворилось в HCl удельн. веса 1,12 на холоду: | | | |
| $CaCO_3$ . . . . . | 46,69 | 60,58 | 69,66 |
| $MgCO_3$ . . . . . | 0,52 | 0,24 | 0,09 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 1,26 | 0,83 | 0,85 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 0,69 | 0,59 | 0,47 |
| $SiO_2$ . . . . . | 0,006 | 0,003 | 0,003 |
| В прокаленн. нераствор. остатке найдено: | | | |
| $SiO_2$ . . . . . | 82,10 | 78,65 | 81,75 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 10,81 | 15,12 | 13,58 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 1,59 | 2,38 | 2,24 |
| CaO . . . . . | 5.13 | 4,14 | 1,12 |
| MgO . . . . . | 1,34 | 0,21 | 0,11 |

В Германии, насколько нам известно, наиболее подробные петрографические, физико-механические и химические исследования известково-перегнойных почв произведены Людеке над почвами окрестностей Геттингена, лежащими на различных ярусах среднего отдела триаса. Этими исследованиями мы и воспользовались для нижеприводимых таблиц.

**Механический состав почвы**

| Местность, откуда взят образец | В % всей почвы | | | | % мелкозема | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Частицы с диаметром | | | | Диаметр частиц в миллим. | | | | | | |
| | Более 10 мм. | 10—4 мм. | 4—2 мм. | Мелкоз. менее 2 мм. | 1—2 | 0,5—1,0 | 0,2—0,5 | 0,1—0,2 | 0,05—0,10 | 0,01—0,05 | Менее 0,01 |
| Dransfeld . . . . . | 50,2 | 4,7 | 0,8 | 44,3 | 4,5 | 2,2 | 7,9 | 5,4 | 9,2 | 11,6 | 57,8 |
| Dransfeld . . . . . | 12,7 | 13,7 | 4,0 | 69,6 | 2,9 | 3,3 | 1,7 | 3,9 | 5,9 | 23,2 | 58,6 |
| Deppoldhausen . . . . . | 0,1 | 0,7 | 0,2 | 99,0 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 1,7 | 12,1 | 41,6 | 43,2 |
| Deppoldhausen . . . . . | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 99,9 | 0,1 | 0,5 | 0,8 | 4,0 | 19,3 | 41,2 | 34,3 |
| Rosdorf (почва на туфе) . . . . | 1,6 | 2,5 | 0,7 | 95,2 | 4,2 | 4,9 | 3,1 | 4,7 | 19,9 | 41,2 | 21,4 |

**Химический состав**

| Местность, откуда взят образец | Растворитель | Колич. воды мелкоз. | Нераствор. остаток | Потеря при прокалив. | Кремнез., раствор. в кислоте | Кремнез., раствор. в соде | $Fe_2O_3$ | $Al_2O_3$ | CaO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Roringen | Крепк. HCl. | 3,93 | 50,93 | 5,09 | 0,08 | 7,61 | 3,89 | | 11,72 |
| Roringen | Крепк. HCl. | 3,16 | 61,88 | 3,37 | 0,14 | 12,01 | 8,3 | 6,55 | 2,91 |
| Deppoldhaus | Крепк. HCl. | 3,20 | 70,34 | 3,03 | 0,12 | 11,96 | 3,95 | 8,37 | 0,53 |

| Местность, откуда взят образец | Растворитель | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | $CO_2$ | $P_2O_5$ | $SO_3$ | Сумма | Азот |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Roringen | Крепк. HCl. | 5,57 | 0,25 | 0,2 | 14,5 | 0,17 | 0,34 | 100,3 | 0,15 |
| Roringen | Крепк. HCl. | 0,82 | 0,46 | 0,12 | 2,49 | 0,11 | 0,12 | 99,73 | — |
| Deppoldhaus | Крепк. HCl. | 0,46 | 0,56 | 0,12 | 0,04 | 0,18 | 0,15 | 99,81 | 0,17 |

Рендзины являются образованиями временными, способными превращаться в подзолистую почву в том случае, если продукт выветривания утрачивает специфические свойства материнской породы, способствовавшие выработке своеобразной почвы. Пример превращения рендзины в подзолистую почву можно наблюдать в окрестностях г. Холма (Польша).

Повидимому, аналогичный пример был аналитически исследован Councler'ом, который изучал состав почвы по горизонтам, а именно:

1. Гумусовый горизонт сплошной окраски . . . . 2—4 см.
2. Серый или чернобурый суглинистый горизонт . 23—30 „
3. Желтоватая глина . . . . . 5—16 „
4. Основная порода (известняк).

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| $H_2O$ | 7,59 | 4,26 | 8,70 | 0,21 |
| $CO_2$ | 0,14 | 0,56 | 1,11 | 41,74 |
| $SiO_2$ | 63,57 | 67,74 | 54,13 | 2,06 |
| $Al_2O_3$ | 9,83 | 12,13 | 17,60 | 0,90 |
| $Fe_2O_3$ | 3,82 | 2,90 | 6,53 | 0,51 |
| CaO | 1,14 | 1,16 | 1,16 | 52,98 |
| MgO | 0,94 | 0,99 | 0,83 | 0,76 |
| $K_2O$ | 2,32 | 2,64 | 2,65 | 0,39 |
| $Na_2O$ | 0,66 | 1,09 | 0,93 | 0,30 |
| $P_2O_5$ | 0,21 | 0,22 | 0,20 | 0,03 |

Здесь в химизме горизонтов 1 и 2 сказываются свойства подзолистой почвы, так как оба эти горизонта обеднены полуторными окислами по сравнению с горизонтом 3 и обогащены кремнеземом.

О почвах, образующихся на гипсовых породах, мы знаем пока еще немного. Они были отмечены Ткаченко в лесах Архангельской губ., а в последнее время изучались Квашниным-Самариным в горах Саксонии.

Приведем один из профилей, даваемых последним исследователем.

$A_0$. Дериовый слой с включениями грубозернистого материала, темносерый. Мощность 5—6 см.

$A_1$. Светлее; в сухом состоянии серый, в увлажнением темнобурый. Без определенной структуры. Содержит как тонкий, так и грубозернистый материал. Мощность 36 см.

$A'_1$. Серовато-желтый, богатый мелкозернистым материалом. Мощность 20 см.

C. Слоистый гипс.

Гориз. $A_1$—заметно вскипает, гориз. $A'_1$—сильно вскипает; в гориз. C вскипания нет.

Анализы этой почвы дают следующие результаты:

| | $A_1$ | $A'_1$ | C |
|---|---|---|---|
| Гумус . . . . . | 8,08% | 2,27% | — |
| в 10% HCl растворилось: | | | |
| $SiO_2$ . . . . . | 0,18 | 0,16 | 0,37 |
| $Fe_2O_3+Al_2O_3$ . . . . . | 1,78 | 2,86 | 0,97 |
| $Mn_3O_4$ . . . . . | 0,07 | 0,01 | — |
| CaO . . . . . | 14,35 | 25,99 | 36,41 |
| MgO . . . . . | 0,89 | 1,61 | 0,91 |
| $K_2O+Na_2O$ . . . . . | 0,41 | 0,86 | 0,79 |
| $SO_3$ . . . . . | 0,36 | 0,87 | 40,71 |
| $P_2O_5$ . . . . . | 0,05 | 0,06 | — |
| $CO_2$ . . . . . | 10,59 | 26,55 | 3,69 |

Как видно, гипсовая порода содержит около 7% $CaCO_3$. При выветривании, повидимому, идет выщелачивание гипса, благодаря чему сначала увеличивается количество $CaCO_3$, которая затем, в свою очередь, начинает вымываться.

## ЛИТЕРАТУРА


Councler. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, 1883, 16.

Димо. „Почвоведение", 1903, № 2.

Драницын. Тр. Докуч. Почв. Комит., вып. III, 1915.

Encyklopedia rolnicza. Uprawa i sklad roli, 1901.

Katzner. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst. 1887.

Kwaschnin-Ssamarin, N. Gips-, Kalk- und Podsolböden im Kyffhäuser. Kaunas, 1926.

Лебедев. Журн. Оп. Агрон.. 1904.

Lüdecke. Zeitschr. f. Naturwissensch. Bd. 65, 1892, H. 4 u. 5.

Мазановский. Журн. Оп. Агрон., 1903, кн. V.

Малевский. Зап. Ново-Александр. Инст. С. Хоз. и Лесов., 1877. Исследование продукт. выветр. мелового мергеля (Люблинской губ.) при переходе его в слой растительной почвы; Зап. Ново-Александр. Инст., 1876. Таблица анализа почв и подпочв.

Miklaszewski, S. Comptes rendus de la III Conférence pédologique a Prague, 1922.

See, K., von. Jntern. et Mitteill. für Bodenkunde, Bd. XI, H. 3/4, 1921.

Сибирцев. Н. О почвах Привислинского края.—Тр. Вольн.-Экон. Общ., 1896, № 1.

Wolff. Der Hauptmuschelkalk und seine Verwitterungsprodukte.—Landw. Versuchst., Bd. VII.

Wolff u. Wagner. Württemberg. Jahresber. f. vaterländ. Naturkunde, 1871.

ГЛАВА IV

## Ископаемые и древние почвы

Как поверхностные образования, почвы легко подвергаются действию механических факторов. В местностях более или менее влажных они легко размываются текущими водами и не только водами рек, речек и ручьев, но и дождевыми и снеговыми. В областях моренного рельефа, где много высоких холмов и крутых склонов, на вершинах первых и на переломах вторых почвы нередко совсем нет, или сохраняются ее нижние, более плотные горизонты, тогда как более разрыхленные поверхностные снесены. Материал этих различных горизонтов почвы сносится в котловины, в долины рек, ручьев и пр., а частью задерживается на склонах. В первом случае он идет на образование аллювиальных наносов, во втором—из него строится делювий. При этих процессах зачастую органическая составная часть почвы, растворяясь, отмываясь механически водой и, наконец, разлагаясь, совершенно исчезает, и для построения наноса остается лишь минеральный материал бывшей почвы. Результатом этих смываний и намываний является постепенное уничтожение крутых склонов, заполнение котловин, вообще нивеллировка местности, и на развалинах старых почв, нередко при более благоприятных условиях рельефа и, следовательно, с надеждой на более продолжительное существование, строятся новые почвы, частью того же типа, частью других типов, Так, например, материал, слагавший некогда подзолистый суглинок, отложившись в котловине, служит затем образованию болотной почвы, из наносов бывшего латерита, отложившихся на пологих склонах. продолжает формироваться латерит же, и т. д.

Идущие с наибольшей энергией в областях тропических дождей, в бывших некогда под лесами районах холодно-умеренной зоны, процессы размывания проникают в область черноземной степи, где нередко геологический характер поверхностных пород содействует быстрому росту оврагов. Целые системы последних, бороздя степь, с одной стороны способствуют энергичному размыванию и выносу материала черноземных почв, с другой, помогают внедрению лесов в степь и изменению условий почвообразования прежних черноземных областей. При помощи таких процессов почти исчезли степи Зап. Европы; понемногу, начиная от северной границы, исчезают и наши степи (Richthofen).

Более сухие полосы степей и пустынных степей, меньше страдая от размывания, подвергаются действию ветров, которые с неменьшей энергией разрушают почвы, строят из разрушенного материала наносы, отлагая последние по речным долинам, балкам, или у каких-либо заграждений, разносят на большие пространства тончайшую пыль вместе с почвенными солями, создавая на юго-востоке явления мглы или помохи (Димо).

По отношению к южно-русским степям явления развевания давно были подмечены Палласом, Гельмерсеном, Баумом, Лепле и др.

Наиболее подробные наблюдения в этом направлении в Бердянском у. Таврической губ. были произведены Бычихиным. Пыльные бури свирепствуют здесь и летом, и зимой, и результатом их является уничтожение поверхностных горизонтов почв вместе с посевами и образование мощных наносов. О размерах явления можно судить по цифровым данным, определяющим величину площади с поврежденными посевами. Эти данные, собранные Бердянским по крестьянским делам присутствием, показали, что в 1886 г. от ветра и наносов пострадали на территории уезда 34.408 десятин озимых посевов; кроме того, от заносов пострадали 1.662 крестьянских усадьбы. Еще энергичнее свирепствуют пыльные бури в пустынных степях и особенно в пустынях, где ветер сплошь и рядом уносит все мелкоземистые частицы продуктов выветривания.

Казалось бы, при столь легком разрушении почвенных образований трудно рассчитывать на сколько-нибудь продолжительное сохранение почв и на нахождение их в ископаемом состоянии в более или менее древних материковых образованиях различных геологических систем. Однако, такое заключение, как показывают факты, не вполне правильно: ископаемые почвы существуют, и для сохранения таковых природа практикует весьма разнообразные способы.

Прежде всего возможно ожидать сохранения почв под морскими и ледниковыми наносами. Первый из этих случаев несомненно редок, так как при морских трансгрессиях, вместе с наступлением моря на материк, происходит и размывание прибрежных пород, а следовательно и почв. Ясно, что здесь больше данных за то, чтобы встретить дериваты почв, чем самые почвы. Но нам известны факты моментального погружения суши под воду во время землетрясений, и в этом последнем случае сохранение почвы более вероятно. Можно, однако, указать на примеры погребения почвы и под трансгрессивными слоями. Такие факты указываются, например, для низового Поволжья, в пределах Астраханской губернии. Арало-каспийские осадки этой области подстилаются пластическими глинами, верхние горизонты которых свидетельствуют о том, что, перед отложением песчано-глинистой каспийской толщи, упомянутые глины пережили наземно-континентальный период. Местами мульды и крылья, образованные складками этих глин, заполнены торфянисто-растительными слоистыми скоплениями, или в массе самих глин наблюдаются растительные прослойки (Православлев). Нахождение торфяных масс отмечено также Чернышевым под морскими наносами террасовых образований р. Белой (Кротов и Нечаев, Никитин и Ососков). Если упомянутые торфяные массы и не представляют в строгом смысле почв, то во всяком случае их присутствие дает повод искать в тех же горизонтах и следов почвообразовательных процессов.

Что касается погребения почв под ледниковыми наносами, то такие факты с несомненностью известны среди ледниковых образований Сев. Америки. Там эти ископаемые почвы дают возможность расчленять всю толщу ледниковых образований на группы и весь ледниковый период разделять на эпохи. Некоторые американские глациалисты намечали последовательные зоны выветривания между моренными осадками различных эпох, давая этим зонам специальные названия: Sangamon, Jarmouth, Peorian.

Приведем описания нескольких разрезов, даваемые Leverret и др. Сенгамонская зона выветривания впервые была отмечена проф. Worthen, который дал и описание одного из разрезов, а именно:

| | | |
|---|---|---|
| 1. Современная почва . . . . . | | 30—75 см. |
| 2. Желтая глиина . . . . . | | 90 см. |
| 3. Беловатая связная глина с раковинами . | 1 м. 50 „ | —2 м. 40 см. |
| 4. Черный ил с обломками . . . . . | 90 „ | —2 „ 40 „ |
| 5. Голубоватая валуиная глина . . . . . | 2 „ 40 „ | —3 „ |
| 6. Серый hardpan, очень твердый . . . . . | 60 „ | |
| 7. Глина с валуиами . . . . . | | 6—12 „ |

По поводу той же зоны выветривания Leverret сообщает следующее: почва здесь черного цвета, прикрывается глинистым наносом, стоящим в связи с деятельностью Иллинойского ледника. Выветривание и образование почвы продолжалось в течение значительного периода, что ясно из разложения валунов и выщелачивания глины, из которой обычно совершенно вымыта известь. Почва не всегда имеет черный цвет; иногда только темнобурая окраска глины свидетельствует в пользу того, что она некогда залегала на дневной поверхности. Цвет покрывающего почву наноса светлее, чем окраска бурой почвы; контраст резко заметен.

Для Ярмутской зоны выветривания описывается, между прочим, следующий разрез:

| | |
|---|---|
| 1. Лесс . . . . . | 1 м. 80 см. |
| 2. Черная почва с пепельно-серой подпочвой . . | 1 „ 50 „ |
| 3. Бурая глина с валунами (Иллинойская) . . . . | 4 „ 50 „ |
| 4. Черная иловатая почва с серой подпочвой (Ярмутская) . . . . . | 1 „ 80 „ |
| 5. Бурая глиина с валунами (Kansas) . . . . . | 4 „ 50 „ |

Другие разрезы в области той же зоны дают несколько иную картину, например:

| | |
|---|---|
| 1. Желтая глина (Иллинойская) . . . . . | 10 м. 80 см. |
| 2. Песок с гнездами синей глины и цементированного гравия . . . . . | 21 „ 90 „ |
| 3. Черный ил . . . . . | 1 „ 80 „ |
| 4. Песок и гравий, вероятно аллювиальные . . . | 4 „ 50 „ |
| 5. Синяя глина (Kansas) . . . . . | 12 „ 60 „ |

Пеорийская зона выветривания выражается тем, что верхняя часть лесса, на глубину 60—90 см., окрашена в красновато-бурый цвет и ясно выщелочена. Выщелачивание распространяется от поверхности до глубины 1 м. 80 см.

Из сообщенных данных и других описаний Leverret видно, что почвы северо-американских глациалистов не всегда представляют почвы в нашем смысле, но существуют и разрезы, где исследователь имеет дело с почвами болотного или подзолистого типов.

Аналогичные примеры могут быть указаны для доледниковых и межледниковых образований Западной Европы и европейской части СССР. Напомним о существовании болотно-наземных образований под валунными глинами Саратовской губ. (Земятченский), о темных, пропитанных органическими веществами, слоях среди пресноводных мергелей б. Полтавской губ. (Агафонов), об ископаемых торфянистых массах Смоленской губ. (Глинка), об ископаемых почвах б. Минской губ. (Миссуна), б. Черниговской губ. и пр.

Интересны также красные глины юга Воронежской губ., залегающие под послетретичными наносами.

Во многих случаях можно установить их связь с различными зеленоватыми глинами третичного возраста. Соотношение между

красными и зеленоватыми глинами иногда такое, как между почвой и материнской породой.

Повидимому, продуктами выветривания (ископаемыми почвами) являются и красные глины окрестностей Новочеркасска, лежащие на понтических известняках.

При внимательном исследовании, вероятно, удастся найти и еще ряд древних процессов почвообразования. Возможно, что к таковым относятся тихвинские бокситы, может быть, лишь перемещенные водными потоками (Малявкин).

Третий возможный случай сохранения ископаемых почв, это— прикрытие их аллювиальными наносами. Всякий, кому приходилось изучать строение речных долин, неоднократно наблюдал в разрезах речных берегов, старых русл и даже глубоких промоин погребенные почвы, иногда ничем не отличающиеся от современной живой почвы той же долины. У больших рек, в древних, оставленных современными разливами, частях речной долины, наблюдаются иногда погребенные почвы, расположенные на древнем аллювии и прикрытые наносами с ближайшего коренного берега, при чем на этом наносе успела уже сформироваться новая почва. Такой случай можно наблюдать в окрестностях Ново-Александрии, у правого коренного берега р. Вислы.

Особого внимания заслуживают погребенные почвы, отмечаемые в южно-русских степях (Набоких, Ласкарев[1]), Флоров, Красюк, Крокос, Махов, Соболев). Эти погребенные почвы были использованы даже, как материал для установления нескольких ледниковых эпох, хотя некоторые из упомянутых находок вызывают пока известные сомнения.

По крайней мере, целый ряд схематических чертежей, даваемых для б. Волынской и б. Подольской губ. Красюком, очень мало напоминают ископаемую почву. Часто это несомненные выделения гумуса над бывшим уровнем грунтовых вод, что сопровождается оглеением вышележащей породы; такие случаи мы описывали для черноземов Воронежской губ. В пользу нашего заключения говорит и то, что „очертания погребенного слоя обычно концентрически следуют за очертаниями современного рельефа". Такое явление было бы очень мало понятным, если бы погребенный гумусовый горизонт представлял ископаемую почву. Количество гумуса в погребенных гумусовых горизонтах б. Волынской и б. Подольской губ. не превышает 1,5%, а иногда бывает и меньше 1%.

Для погребенного гумусового горизонта б. Киевской губ. Флоровым отмечается, что верхняя его граница иногда вдается языками и карманами в вышележащий слой лесса, что погребенная почва обычно испещрена большим количеством охристых пятен и черных бобовинок, что темный прослой погребенной гумусовой почвы сопровождается непосредственно его подстилающим светлопалевым, сильно карбонатным горизонтом, что последний иногда превращается в сизоватую оглеенную породу, часто слабо карбонатную в массе, но густо пронизанную крупными желваками $CaCO_3$.

Если прибавить к сказанному, что описанный гумусовый горизонт лежит на глубине около 3 м., что содержание гумуса в нем редко превышает 1%, а чаще бывает менее 1%, то будет ясно, что мы имеем здесь дело с глеевыми горизонтами бывшей недренированной степи. Появление кротовин и ходов червей в гумусовом

[1]) Ласкарев указывает такие же погребенные горизонты в лессе окрестностей Белграда.

горизонте представляет вторичное явление: они появились здесь после того, как исчез бывший уровень грунтовой воды [1]).

Таким образом, нужно еще раз внимательнее проштудировать морфологию гумусовых горизонтов наших лессов и отбросить все то, что не может считаться ископаемой почвой.

Четвертый случай сохранения почв, это—погребение их под потоками лавы или вулканическим пеплом. Еще Ляйелль описывал на Мадейре латериты, покрытые потоками базальта, который, изменив несколько эти почвы в контакте, в то же время сохранил остальную их массу от разрушения и изменения. Green указывает подобные же случаи для Ирландии и Шотландии.

Еще легче сохраняется почва при постепенном занесении ее эоловыми осадками. Ископаемые почвы среди песчаных дюн и вообще эоловых песков далеко не представляют редкости, и мы о них уже говорили раньше, характеризуя деградацию супесчаных черноземов.

Изучение ископаемых почв, помимо непосредственного интереса, может иметь еще значение для характеристики физико-географических условий тех геологических периодов, в осадках которых такие почвы найдены. Так, находка Рихтгофеном ископаемых латеритов под лессами Китая дала ему повод предполагать, что современные пустыни Китая представляли ранее области с тропическим климатом. С такого рода заключениями нужно быть, однако, очень осторожным и прежде всего необходимо получить уверенность, что объектом наблюдения действительно является почва, а не механический нанос почвенного материала, так как последний деятельностью воды и ветра может быть перенесен на очень далекое расстояние от того места, где формировалась давшая ему начало почва. Помимо этого, безусловно необходимо изучать ископаемые почвы на значительном протяжении и не делать выводов на основании знакомства с каким-нибудь одним разрезом.

На ряду с ископаемыми почвами необходимо штудировать и древние почвы (реликтовые почвы других авторов). Предположим, что в какой-либо области земного шара процесс почвообразования начался хотя бы в третичную эпоху и протекал непрерывно до настоящего времени. Если условия почвообразования с начала до конца были одни и те же, то почва во всей своей массе будет носить совершенно одинаковые черты. Если же условия изменялись, то нижние горизонты почвы могут нам представить совершенно иные черты строения, чем верхние. Говоря иными словами, мы будем иметь в этом последнем случае как бы две различные, налегающие друг на друга почвы. Верхняя дает представление о современных условиях почвообразования, нижняя—об условиях древних.

Представителями древних почв первой группы являются некоторые латериты Индии, которые начали формироваться местами в третичную эпоху, а местами, быть может, и раньше. Так как, однако, условия почвообразования в данном случае оставались одними и теми же, то почва во всей массе носит одинаковые черты строения, или, правильнее говоря, черты строения, присущие только одному почвенному типу.

К другой группе древних почв можно причислить древние красноземы окрестностей Чаквы близ Батума, которые в настоящее время с поверхности оподзоливаются, хотя это оподзоливание далеко не всюду ясно выражено.

[1]) Deecke, упоминая о горизонтах выветривания в лессе, говорит, что здесь в большинстве случаев речь идет о проблеме грунтовой воды.

Если не ошибаемся, впервые Краснов сблизил чаквинские почвы с латеритами, указав на их сходство с почвами Цейлона, Южного Китая и Японии. Называл их латеритами также и Докучаев. Следует, впрочем, заметить, что сближение чаквинских почв с латеритами и даже отожествление их с этими последними делалось без достаточных оснований. Исследователи руководились в данном случае частью некоторой близостью в условиях почвообразования (черты климата), частью интенсивностью почвообразовательного процесса, частью, наконец, внешним цветовым сходством чаквинских почв с латеритными.

Климатические условия Батумской области характеризуются довольно высокой средней температурой года (+14,7°) и сравнительно громадным количеством осадков (2400 мм. и более). В январе, однако, средняя температура падает до +4 или +6°, а в отдельные дни зимы наблюдаются, хотя и кратковременные, морозы с падением температуры до —7,8°. Осадки зимой выпадают иногда и в виде снега, существование которого не бывает, впрочем, сколько-нибудь продолжительным. Условия эти, как видно, довольно далеки от тропических; они уклоняются даже значительно от субтропических, что касается преимущественно зимнего периода.

Горные склоны в окрестностях Чаквы одеты лесом, от которого ныне свободны лишь их нижние части, где заложены чайные плантации. Преобладающими древесными породами, по свидетельству Краснова, является каштан и бук, к которым примешиваются дуб, берест, клен, лесной орех и пр. Под тенью леса имеется густой вечнозеленый подлесок из самшита, падуба, рододендронов и лавровишни. Из кустарниковых пород тот же исследователь указывает на ежевику, Sambucus, Evonymus latifolius, Viburnum orientale, Daphne pontica и Ruscus hypophyllum. К перечисленным растениям присоединяются разнообразные папоротники, частью эпифитные, и плющ.

Современный почвообразовательный процесс только был констатирован морфологически в окрестностях Чаквы, химическому же исследованию не подвергался, что же касается древнего процесса почвообразования, покрывшего склоны Чаквы мощной красноцветной толщей, то он интересовал многих исследователей. Краснов в цитированной уже работе дает картину выветривания в самых общих чертах, останавливаясь на морфологии выветрившейся массы и на энергии процессов выветривания, и отмечая, между прочим, совершенно правильно, что в поверхностных горизонтах чаквинских почв имеется и наносный материал, механически снесенный с верхних частей склонов. Это последнее обстоятельство имеет важное значение при выборе образцов для исследования, где нужно быть уверенным, что выветрившаяся масса действительно получилась на месте, а не принесена извне. В этом отношении особенно надежными являются те пункты разрезов, где обнаруживается шаровая отдельность материнской породы. При выветривании на месте, как описывает и Краснов, форма этих отдельностей чрезвычайно ясно сохраняется в выветрившейся глинистой массе, при чем в центре такого глинистого шара, иногда до сажени и более в диаметре, нередко сохраняется ядро материнской породы, хотя и затронутое уже процессами выветривания. Там, где масса красной или буроватокрасной глины не имеет определенного сложения, приходится брать образцы из более глубоких горизонтов. В этом последнем случае критерием того, что исследователь имеет дело с продуктом выветривания, оставшимся на месте своего образования, могут служить сохранившиеся неперемещенными

прожилки белого цвета, о происхождении и природе коих речь будет ниже.

В работе Краснова никаких исследований химического состава материнской породы и почвы не имеется. В 1896 г. Аксенов и Красусский опубликовали несколько анализов поверхностных горизонтов чаквинских продуктов выветривания. Эти анализы процессов выветривания не разъясняют; обращает лишь внимание то обстоятельство, что в 10% солянокислый раствор переходит громадное количество полуторных окислов: до 27% глинозема и до 15% окиси железа.

В указанной выше статье Докучаева приводятся неполные аналитические данные, касающиеся материнской породы в $1^1/_2$ верстах к с. от Чаквы и продукта выветривания оттуда же. Согласно этим данным, в материнской породе содержание $Fe_2O_3$ колеблется от 11,67 до 12,97%, CaO—от 10,49 до 11,91%, $SiO_2$—от 42,74 до 47,05%, $Al_2O_3$—от 18,77 до 15,64%. Продукт выветривания содержал:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 35,00% |
| $Al_2O_3$ | 22,08 |
| $Fe_2O_3$ | 20,18 |
| CaO | 2,52 |

„Таким образом,—замечает по поводу этих анализов Докучаев,—в чаквинском латерите, повидимому, произошло значительное накопление окисей железа и глинозема и значительное обеднение кремнекислоты и особенно извести". В какой форме произошло накопление полуторных окислов, из каких соединений выщелочены кремнекислота и известь, приведенные анализы, конечно, разъяснить не могут.

Полнее аналитические данные Боча, но и они не дают ответа на интересующие нас вопросы; вот эти анализы:

| | | |
|---|---|---|
| Потеря при прокал. | 0,44% | 9,40% |
| $SiO_2$ | 48,03 | 37,95 |
| $Al_2O_3$ | 20,98 | 29,03 |
| $Fe_2O_3$ | 7,67 | 19,15 |
| CaO | 11,83 | 0,30 |
| MgO | 7,09 | 2,34 |
| $K_2O$ | 1,19 | 0,22 |
| $Na_2O$ | 2,52 | 0,29 |

Они дают возможность сделать те же выводы, которые сделал Докучаев, распространив эти выводы на магнезию и щелочи.

Переходим к наблюдениям и исследованиям, целью которых было выяснение вопроса, во что превращаются при выветривании отдельные минералы, слагающие материнскую породу окрестностей Чаквы (Глинка, К.).

Материнской породой Чаквы является авгитовый андезит, содержащий довольно крупные выделения авгита, калийно-натрового полевого шпата и магнезиального магнетита. Андезит встречается как в виде плотных масс, так и в виде породы с ясно выраженной шаровой отдельностью; и в той, и в другой разностях породы находятся кроме того цеолиты (из группы сколецита или мезолита), образуя в первом случае прожилки, а во втором миндалины.

Как удалось показать сравнительными анализами свежих минералов и продуктов их выветривания, полевой шпат чаквинского андезита превращается в каолин, давая промежуточные продукты, в виде кислых солей типа $(H_2, Na_2, K_2)Al_2Si_4O_{12}.nH_2O$.

| | Свежий полевой шпат | Промежуточн. прод. выветр. |
|---|---|---|
| $H_2O$ при прок. . . . . | 0,20% | 11,21% |
| $SiO_2$ . . . . . | 65,49 | 57,08 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 20,06 | 23,32 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | — | 1,08 |
| CaO . . . . . | 1,58 | сл. |
| MgO . . . . . | 0,19 | 0,42 |
| $K_2O$ . . . . . | 5,92 | 2,82 |
| $Na_2O$ . . . . . | 6,71 | 4,25 |
| Сумма . . | 100,15 | 100,18 |

Авгит при выветривании дает кристаллическую глину типа анауксита, который образует иногда очень хорошие псевдоморфозы по авгиту.

| | Авгит | Анауксит |
|---|---|---|
| $H_2O$ при прок. . . . . | — | 14,63% |
| $SiO_2$ . . . . . | 49,56% | 50,08 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 5,70 | 28,97 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 1,73 | 5,60 |
| FeO . . . . . | 5,47 | — |
| MnO . . . . . | 0,60 | — |
| MgO . . . . . | 12,65 | 0,64 |
| CaO . . . . . | 20,61 | — |
| $K_2O$ . . . . . | 0,46 | — |
| $Na_2O$ . . . . . | 3,01 | — |
| Сумма . . | 99,79 | 99,92 |

Прожилки и миндалины цеолитов превращаются в глину, имеющую состав галлуазита, но глина эта содержит примесь гидратов глинозема, почему акад. Вернадский считает, что ее следовало бы отнести к дилльниту. Эта глина и образует те белые прожилки в красноцветной толще древнего продукта выветривания, о которых упоминалось выше. В средних частях таких прожилков найден промежуточный продукт выветривания (см. стр. 126). Магнезиальный магнетит выветривается очень слабо, сохраняясь в виде свежих кристаллов в глинистой массе. Гидраты окиси железа встречаются иногда в форме турьита или, правильнее, имеют химический состав турьита. Таким образом, все указанные выше признаки свидетельствуют в пользу принадлежности древнего продукта выветривания Чаквы к группе субтропических красноземов.

В Чакве, как уже отмечалось выше, современный (подзолистый) тип выветривания химически изучен не был, поэтому мы обратимся теперь к рассмотрению другого случая нахождения древней красноземной почвы, где было изучено и превращение этой почвы в современную подзолистую. Такой случай был найден нами среди образцов, доставленных Д. Ивановым из Приморской области (Глинка, К. „Почвовед.“, 1911 г. № 3). Древние почвы красноземного типа образовались здесь из базальтовых лав, содержащих оливин и большое количество магнетита[1]), который, как и в Чакве, сохраняется в древних продуктах выветривания. Верхние горизонты древних продуктов выветривания местами подвергаются воздействию современного

[1]) Подробное петрографическое исследование этих пород произведено проф. Зайцевым в Варшаве.

подзолистого процесса почвообразования, морфологически выраженного иногда весьма резко. Химическая картина иллюстрируется следующими анализами:

1. Материнская порода.
2. Древний продукт выветривания.
3. Современный оподзоленный горизонт ($A_2$).

| | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| $H_2O$ при 100° Ц. . . . | 2,75% | 8,03% | 2,90% |
| Потери при прок. . . | 2,24 | 12,67 | 6,82 |
| $SiO_2$ . . . . . | 52,63 | 38,53 | 65,89 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 21,09 | 28,10 | 16,05 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 9,25 | 16,50 | 6,30 |
| FeO . . . . . | 2,89 | 3,49 | — |
| $Mn_3O_4$ . . . . . | 0,31 | 0,21 | — |
| CaO . . . . . | 6,31 | 0,24 | 1,30 |
| MgO . . . . . | 1,22 | 0,18 | 0,42 |
| $K_2O$ . . . . . | 0,87 | 0,18 | 1,94 |
| $Na_2O$ . . . . . | 2,88 | 0,14 | 1,39 |
| $P_2O_5$ . . . . . | 0,17 | 0,07 | 0,10 |
| Сумма . . | 99,86 | 100,30 | 100,21 |

Перечислив цифры всех трех столбцов на безводное вещество получаем:

| | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ . . . . . | 53,91% | 43,96% | 70,55% |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 21,60 | 32,06 | 17,18 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 9,47 | 18,94 | 6,74 |
| FeO . . . . . | 2,96 | 3,98 | — |
| $Mn_3O_4$ . . . . . | 0,31 | 0,22 | — |
| CaO . . . . . | 6,47 | 0,27 | 1,39 |
| MgO . . . . . | 1,25 | 0,20 | 0,44 |
| $K_2O$ . . . . . | 0,89 | 0,20 | 2,07 |
| $Na_2O$ . . . . . | 2,95 | 0,08 | 1,48 |

Приведенные цифры совершенно отчетливо свидетельствуют, что базальтовая лава некогда превратилась в почву краснозем ную с резким обеднением основаниями и кремнеземом и обогащением полуторными окислами, а затем красноземная почва подверглась подзолистому типу выветривания, при чем произошло резкое обогащение кремнеземом и обеднение полуторными окислами. Цифры показывают также, что подзолистая почва вновь обогатилась основаниями, и это не случайное явление, так как оно наблюдается и в других аналогичных образцах, анализов которых мы здесь не приводим. Отмучивая древний продукт выветривания в тяжелых жидкостях, нетрудно убедиться в том, что он, кроме глин, гидратов полуторных окислов и магнетита, содержит еще примесь почти свежих зерен полевого шпата, авгита и частью оливина. Когда этот древний продукт превращается в подзолистую почву, разложению и вымыванию подвергаются преимущественно гидраты и глины, как вещества более подвижные, а первичные минералы, сохранявшиеся в небольших количествах в красноземе, вновь как бы концентрируются, что и влечет за собой обогащение основаниями.

К сказанному необходимо добавить, что кипячение некоторых образцов древних продуктов выветривания с раствором едкой щелочи

указало на присутствие в них небольших количеств гидрата глинозема. Это явствует из следующих определений в щелочном растворе:

$Al_2O_3$ . . . . . 4,66%
$SiO_2$ . . . . . 3,74

Частичное отношение $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 1,3$, т. е. меньше, чем в каолине, галлуазите и пр.[1]).

Параллельно с характеристикой древних и современных процессов почвообразования в б. Приморской области интересно привести краткую характеристику фауны и флоры Приамурья, данную Грум-Гржимайло: „обзор остальных групп животного царства (кроме млекопитающих) не входит в нашу программу частью потому, что некоторые из них изучены еще очень мало (Reptilia, почти все Arthropoda, Vermes), частью же потому, что значение их для края пока еще вовсе не выяснилось; последнее замечание относится, разумеется, ближе всего к насекомым. Поэтому все, что мы можем сказать о всех этих фаунах, это то, что общий характер их вполне согласуется с тем, что мы уже видели на Амуре, в этой своеобразной стране, где виноградная лоза обвивает ель, где ореховое и пробковое дерево (Phellodendron amurense) растут рядом с березой или сосной, где соболь и тигр занимают одни и те же местности, где зачастую сохатый и северный олень встречаются с пятнистым оленем (Cervus Dybowskii), а белая полярная сова уступает место японскому ибису".

Из приведенного отрывка видно, что на территории Приамурья идет в настоящее время борьба между флорой и фауной теплого, почти субтропического климата и представителями флоры и фауны современного климата этой области, который характеризуется средней годовой температурой не выше +1 и +3° в южных частях области. Виноград, пробковое дерево и тигр представляют, по нашему мнению, реликты того периода, когда в Приморской области путем выветривания развивались красноземы, а сосна, ель и северный олень хорошо гармонируют с современными подзолистым и болотным типами почвообразования.

Древние почвы того же латеритного типа были описаны Крашенинниковым и Варсонофьевой для восточного склона Урала. Третичные красные продукты выветривания известны и в Тургайской области.

Пользуемся случаем, чтобы еще раз подчеркнуть здесь значение изучения древних почвообразовательных процессов для реставрации физическо-географических условий минувших геологических периодов.

При дальнейших исследованиях в б. Приморской области несомненно окажется, что местами современные почвы подзолистого типа развились из наносов, которые, в свою очередь, получались путем размывания древних продуктов выветривания, древних почв. Что такие случаи возможны, показывают наблюдения, произведенные нами в окрестностях Биксада в Венгрии (Glinka, K.).

Небольшой курорт Биксад (Bikszàd) помещается в межгорной равнине, по которой протекают небольшие ручьи и реченки, впадающие в р. Тур, приток Тиссы. С севера, востока и юга эта равнина оцеплена горами Аваш (Avas), высота которых в ближайших окрестностях Биксада достигает 1200—1300 метров. Сам курорт расположен на высоте около 160 метров над уровнем моря. Положение Биксада среди равнины, которая обильно орошается, могло бы привести

[1]) Большое количество образцов древних красноземных почв б. Приморской обл. собрано летом 1926 г. экспедицией Прохорова.

к заболачиванию его окрестностей, если бы равнина не дренировалась реченками и ручьями и если бы не сильное испарение (Биксад лежит приблизительно под 47°50′ с. ш.). Последние две причины привели к тому, что болот здесь не наблюдается, хотя среди долины и нередки влажные луговые места. Часть равнины и теперь покрыта могучими дубовыми деревьями, отдельные представители которых в парке курорта имеют возраст в несколько сот и до тысячи лет. Под влиянием лугово-лесной растительности и значительного увлажиения на равнине развиваются типичнейшие подзолистые почвы и частью переходные от подзолов к болотным.

Образец типичного подзола дает для горизонта А совершенно бесцветную прозрачную водную вытяжку, в которой на 100 гр. воздушно-сухой почвы определено:

| | |
|---|---|
| Общее количество раствор. вещ. | 0,0395 гр. |
| Из них: | |
| Органич. вещества | 0,0327 „ |
| Минерального вещества | 0,0068 „ |

Водная вытяжка из почв, переходных к болотным, также бесцветна и прозрачна; в ней определено:

| | |
|---|---|
| Общее количество раствор. вещ. | 0,0866 гр |
| Из них: | |
| Органич. веществ | 0,0763 „ |
| Минеральн. „ | 0,0103 „ |

Обе вытяжки очень характерны для почв подзолистого типа: наблюдается резкое преобладание органического вещества над минеральным.

Биксадские подзолы чрезвычайно богаты ортштейновыми конкрециями. Величина их довольно различна, форма же чаще всего более или менее округлая. Реже встречаются цилиндрические образования, полые внутри. Очевидно, последние формы представляют выделение вокруг растительных корней; они наблюдаются чаще всего в почвах, залегающих по котловинам. Состав конкреций ортштейна определяется следующими данными:

| | 1 | 2 |
|---|---|---|
| Потери при прок. | 6,45% | 7,02% |
| $SiO_2$ | 51,52 | 50,27 |
| $Al_2O_3$ | 10,67 | не опред. |
| $Fe_2O_3$ | 14,49 | „ |
| MnO | 12,93 | 11,29 |
| CaO | 1,91 | 1,75 |
| MgO | 0,93 | 0,86 |
| $K_2O$ | 1,13 | 1,31 |
| $Na_2O$ | 1,06 | |
| | 101,09 | |

Из приведенных цифр видно, что ортштейн богат как железом, так и марганцем, что бросается в глаза и при наблюдениях в природе. Громадное количество железа и марганца, при чрезвычайном обилии конкреций в биксадских подзолах, заставило меня искать источников, из которых могло накопиться в биксадской равнине такое количество упомянутых металлических окислов. Прежде чем говорить об этих источниках, отмечу, что биксадские ортштейны очень легко разлагаются соляной кислотой, при чем не только все железо и марганец,

но и значительная часть глинозема переходит в раствор. Исследованию подвергался образец ортштейна, близкий к № 1, но несколько более богатый железом; результаты получились следующие:

| | |
|---|---|
| Нерастворим. прокал. остатка . . . . . | 55,50% |
| Растворилось: | |
| MnO . . . . . | 12,16 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 17,88 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 7,13 |

Для сравнения состава подзола с ортштейном приводим цифровые данные:

| | Подзол (гор. $A_2$) | Ортштейн |
|---|---|---|
| Потеря при прок. . . . | 5,30% | 6,45% |
| $SiO_2$ . . . . . | 77,58 | 51,52 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 11,99 | 10,67 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 2,88 | 14,49 |
| MnO . . . . . | — | 12,93 |
| CaO . . . . . | 0,81 | 1,91 |
| MgO . . . . . | 0,61 | 0,93 |
| $K_2O$ . . . . . | 0,95 | 1,13 |
| $Na_2O$ . . . . . | 0,74 | 1,06 |
| Сумма . . . . . | 100,86 | 101,09 |

Среди наносных глин биксадской низменности, там, где эти глины не сильно оподзолены, обращают на себя внимание довольно частые включения в однородную сравнительно массу глины несколько более твердых кусков и кусочков, иногда целых гнезд также глинистой породы, но богатой или гидратами окиси железа, или окислами марганца, цементировавшими в большей или меньшей степени указанные кусочки. Внимательно рассматривая эти последние, можно было придти к заключению, что они представляют переработанный в новых условиях залегания какой-то древний продукт выветривания. Так как глины биксадской низменности образовались, очевидно, из тех выносов, которые давали соседние склоны, то оказалось необходимым внимательно изучить хотя бы ближайшие части горных склонов. Первая же экскурсия в предгорья, в пределах большого села Биксад и позади него (к с.) обнаружила весьма интересные факты. Как в самом селе (в верхней его части), так особенно позади его были встречены красные продукты выветривания, которые своим внешним видом и мельчайшими деталями своей морфологии напомнили продукты выветривания авгитового андезита в окрестностях Чаквы. Яркокрасный цвет, неравномерное распределение марганцевых соединений отдельными темнобурыми пятнами, сохранение микроструктуры материнской породы—все говорит за то, что мы имеем здесь дело с типичными красноземами латеритной группы. Встречаются эти красноземы далеко не всюду, а только на переломах склонов, на взлобках, где они не могли быть занесены позднейшими наносами и не могли быть изменены более новыми процессами почвообразования. На очень пологих склонах местных возвышенностей лежат слабоподзолистые почвы, в чем убеждают экскурсии на „Биксадский камень“ и высоты, лежащие позади него (к с.) и нависшие над долиной Тиссы. Нет этих красных продуктов и на крутых склонах, нет их и на высотах гор. Они приурочиваются, повидимому, почти исключительно к холмам предгорий, да и здесь в настоящее время весьма сильно смыты. Местами

смыта вся рыхлая часть продукта и осталась лишь полутвердая красная корка, прочно припаянная к материнской породе—андезиту. Эта корка, по крайней мере там, где ее пришлось наблюдать, совершенно не содержит бурых пятен марганцевых соединений, что видно и из приводимого ниже анализа этой корки. Ее химический состав еще не резко отличается от состава андезитовых пород. Впрочем, следует отметить, что анализированные образцы пород взяты не в том месте, где взята была корка. Анализы андезитов дали следующие результаты:

| | 1 | 2 |
|---|---|---|
| Потерн при прок. . . | 0,41% | 2,13% |
| $SiO_2$ . . . . . | 53,95 | 57,62 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 14,69 | 21,12 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 3,02 | 2,84 |
| FeO . . . . . | 5,24 | 3,87 |
| MnO . . . . . | 3,73 | 1,55 |
| CaO . . . . . | 9,47 | 6,50 |
| MgO . . . . . | 4,86 | 1,34 |
| $K_2O$ . . . . . | 2,05 | 1,62 |
| $Na_2O$ . . . . . | 2,93 | 1,85 |
| Сумма . . . . . | 100,35 | 100,44 |

Состав упомянутой выше корки выражается следующими цифровыми данными:

| | |
|---|---|
| Воды при 105° Ц. . . | 10,85% |
| Потери при прок. . . | 6,02 |
| $SiO_2$ . . . . . | 55,00 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 19,36 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 8,09 |
| MnO . . . . . | 0,72 |
| CaO . . . . . | 6,49 |
| MgO . . . . . | 3,43 |
| $K_2O$ . . . . . | 0,52 |
| $Na_2O$ . . . . . | 1,28 |
| Сумма . . . . . | 100,91 |

Количество воды, в том числе и гигроскопической, очень резко повышено, что весьма характерно для красноземного типа выветривания, повышено содержание окисного железа, но основания выщелочены еще сравнительно слабо; не произошло резких изменений и в количествах глинозема и кремнезема.

Более выветрившиеся массы, взятые из ближайших мест к с. Биксад, имели такой состав:

| | 1 | 2 |
|---|---|---|
| Воды при 105° Ц. . . | 9,81% | 11,67% |
| Потери при прок. . . | 9,87 | 9,23 |
| $SiO_2$ . . . . . | 47,65 | 48,47 |
| $Al_2O_3$ . . . . . | 25,23 | 38,46 |
| $Fe_2O_3$ . . . . . | 12,20 | |
| FeO . . . . . | 1,16 | |
| MnO . . . . . | 1,24 | 1,26 |
| CaO . . . . . | 1,70 | 1,32 |
| MgO . . . . . | 1,74 | 1,50 |
| $K_2O$ . . . . . | 0,36 | 0,29 |
| $Na_2O$ . . . . . | 0,15 | 0,27 |
| Сумма . . . . . | 101,30 | 100,80 |

Вся совокупность наблюдений в окрестностях Биксада приводит к заключению, что современные подзолы биксадской низменности образовались из наносов, которые, в свою очередь, сложены были в значительной своей части материалом размытых и перенесенных красноземов. Это обстоятельство является причиной богатства ортштейновых конкреций местных подзолистых почв окислами железа и марганца.

Из всего сказанного по поводу ископаемых и древних почв ясно, что изучение этих последних должно играть важную роль при реставрации климатических условий минувших геологических периодов. Если в современную нам эпоху латерит может образоваться лишь при условиях тропического климата, то так это было и в древние эпохи. Если под ледниковыми наносами или среди последних мы находим остатки подзолистых почв, то имеем право заключить, что доледниковая и межледниковые эпохи не слишком резко отличались по своим климатическим условиям от современной эпохи для тех областей, которые заняты ледниковыми наносами. Заключения, сделанные на основании изучения древних процессов выветривания, будут даже точнее, чем выводы, основанные на остатках ископаемой флоры и фауны, ибо и растения, и животные могут в известной степени приспособляться к изменившимся климатическим условиям, а процессы выветривания этого не могут. О такой приспособленности достаточно свидетельствуют виноград и тигр Приамурья. Необходимо только научиться узнавать тип выветривания не только тогда, когда продукт выветривания сохранил еще все свои морфологические особенности, но и тогда, когда эти последние в значительной мере уничтожены, а остались лишь своеобразные химические свойства продукта выветривания.

---

## ЛИТЕРАТУРА


Агафонов. Матер. к оценке земель Полтавской губ. Вып. XVI, гл. III, 1894.

Аксенов и Красусский. Тр. Общ. Физико-Хим. Наук. Харьков, год III (XXIV), стр. 13—14.

Армашевский. Зап. Киев. Общ. Естеств., т. VII, 1883; вып. 2.

Димо. Сельско-хоз. Вестн. Юго-Восточн. России, 1911, № 1—3.

Докучаев. Предвар. отчет об исслед. на Кавказе летом 1899 г. Тифлис, 1900.

Флоров, Н. Материалы по исследов. почв и грунтов Киевской губ. Одесса, 1916.

Geikie, J. Ann. Rep. of the Smiths. Inst., 1899.

Глинка, К. Ежегодн. по геолог. и минер. России, т. V, вып. 4—5, 1902.

„ „Почвоведение", 1909, № 3.

„ „ 1911, № 3.

„ Геология и почвы Воронежской губ. Воронеж, 1921.

„ Каолиновые глины Воронежской губ. Воронеж, 1919.

Glinka, K. Földtany Közlöny, 1911, XLI. 13.

Gorjanowic-Kramberger. Verhandl. d. zweit. internation. Agrogeologen-Konferenz, Stockholm, 1900, p. 323.

Green. Geology. Part. I. Physikal Geology, 1882, p. 254.

Грум-Гржимайло. Описание Амурской области. Спб., 1894.

Гуров. Геолог. описание Полтавской губ. Харьков, 1888.

Hunt, St. Geolog. Journ. London, XI, 1859, p. 488—496.

„ Geolog. Sos. Journ. Dublin, X, 85—95.

„ Americ. Journ. of Sc. Vol. XXII, 1883.

Коссовнч. Лекции почвоведення. Изд. для студ. СПБ., 1903, стр. 18.
Коржинский. Северн. граница черноз.-степной области в восточн. полов. Евр. России, 1888 и 1891.
Краснов. Тр. Общ. Естеств. при Харьк. Унив., 1893—94, 28.
Крашенинников. Изв. Докуч. Почв. Ком., 1915, № 3.
Красюк. А. Почвы и группы по линии Подольской ж. д. Петроград, 1922. С.-хоз. Учен. Ком. Отд. Почвоведения.
Крокос. Матер. для характернстики почвогрунтов Одесской и Николаевской губ. Одесса, 1923.
„ Лес і фосильні грунти південно-західної Украіни. Харків, 1924.
Криштафович, Ежегодн. по геол. и минер. России, т. I, вып. 1 и 2, 1896 и 1897.
„ Зап. Ново-Александр. Иист., т. XV, вып. 3, 1902 (литература).
Кротов и Нечаев. Тр. Общ. Естеств. при Казан. Унив., 1890.
Ласкарев, В. Зап. Общ. Под. Ест. и Люб. Прир., т. II.
Leverret. Journ. of. Geology, VI, 1898, p. 171—181, p. 244—249.
„ U. S. Geol. Surv. 1902.
Liebrich. Bauxit. 28 Ber. d. Oberh. Ges. f. Natur- und Heilkunde.
Lyell. Elements of Geology, 1864, p. 639.
Махів. Питания генези та эволюции грунтів Украінн. Харків, 1924.
Merill. Treatise on rocks, rock-weathering and soils, 1897.
Миддендорф. Очерки Ферганской долины, 1882, стр. 5, выноски.
Миссуна, А. Зап. Минерал. Общ., Сев. 2, ч. II, 1912 г.
Набоких, А. Зап. Общ. Под. Ест. и Люб. прир., т. III. 1915.
Nehring. Ueber Tundren und Steppen der Jetzt- und Vorzeit, 1890.
Никитин н Ососков. Труды Геолог. Ком., т. VII, № 2.
„ н Наливкнн. Бассейн Днепра. Тр. экспед. для исслед. источн. главнейш. рек Европ. России, 1896.
„ и Погребов. Бассейн Оки. Ibid., 1895.
Остряков. К познанию латеритных почв. Ч. 1 и 2. Казань, 1916 и 1918 гг.
Православлев. Тр. Варшавск. Общ. Естеств. Год X, 1900. Отдел биологни.
Раманн. „Почвоведение", 1901, № 1.
Richthofen. Führer für Forschungsreisende, 1901.
Рисположенский. Тр. Общ. Естеств. при Казан. Унив., т. XXIV, вып. 6.
Sauer. Zeitschr. f. die gesammt. Naturwiss, 1889, Bd. LXII, p. 21.
Земятченский. Пады, имение В. Л. Нарышкина. СПБ. 1894.
Соболев, Д. Вісник Украіиского відділу Геолог. Комит. 1925. Литер.
Соколов. Дюны, их образование, развитие и внутр. строение, 1884.
„ Зап. Имп. СПБ. Минерал. Общ., т. XI, 1902, стр. 35—112.
Стопневич, Искюль и Овсяников. Тихвинский боксит. Матер. для изуч. естеств.-произв. сил России, 31. Петроград, 1919.
Stremme, H. Geolog. Rd. I, 1910, Besprechungen, p. 337—344.
Танфильев. Землеведение, 1906, № 2.
„ Тр. Вольн.-Экон. Общ. 1897.
Тутковский. Изв. Геолог. Комит., т. XIX, 1900.
Чарноцкий. Изв. Геол. Ком., 1913 г., № 10.
Черныш ев. Изв. Геолог. Комит., т. VI, стр. 16 и след.
Wahnschaffe. Die Ursachen d. Oberflächengestaltung d. norddeutschen Flachlandes, 1901.
Walther, J. Das Gesetz der Wüstenbildung. 1900.
Варсонофьева и Сошкина. Рудн. Вестн. № 2, 1914.
Высоцкий, Г. „Почвоведение", 1901, № 2 и 3.
Zirkel. Lehrbuch der Petrographie, 2. Aufl., Bd. III, p. 771.

## ГЛАВА V

# Краткая характеристика почвенных зон СССР и ближайших соседних государств

По преобладающему типу почвообразования СССР может быть разбит на ряд зон, последовательно сменяющих друг друга в направлении с СЗ. на ЮВ. Каждая из этих зон характеризуется своеобразным комплексом почвообразователей, в каждой из них существуют и различные местные факторы, способствующие уклонению в сторону общего процесса и создающие среди основного зонального типа один или несколько интразональных. Задачей предлагаемой главы является характеристика почвообразователей и почвенного покрова каждой из русских зон, поскольку мы располагаем в этом направлении материалом.

На площади равнинной части СССР могут быть выделены следующие, постепенно переходящие друг в друга зоны:

1. Тундровая или торфяно-лишайниковая зона
2. Подзолистая или лесная „
3. Черноземная или степная „
4. Каштановая пустынно-степная „
5. Бурая „ „
6. Серая „ „

Перечисленные зоны изучены в настоящее время не только в европейской, но и в азиатской частях СССР, где, благодаря инициативе бывшего Переселенческого Управления, несколько лет велись, при помощи особых экспедиций, находившихся в заведывании автора, то схематические, то детальные почвенные съемки почти во всех почвенных зонах.

Кроме упомянутых зон равнинной части страны, заслуживают особого рассмотрения некоторые ее горные области, каковы Кавказ, Алтай, горные системы Туркестана.

### I. Тундровая зона

В климатическом отношении тундровая область изучена менее других, однако, некоторые данные имеются и для этой зоны. Одной из характерных особенностей полярного климата является долгая зимняя ночь с ее низкой температурой. В течение короткого лета незаходящее солнце посылает косые лучи, теплоты которых часто едва хватает на таяние снега и льда, и только склоны холмов и гор, получающие более отвесные лучи, согреваются сильнее, что сказывается и на растительности этих последних. Низкая средняя температура года (ниже 0°) в Восточной Сибири—12 и даже—17° и небольшое количество атмосферных осадков (300—200 мм. и менее), не превышающее

количество осадков пустынных степей, характерны для тундровой полосы. Однако, здесь это количество осадков, при наличности низкой температуры, вполне достаточно не только для насыщения, но и для пересыщения влагой поверхностных горизонтов земной коры, при подходящих условиях рельефа. Часть этой влаги находится неглубоко от земной поверхности в вечно мерзлом состоянии, что является, повидимому, основной причиной отсутствия леса в тундре (Танфильев).

Материнские породы значительной части тундровой зоны европейской части СССР и Зап. Сибири принадлежат морским осадкам так называемой бореальной трансгрессии. Эти осадки одни исследователи считали послеледниковыми, а другие межледниковыми. Последнее заключение базировалось на том, что в бассейне Сев.



Рис. 19. Вид тундры у южной ее границы.

Двины и на Кольском полуострове было обнаружено залегание трансгрессивных отложений между двумя толщами наносов, сложенных из материала поддонной морены. Породы, слагающие поверхностные осадки тундровой зоны, довольно разнообразны: иногда это пластичные серые глины, иногда более песчанистые глины и суглинки, а иногда пески. Все они ясно слоисты и содержат остатки морской фауны, а нередко и отдельные валуны. На ряду с морскими межледниковыми осадками находятся и насушные с остатками растений и костями млекопитающих.

По данным Чернышева, в период бореальной трансгрессии море покрывало все пункты описываемой области, не превышающие изогипсы в 150 метров.

Среди указанных наносов имеются местами и выходы различных коренных пород, в том числе и кристаллических.

По устройству поверхности тундра европейской части СССР довольно разнообразна. Согласно данным Танфильева, в восточной части тундровой зоны, между рр. Индигой и Печорой, а также, вероятно, и в Большеземельской тундре, глины и пески выходят на поверхность обширными площадями, иногда образуя невысокие бугры

или сопки, которые, благодаря равнинности тундры, хорошо бывают заметны даже издали. „Очень часто попадаются в той же части тундры между Индигой и Печорой речки и балки с крутыми склонами и более или менее замкнутые понижения, занятые всевозможных очертаний мелкими озерами в крутых торфяных берегах".

Указанные пространства песчаной и глинистой тундры, если они открыты действию ветров, зимой бывают лишены снега. Еще Шимпер полагал, что главными врагами полярной растительности являются не столько низкая температура и продолжительное отсутствие солнечного света, сколько бедность зимних периодов атмосферными осадками и зимние ветры, сдувающие и без того небогатый снеговой покров в кучи и оголяющие земную поверхность. От действия иссушающего ветра поверхность земли, не прикрытая снегом, покрывается, по Танфильеву, трещинами, системы которых, перекрещиваясь, отграничивают небольшие площадочки величиной в блюдце, тарелку или каретное колесо. На таких площадках растительность совершенно отсутствует, и только по трещинам появляются „деревянистые Ledum palustre, Vaccinium uliginosum, Betula nana, Rubus arcticus, Empetrum nigrum, Arctostaphylos alpina и Salix herbacea с примесью мха Polytrichum strictum". Такого рода тундру Танфильев называет лысой или пятнистой. В описываемой части тундры особенно бедны растительностью сопки. По сведениям, сообщаемым Палибиным, и в тундрах Новой Земли и Земли Франца-Иосифа растения не всегда принимают участие в процессе почвообразования.

К востоку от Индиги Танфильев отмечает также „обширные, почти горизонтальные площадки торфяно-кочкарной тундры, где минеральная почва одета сплошным торфяным слоем в 1—2 ф. мощности. Поверхность такой тундры плотная, не болотистая, покрытая небольшими, с кубич. фут и меньше, кочками. В растительности преобладают цвета грязнозеленые и светлосерые. Кочки состоят чаще всего из густой массы стеблей Polytrichum с Festuca ovina. На такой тундре всегда растут также Empetrum nigrum, Salix reticulata и herbacea, Betula nana, иногда Salix glauca и др. Общий белесоватый фон тундры зависит от лишайников Cladonia rangiferina и Stereocaulon paschale, иногда также от седых листьев ивы Salix glauca. Среди сплошного плотного торфяного покрова часто попадаются небольшие, более влажные понижения, поверхность которых одета сплошными подушками мха Jungermannia inflata, почти совершенно черного цвета, так что тундра производит тогда до иллюзии отчетливое представление, точно она обсыпана черным угольным порошком. В более влажных логовинках преобладание получают более крупные деревянистые растения, каковы ивы Salix myrsinites, lanata, hastata, а также Betula nana"...

На крутых склонах Тиманского кряжа, сложенных коренными породами, наблюдается лишайниковый покров из Cladonia rangiferina, Stereocaulon paschale, Cetraria nivalis.

На более ровных местах склонов лежит сплошной дерновый покров в два и более дюйма толщиной, составленный переплетающимися ветвями „Empetrum nigrum с Trichocolea tomentella, Jungermannia, Sphaerophoron, Cladonia rangiferina и злака Fectuca ovina и др." Этот дерн Танфильеву „удавалось сдирать с породы большими, в несколько фут поперечником, кусками".

„В земле Тиманских самоедов, на Канине и, повидимому, в восточной Лапландии наибольшим распространением пользуется, по данным Танфильева, тундра бугристая. „На восток она

доходит до Тимана, окаймляя, таким образом, почти весь западный, южный и южную часть восточного берега Чешской губы Ледовитого океана. Только на Канинском и Тиманском камнях она сменяется другими поверхностными образованиями. Под бугристой тундрой находятся обширные участки и к востоку от Индиги, но здесь этот тип не занимает господствующего положения, а приурочен только к пониженным участкам тундры, к верховьям рек и речек и к берегам многочисленных тундровых озер".

„Бугристая тундра покрыта, как доска шашками, громадными торфяными буграми, самой разнообразной формы и в различных стадиях развития, начиная с ничтожной кочки и кончая уже вполне сложившимся и, повидимому, уже мало растущим бугром. Они бывают то округлыми, то вытянутыми в длину, то перетянутыми в середине, то угловатыми или звездообразными. Бока или склоны этих бугров всегда очень крутые, но не настолько, чтобы на них нельзя было без затруднений взойти. Иногда бока бугров бывают и отвесные. Поверхность их в общем горизонтальная, но кочковатая и неровная. Размеры их весьма различны, но чаще встречаются бугры с диаметром от 5 до 25 метр., при вышине около 3—5 м. Консистенция их весьма плотная, благодаря близости мерзлоты, уровень которой даже в конце августа не лежит дальше 35—40 см. С поверхности бугры грязно-белого цвета или седого, который им придают лишайники Cladonia rangiferina, Cetraria nivalis, Stereocaulon paschale, Cornicularia aculeata, Sphaerophoron fastigiatum. Белесоватая окраска поверности бугров еще усиливается лишайником Ochrolechia tartarea, окутывающим своей белой коркой верхушки мхов Sphagnum и Polytrichum и вызывающим впечатление, точно бугор обсыпан каким-то белым порошком. Кроме лишайников, мха Sphagnum fuscum, также Polytrichum strictum и др., на буграх, особенно по их краям, всегда растут Rubus chamaemorus, Betula nana, Vaccinium uliginosum, Emperum nigrum, Andromeda polyfolia, Eriophorum vaginatum.

„Бугры, называемые тиманскими самоедами „ладь", а канинскими— „мога", отделяются друг от друга впадинами, шириной 5—15 м. В впадинах стоит вода. Мерзлота в них в начале июня находилась не ближе 40 см. Эти впадины самоеды называют „ерсеи" или „ярдеи".

Главная масса бугров состоит из мха Sphagnum fuscum, но на дне некоторых из них попадаются хорошо сохранившиеся остатки древесной растительности, даже ели и березы". Минеральная основа торфяника также имеет форму бугра. Иногда верхние ее горизонты, соприкасающиеся с торфом, обесцвечены благодаря выносу железа, раскисленного под влиянием торфа.

Kihlman считал бугристую тундру Кольского полуострова результатом эрозии мерзлой почвы водой, но такое толкование не приложимо к большей части Таманской тундры. Танфильев дает следующее объяснение образованию торфяных бугров: „Представим себе слегка пониженный, хотя и ничтожный по размерам, участок тундры, где собирается атмосферная вода. По берегам такого озерка появится болотная растительность, ближе к воде из Comarum, Menyanthes, Carices, а подальше из Eriophorum vaginatum, пучки которой скоро заселяются мхом Polytrichum и мелкими тундровыми кустарниками. Благодаря постоянному увлажнению, болотная растительность развивается здесь чрезвычайно пышно, а скоро появляется и мох Sphagnum fuscum. Постепенно, по мере его нарастания, часть растений (Comarum, Menyanthes, Carices) начинают пропадать, тогда как Eriophorum некоторое время еще продолжает вытягиваться вверх,

поспевая за ростом Sphagnum. На сфагновом субстрате возникают, вместе с тем, колонии обычных его спутников: Rubus chamaemorus, Andromeda polyfolia, Empetrum nigrum, Betula alba и др.

Так идет наростание торфа в вышину. Когда нарастает слой его настолько мощный, что образующаяся за зиму мерзлота уже не может оттаять—в Тиманской тундре около 36 см.,—то в будущем бугре появляется и мерзлое ядро. Сфагнум, главный строитель торфяника, увеличивает массу его не только в вышину, но, конечно, и по периферии. Но так как сфагнум хорошо растет только в воде атмосферной, бедной питательными веществами, то нарастание его будет итти энергичнее на верхней поверхности торфяника, получающей воду, главным образом, прямо из атмосферы, тогда как по краям, где близка минеральная почва и где торфяник начинает смачиваться также и водой, притекающей к нему по поверхности тундры, а потому и более минерализованной, рост будет менее быстрый. Кроме того, наверху вода легче удерживается, чем на склонах. Благодаря главным образом этим причинам, построенный из сфагнума торфяник получает выпуклую форму, как то давно уже было выяснено западно-европейскими торфоведами. Торфяной бугор есть, в сущности, выпуклый сфагновый торфяник.

Когда два соседних бугра разрастутся до соприкосновения своими подошвами, то между ними должна возникнуть долинка, которая таким образом является совсем не продуктом размыва".

Чтобы закончить характеристику физиономии европейской части тундровой зоны, остается указать еще на существование в тундре луговых пространств, приуроченных к поймам рек. Заливаемые рекой места поймы носят в Архангельской губ. название „наволок", а места, покрываемые морскими проливами, „лайда". По речным долинам растут также и древесные породы, что объясняется, по мнению Танфильева, понижением горизонта вечной мерзлоты.

Из всего сказанного следует, что области тундры, покрытые растительностью, заняты или мокрыми торфяными почвами, имеющими аналогию с более южными торфяно-болотными образованиями, или луговыми болотными и подзолистыми почвами по речным долинам или же, наконец, более сухими торфянистыми почвами. Морфология этих почв в европейской части СССР недостаточно изучена. Необходимо при характеристике почв тундры учитывать влияние вечной мерзлоты, которая хотя и наблюдается в более южных зонах, но далеко не представляет того сплошного развития, как в тундре. Кроме того, и глубина залегания мерзлых горизонтов и степень оттаивания их в летние периоды несколько иная в лесной зоне, чем в области тундры.

На местах, не затянутых растительностью, происходит, главным образом, механическое выветривание, фактором которого является преимущественно замерзающая вода. Такое выветривание дает наибольшие эффекты на плотных породах и мало проявляется на глинах и песках. Результатом являются скелетные почвы.

Судя по образцам почв, собранным Шульгой на о. Колгуеве, и по новейшим наблюдениям Красюка и Маляревского, в тундре могут итти и подзолообразовательные процессы, а следовательно образоваться и подзолистые почвы. Чаще всего последние появляются на песчаных и супесчаных субстратах, особенно если таковые занимают речные террасы в тундровой зоне. Таковые же почвы были найдены в тундре и лесотундре и другими исследователями.

Несмотря на ряд экспедиций, посещавших различные части тундровой зоны азиатской части СССР, мы сравнительно немного знаем

о той обстановке, в какой совершаются здесь процессы почвообразования. Наибольшее количество данных собрано было в этом отношении экспедицией Драницына. но материалы этой экспедиции остались неразработанными, так как исследователь погиб во время войны 1914—1916 гг.



Рис. 20. Торфяные бугры тундры. Фот. Сукачева.

Из работы Житкова, касающейся полуострова Ямала, мы узнаем, что мерзлота в тундре лежит на различной глубине в зависимости от почвы. „У Ярро—до 20 июля, на границе тундры и лайды,



Рис. 21. Растрескавшийся торфяной бугор. Фот. Сукачева.

где подпочва под тонким моховым слоем была глинисто-песчаная, мерзлота лежала на глубине 12 вершков". В песчаной тундре Житков не дошел до мерзлоты на глубине $1^1/_2$ арш., „хотя слои песку были уже очень холодны" (фактически мерзлота и здесь была, но не в виде льда, различаемого глазом).

Лесная растительность довольно далеко заходит в глубину Ямала. В типичной тундре полярная береза чаще наблюдается там, где сильнее травянистая растительность и много ягодных кустарников. Травянистая растительность богаче всего на речных лайдах, а затем на пониженных местах тундры. „Более высокие водоразделы бедны растительным покровом, часто почти лишены его".

В тундрах на Ямале почва редко покрыта толстым слоем торфа, но местами таковой наблюдается по берегам оврагов. В нижних горизонтах торфа находились истлевшие стволы деревьев, толщиной от 4 до 7 вершков.

По данным Толмачева, „Чукотская землица", т. е. часть с.-в. Сибири, лежащей к востоку от Колымы, большей частью каменистая тундра, иногда торфянистая, кочковатая, болотная.

Безайс характеризует тундру западной части Камчатки, как возвышенное плато. „Поверхность тундры слегка кочковатая с обыкновенными мелкими кочками и довольно широкими, достигающими около 3 метров в поперечнике, плоскими буграми". Между буграми и кочками мокрые места, иногда мутная черная вода. Кочки и бугры сухи и покрыты Cladonia rangiferina, Cetraria islandica и пр., в межкочковых пространствах Sphagnum и осоки.

Большее представление о типических рельефных формах тундры и о ее почвенном покрове мы почерпаем из работ Сукачева и Драницына. Характеристика почвенных разрезов плакорных мест зауральской тундры, данная Сукачевым, была приведена нами уже раньше, поэтому теперь мы остановимся лишь на некоторых рельефных чертах упомянутой тундры и на толковании генезиса этих рельефных особенностей.

„Часто можно видеть,—говорит Сукачев,—что вся поверхность тундры покрыта голыми обнаженными пятнами, лишенными всякой растительности, где на дневную поверхность выходит прямо желтобурый суглинок, то с большей, то с меньшей примесью щебенки". Такая пятнистая тундра очень типична для пространства между Карой и низовьями Оби.

Изучая строение таких пятен, Сукачев пришел к выводу, что они представляют собой массу, вылившуюся на поверхность из глубины, под влиянием того давления, которое возникает в суглинистой породе, пропитанной водой, когда она сдавливается нарастающими сверху и снизу мерзлыми горизонтами почвы. Таким образом, по представлению Сукачева, здесь совершается процесс, напоминающий излияние грязных вулканчиков. Драницын наблюдал такие же пятна в Большой низовой тундре Енисейской губернии. Гумусовый горизонт в таком пятне совершенно отсутствует, неглубоко от поверхности идет серовато-зеленоватая суглинистая или суглинистоиловатая масса с ржавыми примазками. Эта масса имеет нежную листоватую структуру и пористость, напоминая своей морфологией гор. $A_2$ подзолистой почвы или солонца. Пятно вскипает с поверхности от соляной кислоты. Правда, в состав материнских пород описываемой тундры входят кусочки и пыль доломита, почему вскипает здесь вся материнская порода, но в почвах, имеющих растительные покровы и гумусовые горизонты, вскипание наблюдается не с поверхности, а на некоторой глубине, в толще мерзлой породы.

В своем районе Драницын не нашел доказательств тому, что пятна тундры образуются катастрофическим путем, с помощью изливания на поверхность грязной массы. Он приходит к заключению, что формирование пятен есть длительный процесс, связанный

с неравномерным замерзанием и оттаиванием различных участков тундры, образованием трещин и их ростом. Неравномерность же всех этих процессов связывается с неравномерным распределением растительного покрова на поверхности тундры.

Городков полагает, что развитие пятнистой тундры протекает в несколько стадий: 1) морозы и сухие ветры вызывают на глинистых грунтах образование трещин и распадение поверхности почвы на полигональные отдельности; 2) края трещин, быть может расширенных замерзающей в них водой, осыпаются, превращаются в ложбинки и создают ложное выпячивание центральных частей полигональных участков; 3) поверхность этих пространств сильными ветрами зимой и, особенно весной, когда снег на более открытых местах исчезает, обнажается от растительного покрова и развевается; на песчаных грунтах возникают голые участки песчаной тундры, а на глинистых, с развитыми на них полигональными отдельностями растительность сохраняется по ложбинкам и трещинам, окружающим голые пятна; 3) эти голые глинистые пятна, оттаивающие весной ранее покрытых растительностью частей, расплываются, чему способствуют также и летние дожди, и создают впечатление полужидкой массы, которая вылилась на дневную поверхность и здесь затвердела.

Почвы плакорных положений Енисейской тундры Драницын характеризует следующим образом: „под нетолстым (3—7 см.) растительным мелкокочковатым покровом из мхов (виды Hypnum, Aulocomnium, Hylocomium, Ptylium, Rhytidium, редко отдельных экземпляров Polytrichum, и еще реже Sphagnum'a), мелких осок и вовсе карликовых веточек Betula nana—идет трудно отделимый от подстилки горизонт A (1—2 см.), а ниже гор. G—восстановленный, синеватый с обильными примазками ржавчины и мощностью в 20—25 см., сменяемый мерзлым одноцветным темносерым наносом".

Этот разрез рисует нам морфологию болотного типа почвообразования.

Кроме пятнистой тундры, Драницын описывает бугристую (рис. 20, 21) и венковую. Последняя в типичных формах наблюдается на сильно щебенчатых наносах. „Поверхность сплошь состоит из плоских, более или менее округлых повышений, сходящихся вплотную и оставляющих место только для сети узких рамок—венков растительности". Последняя в этом случае представлена толокнянкой (Arctostarhylos alpinum), Drias octopetala, Salix hastata, сухими лишайниками (напр., Alectoria ochroleuca) и небольшим количеством Hypnum.

По существу венковая тундра не отличается от пятнистой.

В последнее время Григорьевым сделана попытка подытожить наблюдения над почвами тундры Евразии с параллельным изложением собственных наблюдений в Большеземельской тундре.

Исследователь также констатирует, что на глинистых породах тундры развиваются почвы болотного типа, а на мелких песчаных буграх—подзолистые и скрыто-подзолистые почвы. Иногда, впрочем, и на глинистых породах болотного процесса не наблюдается, но почвенный процесс здесь крайне редуцирован.

Григорьев полагает, что тундровая зона Евразии может быть разделена на четыре провинции.

Из работы Северина, изучавшего микрофлору тундровых почв Ямала и окрестностей Обдорска, мы узнаем, что доставленные ему почвы по механическому составу были довольно разнообразны: начиная от песка и кончая легким суглинком. Половина из 6 исследованных образцов почв (№№ 3, 4 и 6) почти не содержала органических

веществ, а другая (№№ 1, 2 и 5) была ими довольно богата. Это различие отразилось на количественном содержании микроорганизмов: почвы, богатые органическими веществами, как и следовало ожидать, оказались довольно богатыми зародышами, а почвы без органических веществ—бедными. Особенно богаты микроорганизмами почвы, находившиеся под культурой, что наблюдалось и в других климатических широтах. В исследованных почвах было обнаружено присутствие нитрифицирующих и денитрифицирующих организмов. Процессы денитрификации ограничивались, в большинстве случаев, получением азотистой кислоты, полного же разрушения нитратов не наблюдалось. Исключение составляет почва № 5 (с огорода), где через 20 дней весь нитрат был разрушен. В почвах № 1, 2, 3 не было обнаружено нитрификации.

Тундровая зона переходит в лесную (подзолистую) постепенно: лес появляется вначале в виде отдельных деревьев или разрозненных групп, и только, по мере движения на юг, постепенно появляются лесные массивы.

Городков характеризует лесо-тундру Зап. Сибири следующими чертами: средняя годовая температура —7,6°, температура вегетационного периода +9,4°, годовое количество осадков—303,9 мм., продолжительность ледяного покрова 228 дней. Подзона занята ледниковыми отложениями, на севере сменяющимися осадками бореальной трансгрессии. Рельеф сильно холмистый, холмы пологи и разделены широкими низинами. Всюду неглубоко залегающая мерзлота, кроме заливных частей долин. Почвы подзолистые на песках, а на юге подзоны и на супесях, „остальное пространство занято пятнистой тундрой, голыми выдутыми местами или торфяными и торфяно-болотными тундровыми почвами".

На пологих склонах и вершинах холмов, открытых действию господствующих С. и СЗ. ветров,—пятнистая тундра, где голые глинистые, как бы вылившиеся, пятна чередуются с приземистой растительностью из лишайников, мхов и немногих цветковых. Сухие, защищенные от ветра, склоны холмов покрыты лесом из мелкой лиственницы с лишайниково-моховым покровом и кустарником. В широких межувальных пространствах очень распространена кустарниковая тундра из ив и полярной березы.

Среди болот нередки различной величины бугры, покрытые толстым слоем торфа (бугристая тундра). По более сухим и пологим склонам холмов—моховая тундра. На сухих песках растут леса из крупных лиственниц и елей. В долинах рек—заливные еловые леса, заливные березняки, кустарники и луга с осоками. По заливным озерам и старицам—сфагновые торфяники.

Чтобы закончить с азиатской тундрой, отметим, что по берегам Ледовитого океана к востоку от Лены констатированы засоленные маршевые почвы (по-голландски—квельдеры).

---

## ЛИТЕРАТУРА

Амалицкий, В. Тр. Спб. Общ. Естеств., 1896.
Барбот-де Марни. Зап. Минер. Общ., 2 серия, т. III.
Безайс. Матер. по изуч. русских почв. Вып. 20, 1911.
Волосович. Матер. для геол. России, т. XX, 1900.
Григорьев. „Почвоведение". 1925, № 4.

Городков, Б. Опыт деления зап.-сиб. низменности на ботаннко-географ. области. Ежег. Тобольской губ. музея, вып. XXVII, 1916.
„ Бюллетень III Всеросс. Съезда почвоведов в Москве, № 3—4. 25 окт.—5 ноября 1921.
Дранницын. „Почвоведение“, 1915; Предв. отч. об орган. и исполн. раб. по исследованию почв Аз. России в 1914 г. Петр., 1916.
Дунин-Горкавич. Тобольский север. СПБ. 1904. Изд. Д-та Земл.
Житков. Зап. Русск. Геогр. Общ. по общей географии, т. XLIX, 1913.
Иностранцев. Тр. Спб. Общ. Ест. т. II, вып. I. 1871.
Kihlman. Pflanzenbiologische Studien.
Middendorf. Sibirsche Reise. Bd. IV.
Олсуфьев. Зап. Приамур. Отд. Р. Г. О., т. II, вып. 1, 1896.
Палибин, И. „Почвоведенне“, 1902 г., № 4, стр. 446—447.
Скворцов, Е. Лено-Колымская экспедиция. Изв. И Р. Г. Общ. т. II, вып. 7, 1914.
Северин, С. Бактериальное население нескольких образцов почв из Далекого Севера (Обдорск и полуостр. Емал). Вести Бактер.-Агрон. Ст. имени В. К. Феррейн, № 15, 1909.
Сукачев, Изв. Акад. Наук, 1911.
Samuelson. Bull. of the Geolog. Inst. of Upsala, Vol. X, 1910.
Толмачев. Тр. Троицкосавско-Кяхтин. Отд. Приамур. Отд. Р. Г. О, т. IX, вып. I, 1906. Спб. 1908; Изв. Р. Г. Общ. XLVIII, вып. 6 1912 г. Петр., 1915.
„ По Чукотскому побережью Ледовитого Океана. Спб., 1911.
Чернышев, Ф. Изв. Геолог. Комит., т. IX, 1890 и т. X, 1891.

## II. Подзолистая (лесная) зона

Эта зона в пределах СССР и в прилегающих странах (Финляндия, Эстония, Латвия, Литва, Польша) изучалась во многих районах достаточно подробно.

Южная граница подзолистой зоны в СССР идет через б. Волынскую, б. Киевскую, б. Черниговскую, Орловскую, Брянскую, Тульскую, Рязанскую, Тамбовскую, Нижегородскую губ., Татреспублику и Пермскую губ., а за Уралом—через Тобольскую, Томскую, Енисейскую, Иркутскую и Забайкальскую губ., охватывая далее на восток все наши владения.

О климатических условиях зоны в пределах европейской части СССР и соседних государств можно судить по следующим данным:

Средняя температура

| | |
|---|---|
| Имандра | 1° |
| Кола | 0,9 |
| Гельсингфорс | 3,9° |
| Ленинград | 3,7 |
| Петрозаводск | 2,3 |
| Юрьев (Tartu) | 4,4 |
| Вильно | 6,5 |
| Кострома | 3,6 |
| Москва | 3,9 |
| Калуга | 4,5 |
| Горки | 4,7 |
| Среднее | 3,66 |

Количество осадков[1])

| | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Кольский полуостров . . | 4 | 5 | 4,5 | 6 | 6,5 | 12,5 | 15 | 14 | 11 | 8 | 8 | 5,5 | 457мм. |
| Балтийское прибрежье . | 6 | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 | 10 | 12 | 11 | 12 | 11 | 7 | 560 „ |
| Прибалт. государства и озерная область . . | 5 | 4 | 5 | 5 | 9 | 10 | 13 | 14 | 11 | 9 | 8 | 7 | 550 „ |
| Польша и западная часть СССР . . . . . | 4 | 4 | 6 | 6 | 9 | 12 | 14 | 13 | 9 | 8 | 7 | 7 | 570 „ |

Количество осадков понижается к востоку, но данное понижение компенсируется и понижением средней годовой температуры.

Рельеф местности почти на всем протяжении подзолистой зоны находится в зависимости от геологии четвертичного периода, наносы которого играют сильно доминирующую роль среди материнских пород данной зоны. Разнообразие материнских пород сказывается на деталях строения местных почв, в силу чего приходится для описания разбить подзолистую зону на ряд районов, а именно:

1. Финляндский район
2. Северный „
3. Прибалтийский. „
4. Озерный. „
5. Польско-литовский район
6. Пограничный „
7. Центральный „
8. Северо-восточный „

1. Финляндский район. Северная и средняя части Финляндии и прилегающие к ней части Олонецкой и Архангельской губерний могут рассматриваться не только как области ледникового накопления, но и как области ледниковой эрозии. Здесь мы находим и осадки поддонной морены, многочисленные озовые гряды и, на ряду с ними, куполовидные холмы, бараньи лбы и прочие характерные формы разрушающей и обтачивающей деятельности ледника.

В большей части Финляндии существует только одна морена, выраженная то грубозернистыми наносами с валунами, то более глинистыми породами. „Во всяком случае,—говорит Зедергольм,—большая часть ледниковых наносов Финляндии отложилась в последнюю ледниковую эпоху, когда край ледникового покрова простирался до линии, идущей от Архангельска в Польшу и проходящей немного к востоку от Онежского озера". Иначе говоря, значительная часть моренного покрова Финляндии относится тамошними исследователями к так называемому третьему периоду германского оледенения. Кроме Зедергольма, того же мнения держится и Рамзай

Помимо ледниковых осадков, в Финляндии существуют и более новые отложения морского типа, находящиеся в связи с историей Балтийского моря, которую мы вкратце рассмотрим несколько ниже.

По характеру растительности финляндский район лежит в полосе преобладающих хвойных лесов и болот. Среди последних Каяндер различает несколько типов, а именно:

I. Белые болота.—Без деревьев, бедные кустарниками, за исключением Oxycoccus, Andromeda, более или менее влажные. Моховой покров преимущественно из торфяных мхов (Sphagnum). Встречаются в бедных известью областях.

[1]) В графах, относящихся к отдельным месяцам, показаны процентные количества осадков, в графе года—абсолютные количества.

II. Бурые болота.—Без деревьев и высоких кустарников, более или менее влажные. Моховой покров, главным образом, состоит из бурых мхов (различные Amblystegia, Hypnum brichoides, Paludella, Meesea, Cinclidium и др.). Встречаются в богатых известью районах.

III. Кустарниковые болота.—Более или менее богатая кустарниковая растительность. Моховой покров состоит, главным образом, из сфагновых мхов. Деревья почти всегда присутствуют, чаще всего более или менее угнетенная сосна. Встречаются в богатых и бедных известью районах. Почвенная вода более или менее застаивается или течет очень медленно.

IV. Bruchmoore.—Лесные болота, покрытые пихтой или лиственными породами; сосна играет подчиненную роль. Мхи преимущественно сфагновые и Polytrichum commune или более требовательные лиственные мхи. Почвенная вода более или менее ясно текучая. Встречаются в богатых и бедных известью районах.

Перечисленные основные типы автор подразделяет на ряд разновидностей.

В последнее время имеется попытка делить болота на основе генетического принципа. С этой точки зрения различают: a) фазу озерного питания болот, b) фазу грунтового питания и c) фазу дождевого или атмосферного питания[1]); каждой фазе свойственны свои растительные сообщества. О растительных сообществах см. Сукачев[2]), Морозов[3]).

Почвенный покров Финляндии слагается из почв подзолистого и болотного типов.

Среди настоящих подзолистых почв Финляндии Фростерус различает железистые подзолы и гумусовые подзолы. К первым относятся, повидимому, те разности подзолистых почв, которые не имеют сколько-нибудь типичного ортштейнового горизонта, а преимущественно иллювиальные или ортзандовые горизонты. Среди этих почв различаются: a) подзолы с явственными горизонтами $A_2$ и B; b) подзолистые почвы со слабо выраженным $A_2$ и c) подзолистые почвы без явственного гор. $A_2$ (слабо-подзолистые по нашей терминологии). Под гумусовыми подзолами понимаются подзолистые почвы низинного залегания (на границе с болотами), в которых ортштейновые горизонты имеют темнобурые оттенки. Из глееподзолистых почв Фростерус указывает на железистые, где в глеевом горизонте наблюдаются пятна и прожилки гидратов окиси железа, и сульфатные, где накопляются также сернокислые соли, которые в сухое время года дают выцветы похожих на квасцы солей. О распределении главнейших разностей перечисленных почв на территории Финляндии дает представление следующая, составленная Фростерусом схематическая почвенная карточка.

Дальнейшее развитие классификации Фростерус опубликовал в 1924 г.

2. Северный район включает в себя Мурманский край, часть Архангельской губ., Каргопольский у. Вологодской губ. Он еще далеко не обследован целиком, но отдельные его части более или менее изучены.

Останавливаясь на средней части Кольского полуострова[4]), на полосе, примыкающей к Мурманской жел. дор., отметим, что корен-

[1]) Аболин. Болотоведение, 1914, № 3.

[2]) Сукачев, В. Введение в учение о растительных сообществах. Библиотека натуралиста. Птгр.-Москва, 1915.

[3]) Морозов, Г. Лес, как растительное сообщество. Библиотека натуралиста, СПБ. Москва, 1913

[4]) См. работы Маркуса и Ануфриева.

ными породами здесь являются гнейсы, кристаллические сланцы, а также нефелиновые сиениты, но в процессах почвообразования главную роль играют ледниковые и флювиоглациальные осадки, мощ-

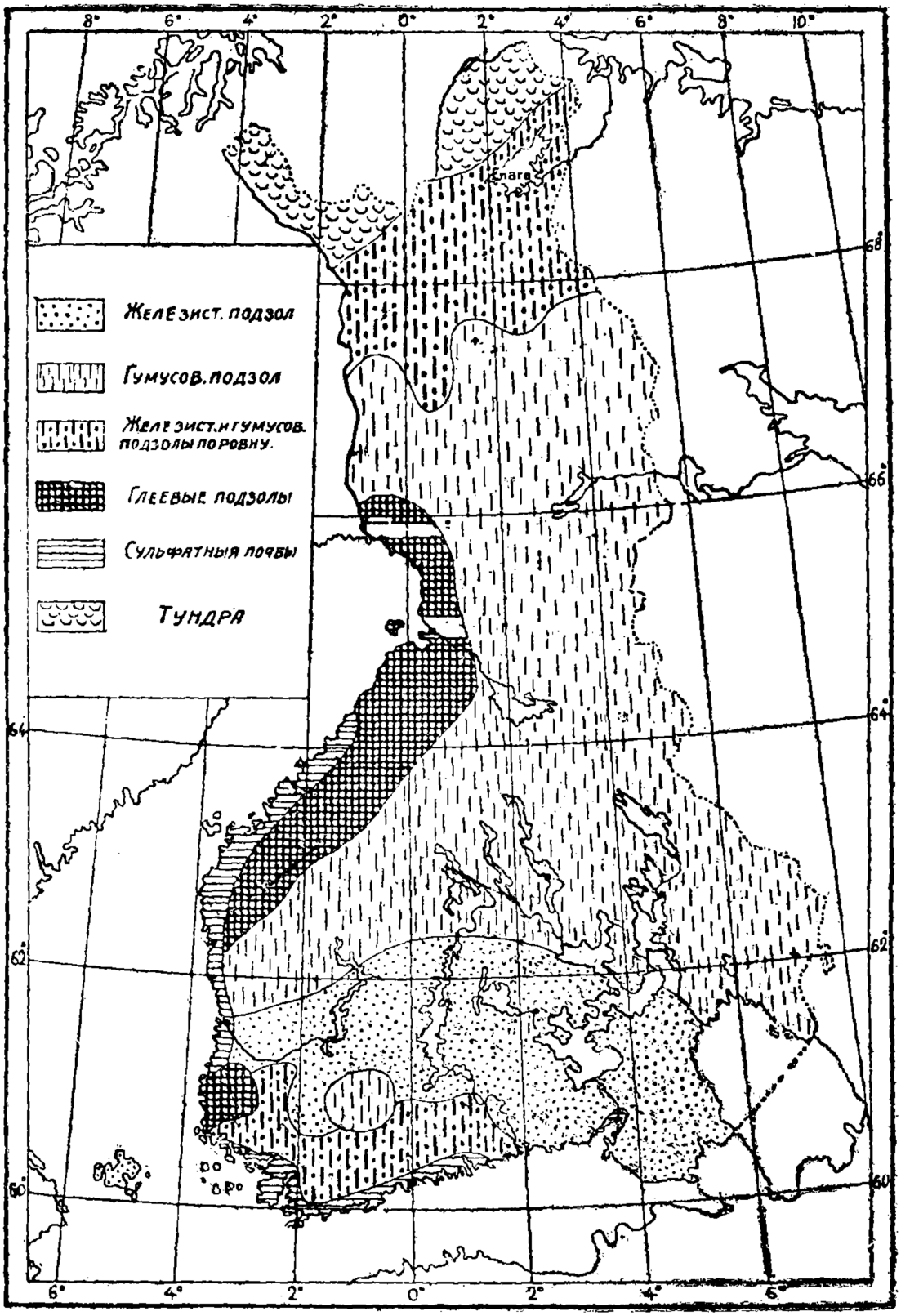



Рис. 22. Почвенная карта Финляндии. Сост. Б. Фростерус.

ность которых убывает к В., где вместе с тем чаще показываются и коренные породы. Послетретичные наносы по большей части супесчаны; среди них следует отметить зеленоватую супесь с небольшим количеством валунов и галек.

Рельеф то равнинный, то всхолмленный, то даже гористый (высшая точка Хибин — более 1.200 м. абс. высоты).

Леса большей частью сосновые и еловые, реже береза; очень распространены болота.

Лесные подзолистые почвы характеризуются резкой выраженностью горизонтов, но местами небольшой их мощностью. $A_0$—не торфяный, $A_1$—не всегда выражен, мощность $A_2$—2—4, реже 8 см.; $B_1$—13—18 см.

На склонах к низинам появляются торфяно-подзолистые почвы с ортзандовыми горизонтами чернобурого цвета, значительной мощности. У этих почв и гор. $A_2$ мощнее, чем у лесных подзолистых почв.

С возрастанием абсол. высоты мощность почвенных горизонтов уменьшается и увеличивается наклонность к заболачиванию (переход к тундре).

На протяжении между Архангельском и Вологдой Красюк выделяет 4 района, а именно:

а) Желтоподзолистый (Тундро-Холмогорский). Характеристику почв см. на стр. 317.

б) Район карбонатных грунтов (Обозерско-Каргопольский), где почвы развиваются на морене, богатой известковыми валунами. Здесь местами, благодаря карбонатности породы, подзолистость скрадывается.

в) Район перегнойных почв под еловыми лесами (Верхне- и Средне-Кубинский). Почвы имеют гумусовый горизонт в 40—50 см. мощностью. Органические и минеральные вещества мало перемешаны. Подзолистость мало заметна, но при распашке выступает ясно. Подстилаются эти почвы карбонатной мореной.

г) Район переходных к болотным[1]) почв (Нижне-Кубинско-Вологодский). Что касается Каргопольского у., иначе называемого „Каргопольской сушей“, то он отличается равнинностью, небольшой мощностью моренного наноса. Ледниковые осадки подстилаются каменноугольным известняком, благодаря чему почвообразующие грунты карбонатны. Почвы суглинистые средней оподзоленности. Болота здесь не велики и принадлежат типу травяных и смешанных.

3. Прибалтийский район. Прибалтийский район слагается только одной толщей моренной глины. Хотя покойный Гревинг и высказывался в том смысле, что в Лифляндии и Курляндии существуют два горизонта валунной глины различных периодов оледенения, однако доказательств в пользу такого взгляда пока не имеется. Известные разрезы Красной Горки (на берегу Финского залива), где присутствуют две толщи валунной глины, разделенные слоистыми песками, по мнению опытных глациалистов (Ваншаффе, Шмидт, Никитин), не говорят еще о двух оледенениях.

Для окрестностей Ленинграда С. Яковлев говорит о трех моренных толщах, но из них лишь средняя может считаться широко распространенной, тогда как две другие, повидимому, являются лишь местными явлениями.

Из моренных отложений Прибалтийского края своеобразны так называемые „рихки“; под последними понимаются скопления, иногда в виде небольших холмов, местного известнякового материала (силурийского известняка), перемешанного с северными валунами и другими продуктами поддонной морены.

---

[1]) Исследователь называет их полуболотными, но мы избегаем вообще этого термина, в виду его полной неопределенности.

Местами моренные наносы покрываются особой слоистой безв а лунной глиной; к югу от Гапсаля и к северу от Пернова эта глина слагает широкую полосу, располагаясь здесь на ледниковом щебне. Эта глина встречается и в окрестностях Ленинграда, по берегам Невы, и в прибрежных местностях Финляндии. По мнению Гольма безвалунная глина описываемого района является полным аналогом шведской hvarfvig lera, покрывающей там значительные площади моренных наносов. Порода представляет осадок моря, или, правильнее, впадавших в море ледниковых потоков в то время, когда отступавший ледник был еще в Швеции и Финляндии. Эта глина, иначе называемая ильдиевой глиной, принадлежит позднеледниковому периоду.

В западной Эстляндии во многих местах находятся валы старого послеледникового пресноводного бассейна с остатками Ancylus; эти же образования находятся и в Латвии к северу от Митавы.

По поводу этих образований уместно рассмотреть вкратце послеледниковую историю Балтийского моря[1]). В конце ледникового периода Балтийское море представляло обширный бассейн, который назывался ильдиевым морем (от Ioldia arctica). Это море соединялось широкими проливами с Ледовитым океаном и Немецким морем. Первый из проливов захватывал область Финляндских озер, а также Онежское и Ладожское озера. Позднее, благодаря поднятиям суши, из обширного ильдиевого моря образуется замкнутый бассейн, отрезанный и от Ледовитого океана, и от Немецкого моря. Постепенно этот бассейн опресняется, в нем изменяется характер фауны, типичным представителем которой теперь является Ancylus fluviatilis. От этого моллюска и бассейн получает название анцилового. Еще позже вновь восстанавливается связь с Немецким морем, бассейн современного Балтийского моря еще раз и уже окончательно становится морским, и по имени одного из типичных моллюсков этой эпохи (Littorina littorea), получает название литторинового моря. Этот последний бассейн, занимая несколько большую площадь, чем современное Балтийское море, по своим очертаниям довольно близок к нему. Последним послеледниковым бассейном был так называемый Древне-Балтийский. Ладожское озеро также имело трансгрессию в послеледниковое время, оставившую осадки.

Все перечисленные бассейны и оставляют те разнообразные морские осадки, которые встречаются в южной и западной Финляндии, Остзейском крае и, частью, в Ленинградской губернии.

В прибалтийском районе весьма распространены озовые гряды и друмлины; последние впервые указаны Доссом в Латвии. Отметим, что здесь же (о-ва Эзель, Даго, и по дороге из Ревеля в Гапсаль, близ почт. ст. Рист) находятся валы конечных морен. Указываются для Прибалтийского края также и „Kames“. Распределение послетретичных образований в Прибалтийском крае и прилегающих частях озерного района показано на карте, приложенной к работе Гаузена.

Ко всему сказанному следует прибавить, что в северных частях района, особенно в прибрежьи Финского залива, частью в Кингисеппском у. Ленинградской губ., толщина моренного наноса ничтожна. Местами он совсем отсутствует или выражен отдельными валунами и гальками. В этих случаях материнскими породами являются известняки силурийской системы.

---

[1]) Munthe. Studien öfver baltiska hafvets quartära, historia 1892.
Ailio Jul. Die geographische Entwikelung des Ladogasees. Fennia, 38, 1919.
Яковлев С. Первый Всеросс. Геолог. Съезд.—Путеводитель геологических экскурсий. Петроград. 1922; наносы и рельеф г. Ленинграда и его окрестностей, ч. I и II. Научно-Мелиорац. Инст. 1925, 1926.

Подзолистые почвы, приуроченные к выходам ильдиевой глины, обладая всеми признаками почв этого типа, отличаются своей тонкозернистостью от почв, образующихся на осадках поддонной морены. В Латвии на карбонатных ленточных глинах (район Мейтене-Бауск) развиваются прекрасные рендзинные почвы, с достаточно глубоким гумусовым горизонтом[1]). На моренных глинах процесс почвообразования проникает обыкновенно неглубоко и тем меньше, чем плотнее, вязче материнская порода.

Кроме подзолистых и болотных почв со всеми их генетическими и механическими разностями, район, в своей северной части, богат рендзинами и полурендзинными почвами. Последние образуются в тех случаях, когда моренная настилка настолько тонка, что процессы почвообразования захватывают и часть подстилающих ее известковых пород.

В северной Эстонии, по данным Нёммика, почвы, содержа обломки силурийского известняка, более или менее богаты карбонатами, а также обычно и гумусом. В южной Эстонии, где моренный нанос мощнее, этого уже не наблюдается. Наиболее типичные рендзины образуются на рихке. Моренные глины Латвии очень богаты карбонатами, получившимися также от силурийских известняков, но во вторичном залегании (валуны, хрящ и пр.), но гумусовые горизонты почвы здесь уже свободны от карбонатов и формируются по подзолистому типу. Карбонаты встречаются обычно на глубине 60 см. (Витынь).

Хотя в описываемом районе хвойные деревья имеют еще широкое распространение, однако, к ним в значительных количествах примешиваются лиственные (береза, осина, ольха, реже дуб). В Прибалтийском крае существует еще тисс.

4. Озерный район включает южную часть Ленинградской губ., целиком Псковскую, Череповецкую и Новгородскую, части Смо-



Рис. 23. Валунные поля Псковской губ.

ленской, бывших Витебской, Ковенской, Виленской, северо-западный угол Тверской и западный угол Вологодской. Этот район характеризуется присутствием одной морены, являющейся то в виде краснобурой глины, более или менее богатой валунами и различной степени вязкости, то палевой, чрезвычайно вязкой глины, в сухом

[1]) С почвами Латвии удалось познакомиться на месте, благодаря содействию Я. Я. Витынь, которому выражаю глубокую признательность.

состоянии распадающейся на многогранные отдельности и в верхних своих горизонтах обыкновенно не содержащей валунов. Последняя разность глины, насколько удалось подметить в Псковской губ., чаще



Рис. 24 Моренный рельеф Псковской губ.

всего приурочивается к высоким частям водоразделов. Лишь по границам с областью, занятой грядами конечных морен, наблюдаются



Рис. 25. Куполообразный холм Псковской губ.

кое-где две толщи валунной глины, разделенные слоистыми песками[1]). Предледниковые образования часто весьма типично выражены и

[1]) Об этом подробнее при описании пограничного и польско-литовского районов.

являются в виде диагонально-слоеватых песков с окатанной галькой. Весьма распространены в описываемом районе верхневалунные пески, то небогатые валунами, то настолько переполненные валунно-галечным материалом, что превращаются в сплошные валунные поля,



Рис. 26. Друмлиновая гряда Псковской губ.

остающиеся совершенно заброшенными среди более или менее культурных полей.

Рельеф района чрезвычайно пестрый, области равнинные с друмлинами или озовыми грядами чередуются с областями моренного ландшафта, где отдельные возвышенности принимают местами характер

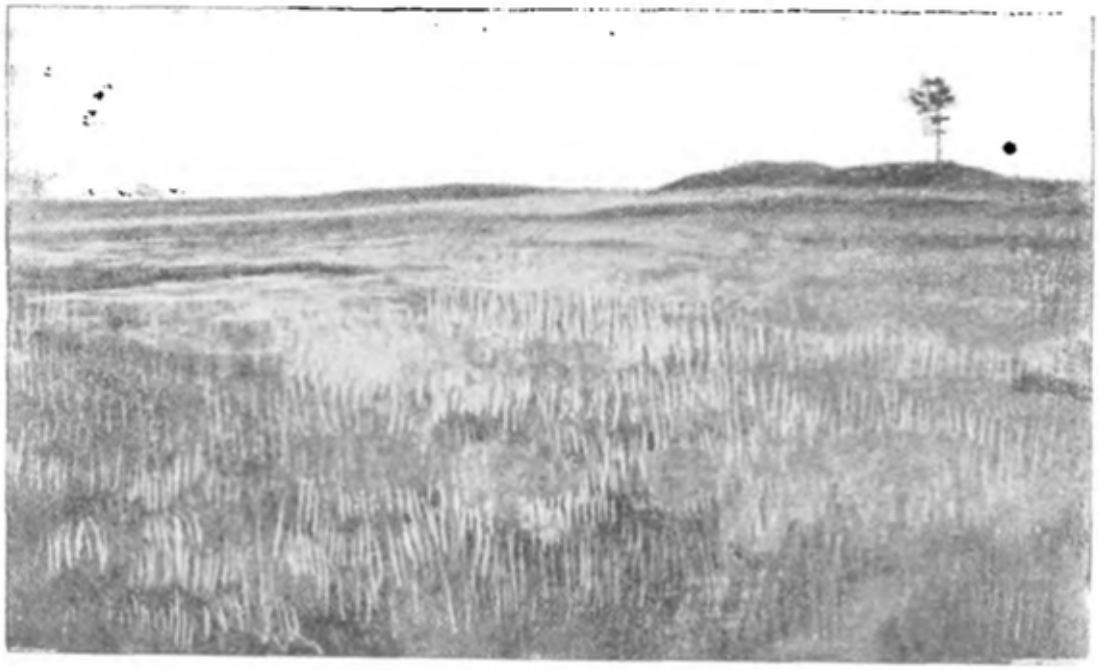


Рис. 27. Озовая гряда Псковской губ.

настоящих горных цепей (Судома, Сигорецкие и др. горы Псковской губ.). Области моренного ландшафта пестрят массой озер с весьма извилистыми береговыми линиями и заканчиваются конечными моренами (б. Виленская, Минская, Витебская, Псковская губ., особенно Торопецкий у., Новгородская, Череповецкая губ.), сопровождаемыми зандровыми пространствами (Миссуна, Никитин, Глинка, К.).

Озовые гряды тянутся иногда непрерывно на десяток верст, иногда же на небольшом протяжении распадаются на отдельные небольшие грядки, часто имеющие даже не вполне одинаковое направление.

Кроме озов и друмлинов, в том же районе (Псковская губ.) найдены и разбросанные в беспорядке куполообразные холмы.

Лесная растительность района разнообразна и дает разнообразные комбинации, тесно связанные с механическим составом почвы. Так, сосновые леса занимают обычно глубокие пески; песчаные почвы, неглубоко подстилающиеся моренной глиной, покрыты смешанным насаждением из сосны и березы; область легких суглинов занята елью, ольховый кустарник также обычно встречается на легких суглинках и суглино-супесях. Чистые березовые насаждения растут на средних суглинках, дуб с подмесью ясени и лещины селится на самых тяжелых суглинках.

Среди подзолистых почв района обращают на себя внимание прежде всего структурные (ореховатые) суглинки под дубовыми лесами; они носят местное название „поддубиц" или „дубняжин". От деградированных суглинков предстепья и степи эти почвы отличаются отсутствием краснобурого горизонта ($B_1$) и углесолей в более глубоких горизонтах; гумусовые горизонты сформированы однородно с первыми. Следует отметить также красноцветные почвы, особенно развитые в областях близких выходов красноцветных девонских глин, которые или сами играют роль материнских пород, или, входя в состав моренных глин, окрашивают последние в более яркие красные цвета. Такие красные почвы встречаются и в Псковской губ., но более типичны они в соседней Новгородской (Старорусский и особенно Крестецкий у.у.). Обилие окислов железа в таких красных почвах маскирует подзолообразовательные процессы, почему оподзоленность здесь внешним образом почти не выражена.

В областях развития маломощных песков, подстилаемых моренной глиной, в нижних горизонтах песка наблюдается обесцвеченность, которая, в сухом состоянии, напоминает подзолистость. На самом деле это не оподзоленные, а оглеенные горизонты.

Среди разностей болотного типа, сильно развитого в этом районе, попадаются темноцветные болотные почвы с выцветами солей на поверхности.

Кроме подзолистых и болотных почв, здесь изредка встречаются рендзины. Они образуются чаще всего по берегам рек (нижнее течение р. Великой), развиваясь на девонских известняках. Встречаются рендзины и на пресноводных известковых туфах, при чем такие почвы то бедны железом, то очень богаты. В этом последнем случае рендзины получают буроватый оттенок.

Разности почв (по степени оподзоливания, выщелачивания, механическому составу) сменяют друг друга в описываемом районе чрезвычайно быстро, особенно в областях моренного рельефа, что весьма затрудняет составление почвенных карт.

Петрографический состав местных почв, насколько это удалось выяснить на почвах Псковской губ., довольно однообразен в своей материнской части: кварц, полевые шпаты (ортоклаз и микроклин), слюды, роговые обманки и альмандин входят в состав каждой почвы; реже встречаются: ставролит, рутил, циркон, апатит, турмалин; другие же минералы еще реже (см. стр. 178 и след.).

5. Польско-литовский район охватывает значительную часть Литовского края и северную часть Польши. Он представляет,

по строению наносов, область, ближе всего напоминающую соседнюю Германию. Здесь местами совершенно явственно выражены две моренные толщи, разделенные слоистыми осадками, заключающими иногда лигнитообразные прослойки. Эти последние представляют тонкие и тесные смеси иловатых и органических веществ; у шведов подобного рода отложения носят название gytja. Местами в тех же наносах находятся залежи торфа и др. растительные остатки.

Осадки нижней морены окрашены обычно в оттенки сероватого цвета, как это наблюдается и в Германии; верхняя морена—красновато-желтоватых оттенков. И тот, и другой моренные наносы имеют нередко мергелистый характер. Последнее обстоятельство сказывается и на характере почв, которые, при значительном содержании углекислой извести, развивают более темноцветные гумусовые горизонты. Подзолистость в таких почвах или совершенно отсутствует, и тогда они принимают рендзинный характер, или выражается весьма слабо. В остальном не наблюдается резкой разницы с соседними районами.

6. Пограничный район. Сюда относятся значительная часть Смоленской губ., части б.б. Витебской, Виленской и Могилевской, Тверской, Московской, Ярославской, Владимирской, Вологодской. Типом материнских пород этого района могут служить наносы Смоленской губернии. В этом районе нередко обе моренные толщи (не везде констатированы две толщи) сопровождаются флювио-глациальными образованиями.

В последнее время Жирмунский для южной части Смоленской губ. принимает существование двух ледниковых эпох, базируясь на данных буровых скважин Рославля, Смоленска и др. Две морены довольны отчетливо разделены слоем песчано-глинистых флювио-глациальных образований.

Исследователь пока условно относит нижнюю и верхнюю морены Смоленской губ. к миндельской и рисской эпохам.

Мы не будем развивать здесь своих точек зрения по этому вопросу, отметим лишь, что между рядом исследователей русских и, частью, польских ледниковых отложений (Мирчинк, Жирмунский, Набоких, Крокос, Соболев и др.) имеются такие серьезные разногласия, что примирить их и найти нечто среднее пока совершенно невозможно[1]).

Было бы осторожнее накоплять хорошо установленные факты, а толкование отложить до того момента, когда этих фактов будет достаточно.

Еще более сложную картину рисует для Белоруссии Афанасьев. В б. Витебской губ. по р. Западной Двине он встретил три толщи моренной глины, разделенные песками. Общая схема строения наносов здесь такова:

1. Нижняя морена, карбонатная, грубая и плотная—3—4 м. над уровнем реки.
2. Слоистые пески, которые местами замещены скоплением валунов—4—8 м.
3. Средняя морена, также карбонатная—3—4 м.
4. Толща песков около 14 м. с линзами гравия и мелких валунов.
5. Верхняя морена около 3 м. мощности, в нижней части карбонатная.
6. Небольшой прослой валунчиков и песчаный слой в $^1/_4$—$^1/_2$ м. с линзами гравия.
7. Лессовидный суглинок 80 см. мощности.

Наибольший интерес здесь представляет та поверхностная порода, которая нередко *настилает моренные толщи и является в виде*

[1]) Работы акад. Павлова нам, к сожалению, использовать здесь не удалось.

безвалунной глины или суглинка лессовидного характера. Эта глина местами как бы нивеллирует области старого моренного рельефа, благодаря чему последний в значительной степени сглаживается. Иногда появляются почти горизонтальные равнины, сплошь одетые с поверхности безвалунной лессовидной глиной. Эта последняя местами непосредственно налегает на толщу моренной глины и настолько тесно с ней сливается, что границу между двумя породами трудно провести, местами отделяется от моренной глины толщами песков с галькой и мелкими валунчиками. Последние условия залегания указывают на то, что безвалунная порода является не только независимой от моренной глины, но и отлагалась позже ее. В Смоленской губ. известно в настоящее время несколько пунктов, где были открыты залежи древних торфов. Первая находка таких торфов была сделана Наливкиным и Никитиным в Бельском у. Смоленской губ., при бурении небольшой болотистой котловины. Остатки древнего торфа лежали на валунной глине, будучи прикрыты наносными породами и современными болотными образованиями. Наиболее интересными остатками древнего торфа являются граб и вымершая ныне в Европе Brasenia purpurea (Cratopleura holsatica). Общий комплекс флоры указывает на сравнительно мягкий и влажный климат, который мог установиться здесь не раньше, чем льды оставили данную территорию. Аналогичные находки древних торфов сделаны были позже (Глинка, К.) еще в трех пунктах Смоленской губ. (два пункта в Гжатском и один в Дорогобужском у.). Во всех этих пунктах залежи торфа покоятся непосредственно на валунной глине, а над ними лежат толщи до двух сажен мощностью, слагающиеся внизу песчанистым тонкозернистым наносом, а выше безвалунным лессовидным суглинком или породой, очень близкой по характеру к последнему. Органогенные образования под лессом Горецкого района отмечаются Афанасьевым, который отмечает и слоеватость нижних горизонтов лесса.

Мы считаем лессовидные породы осадками ледниковых вод, разливавшихся широко и отлагавших ближе к леднику зандровые пески, а дальше более тонко отсортированный материал; такого же взгляда держится и Афанасьев.

Необходимо отметить, что вопрос о генезисе безвалунного суглинка решался и другими способами (Тумин, Добров, Розанов, Жирмунский). Так, например, Добров, указывая, что в возвышенной части обследованного им района Московской губ. моренная глина покрывается толщей в 1,5—2 метра безвалунной глины, считает последнюю за элювий моренной глины. Мы с трудом можем представить себе, чтобы совершенно неоднородная, содержащая валуны и гальку, моренная глина могла превратиться путем выветривания в такую вполне однородную массу, какую представляет собой безвалунный суглинок, и объяснить его генезис без участия сортирующей работы воды не считаем возможным. В то же время принять этот суглинок за послеледниковый делювий мешает громадная площадь его распространения и залегания на самых высоких площадях описываемого района (см. Абутьков и Костюкевич).

Коренные породы в пограничном районе почти не принимают участия в процессах почвообразования.

В этом районе начинают получать преобладание лиственные породы деревьев, особенно береза, реже дуб. Из хвойных ель распространена больше сосны.

Те подзолистые почвы района, которые развиваются на безвалунных суглинках, выделяются из группы остальных подзолистых почв

своей мелкозернистостью (в их механическом составе преобладает фракция 0,05—0,01 мм.) и водопроницаемостью. Благодаря последнему качеству, подзолистые горизонты ($A_2$) в таких почвах обыкновенно всегда ясно выражены, отличаются значительной мощностью, а отдельные подзолистые языки и ленты идут иногда на значительную глубину. В тех же почвах, на границе с подстилающей суглинок валунной глиной, появляются слабо оформленные вторые гумусовые горизонты и выделения перекиси марганца (иллювий). Здесь же наблюдаются и вторые гумусовые горизонты в связи с жесткостью грунтовых вод (см. стр. 318). Почвенный покров тех частей района, которые не одеты безвалунной суглиной, мало отличается от покрова предыдущего озерного района.

В последние годы почвы белорусских губерний, относящиеся частью к данному, частью к следующему районам, были обследованы Афанасьевым и Касаткиным.

Афанасьев отмечает, между прочим, что подзолистые почвы Белоруссии приобретают желтоватый оттенок, как бы намечая переход к бурозему.

7. Центральный район или область дифференцированных наносов представляет полосу, где, на ряду с моренными осадками, находятся продукты, переработанные водою и ветром. Начинаясь от Люблинского и Радомского воеводств Польши, центральный район простирается в пределы Волынского, Минского и Киевского Полесья, захватывает северную часть б. Черниговской губ., западную Орловской, Брянскую губ., части Калужской, Рязанской, Тульской, Владимирской, Нижегородской, Тамбовской, Ульяновской. Район характеризуется широким развитием песков, отчасти представляющих остаток от переработки водой и ветром моренных наносов, отчасти обязанных своим происхождением иной причине.

Акад. Павлов, изучая песчаные пространства в восточной части данного района (Ульяновской губ.), пришел к заключению, что образование этих песков можно поставить в связь с деятельностью рек, долины которых при отступлении ледника направлялись или перпендикулярно краю последнего, или параллельно ему. Такие реки запруживались ледником, вследствие чего воды их разливались широко и отлагали песчаные наносы.

В центральном районе появляются и полосы лесса; таковые известны в Польше, б. Минской, Владимирской, Нижегородской и др. губерниях.

К песчаным наносам, языками далеко уходящим на юг, приурочиваются обыкновенно сосновые леса, а в области Полесья—обширные болота. В южной части Полесья (б. Киевская, Волынская губ.), есть довольно значительные пространства, где наносы отсутствуют (Тутковский); подзолистые и болотные почвы развиваются здесь на кристаллических (граниты и др.) породах. К тому же району относятся найденные Тутковским конечные морены первой остановки отступавшего ледника.

К разностям подзолистых почв рассмотренных выше районов здесь присоединяются почвы подзолистые же, но с краснобурым горизонтом $B_1$, а также переходные от подзолистых почв к деградированным суглинкам и, частью, деградированные суглинки. Короче говоря, этот район некоторыми своими частями захватывает уже область предстепья.

8. Северо-восточный район изучен пока еще недостаточно, и особенно в своих северных и восточных окраинах. Новейшая сводка

данных, опубликованная Красюком, отметив достаточную пестроту местных коренных пород, отчасти оказывающих влияние на процессы почвообразования, указывает, что среди послетретичных пород очень широко распространен моренный суглинок, на котором часто и развиваются почвы. Иногда он обогащается обломками карбонатных пород и тогда приобретает палевую или палево-бурую окраску[1]).

На больших пространствах суглинок прикрыт маломощным слоем супеси (45—60 см.—1 м.), почти лишенной валунов. На контакте супеси и суглинка сочится вода и возникают процессы оглеения.

Меньшее распространение имеют пески, то тонкие безвалунные, то более крупнозернистые и с валунами.

Кроме того, встречаются безвалунные лессовидные глины и суглинки, часто с жилками и журавчиками $CaCO_3$. Такие породы встречены в Вологодском у., откуда они переходят в Грязовецкий и Тотемский у. у. Вологодской губ. и Буйский и Солигаличский у. у. Костромской губ. Повидимому, такие же породы существуют и в Шенкурском у. Архангельской губ.

Рельеф довольно разнообразный: иногда равнинный, порой волнисто-холмистый (денудационный). Встречаются озы, друмлины и камы.

Из группы подзолистых почв наблюдаются все степени оподзоливания (подзолы, подзолистые и слабо подзолистые почвы). Подзолисто-глеевые почвы, равно как и торфянисто-подзолистые почвы достаточно широко распространены. Из почв болотного типа встречаются как торфяно-, так и лугово-болотные почвы.

Встречаются перегнойно-карбонатные почвы на известняках и красных пермских мергелях. Последние сохраняют красную окраску материнской породы.

Пинежский район исследователь характеризует, как песчано-гипсовый; присутствие гипса сказывается на рельефе, так как при выщелачивании гипса возникают глубокие провальные ямы и воронки (по местному „мурги"), но на процессе почвообразования, повидимому, не отзывается: здесь развиты песчаные подзолы или подзолистые почвы.

Исследования в пермско-соликамском районе приводят к заключению, что западная часть этого района в постплиоценовый период находилась в сфере деятельности тимано-уральского ледника, который имел, по крайней мере, временную и местную связь с обширным скандинаво-русским ледником.

Наносы пермско-соликамского края состоят из следующих пород: 1) желтоватой или красно-бурой глины с угловатыми или округленными обломками местных коренных пород, 2) желтовато-бурой лессовидной глины без галек и валунов, 3) светло-серых или желтовато-бурых песков, слоистых с прослоями галечника и хряща, 4) желтовато-бурых песчанистых глин или глинистых песков с угловатыми гальками и валунами. Непосредственно к югу (Пермь-Кунгур-Сарапул) постплиоценовые образования на водоразделах встречаются спорадически; следы основной морены являются в виде разбросанных там и сям валунов. По углублениям и расселинам коренных пород скопляются глины с залежами бурых железняков и костями млекопитающих.

Верхние террасы рек как в этой области, так и в Приуралье (Белая, Ай, Юрезань и проч.) сложены буровато-желтыми или желтыми, иногда лессовидными глинами, отчасти песками и синевато-серыми глинами. В этих осадках находятся пресноводные моллюски и кости млекопитающих.

[1]) Кулик считает, что в Печорском крае имеется только одна морена.

В Вятской губ. найдены, кроме того, озерные отложения, имеющие довольно широкое распространение. Эти отложения состоят из разноцветных глин и песков с залежами торфа и включениями железных руд (сидеритов и лимонитов).

Ледниковые отложения той же губернии выражены суглинками с валунами на поверхности и скоплениями целых холмов или гряд галечного материала, носящих местное название „пуг" или „дресвяных гор".

Подзолистые почвы района довольно разнообразны, в зависимости от характера материнских пород. На ряду с подзолистыми суглинками встречаются и подзолистые супеси. Встречаются и довольно значительные участки перегнойно-карбонатных почв (напр., Вятский у.). Вообще же почвообразование здесь нередко идет на коренных породах (пермской системы).

В Татреспублике, после старых работ Рисположенского, в последние годы вновь начались исследования и некоторые материалы уже опубликованы (Гордягин, Тюрин). Особенно подробно обследованы Тюриным песчаные почвы сосновых боров окрестностей Казани, где констатированы песчаные и глинисто-песчаные почвы с псевдофибрами, а также подзолисто-глеевые почвы, почвы среднего и верхнего течения р. Киндерки в Арском кантоне и почвы Казанской областной с.-х. опытной станции. Последние две территории покрыты преимущественно вторичными подзолистыми почвами различных степеней деградации, т. е. лежат уже в переходной полосе от подзолистой зоны к черноземной.

В азиатской части СССР подзолистая зона занимает огромную область: в ее состав входят большие площади Тобольской, Томской, Енисейской и Иркутской губ., значительная часть Якутской республики и целиком Дальневосточная республика.

Для характеристики подзолистой зоны Сибири остановимся на описании отдельных ее районов. Для Тобольской губ. данные о почвах этой зоны мы находим в работах Скалозубова, Гордягина, статье Назарова и отчете Балкашина, но раньше чем говорить о результатах этих исследований, скажем несколько слов о почвообразователях данного района.

Климатические черты подзолистого Зауралья Гордягин характеризует следующими данными:

| | Температура | | Осадки | | Дней с осадками | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Год | Вегетац. период | Год | Вегетац. период | Год | Вегетац. период Всего | Со снегом |
| Богословск . . . . . | —1,3 | 11,8 | 418 | 287 | 124 | 62 | 6 |
| Нижн. Тагил . . . . | 0,6 | 13,2 | 454 | 318 | 140 | 58 | 5 |
| Тобольск . . . . . | —0,2 | 13,5 | 443 | 292 | 109 | 50 | 4 |
| Свердловск . . . . . | 0,6 | 12,9 | 368 | 285 | 111 | 60 | 5 |
| Среднее . . | 0,1 | 12,9 | 421 | 295 | 121 | 56 | 5 |

Как видно из приведенных данных, средняя годовая температура здесь ниже, чем в подзолистой зоне европейской части СССР, а количество атмосферных осадков меньше. Разница в средней годовой температуре велика, главным образом, потому, что зимние месяцы отличаются большей суровостью, чем в европейской части.

Что касается материнских пород, то с полосой тайги совпадает область, покрытая плейстоценовыми пресноводными отложениями, а приблизительно от устья Иртыша к северу начинаются уже следы

ледниковых наносов. Таким образом, наносы водного и частью ледникового происхождения являются здесь материнскими породами[1]).

Лесная растительность состоит из еловых лесов, частью же сосновых и березовых. Огромную площадь занимают болота. Так, например, по данным Городкова, „вся местность, прилегающая к бассейну р. Конды“ (приток Иртыша), „на несколько сот верст в окружности представляет из себя торфяники с разбросанными многочисленными островами твердой песчаной почвы“. Местность суше у берегов рек и в местах слияния нескольких рек. „Острова среди торфяников и высокие песчаные берега зарастают прекрасными борами“. В последних преобладает сосна, к которой примешивается ель, пихта, кедр, лиственница, береза и осина. Луга по большей части покрыты осоками, которые на лучше дренированных местах вытесняются Calamagrostis Langsdorfii. Названные растения образуют как бы фон, на котором развивается и ряд других растений.

Почвенный покров слагается разностями подзолистого и болотного типов. Городковым отмечено, что и здесь, как это раньше было констатировано в Енисейской губ., более северные части тайги несут слабо-подзолистые или скрыто-подзолистые почвы. Более южные части покрыты подзолистыми почвами обычного типа, среди которых, как и всюду, наблюдаются различные степени оподзоливания и различные по механическому составу почвы (суглинки, супеси, пески). Мощность горизонтов $A_1+A_2$ для подзолистых почв, согласно данным Гордягина, чаще всего колеблется между 15 и 30 см., и лишь в исключительных случаях мощность их доходит до 50 см. Последние случаи наблюдаются, очевидно, в условиях пониженных залеганий и там, где механический состав материнских пород допускает глубокое просачивание влаги. Для гориз. $A_2$ отмечается слоеватое сложение и пористость. Горизонт В изучен сравнительно слабее, но, повидимому, он чаще всего у суглинистых почв характеризуется ореховатой структурой.

Почвы болотного типа изучены в Тобольской губернии еще меньше. Судя по данным Городкова, более северные части тайги богаты торфяно-болотными почвами. Гордягин описывает темные болотные суглинки, „отличающиеся интенсивной перегнойной окраской, то почти совсем черной, и в своем разрезе с синеватым оттенком, то черно-серой“. Эти почвы характеризуются слабо выраженной крупичатой структурой, присутствием в гумусовых и подгумусовых горизонтах бурых пятен, а иногда и зерен „болотной руды“. Залегают эти почвы на аллювиальных суглинках разной окраски, достигают иногда большой мощности и „несут довольно разнообразную растительность с большею или меньшею примесью болотных форм“. Повидимому, это луговые подзолисто-глеевые почвы.

Подзолистая зона Томской губ., если не считать Кузнецкого Алатау и Алтая, почвы которого мы рассмотрим особо, исследована также недостаточно. Более других частей нам известна западная часть Нарымского края (Отрыганьев, Драницын).

Климатические условия этого края изучены пока очень мало, мы располагаем лишь данными одной Нарымской метеорологической станции, да и то всего за небольшое количество лет. Пятилетние наблюдения дают для средней годовой температуры —1,6°, для количества же осадков 530,3 мм.

---

[1]) Подробнее о послетретичных отложениях Сибири см. Неуструев, „Почвоведение“, 1925, № 3.

Материнскими породами Нарымского края являются наносы водного происхождения то глинистые, то песчаные, а частью остатки морены и флювио-глациальные отложения.

Местность на громадном протяжении более или менее заболочена, при чем степень заболоченности увеличивается на водоразделах, а уменьшается вблизи речных берегов. Получается впечатление, что огромная территория была некогда почти сплошь заболочена и только впоследствии, по мере углубления речных русл, все более и более дренировалась.

Для характеристики подзолистых суглинков этого района опишем следующий разрез по р. Чертанле (Отрыганьев):

$A_0$. Лесная подстилка до 6 см. мощностью, состоит, главным образом, из не вполне разложившихся остатков древесных пород, уничтоженных пожаром, который был здесь 60—70 лет тому назад.

$A_1$. Во влажном состоянии темнопепельного цвета, в сухом виде—серого цвета. В этом горизонте распространена главная масса корней травянистой растительности; в нем же можно видеть отдельные небольшие кусочки обуглившейся древесины (следы старого пожара). Слабо заметна несколько зернистая структура. Мощность горизонта 4—10 см.

$A_2$. Сильно оподзоленный, грязновато-белого оттенка. Ясно выражена горизонтальная слоистость (слои от 1—2 мм. мощностью). В небольшом количестве заметны мелкие зерна ортштейна. Горизонт пронизан округлыми порами до $^1/_2$ мм. в диаметре. Попадаются изредка и более крупные поры той же формы, а также щелеобразные. Мощность 10—15 см.

$B_1$. Желтовато-бурый суглинок, распадающийся на отдельности остроугольной неправильной формы. Величина орешков от 2—4 мм. до 2—3 см.

В том же районе встречаются подзолистые почвы, имеющие ниже горизонта $A_2$ гумусовый горизонт, иногда более темного цвета, чем $A_1$, и с мощностью до 10—15 см.; такого рода почвы были подробнее изучены Драницыным. Последний называет второй гумусовый горизонт—Az и отмечает, что этот горизонт распространен по водораздельным увалам в подзолистых почвах приблизительно до 59° с. ш., что он залегает почти всюду на глубине 25 см., имеет мощность 15—25 см., при крайней неровности и условности границ.

Горизонт этот углистого цвета, бледнеет при высыхании, не заключает включений древесных и животных остатков. Он отсутствует в песчаных почвах пойменных террас.

Указанные факты привели Драницына к заключению, что гор. „Az необходимо рассматривать, как явление постороннее современному почвообразовательному процессу". Он полагает в то же время, что Az „не является простым и случайным включением в материнской породе", а является реликтом более древних почв, которые позже превратились в подзолы, являющиеся здесь, таким образом, вторичными почвенными образованиями.

Исследуя северную часть Каинского у., Драницын встретил здесь займища (травяные болота), почвы которых имеют мощный гумусовый горизонт, слагающийся мелко-угловатыми отдельностями, под которым лежит раскисленный горизонт с выцветами углекислой извести. При деградации подобных почв под лесом и получаются подзолистые почвы со вторым гумусовым горизонтом, в образовании и сохранении которого принимает, повидимому, участие и углекислая известь.

Распределение гумуса в таких подзолистых почвах со вторым гумусовым горизонтом выражается следующими данными:

| | Почва № 1 | Почва № 2 | Почва № 3 |
|---|---|---|---|
| $A_1$ . . . . . | 13,60 | 4,49 | 12,77 |
| $A_2$ . . . . . | 1,84 | 3,02 | 6,26 |
| Az . . . . . | 2,20 | 4,09 | 7,59 |
| B . . . . . | 0,96 | — | 1,13 |

Эти данные показывают, что второй гумусовый горизонт обычно богаче гумусом, чем гор. $A_2$.

Описанные займищные почвы, повидимому, должны быть отнесены в группу карбонатных солончаков или солончаковатых почв северных окраин степных пространств, и если подзолы Нарымского края можно считать за результат деградации подобных почв, то пришлось бы принять, как это делает и Драницын, что южная часть Нарымского края когда-то представляла лесостепь или, в крайнем случае, самую южную границу подзолистой зоны.

Такой взгляд вызвал, однако, возражения Крылова, и нам думается, что явления, наблюдавшиеся Драницыным, могли произойти при деградации всякой лугово-болотной почвы, независимо от того, была ли она некогда в области предстепья или в таежной зоне.

Что касается механического состава подзолистых почв Нарымского края, то он достаточно разнообразен: на ряду с суглинками наблюдаются суглиносупеси, супеси и пески. Кроме подзолистых почв, сильно развиты здесь и почвы болотного типа. В северной части края картина близка к той, которая дана для бассейна Конды.

Более южная часть подзолистой зоны Томской губ., на границе с лесостепью, изучалась в бассейне р. Чулыма, в так называемой Мариинско-Чулымской тайге (Колоколов). Материнскими породами этого района являются, как и в предыдущем случае, наносы глинисто-песчаные пресноводного происхождения (частью послетретичные, частью, быть может, более древние).

Почвенный покров слагается из деградированных суглинков, среди которых различаются темносерые и серые (или коричневосерые), светлосерых подзолистых суглинков, супеси, песков и редких пятен деградированного чернозема. У первой разности деградированных суглинков мощность гумусовых горизонтов колеблется от 40 до 60 см. Строение их таково:

$A_1$. Темносерого цвета, крупичатой структуры. Иногда подразделяется на два подгоризонта, из коих нижний отличается присутствием мелких светлосерых пятен.

$A_2$. Более светлого оттенка, той же структуры, что и предыдущий.

$A'_2$. Более темный; распадается на гороховидные отдельности, редко доходящие до величины мелкого лесного ореха.

$B_1$. Серовато-красный с отдельными оподзоленными участками.

$B_1$. Краснобурый горизонт.

Материнская порода на значительной глубине вскипает с HCl. Разница в составе краснобурого горизонта и вскипающей материнской породы такова:

| | Гигроск. вода | Потеря при прок. | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $K_2O$ | $Na_2O$ | $Mn_3O_4$ | $P_2O_5$ | $SO_3$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Проценты | | | | | | | | | | | | |
| Гор. $B_2$ . . . . . | 6,17 | 4,91 | 64,16 | 15,31 | 6,76 | 3,47 | 2,13 | 1,64 | 1,37 | 0,51 | 0,077 | 0,05 | 0,02 |
| Матер. порода . . . . . | 5,91 | 6,74 | 61,25 | 13,74 | 5,72 | 7,67 | 1,99 | 1,77 | 1,69 | 0,35 | 0,063 | 0,62 | 3,44 |

У серых деградированных суглинков гориз. $A_2$ всегда отсутствует, $A'_2$—отсутствует иногда. Структура гумусовых горизонтов та же, что и у предыдущей разности лесных суглинков.

Светлосерые подзолистые суглинки характеризуются присутствием ореховатой или крупичатой структуры в более глубоких гумусовых горизонтах и иногда листоватой в горизонтах выше лежащих.



Рис. 28. Мариинско-Чулымская тайга. Фот. Колоколова.

Среднее содержание гумуса в почвах бассейна р. Чулыма определяется следующими данными:

| | |
|---|---|
| Светлосерые суглинки . . . . . | 1,58% |
| Серые деградированные суглинки . . . . | 3,13 |
| Темносерые деградированные . . . . . | 5,01 |
| Деградированный чернозем . . . . . | 8,00 |

Несмотря на темную окраску гориз. $A'_2$ лесных суглинков, количество гумуса в нем меньше, чем в $A_2$.

| | I | II |
|---|---|---|
| $A_1$ . . . . . | 5,20 | 6.80 |
| $A_2$ . . . . . | 1,83 | 2,34 |
| $A'_2$ . . . . . | 1,04 | 1,11 |
| B . . . . . | 0,82 | — |

Кроме перечисленных почв, в долине р. Чулыма встречаются темноцветные почвы на аллювиальных наносах, с содержанием гумуса от 7 до 16%.

К той же переходной полосе Томской губ. относятся и районы, изученные Н. Кузнецовым и Смирновым. Первый из указанных авторов обследовал западную часть Мариинского у., северо-западную — Кузнецкого и юго-восточную — Томского. Не касаясь горной части этого района, вдоль правого берега р. Томи, покрытой подзолистыми почвами, мы остановимся на более равнинных пространствах района. В основе пород, слагающих район, залегают каменноугольные глинистые сланцы, изредка прорезываемые гранитами, а сверху лежит значительная настилка из послетретичных глин, суглинков и

песков, составляющих материнские породы района. Кроме подзолистых почв, в равнинной части района широко развиты деградированные суглинки. Последние могут быть охарактеризованы следующим разрезом:

$A_1$. Темносерого цвета, зернистой структуры. Мощность 11 см.

$A_2$. Окрашен несколько светлее, но пронизан более темными прожилками, пятнышками; вверху такой же структуры, как и $A_1$, глубже распадается на более крупные отдельности неопределенной формы. Мощность—42 см.

$B_1$. Плотный суглинок буроватой окраски, распадается на угловатые отдельности, по граням темнее окрашенные, чем весь горизонт. Мощность—37—38 см.

C. Плотная вязкая глина.

Вскипание иногда поднимается до 90 см., а иногда его не наблюдается и на глубине 120 см.

Менее распространены деградированные черноземы, которые залегают южнее р. Ини до Салаирского кряжа и к северу от этой реки, между нею и Томью. В долинах рек—притоков Ини—встречаются солонцы и солончаки.

Район исследований Смирнова расположен между 55°30′—57°30′ с. ш. и 57°20′—60°10′ в. д. Северная половина района представляет типичную тайгу с подзолистыми и болотными почвами, основой которым служат пресноводные осадки третичной системы. Рельеф ее равнинный. Южная половина характеризуется более расчлененным рельефом, а в южной и восточной ее частях рельеф усложняется появлением отрогов Кузнецкого Алатау.

По данным Смирнова, северная граница современной лесостепи, где встречаются последние участки деградированного чернозема, приуроченные к более повышенным частям района, проходит следующим образом: от р. Кии она направляется по р. Тяжину сначала прямо на В., а затем на Ю.-В. до ст. Итат, откуда поворачивает к северу, далее идет левым берегом Айдата до р. Четь. В восточной части района эта граница выше поднимается к северу, чем в западной части.

Среди других почвенных типов и разностей Смирнов отмечает присутствие в районе вторичных подзолистых почв с красно-бурым горизонтом $B_1$.

Для суждения о подзолистой зоне в пределах Енисейской губ. мы располагаем данными, относящимися к Чуно-Ангарскому водоразделу, к северному и западному Заангарью (местность между Ангарой и Хатангой или Средней Тунгузкой) и к Ачинско-Красноярскому району, лежащему уже собственно в пределах лесостепи.

Остановимся сначала на Чуно-Ангарском водоразделе (Благовещенский). „В западной части этого района развиты почти исключительно древние осадочные породы—известняки, иногда сильно доломитизированные, подстилающиеся глинистыми и слюдяными сланцами и прикрытые сверху песчаниками. Изредка среди них встречаются выходы гранитов и гранито-гнейса. Гораздо большая восточная часть занята выходами диабаза, которые являются то в форме жил, иногда всего в несколько метров толщиной, то мощных покровов или штоков и лакколитов среди пластов песчаника". Местами из диабаза слагаются целые хребты, впрочем, очень невысокие.

„Плотные породы или прикрыты продуктами выветривания, или песками, или мощным глинистым наносом с хорошо окатанными мелкими гальками пород, не встречающихся нигде поблизости". На этих наносах формируются подзолистые почвы, начиная от значительно

распространенных здесь глинистых песков и кончая суглинками. У глинистых песков гориз. $A_2$ часто совершенно белого цвета, при чем гориз. $A_1$ почти не обособлен. Иногда последний сгорает, повидимому, при лесных пожарах, которые здесь, как и всюду в таежной полосе Сибири, очень часты. В описываемом районе почти не встречалось разрезов, где бы в верхних горизонтах почвы не попадались угольки. На песках выщелачивание идет глубоко, но иногда оподзоленные пески вскипают на глубине меньше одного метра. Объясняется это тем, что пески представляют верхние горизонты песчаника, цементированного углекислой известью. Последняя, повидимому, чаще всего встречается в форме кальцита. Подзолистые суглинки района обычно серого цвета; мощность гориз. $A_1$—4—12 см., $A_2$—20—45 см. Материнская порода—вязкая глина. Образующиеся на красных глинистых песчаниках суглинки получают красноватый оттенок.

Подзолистые почвы данного района содержат до 6—7% гумуса. Отчасти это объясняется присутствием мелких угольков или даже угольной пыли, которую нельзя отобрать нацело перед анализом, отчасти—девственностью почвы.

Кроме подзолистых почв, встречаются здесь темные суглинки р е н д з и н н о г о характера, содержащие до 10,5% гумуса. Мощность гориз. $A_1$ у этих почв от 12 до 20 см., переход от него к гориз. $A_2$ и последнего к материнской породе очень постепенный. Общая мощность гумусовых горизонтов 40—52 см. Материнская порода—желтоватая песчанистая глина, на глубине 45—60 см. начинает бурно вскипать, а через 5—6 см. в ней уже появляется много стяжений углесолей. „Иллювиальный горизонт бывает в 20—25—30 см., а ниже, хотя порода и продолжает бурно вскипать, но стяжений уже не наблюдается".

В районе значительно распространены с к е л е т н ы е почвы подзолистого типа, почвы же б о л о т н о г о типа выражены сравнительно слабо. Заболочены почти всегда берега речек, которые иногда покрыты толстым слоем мха. В этом случае м е р з л о т а находится на глубине всего 40 см. от поверхности. Количество органических веществ в болотных почвах колеблется от 14 до 20%, а в торфянистых достигает до 45%.

Водораздел между Ангарой и Средней Тунгуской (62°—58° с. ш. и 65°—69°30′ в. д. от Пулкова) представляет горную страну с малой высотой хребтов (Д р а н и ц ы н). Значительная часть страны слагается известковистыми песчаниками, а на юго-западе встречаются доломиты и известковые сланцы. Местами осадочные породы прорезаны выходами диабазов.

„Почвенный покров местности достаточно однообразен, при чем, по мере движения к северу, можно отметить общее ослабление интенсивности процессов почвообразования". Это значит, что северные части района лежат уже в подзоне с к р ы т о-п о д з о л и с т ы х почв. В южной части района залегают более определенно выраженные морфологически разности подзолистых почв: от хорошо выраженного п о д з о л а с пластинчатостью и ноздреватостью гориз. $A_2$ до почв с едва заметным посерением верхних горизонтов, и то по высыхании. На местных известняках и доломитах рендзинные почвы не развиваются; повидимому, мешает этому кристалличность местных карбонатных пород.

Наиболее подзолистыми являются почвы приангарской полосы. Подзолистые почвы, развивающиеся на диабазах, получают зернистую структуру всех горизонтов, но структура в данном случае не является результатом почвообразовательных процессов: она получается, благо-

даря распадению диабаза при выветривании на отдельные зерна, которые сохраняются даже тогда, когда почти все содержимое зерна превратилось в глинистую массу.

Кроме подзолистых почв, в районе встречаются и почвы болотного типа. Мерзлота не представляет здесь редкого явления.

Северное Заангарье лежит между 58° — 60°40′ с. ш. и 68°30′ — 70°30′ в. д. от Пулкова.

В рельефном отношении представляет плоскую возвышенность, расчлененную глубоко врезавшимися в материк речными долинами. Рельеф разнообразится небольшими хребтиками или отдельными сопками траппа (диабаз, оливиновый диабаз и м. б. некоторые другие изверженные породы), поднимающимися по водоразделам района (Шульга). Из пород осадочных особенно распространены красноцветные, нередко известковистые песчаники и переслаивающиеся с ними слоеватые глины. Встречаются и другого рода песчаники, а также известняки. На поверхности, и очень нередко на сравнительно высоких водораздельных плато, наблюдаются мелкоземистые наносы, чаще всего в виде буроватых, обедненных карбонатами глин с мелкими окатанными обломками пород, не встречающихся поблизости (кварцевые, кварцитовые гальки). На вторых террасах рек или террасовидно прислоненными к хребтам диабаза встречаются пески, с галькой, то отдельно включенной, то залегающей целыми прослойками.

Климат района довольно суровый, представляющий как бы переходный тип между климатом подзолистой зоны и климатом тундры.

Растительность слагает, по данным Шульги, следующие группы: 1) бор и „суборь“ — сосна с лиственницей, местами с примесью ели, пихты и кедра; 2) „черная тайга“ — ели, пихты, кедр; 3) различного типа болота и заболоченные места; 4) луга.

Почвы подзолистого типа образуют две подзоны: северную со скрыто-подзолистыми почвами различного механического состава (глинистые, суглинистые и супесчаные) и южную с подзолистыми почвами, среди которых встречаются также суглинки, супеси и пески. Иногда подзолистые почвы развиваются и на карбонатных породах.

Кроме подзолистых почв встречаются и почвы болотного типа. Иногда котловины в верховьях рек и ручьев бывают покрыты почвами с очень слабой заболоченностью и с большим содержанием органических веществ. В этих почвах находится иногда мерзлота на глубине около 1 м.

Ачинско-Красноярский район лежит на водоразделе между Енисеем и Чулымом, притоком Оби. Этот водораздел на широте Красноярска очень невысок, „но южнее Красноярска значительно повышается, при чем горы, круто поднимаясь от самого берега Енисея, занимают весь водораздел до самого Чулыма“ (Благовещенский). К С. от Красноярска развиты породы осадочные—известняки и красноцветные песчаники, а к югу—массивные кристаллические. В долине Сухого Бузима более древние осадочные породы (силурийские) прикрываются более новыми (юрскими), состоящими из песчаников, глины, бурого угля и углистого сланца, прикрытых мощными отложениями песка. Вдоль Енисея тянется полоса довольно мощных отложений лессовидного суглинка, не слоистого, богатого углекислой известью и содержащего кости мамонта и северного оленя, реже быка и носорога. „По мере удаления от реки мощность лессовидных отложений уменьшается, и ближе к водоразделу их нигде нет“. Ближе к реке располагается полоса песков.

На лессовой полосе левого берега Енисея располагаются черноземные почвы и деградированные суглинки, а кругом, на бо́льших абсолютных высотах, лежат подзолистые почвы.

В Ачинском у., на правом берегу Чулыма, на широте Красноярска и Ачинска идет полоса деградированного чернозема. Наибольшая ширина этой полосы—20 верст. К северу она суживается и оканчивается около устья р. Улуя.

В пределах Иркутской губ. экспедициями Переселенческого Управления были обследованы довольно большие площади Балаганского, Верхоленского, Киренского и Нижнеудинского у.у. (Панков, Райкин).

Громадная часть исследованного пространства лежит целиком в подзолистой зоне, и только небольшая часть Балаганского у., примыкающая к линии железной дороги, относится к переходной полосе лесостепи, которая к югу, при переходе в горную страну, вновь сменяется тайгой с подзолистыми почвами.

Материнскими породами на огромных пространствах служат древние песчаники красного или серого цвета. Зерна кварца в этих песчаниках цементированы углекислой известью и глинистым веществом; встречаются в них жилы кальцита и натечные корки углекислой извести. Среди песчаников попадаются иногда пропластки мергелистой глины. Изредка на водоразделе Ока-Ангара выходят оолитовые известняки, а по правому берегу Оки—песчаные отложения.

Обилие углекислой извести в материнских породах заметно ослабляет иногда процесс подзолообразования, и поэтому почвы здесь нередко носят промежуточный характер между подзолистыми и рендзинными. Иногда подзолистость морфологически очень слабо выражена. Даже валовые анализы не дают порой ясной картины подзолистого типа почвообразования, и только данные водной вытяжки: ее кислотность и довольно значительное преобладание в растворе органического вещества над минеральным, да характер распределения гумуса по горизонтам определенно свидетельствуют в пользу подзолистого процесса. Впрочем, среди таких как бы переходных почв встречаются и настоящие, типичные подзолистые, а местами даже и подзолы с ортштейном. Это в тех случаях, когда материнская порода содержит мало, или почти совсем не содержит углекислой извести, или, наконец, когда углекислая известь по тем или иным причинам выщелочена на значительную глубину. Нужно прибавить к сказанному, что внешнему проявлению подзолистости мешает иногда и яркокрасный цвет материнских пород.

На громадной территории указанных выше уездов Иркутской губ., как и всюду в таежной полосе Сибири, пожары истребляли и истребляют до сих пор крупные площади леса. Результатом пожаров является присутствие в горизонтах почвы мелких угольков, которыми особенно богат верхний горизонт. Это обстоятельство объясняет, как и для Енисейской губ., богатство верхнего горизонта местных почв гумусом. Последнего нередко определяется 8, 10 и даже 17%. Что в данном случае оказывают влияние угольные частицы, видно из сопоставления следующих цифр (Панков):

| № образца и горизонт | | Гумус |
|---|---|---|
| 31 $A_1$ | Тщательно отобран уголь | 9,70% |
| „ | Плохо отобран | 11,55 |
| 31 $A_2$ | Тщательно отобран | 3,44 |
| „ | Плохо отобран | 3,74 |
| 46 A | Тщательно отобран | 8,30 |
| „ | Плохо отобран | 10,43 |

Так как всех угольных частиц механически отобрать нельзя, то несомненно, что и в случаях тщательной отборки количество гумуса все еще повышено.

Болотный тип почвообразования также встречается на описываемой территории. Почвенная мерзлота—явление обычное для данной местности. Наблюдения показывают, что на местах пониженных под мощным моховым покровом непосредственно залегает иногда прослоек льда, на местах же высоких и сухих мерзлая земля летом встречается на более значительных глубинах. Приведем наблюдение Панкова над температурой почвы в одной из свеже-приготовленных ям. Яма выкопана на правом берегу р. Тыпты в дер. Балыкта, на сухом месте.

| Глубина в см | Температура по Ц. |
|---|---|
| 15 | +9,5° |
| 40 | +7,0 |
| 60 | +4,5 |
| 70 | +3,0 |
| 95 | 0° |
| 100 | —0,5 |
| 112 | —0,8 |

„Далее 112 см. рыть было нельзя: ни бур Болькена, ни лопата не брали землю помногу, а выкапывали ее отдельными, очень небольшими плиточками, скоро таявшими на воздухе и обращавшимися в песок. Вся почва является как бы смерзшейся, на изломах заметны небольшие кристаллы льда".

Для характеристики подзолистой зоны Забайкалья мы остановимся прежде всего на восточной половине области, так как западная ее половина представляет некоторые существенные особенности, сближающие ее с частями Якутской республики, и заставляющие эту часть Д.-В. области рассмотреть особо, после характеристики остальных частей подзолистой зоны.

В восточном Забайкалье, в пределах таежной и, частью, лесостепной зон были обследованы: 1) бассейны рек Унгурги, Белого Урюма, Алеура и Куенги, расположенные в Нерчинском и Читинском уу. (Филатов); 2) бассейны рр. Черной, Черного Урюма и левый берег Шилки (Благовещенский) и 3) район, прилегающий к р. Аргуни между 52 и 53° с. ш. и пересекаемый притоками Аргуни: Урюмканом, Будюмканом и Газимуром (Филатов).

Первому из упомянутых районов отроги Яблонового хребта и Шилкинский хребет придают типичный гористый вид, хотя больших колебаний относительных высот здесь и не наблюдается, а водоразделы характеризуются небольшими высотами. Остов местности слагается массивными кристаллическими породами, среди которых особенно распространены слюдистые разности гранитов и сиенитов, реже встречаются гранито-порфиры и порфириты. Есть и кристаллические сланцы, к которым приурочиваются местами кристаллические известняки и кварциты. Из пород осадочных изредка встречаются глинистые сланцы, а затем тяжелые темные глины и наносы новейшего образования (аллювий, делювий). Толща новейших образований часто мощным покровом одевает коренные породы и служит материнскими породами для местных почв.

Благодаря процессам выветривания и денудации, горные массивы приобрели мягкие очертания, и вершины их стали низко-конусообраз-

ными или куполообразными. Только изредка, при неоднородности в составе и сложении пород, горы приобретают расчлененность, появляются выступы, гребневидные вершины с нагроможденными матрацевыми гранитными отдельностями. Междугорные долины встречаются двух типов: п а д и, характеризующиеся пологими склонами, и е л а н и или долины с платообразными уступами. В почвенном покрове района наблюдаются два типа: п о д з о л и с т ы й и б о л о т н ы й. Первый тип особенно богат скелетными и хрящеватыми разностями, механический состав мелкоземистой части которых бывает близок то к составу суглинков, то к составу песков. Наиболее каменистые разности лишь едва задернованы и не обнаруживают ясных морфологических признаков подзолистых почв. Подобные почвенные образования располагаются как по склонам падей, так и по еланям, имея более грубый характер на склонах возвышенностей и на самих возвышенностях. Среди подзолистых почв встречаются лишь слабо-подзолистые разности; сильно подзолистых почв и подзолов в районе не найдено. Б о л о т н ы е и т о р ф я н о-п о д з о л и с т ы е почвы в районе чрезвычайно широко развиты как по обширным „марям“[1]), так и в пределах речных долин. У торфяно-подзолистых почв нередки вторые (нижние) гумусовые горизонты, находящиеся над горизонтом мерзлоты. Вместе с гумусом в этом своеобразном иллювиальном горизонте возрастает и количество иловатых частиц (<0,01 мм. в диаметре).

Содержание гумуса в горизонте А подзолистых почв данного района колеблется между 2 и 3%, при чем в вертикальном разрезе наблюдается, как это обычно для подзолистых почв, резкое падение количества гумуса в глубину. Торфяно-подзолистые почвы содержат в горизонте $A_1$ -15—16—18 и до 30% гумуса. Количество гумуса в иллюзиальном горизонте заметно повышено по сравнению с горизонтом вышележащим.

Район, включающий в себя левый берег Шилки, вниз от устья р. Черной, р. Черную с притоками, р. Черный Урюм и его левые притоки, долину Амазара, водоразделы Амазар—Шилка и Амазар—Чичатка, а также р. Большую Чичатку до впадения ее в Амазар, представляет, как и предыдущий, местность гористую, сильно рассеченную. Все реки и речки района прорыли себе глубокие долины с крутыми склонами. Надлуговые террасы представляют довольно ровную поверхность, покрытую Betula fruticosa, но имеют грубо щебенчатую и сильно заболоченную почву. Над ними высятся крутые увалы и хребты, покрытые то скелетными подзолистыми почвами, то каменной россыпью и выходами коренных пород, более или менее разрушенных. Почвы речных долин и „марей“, по преимуществу, принадлежат разновидностям б о л о т н о г о т и п а.

Вообще же описываемый район имеет много общего с соседними районами Амурской области, характеристику которых мы дадим ниже, а теперь остановимся еще на описании южной части подзолистой зоны Забайкалья, поскольку последняя изучена в бассейнах Газимура, Урюмкана, Будюмкана и Орочи. Местность здесь представляет ряд горных долин, на дне которых расположились главные реки района. Эти долины явились следствием тектонических процессов и представляют ряд грабенов. Северные и южные склоны долин чрезвычайно резко различаются друг от друга по характеру растительности и почвенному покрову. На северном склоне встречаем лиственницу с такими растениями, как Rubus saxatilis, Vaccinium vitis и пр., южный—

[1]) М а р ь—поверхностно заболоченное лугово-кустарниковое пространство, покрытое обычно зарослями Betula fruticosa, видами Salix, Potentilla fruticosa и пр.

характеризуется иным комплексом флоры с Pulsatilla vulgaris, Lilium tenuifolium, Koeleria cristata, Potentilla tanacetifolia, Tanacetum sibiricum, Leontopodium sibiricum. Между двумя отмеченными контрастами существует целая гамма переходов. Так, сырая лиственничная тайга северного склона с почвами крайних степеней оподзоливания переходит на северо-восточных и северо-западных склонах в смешанные лиственнично-березовые леса, еще близкие, по своим почвенным условиям, к таежным. Утрачивая совершенно лиственницу, а в подлеске—представителей тенистых и сырых лесов, эти лиственнично-березовые леса превращаются в сплошные и березовые на суглинках, уже меньших степеней оподзоливания. Идя в том же направлении далее и приурочиваясь к условиям, все более близким к условиям южных склонов, березовые леса изменяются рядом градаций в светлые с роскошно развитыми кронами березовые рощицы на едва заметно оподзоленных почвах. В такие рощи уже нередко проникают представители степи, а почвы становятся близкими, по своим внешним признакам, к темноцветным черноземовидным почвам южного склона.

Резко бросается также в глаза и распределение мерзлоты в пределах одной и той же долины: на южном склоне ни разу не констатировано ее присутствие, тогда как по северным склонам мерзлота—обычное явление. Здесь она может подниматься очень высоко—до 10 см.—от поверхности, как это наблюдалось в пади Альдокаля, на склоне в 10° крутизны, 23 июля нов. стиля. В то же время на противоположном южном склоне мерзлоты не найдено на глубине более $1^1/_2$ метров.

Не останавливаясь на характеристике подзолистых и болотных почв данного района, опишем два разреза черноземовидных почв: один на диоритовом сланце, а другой на граните. Первый разрез сделан на склоне крутизной в 5—6° и имеет такое строение:

0—5 см.— Темнокоричневого цвета, плотнее нижележащего горизонта.

5—26,5 см.— Такого же темнокоричневого цвета, как и предыдущий, при чем окраска, равно как и наблюдающаяся здесь ясная зернистая структура (зернышки от 0,5 до 3 мм.), совершенно однотипичны для всего горизонта.

28,5 - 44,5 см.—Темнокоричневая окраска несколько слабее, зернистая структура более грубая.

44,5—57,5 см.— Интенсивность окраски еще более ослаблена, зернистая структура выражена слабо, скорее ее можно назвать комковатой. В нижнюю часть заходят, в виде неправильных языков, участки желтоватой материнской породы.

Глубже 57,5 см.— Желтовато-коричневый легкий суглинок с большим количеством кусков диоритового сланца. Вскипания нет до глубины более 1 метра.

Второй разрез сделан на склоне крутизной в 7—8° и имеет такой вид:

0—5 см.— Темнокоричневый, пылеватый; в нем попадаются кусочки розового полевого шпата и зернышки кварца.

5—25 см.— Темнокоричневого цвета с ясной мелкозернистой структурой. Мелкие зерна кварца и полевого шпата во всей толще.

25—38 см.— Более слабая окраска и менее типичная зернистая структура; зерна кварца и полевого шпата.

38—58 см.— Светлокоричневого цвета, более или менее окрашенный гумусом.

Глубже 58 см.— Розоватый суглинок с дресвой, переходящий на глубине 1 м. в сплошную гранитную дресву.

Переходим теперь к характеристике дальневосточных окраин, а именно б. Амурской и б. Приморской областей, отметив, что районы

Якутской республики, смежные с северо-восточным Забайкальем, не отличаются от последнего характером своего почвенного покрова. Химическими анализами почв этого Якутского района, обследованного Сукачевым, мы воспользовались выше (стр. 323—324).

Климатические условия Амурской области, поскольку нам дают о них представление сравнительно непродолжительные наблюдения нескольких метеорологических станций, более или менее своеобразны, что

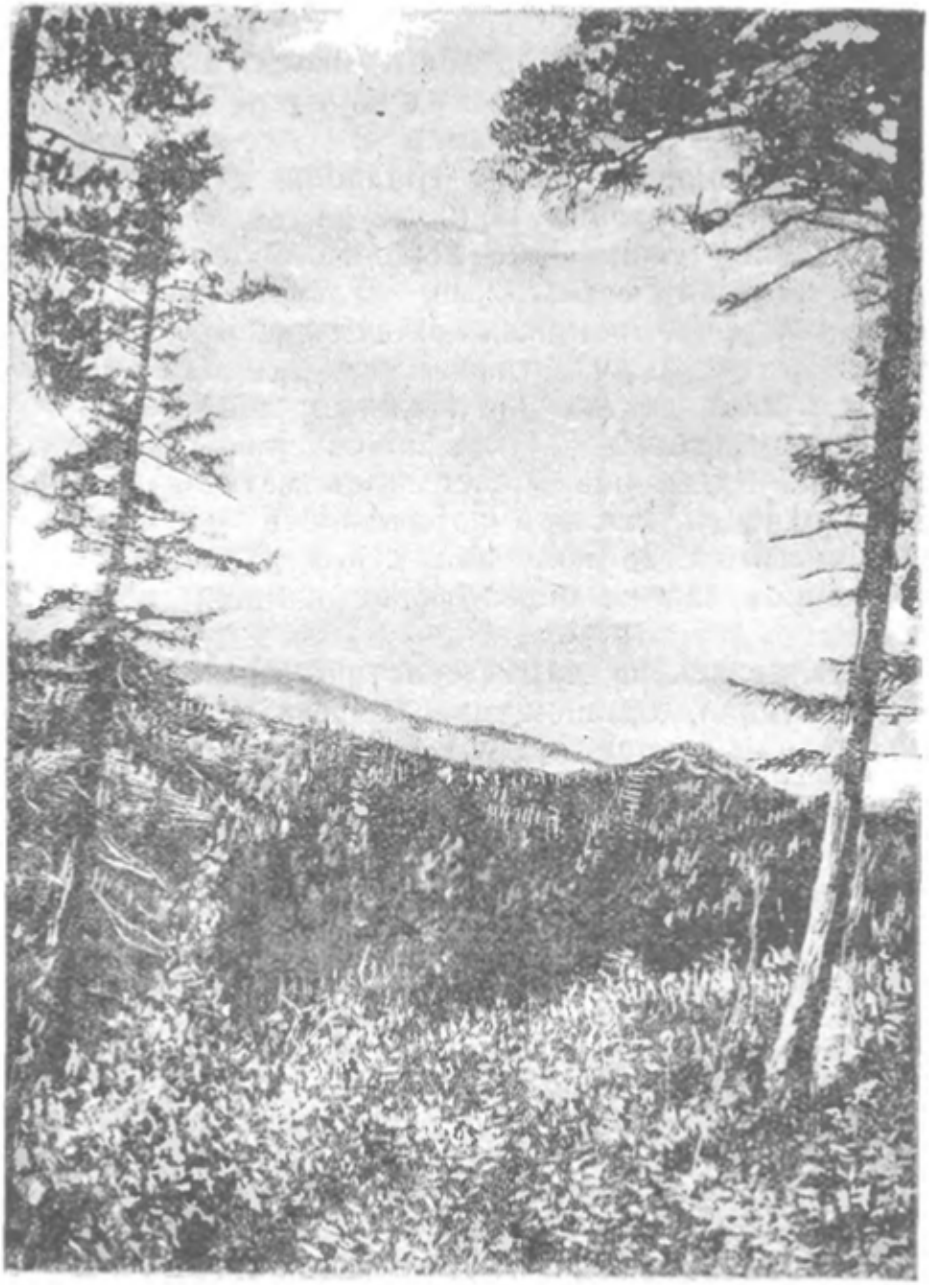


Рис. 29. Тайга горной части Амурской обл. Фот. Левицкого.

в особенности относится к осадкам. Средняя температура, в зависимости от широты местности и абсолютной высоты, колеблется от +0,5 (Хабаровск, 48°28′ с. ш., 350 ф. абс. высоты) до —7,7 (Софийский прииск, 52°27′ с. ш., 3000 ф. абсолютн. высоты). Количество осадков за год колеблется от 300 до 500 слишком миллиметров, при чем главная часть этих осадков падает на лето, осень и, частью, весну. Особенно обильно осадками лето, когда выпадает больше половины годового количества. Зима, наоборот, чрезвычайно бедна осадками. Результатом такой комбинации климатических факторов является почти повсеместное присутствие почвенной мерзлоты и чрезвычайное обилие поверхностно-заболоченных пространств. Здесь, можно сказать,

болотный тип почвообразования ведет постоянную борьбу с подзолистым типом и не без успеха: почвы болотного типа тут не менее, а местами и более распространены, чем почвы подзолистого типа.

По характеру рельефа и почвенного покрова Амурская область может быть разбита на несколько районов, а именно:

1. Северо-западный район. Это обширное пространство можно характеризовать, как область с очень волнистым и местами высоко поднятым над уровнем моря рельефом, где роль материнских пород часто играют кварциты, кварцитовые и глинисто-кварцитовые сланцы, конгломераты и массивные кристаллические породы. Мягкие наносы принадлежат аллювиальным и делювиальным образованиям, при чем последние не имеют широкого распространения. В силу сказанного подзолистые почвы часто отличаются скелетным характером. Вместе с тем район, особенно в своих северных частях, богат болотами и сильно заболоченными иловатыми почвами.

2. Черняево-Зейский район характеризуется меньшей гористостью рельефа, чем предыдущий, и значительно большим развитием рыхлых наносов водного происхождения (пески с галечником, глины и пр.). Скелетные подзолистые почвы встречаются и здесь, но далеко уже не в таком количестве, как в северо-западном районе. Болотных и торфяно-подзолистых или подзолисто-глеевых почв здесь также не мало, но резкое заболачивание реже, и пониженные места чаще носят характер луговых пространств. Растительность этих лугов богаче и разнообразнее, чем в предыдущем районе.

3. Призейский район представляет сравнительно узкую полосу по берегам р. Зеи, представляющую расширение аллювиальной долины этой реки. Материнскими породами этих расширений долины являются чаще всего тонко-зернистые супесчаные или суглинисто-супесчаные аллювиальные наносы. В толще этих наносов нередки включения прослойков и неправильных гнезд гумифицированных остатков прежних почв, размытых разливами реки и частью перенесенных в другие места, частью погребенных на месте под толщей нового наноса. Этот процесс намыва и переноса не закончился и в настоящее время, и различные участки Зейской долины подвергаются затоплению при высоких уровнях воды. Почвы этого района частью подзолистого, частью болотного типа.

4. Зейско-Селемджинский район. Границами его служат на севере и западе р. Зея, на юге—р. Селемджа, а на востоке административная граница области. По характеру рельефа, материнских пород и почв этот район больше всего напоминает Черняево-Зейский, но отдельные его части, по характеру своего почвенного покрова, то приближаются к типу северо-западного района (возвышенные и рассеченные участки), то к типу призейского (самая северная равнинная часть).

5. Зейско-Буреинский район, наиболее привлекавший внимание исследователей, представляет, особенно в своей юго-западной части, своеобразную область как в смысле рельефа, так и почвенного покрова. Мощные темноцветные почвы равнин Зейско-Буреинского водораздела неоднократно сравнивались с черноземом и даже назывались черноземами не только в просторечии, но и в специальной литературе, хотя в последней и делались по этому поводу известные оговорки. Так, Коржинский, описывая Зейско-Буреинскую равнину, сообщал, что вся эта площадь сложена из песчаных глин, довольно вязких в верхнем горизонте. Они покрыты слоем темной перегнойной почвы, имеющей на пологих увалах мощность до 4—6 вершк.

(18—26 см.), а в низинах до 1½ арш. (106 см.). Местные жители называют эту почву черноземом. На сухих возвышенных местах она, действительно, по своим физическим свойствам и структуре напоминает чернозем, в более же низких она явно болотного происхождения. Растительный покров этой равнины, за исключением, впрочем, обросших Corylus и лугово-лесными травами увалов и грив, составляется из причудливой, странной смеси форм степных (даурской степи) с растениями, свойственными болотистым лугам или даже просто болотам.

Не останавливаясь на других литературных источниках, касающихся Зейско-Буреинского водораздела, отметим лишь, что до последнего времени морфология и химические особенности местных почв были изучены недостаточно.

Новейшие исследования отмечают, что материнскими породами района являются не только постплиоценовые песчано-глинистые осадки, но и третичные образования, а также различные твердые горные породы. В области, занятой третичными осадками и твердыми горными породами, преобладают подзолистые почвы, среди которых можно различить подзолистые пески, супеси, легкие суглинки, а также средние и тяжелые суглинки. На площади, занятой песчано-глинистыми наносами, наблюдается постепенное изменение механического состава наноса в глубину: на поверхности залегает чрезвычайно вязкая глина, которая, по мере углубления, становится песчанистее и постепенно переходит в пески, а еще глубже и в галечники. Наряду с почвами болотного типа здесь встречаются лугово-подзолистые, а подзолистые менее встречаются лишь отдельными островами по повышенным местам.

Томашевский различает в пределах описываемого района несколько разностей почв болотного типа, а именно:

a) болотистые почвы, поросшие осоковой растительностью, по долинам рек на аллювиальных наносах;

b) болотные почвы с кочкарником, покрытые осоками, ирисами и частью моховым покровом—по падям и вообще котловинам, не имеющим стока воды;

c) болотные почвы меньшей степени заболоченности, но с ясно заметными признаками восстановительных процессов; залегают по водоразделам в СЗ. и ЮВ. частях района на глинистых наносах; покрыты кислыми злаками, березовым кустарником, голубикой и т. п.

Отметим в заключение, что в этом районе наблюдалось влияние лесной растительности на заболоченные почвы и деградация этих последних в почвы подзолистого типа. При поселении леса, в средней части мощного гумусового горизонта у болотных или лугово-подзолистых почв появляются вначале отдельные подзолистые пятна, которые затем, постепенно сливаясь, образуют сплошной подзолистый горизонт, разделяющий прежний гумусовый темный горизонт на две части: верхнюю и нижнюю.

Северо-восточная часть района изучена сравнительно мало; она возвышенна, волниста или гориста, имеет гораздо более суровый климат и богата моховыми и другого типа болотами.

6. Нижнеамурский район представляет полосу, прилегающую к р. Амуру на В. от Буреи до Хабаровска. В этом районе обширные пространства занимает долина р. Амура с ее озерами, протоками, старицами и пр. В его же состав входит и горная страна, в виде системы Малого Хингана. Таким образом почвы формируются здесь не только на наносах, но и на различных коренных породах. Тем не менее и здесь никаких других типов почвообразования, кроме

подзолистого и болотного, не существует. В этом именно районе был впервые констатирован для Амурской области подзолистый тип почвообразования (Иванов).

В Амурской области чрезвычайно широким распространением пользуется почвенная мерзлота, существование которой вызывает и своеобразные особенности в строении почв, на что уже было указано при характеристике почв Восточного Забайкалья, и своеобразные динамические явления, сильно разрушающие местами почвенный покров (образование вспучиваний, разрывы, трещины и пр.) [1]).

В Приморской области почвенный покров изучался преимущественно в ее Уссурийско-Приморской части, что же касается Охотско-Камчатского края, то таковой в почвенном отношении очень мало изучен. Мы знаем лишь, что и на Камчатке встречаются ясно выраженные подзолистые почвы, как и почвы болотного типа [2]).

Чего-либо нового в современных процессах почвообразования Приморской области, по сравнению с Амурской областью, не замечено, за исключением лишь того, что почвенная мерзлота здесь уже исчезает. Древние же процессы почвообразования, свидетельствующие о сравнительно недавнем, в геологическом смысле, совершенно ином направлении этих процессов, заслуживают здесь более детального изучения (см. ископаемые и древние почвы).

Из современных почв те, которые считались иногда за чернозем, оказались такими же лугово-подзолистыми почвами, как и на Зейско-Буреинском водоразделе (Глинка, К.). Таковы почвенные образования окрестностей оз. Ханка (Смирнов) и других мест Уссурийского края. Подзолистые почвы здесь также очень широко развиты, и степень оподзоленности местных почв, в общем, значительнее, чем в Амурской области. Здесь далеко не редкость встретить типичные подзолы с хорошо выраженными ортштейновыми горизонтами или конкрециями. Так, например, у ст. Иман наблюдались глинистые подзолы такого строения:

$A_1$. Темносерый бесструктурный горизонт, мощностью в 5—6 см.

$A_2$. Светлосерый, в сухом состоянии почти белый, с пластинчатой структурой. Мощность—13 см.

$A_2$. Грязновато-серый горизонт с массой мелких, почти черных горошин ортштейна. Мощность—25 см.

$B_1$. Бурый суглинок.

У Смирнова заимствуем следующее описание разреза иловато-болотной почвы Приханкайского района:

A. Стально-черный, вязкий. Мощность- 50 см.

G. Серо-буро-синеватый, с языками и подтеками гумуса; книзу становится песчанистым. Мощность—80 см.

G. Охристый, песчанистый. Мощн.—12 см.

G. Серо-голубая песчанистая глина.

На глубине 80 см. от поверхности по стенкам ямы начала просачиваться вода.

В пределах отрогов хребта Сихота-Алин подзолистые почвы имеют нередко скелетный характер. Материнские породы здесь весьма разнообразны: центральные части хребта сложены массивно кристалли-

[1]) По этому вопросу см. Никифоров. О мерзлоте см. также у Прохорова, Аболина.

[2]) Некоторые образцы Камчатских почв имеются в музее Докучаевского Почвенного Института Академич. Наук.

ческими породами, которые покрываются различными сланцами (кремнистыми, глинистыми), кварцитами и пр. Впрочем, граниты нередко покрыты, повидимому, древними продуктами выветривания, в виде легкой охристой глины (Иванов), которая в настоящее время модифицируется под влиянием современных подзолистых процессов.

Перейдем теперь к изучению явлений, нарушающих общую зональность почв Евразии в пределах ее подзолистой зоны. Такого рода явления были констатированы прежде всего в Западном Забайкалье, а затем, и в Якутской республике, на широте г. Якутска и южнее последнего.

Впервые Короткий нашел в долине р. Баргузина почвы, которые своим оттенком напоминали каштановые почвы южных частей Забайкалья и Енисейской губ. и отличались мощными карбонатными горизонтами. Так как долина Баргузина лежит под 53—55° с. ш., то такого рода открытие представлялось не вполне понятным, тем более, что в восточном Забайкалье, южной части Якутской области и соответственных частях Амурской под теми же широтами находится типичная тайга с присущими последней почвами подзолистого и болотного типов.

Последние следы почв, напоминающих чернозем, в восточном Забайкалье были найдены в окрестностях Нерчинска (Сукачев) и Стретенска, да и то эти почвы (особенно нерчинские) носят чаще всего солонцеватый или солончаковатый характер, и флора их имеет некоторые своеобразные черты.

Правда, климат западного Забайкалья отличается большой континентальностью, летом здесь чувствуется недостаток влаги, и еще древние народы, населявшие долину Баргузина, пользовались, по свидетельству Кольберга, искусственным орошением, тем не менее представлялось несколько странным нахождение каштановых почв к северу от черноземной зоны Забайкалья. Более внимательное ознакомление с почвами долины Баргузина привело к заключению, что местные почвы должны быть отнесены к группе солончаковатых. Но и такое решение вопроса показывало, что мы сталкиваемся здесь с явлением, не свойственным подзолистой зоне, следствием чего явилось намерение несколько шире изучить отдельные части подзолистой зоны в пределах Западного Забайкалья и в некоторых частях Якутской республики. В виду сказанного были организованы экспедиции в район Еравинских озер к С. от Читы, лежащий под той же приблизительно широтой, что и Нерчинские степи, в Верхнеудинский район, в область Верхней Ангары, расположенную значительно севернее долины Баргузина, а также в долину Лены около Якутска и на водоразделы между Якутском и Вилюйском, между Якутском и Усть-Майей и в прибрежья Охотского моря между Нельканом и Аяном.

В районе Еравинских озер, как показали наблюдения Короткого, встречаются солонцы и солончаки с весьма разнообразной морфологией. Вместе с тем, вполне типичных черноземных почв (не солонцеватых и не солончаковатых) здесь не встречается. Карбонатно-солончаковые почвы найдены Сукачевым и в долине Верхней Ангары, на ряду с представителями степной растительности. Есть основание предполагать присутствие таких же почв в бассейне р. Витима, по Больш. и Мал. Амалатам, повидимому, те же почвы встречаются в Верхнеудинском районе (Фролов) в бассейнах рек Худуна, Чесана, Уды и частью Итанцы; особенно интересно, что такого же характера почвы заходят и в Якутскую республику. Наиболее обширные площади они занимают на террасах р. Лены в окрест-

ностях Якутска, как это выяснено исследованиями Доленко. Здесь карбонатные солончаки отличаются иногда почти теми же оттенками, как и почвы Баргузинской долины, но зачастую имеют и черный оттенок гумусовых горизонтов. На ряду с карбонатными, здесь встречаются сульфатные и галоидно-сульфатные солончаки, а также и структурные солонцы различных модификаций.

Те же почвы найдены Аболиным и на водоразделе между Якутском и Вилюйском, где главный фон составлен подзолистыми почвами; как в долине Лены, так и на указанном водоразделе встречаются на солонцах и солончаках представители степной флоры. На террасах Лены ковыли занимают заметные площади, встречаются солончаковые и солонцовые растения (в частности, солянки).

Солончаки констатированы и к востоку от Лены Никифоровым, однако, занимаемые ими площади все более и более уменьшаются, по мере приближения к Усть-Майе, и в то же время заметно



Рис. 30. Солонцы Якутской респуб. Фот. Никифорова.

усиливается подзолистость господствующих почв. По направлению к Охотскому морю перевес начинают брать торфяно-подзолистые и болотные почвы (Соколов), при чем солончаковые почвы совершенно исчезают. Последняя смена почв связана с увеличением влажности по направлению к Охотскому морю.

В последние годы экспедиции Академии Наук расширили область распространения солончаковых и солонцовых почв. (Красюк, Григорьев).

Комбинируя все отмеченные кратко наблюдения, мы приходим к заключению, что в Западном Забайкалье и в части Якутской республики между 80 и 90° в. д. (от Пулкова) залегает особая полоса, в которой отдельными оазисами (по долинам и вообще пониженным местам) расположены почвы, свойственные степным районам, и совершенно неизвестные под той же широтой в других частях азиатской таежной зоны и в европейской подзолистой зоне. Отсюда следует также, что в Западном Забайкалье нет резкой границы между степью и тайгой, между черноземной и подзолистой зонами, что последняя получает от первой целый ряд ее интразональных представителей, заходящих в такие географические широты, где их трудно было ожидать. Возможность таких заходов объясняется, по нашему мнению,

той исключительной континентальностью климата, которой характеризуются долины и равнины западного Забайкалья и средней части Якутской Автон. республики[1]).

---

## ЛИТЕРАТУРА

### Европейская часть СССР и соседние государства

#### Финляндский район


Cajander. Studien über die Moore Finlands. Helsinki, 1913.

De-Geer. Om Skandinaviska inlandisens andra utberending.-Geolog. Fören. Bd. 7.

Frosterus, B. Verhandl. der zweit. Agrogeolog.-Konferenz. Stockholm. 1911.

„ Geolog. Komission i Finland—Geotekniska Maddelanden, № 10, 1912.

„ u. Glinka, K. Zur Frage nach der Einteilung der Böden in Nordwest Europas Moränengebieten. I—V. Helsingfors, 1914.

Frosterus, B. Geolog. Komiss. i Finland.—Agrogeologiska Meddeland., № 18. 1924.

Кропоткин. Исследования о ледниковом периоде в Финляндии. 1874.

Левинсон-Лессинг. Труды Спб. Общ. Естеств., т. XVI, 1885.

Миклуха-Маклай. Матер. по геологии России, т. XVIII, 1897.

Ramsay. Ueber den Salpausselka im östlichen Finland.—Fennia, 4, № 2, 1891.

„ Ueber die geologische Entwickelung der Halbinsel Kola in der Quartärzeit.—Fennia, 12, № 5, 1896; 16, I, 1898.

Sederholm. Guide des excursions du VIII Congrés Internationale Géologique à St. Petersbourg. 1896.

„ Bull. de la Commiss. géolog. de Finlande, 1911.


#### Северный район


Ануфриев. О болотах Кольского полуострова. Географ. Инст. 1922, вып. III.

Куплетский и Полканов. Первый Всеросс. Геолог. Съезд.—Путеводитель экскурсий. Петрг. 1922.

Красюк. Почв. исследования северного края.—Агроном. служба Север. жел. дор. Москва, 1922.

Маляревский. Год колоизационной работы Мурм. жел. дор., 1925.

„ Второй год колонизационной работы Мурм. жел. дор., 1926.

Маркус. Подзолисто-болотные почвы средней части Кольского полуострова. Географ. Инст., 1922.

Ферсман. редак. Труды Сев. Научно-Промысл. эксп., вып. 16, 1923 (статьи Гладцина и Бонштедта).

Черный. „Почвоведение“, 1905, № 2.


#### Прибалтийскнй район


Ailio, J. Bull. de la Commiss. géolog. de la Finlande, 1898, № 7; Fennia, 38, 1915.

Anderson och Berghell. Torfmosse ôfver lagrad of strandvall vester am Ladoga.—Geolog. Fören. Förhandling. 17, 21—34, 1895.

Бальц и Кузнецова. Журн. Петрогр. Агроном. Инст., № 1, отд. II.

Брюн-де Сент Ипполит. Матер. по изуч. русских почв. Вып. 11, 1898.

Doss, Br. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch., 1896.

„ Zentralbl. für Mineralogie etc. 1910, № 22.

Федоровский, С. Зап. Спб. Собр. Сельск. Хозяев, 1889, № 6.

Георгиевский, А. Тр. Вольн.-Экон. Общ., 1889, № 5.

Гильзен, К. Матер. по изуч. русских почв, вып. X, 1896.


[1]) Сукачев полагает, что мы имеем здесь дело с реликтовыми образованиями.

Гольм. Изв. Геолог. Комит., т. III, 1884.
Hausen, H. Mater. zur Kenntnis d. Pleistozänen-Bildung in d. russisch. Ostseeländer Helsingfors. 1913.
Munthe. Studien öfver baltiska hafvets quartära historia, 1892.
Nõmmik, A. Kodumaa mullasti kust. Tartus, 1925.
Полынов и Юрьев. Лахтинская впадина.—Научно-Мелиор. инст. 1925.
Потулова, Н. Изв. Геолог. Комит., 1922, т. XLI, № 2—5; 1924 г., т. XLIII, № 9.
Прасолов, Л. Естеств. условия сельского хоз. в Петроградском пристоличном районе. Почвы Шушарской фермы. Петерб. 1922.
Рисположенский. Описание С.-Петербургской губ. в почвенном отношении. Казань, 1908.
Sederholm. Bull. de la Comm. géolog. de la Finlande. 1899, № 10.
Танфильев. Тр. Вольн.-Экон. Общ., 1888, № 5. 1889, № 5.
Thoms. Mitteil. der kaiserl. livländ. gemeinnüttzig. und ökonom. Sozietät, 1893, № 13 Dorpat, 1893.
„ Zur Wertschätzung der Aekererden auf naturwiss.-stat. Grundlage. III, Riga, 1900.
Шмидт, Ф. Тр. Спб. Общ. Естеств., 1871, 1876, 1877, 1889.
„ Изв. Геолог. Комит., т. II, 1883; т. III, 1884; т. IV, 1885; т. VI, 1887; т. X, 1891, т. XIII, 1894.
Wityn, J. Die Sande und die Sandböden in Lettland. Riga, 1924.
Яковлев, С. Наносы и рельеф г. Ленинграда и его окрестностей.—Научно-Мелиор. Инст., 1925 (см. здесь литературу); ч. II, 1926.

### Озерный район

Глинка, К. Ежегодник по геологии и минер. России, т. V, вып. 4—5, 1902.
„ Зап. Ново-Александр. Инст. Сельск. Хоз. и Лесов., т. XI, вып. 2, 1898.
Федоровский. Почвенно-геологич. очерк Валдайского у., 1901.
„ Почвенно-геологич. очерк Демьянского у. 1903.
Никитин. Бассейн Волги, 1899.
Прасолов. Матер. по исслед. Волхова и его бассейна. Вып. IV. 1925.
Псковская губ. Изд. Стат. Отд. Псков. Губ. Земской Управы.—Описание почв по уездам под ред. К. Д. Глинки—Адамовым, Вихманом, Клепининым, Колоколовым, Тихеевой и Федоровским.
Рудницкий, В. Матер. по изуч. русск. почв, вып. XVII, 1906.
„ Почвенно-геолог. очерк Крестецкого у. Новгород, 1908.
Шапошников, Г. Мат. по оценке зем. угодий Белозерского у.—Почвенно-геолог очерк. Новгород, 1910.
Сибирцев. Почвы в бассейне верхнего течения р. Великой.—Опочецкий у. Псковской губ Псков, 1900.
Соколов, Н. Матер. по исследов. р. Волхова и его бассейна. Вып. VII. Ленинград, 1924.

### Польско-лнтовский район

Амалицкий. Тр. Варшав. Общ. Естеств. 1892 и 1896.
Гедройц. Матер. для геологии России; т. XVII, 1895.
Криштафович. Ежегодн. по геологии и минер. России, т. вып. 1 и 2, 1896—1897. Зап. Ново-Александр. Инст., т. IX, 1896 и т. XV, 1902.
Miklaszewski, S. Gleby ziem polskich. Warschawa, 1906 и др. работы того же автора.
Никитин, С. Изв. Геолог. Комит., т. V. 1886.
Православлев, П. К изучению ледников. образований сев. части Царства Польского. Варшава, 1905 (литература).
Siemiradzki i Dunikowski. Pamietnik Fizyjiographiczny. T. XI, 1891. Warszawa.
Сибирцев, Н. О почвах Привислинского края.—Тр. Почв. Комиссии при Вольн.-Экон. Общ. Доклад 21 декабря 1895 г.
Соболев, Д. и Соболев, Н. Зап. С.-З. Отд. Р. Г. О., кн. 3. Вильна, 1912; см. те же Записки за 1910 г. (статья Н. Соболева).

## Пограннчный район

Абутьков. Предвар. отчет о почв. исследов. в Ельнинском и Рославльск. уездах. Смоленск, 1913.
„ и Костюкевич. Предвар. отч. о почв. исследов. в Юхновском и Поречском у. Смоленск, 1913.
„ Почвы Смоленского и Краснеиского у.у.
Армашевский. Изв. Геолог. Комит., т. XI, 1892; т. XII, 1893.
Афанасьев. Зап. Горецкого с.-х. Инст., т. 2, 1924.
„ Почв. покров. СВ. Брянской губ. Горки, 1926.
„ Очерки почв по Белоруссии. Горки. 1926.
Бернштейн. „Почвоведение", 1899, № 4; 1900, № 3.
„ Описание главнейших почвениых типов Мышкинского, Угличского, Рыбинского и Моложского у.у. Ярославской губ., 1903.
„ Почвеино-геолог. описание Ярославской губ. Москва, 1921.
Докучаев. Способы образования речных долин Европ. России. Спб. 1878.
Жирмунский. Изв. Росс. Акад. Наук. 1925, №№ 9—11, VI сер.
Искюль, В. Геология и почвы Сысольского и части Усть-Сысольского казенных лесничеств. Спб. 1909.
„ Почвенно-геолог. очерк Усть-Сысольского и юго-зап. части Вычегодского казенн. лесиич. Вологодской губ. Спб. 1910.
Колоколов, М. Мат. для оценки зем. Вологодской губ., т. I. Грязовецкий у. Москва, 1913; т. III. Тотемский у. 1909.
Костюкевич. Предв. отч. о почвенн. исследов. в Бельском у. Смоленской губ. Смоленск, 1915.
Крылов. Зап. Спб. Минералог. Общ., сер. II, ч. 8, 1873.
Курбатов. Почв.-геолог. очерк средией части Вычегодск. казенн. лесничества Вологодской губ. Спб. 1910.
Материалы к оценке земель Смоленской губ.—Поуездные выпуски составлены Колоколовым, Сондагом и Туминым.
Материалы для оценки земель Владимирской губ.—Поуездные выпуски составлены Щегловым, Е. Сибирцевым, Черным.
Материалы по изуч. почв Московской губ.—Предв. отчеты, вып. I, 1913. вып. II 1914. Захаров, Филатов, Добров, Розанов и др.
Никитин, С. Бассейн Днепра, 1894.
„ Изв. Геолог. Комит., т. VII, 1888.
Печаткнн. Труды Спб. Общ. Естеств., 1879, т. X, проток.
Стремоухов. Изв. Геолог. Комит., т. IX, 1890.
Тулайков, Н. Мат. для оценки недвижим. имущ. Тверской губ., вып. 1. Тверской у Почвы. Тверь, 1903.
„ Изв. Москов. Сельско-хоз. Институт., 1903, кн. 1 и 2.
Щеглов. „Почвоведение", 1902, № 2.
Ферхмин. „Хозяин", 1896. № 8.
Филатов. Почвенная карта Московской губ. 1924.

## Центральный район

Боголюбов. Матер. по геологии Калужской губ., ч. I, 1904. Геолог. очерк Малоярославецкого у. Калужской губ., 1904.
Гедройц. Материалы для геологии России, т. XVII.
„ Изв. Геолог. Комит., т. V, 1886.
Докучаев. Матер. к оценке земель Нижегородской губ., т. XIII; см. также другие выпуски тех же „Материалов".
Касаткин. Зап. Белорусск. Госуд. Инст. Сельск. хозяйства, вып. 2, Минск, 1923.
„ Там же, вып. 6, 1925.
„ Там же, вып. 9, 1925.

Материалы к оценке земель Орловской губ.—Отдельные выпуски составлены Фрейбергом, Румницким, Коганом.
Никитин, С. Труды Геолог. Ком., т. I. № 2, 1884; т. V, вып. 1. 1890.
„ Изв. Геолог. Комит., т. VI, 1887 и т. X, 1891.
Павлов, А. Изв. Геолог. Комит., т. XI, 1887 и т. X, 1891.
Персидский. Лесные почвы Рязанской губ. Рязань, 1903.
Пригоровский. Изв. Геолог. Комит., т. XXVIII, 1909, № 7.
Саницкий. Труды Спб. Общ. Естеств., т. XIV, 1884.
Сибирцев, Н. Окско-Клязьминский бассейн, 1895.
Танфильев. Болота и торфяники Полесья.—Изд. Отд. Зем. Улучш. Мин. Земл. и Госуд. Имущ. Спб. 1895.
Тюремнов, С. Изв. Докуч. Почв. Комит., 1913, № 3—4.
Тутковский, П. Изв. Геолог. Комит., 1900.
„ „Почвоведение", 1910; № 3.

## Северо-восточный район

Красюк. Почвы с.-в. области и их изучение. 1921—24 гг. Архангельск, 1925.
Красюк. Краткий очерк почв Костромской губ. Кострома, 1924.
Красюк и Юницкий. К характеристике почв аллюв. лугов Костромского края, 1924
Краснопольский. Труды Геолог. Комит., т. XI, вып. 1, 1889.
Кротов, П. Труды Общ. Естеств. при Казанском Универс., т. XIV, вып. 4, 1885.
„ Изв. Геолог. Комит., т. IV, 1885; т. VI, 1888; т. IX, 1892; т. XII, 1893; т. XIII, 1894; т. XIV, 1895; т. XV, 1896; т. XVI, 1897 и т. XIX, 1900.
Ноинский. Географ. опис. Татар. Республики, 1922 (глава о геологии).
Никитин. Матер. для геологии России, т. XI, 1883.
Рисположенский. Тр. Общ. Ест. при Казан. унив., т. XXIV. вып. 1, 1892; т. XXIX.
„ Очерк положения, оро-гидрографич., геологических и почвенных условий Казанской губ. Казань, 1895.
„ Описание Пермского Приуралья в почвенном отношении, 1889.
„ Описание Пермского Зауралья в почвенном отношении, 1904.
„ Описание почв Вятской губ. Сборники матер. по оценке земель Вятской губ., 1903 и 1904 гг.
Рисположенский и Гордягии. Проток. Казан. Общ. Ест., т. XXI, 1889 и 1890; т. XXII, 1891.
Тюрин. Вестн. Казаи. Обл. С.-х. оп. станции, 1922, №№ 1 и 2.
„ Географическое описание Татарской республики, ч. I. Природа края. Глава о почвах, 1922.
„ О почвах в районе среднего и верхнего течения р. Киндерки Арского каитона. Казань, 1924.
„ Бюллетень № 3, Казанской Областной С.-х. оп. стаиции. Казань, 1925.
Штукенберг. Труды Геолог. Комитета. Лист 127.
Чернышев. Труды Геолог. Комит., т. XII, № 4, 1889.
„ Изв. Геолог. Комит., т. III, 1884 и т. VI, 1887.

Кроме перечисленных работ, данные по строению послетретичных образований и их классификацни можно найти в следующих работах:

Криштафович, Н. Дневнпк XI съезда Русск. Естеств. и Врачей, № 3, 1901.
Мирчинк. Послетретичная история равнины Европ. России. Работы Торфяной Академии, вып. I, 1920.
„ Мемуары Геолог. Отд. Общ. Любит. Ест., Антр. и Геогр., Вып. 4, 1925.
Никитин, С. Изв. Геолог. Ком., т. IV. 1885; т. XVII, № 7, 1898.
„ Congrès internat. d'archeologie et d'anthropologie T. I. Moscau, 1892.
Павлов, А. П. Ледниковые и межледнпковые эпохи Европы в связи с историей ископаемого человека. Изд. Акад. Наук., 1922.
Павлов. Мемуары Геол. Отд. Общ. Люб. Ест., Антроп. и Этногр., вып. 5, 1925.
Соболев. Изв. Украии. Отд. Геолог. Комит., 1925.
Тутковський. Природня районизация Украïни. Київ. 1922.

## Азиатская часть СССР


Аболин. Постоянная мерзлота грунтов и ископаемый каменный лед.—Зап. Читинск. Отделен. Приамур. Отд. Р. Г. О. Вып. IX, 1913.

„ Предв. отч. об организ. и исполн. работ по исслед. почв Азиатской России в 1912 г., под ред. К. Д. Глинки. Изд. Пересел. Управления, Спб. 1913 [1]).

Балкашин. Казенные лесные дачи Тарского у. Тобольской губ.—Матер. по исследов. колониз. районов Азиатской России, под. ред. К. Д. Глинки. Изд. Пересел. Управл. Спб., 1911.

Берг, Л. Сборник в честь 70-летия Д. Н. Анучина. Москва, 1913.

Благовещенский. Описание почв Чуно-Ангарского водораздела в Енисейском районе.—Ibidem, Спб., 1910.

„ Предв. отч. и т. д. в 1909 г. Спб. 1910 (Забайкалье).

„ Ibidem, за 1910 г. Спб., 1911 (Примор. обл.).

„ Ibidem, за 1911 г. Спб., 1912 (Канский у.).

„ Ibidem, за 1912 г. Спб., 1913 (Ачинско-Краснояр. район).

Богданович. Гори. Журн. 1894, т. т. III и IV.

Выдрин и Ростовский. Матер. по исследов. почв Алтайского округа. Барнаул, 1899.

Высоцкий, Н. Изв. Геол. Ком., т. XIII. 1894.

„ Геолог. исслед. и разведки по линии Сиб. жел. д. 1896—1897.

Глинка, К. Краткая сводка данных о почвах Дальнего Востока. Спб., 1910. Изд. Перес. Управл.

„ Предв. отчет и т. д. за 1908 г. Спб., 1910.

„ „Почвоведение“, 1912, № 4.

„ Почвы России и прилегающих стран, 1923.

Гордягин. Труды Общ. Естеств. при Казанском Унив., т. XXXIV, вып. 3, 1900.

Городков. Ежегодник Тобольского Губерн. Музея, вып. XX, 1912.

Доленко. Предв. отчет и т. д. за 1912 г. Спб., 1913.

Драницын. Изв. Докуч. Почв. Комит. 1914.

„ Почвы Западного Заангарья.—Тр. почв.-ботан. экспед. по исслед. колониз. районов Азиат. России, под ред. К. Д. Глинки. Почв. исслед. 1918 г., вып. 1. Спб. 1913. Изд. Перес. Управл.

Иванов, Д. Геолог. исслед. и развед. работы по линии Сибир. ж. д. Вып. IV, 1897.

„ Предв. отчет и т. д. за 1909 г. Спб., 1910.

Колоколов. Тр. почв.-бот. экспед. и т. д. Почв. исследов. 1908 г. вып. 8. Спб., 1910.

Кольберг. Зап. Русск. Географ. Общ., 1861, кн. 1.

Коржинский. Изв. Вост.-Сиб. Отд. Р. Г. О., 1892.

Короткий. Предвар. отчет и т. д. за 1911 г. Спб., 1912.

„ Ibidem, за 1912. г. Спб., 1913.

Кропоткин. Зап. Русск. Геогр. Общ. по общей геогр. V, 1885.

Кузнецов, Н. Предвар. отчет и т. д. за 1912 г. Спб., 1913.

Крюков, И. Ф. Труды Амурской экспед., вып. III, Спб., 1911.

Левицкий. Предв. отчет и т. д. за 1908 г. Спб., 1909.

Лопатин. Зап. Русск. Геогр. Общ., XXVIII, № 2, 1897; Зап. Акад. Наук, XXIX, № 1.

Назаров. Тобольские губ. ведом. 1896.

Никифоров. „Почвоведение“, 1912, № 2.

„ Предв. отчет и т. д. за 1912 г., Спб., 1913.

Отрыганьев. Мат. по исслед. колониз. районов Азиат. России, под ред. К. Д. Глинки. Спб., 1910.

Панков, А. Труды почв.-ботан. экспедиций.—Почв. исследования 1908 г., вып. XI.

Полынов. Там же.—Почв. исследованія, 1909 г., вып. V.


---

[1]) В дальнейшем для сокращения это издание обозначается: „Предвар. отчет и т. д.“

Поплавская. Труды Амур. экспед., вып. 16, т. 2, 1912.
Прохоров. Предвар. отчет и т. д. за 1909, 1910, 1911.
„ Труды Амур. экспед., вып. XIV. Спб., 1913.
Райкин. Предвар. отчет и т. д. за 1908, 1909, 1910, 1911.
Скалозубов. Опыт естественно-истор. описания Тобольской губ. Тобольск. 1899.
Смирнов. Предвар. отчет и т. д. за 1912 и 1913 г.
Соколов. Там же за 1912 г.
Сукачев. Там же за 1912.
„ Труды Амур. экспед., вып. 16, т. I, 1912.
Toll. E. Mém. Acad. Jmp. de Sciences de St.-Petersb. 1895, XLII, №13.
„ Зап. Акад. Наук, физико-мат. отд. (8), № 1, 1899.
„ Peterm. Mitteil., 1894, VI и VII.
Томашевский. Труды Амур. экспед. вып., XV., Спб., 1912.
Федоров, Е. Изв. Геолог. Ком., т. VI, 1887; т. VIII, 1889.
Филатов. Труды почв.-ботан. экспед.—Почв. исслед. 1908 г., вып. 9, Спб. 1910 и 1909, вып. 6, 1912.
Фролов. Предвар. отч. и т. д. за 1913 г.
Чекаиовский. Зап. Зап.-Сиб. Отд. Р. Г. О. т. XXI.
Черский. Изв. Вост.-Сиб. Отд. Р. Г. О., т. XII, № 4, 1882. Труды Спб., Общ. Ест., т. XVII, вып. 2, 1886; т. XVIII, 1887.
Schmidt. F. Bull. de l'Acad. des Sciences de St.-Pitersb. T. VI.
Шульга. Труды почв.-ботан. экспед.—Почв. исслед. 1909 г., вып. 7, Спб. 1913.
Яворовский. Ист. Геолог. Ком., т. XIV, 1895.
„ Горный Журнал, 1894, т. IV.
Ячевский, А. Геолог. исслед. и разведки по линии Сибир. жел. дор., вып. III, 1896.
Дополнительно см. литературу в работе: „Почвоведение в СССР за последнее десятилетие" (К. Д. Глинка), М. 1927.

---

## III. Черноземная (степная) зона

Черноземная зона охватывает части губерний СССР б. Волынской, б. Подольской, б. Киевской, б. Черниговской, Курской, Орловской, Брянской, Рязанской, Нижегородской, б. Казанской, б. Пермской, Тульской, Тамбовской, Ульяновской, Самарской, Саратовской и почти целиком губернии б. Полтавскую, б. Харьковскую, б. Екатеринославскую, Воронежскую, Пензенскую, б. Уфимскую и части губерний б. Одесской, б. Николаевской, Крыма, б. Донской области, Оренбургской губ. В Предкавказье также имеется чернозем, как мы уже знаем из предыдущего. Эта же зона заходит в Келецкий и Люблинский районы Польши.

В указанных пределах лежит, в сущности, не только черноземная зона, но и обе ее подзоны, служащие переходом как к подзолистой (лесной), так и к каштановой пустынно-степной.

Климатические условия черноземной зоны, конечно, не вполне одинаковы на протяжении всей упомянутой территории, но, как и в пределах подзолистой зоны, наблюдается уменьшение количества атмосферных осадков по направлению к юго-востоку; в том же направлении падает и средняя годовая температура. Данные о степном климате европейской части СССР, помещаемые ниже, заимствуем из работы Адамова.

Чтобы закончить с характеристикой климата черноземной зоны, отметим указание Броунова на то, что посредине черноземной полосы СССР проходит ось затропического барометрического максимума. С нахождением черноземной зоны в области высокого давления связано, между прочим, и малое количество осадков.

## Средняя температура воздуха степной области

| | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Год | Вегетационный период (апрель-октябрь) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ульяновск | —13,72 | —12,36 | —6,37 | —2,96 | 13,58 | 17,34 | 19,96 | 17,35 | 11,04 | 3,71 | —3,77 | —10,61 | 2,76 | 12,2 |
| Самара | —13,45 | —12,63 | —6,41 | 4,66 | 14,46 | 18,85 | 21,48 | 19,55 | 12,62 | 4,97 | —3,17 | —10,02 | 4,24 | 13,8 |
| Пенза | —12,03 | —11,51 | —5,99 | 3,88 | 13,75 | 17,93 | 20,14 | 18,76 | 11,65 | 4,86 | —2,83 | — 8,62 | 4,17 | 12,9 |
| Вольск | —12,88 | —11,41 | —5,02 | 5,10 | 15,45 | 18,61 | 22,35 | 19,87 | 13,29 | 5,77 | —2,77 | — 9,99 | 4,86 | 14,3 |
| Тамбов | —11,85 | — 9,49 | —5,32 | 4,39 | 14,27 | 18,25 | 20,44 | 18,52 | 12,35 | 5,70 | —1,90 | — 7,75 | 4,80 | 13,4 |
| Орел | —10,15 | — 8,89 | —4,43 | 3,95 | 13,68 | 17,37 | 19,94 | 18,24 | 12,33 | 5,93 | —1,99 | — 7,42 | 4,88 | 13,1 |
| Саратов | —11,39 | — 9,82 | —4,72 | 5,11 | 14,94 | 19,70 | 22,25 | 20,52 | 14,13 | 6,20 | —1,55 | — 8,20 | 5,59 | 14,7 |
| Воронеж | —10,19 | — 8,76 | —3,61 | 5,56 | 13,88 | 18,39 | 20,52 | 18,56 | 12,55 | 5,80 | —1,72 | — 7,18 | 5,32 | 13,6 |
| Харьков | — 8,75 | — 5,75 | —1,48 | 6,92 | 14,40 | 18,39 | 20,82 | 19,31 | 13,76 | 7,54 | 0,59 | — 4,98 | 6,73 | 14,4 |
| Полтава | — 8,05 | — 6,50 | —1,33 | 6,97 | 15,14 | 18,73 | 20,92 | 20,39 | 14,39 | 8,14 | 0,56 | — 4,81 | 7,13 | 14,9 |
| Лугань | — 8,30 | — 6,78 | —1,07 | 8,08 | 16,00 | 20,04 | 22,69 | 21,63 | 15,41 | 8,38 | 1,36 | — 4,66 | 7,73 | 16,0 |
| Среднее | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 5,29 | — |

## Среднее количество атмосферных осадков степной полосы в мм.

| | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ульяновск | 19,8 | 14,3 | 18,3 | 24,0 | 35,3 | 53,8 | 69,1 | 47,8 | 46,0 | 29,9 | 26,5 | 22,9 | 408,7 |
| Самара | 23,2 | 17,7 | 17,1 | 24,1 | 32,7 | 44,0 | 48,1 | 32,1 | 34,2 | 29,8 | 32,7 | 24,9 | 360,6 |
| Пенза | 30,4 | 30,6 | 22,0 | 31,2 | 46,3 | 60,2 | 60,8 | 35,0 | 43,0 | 34,8 | 36,8 | 33,6 | 464,7 |
| Вольск | 40,2 | 38,3 | 27,8 | 36,7 | 41,3 | 44,8 | 53,0 | 36,0 | 49,8 | 42,6 | 50,4 | 45,2 | 506,1 |
| Тамбов | 30,0 | 28,0 | 36,0 | 32,5 | 45,2 | 58,1 | 53,0 | 50,0 | 41,9 | 45,5 | 41,2 | 44,1 | 505,5 |
| Орел | 31,3 | 28,7 | 39,3 | 39,3 | 47,8 | 62,3 | 77,3 | 58,1 | 50,8 | 43,4 | 33,5 | 35,2 | 540,7 |
| Саратов | 24,6 | 23,6 | 19,0 | 28,5 | 29,6 | 37,1 | 40,6 | 30,6 | 27,6 | 36,3 | 35,0 | 38,8 | 371,3 |
| Воронеж | 37,9 | 32,7 | 35,8 | 38,7 | 48,2 | 66,5 | 50,1 | 50,0 | 42,6 | 40,8 | 42,0 | 46,5 | 531,8 |
| Харьков | 29,8 | 33,8 | 36,0 | 34,4 | 42,4 | 62,8 | 64,7 | 47,9 | 35,9 | 35,6 | 30,3 | 36,5 | 490,1 |
| Полтава | 20,8 | 25,5 | 33,5 | 36,9 | 47,3 | 68,8 | 58,8 | 49,1 | 43,1 | 47,2 | 32,5 | 37,2 | 500,7 |
| Лугань | 21,2 | 18,9 | 23,8 | 28,8 | 44,6 | 51,3 | 49,6 | 35,0 | 28,3 | 29,3 | 31,6 | 26,9 | 389,3 |
| Среднее | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 461,4 |

Шимпер, устанавливая суммы благоприятных влияний климата для травянистых и древесных формаций, выражается так: „хорошие климатические условия для древесной формации слагаются из следующих элементов: теплота вегетационного периода, постоянно влажная подпочва, влажный и спокойный воздух, особенно зимой. Для леса все равно, доставляется ли подпочвенная влага дождями или грунтовыми водами, часты ли или редки атмосферные осадки и падают ли они в период активный, или в период покоя. В оптимуме этих условий нуждается гидрофильное дерево, в меньшей степени, в нисходящем порядке, тропофильное, ксерофильное и низкорослые древесные породы. Врагом леса в высоких широтах является климат с сухими зимами, так как деревья в зимний период не могут покрыть потери транспирации". По отношению к травянистой растительности тот же автор пишет: „хорошими условиями климата для травянистой формация являются следующие: частые, хотя бы только слабые, поддерживающие влажность поверхностного горизонта осадки в период вегетации и умеренная теплота того же периода. Почти не имеют значения для травянистой растительности влажность подпочвы (за исключением тех случаев, когда верхний слой земли отличается особенно высокой капиллярностью), сухость воздуха в периоды покоя и ветры. Врагом травянистой растительности в более высоких широтах является сухость в главном периоде вегетации трав (весна, раннее лето)".

Из сказанного ясно, что существенное различие между двумя комбинациями климатических условий полагается в том, что травянистая растительность использует влагу поверхностных горизонтов, тогда как древесная нуждается во влажности более глубоких слоев. Следовательно, если мы представим себе такую область, где грунтовые воды, в общем, залегают слишком глубоко, чтобы служить для питания древесных корней, а выпадающая атмосферная влага получается в таком количестве, или так распределяется по временам года, или, наконец, так медленно и неглубоко просачивается, что не в состоянии поддерживать необходимую степень влажности в горизонте распределения древесных корней, то в такой области разовьется травянистая формация.

Повидимому, такого рода условия и существуют как в области русского чернозема, так и в других черноземных областях.

На приуроченность лесов к породам более грубого строения было обращено внимание Уитнеем по отношению к Сев. Америке; то же до некоторой степени можно заключить из описания аргентинской пампы Гризебаха. Подробнее тот же вопрос был рассмотрен как по отношению к С. Америке, так и по отношению к нашим почвам Костычевым. Констатируя мелкоземистость и слабую водопроницаемость лессовых пород, наиболее распространенных грунтов в области степных пространств, Костычев замечает, что дождевые воды неглубоко проникают внутрь породы, не дает особенно обильных вод и весенняя влага. Значительная часть воды стекает по поверхности и ускользает, таким образом, от использования растительностью. В силу этого здесь с успехом может существовать только такая растительность, которая имеет короткий вегетационный период, а к этому типу и принадлежит травянистый покров степных пространств.

В русской черноземной полосе леса наступают на степь, между прочим, с высоких, изрезанных оврагами, берегов рек, нередко покрытых породами более грубого строения, более легко проводящими влагу в глубину. Сам лес, как мы знаем, до некоторой степени содействует изменению структуры пород при надвигании на области,

занятые мелкозернистыми поверхностными наносами, и создает для себя благоприятные условия существования.

Из сказанного ясно, какое большое влияние может оказывать характер поверхностной породы на распределение в вертикальном направлении атмосферной влаги, почему и немудрено, что две области, получающие извне одинаковое количество влаги, настолько различно используют ее, что, при наличности одинаковых внешних условий климата, создаются неодинаковые условия для развития и существования растительных формаций.

Высказанные выше соображения заставляют придти к выводу, что с момента появления тех тонкозернистых грунтов, на которых развился чернозем, в тогдашних лессовых областях установились уже условия, более благоприятные для травянистой растительности, и степь была первичной растительной формацией этих областей, а лес явился значительно позже. Несколько ниже мы рассмотрим характер и условия образования степных грунтов, а пока остановимся на выяснении других причин отвечного безлесия степи.

При обсуждении условий заселения степей лесом не следует упускать из виду и того момента, на который обращалось внимание и в русской, и в иностранной литературе (Рихтгофен, Докучаев, Танфильев, Высоцкий и др.). Лесной растительности, занимавшей степь, приходилось и до сих пор приходится считаться с большей или меньшей соленостью почв и грунтов.

Насколько чувствительны древесные породы к некоторым солям, показывают, между прочим, исследования Loughridge'a, установившего для нескольких пород фруктовых деревьев предельное количество солей в почве, при котором они могут существовать и развиваться. Цифры Loughridge'a приводятся в следующей таблице:

| Название растений | $Na_2CO_3$ | NaCl | $Na_2SO_4$ | Сумма солей вообще |
|---|---|---|---|---|
| Лимонные деревья . . . . . | 0,0034% | 0,0056 | 6,0314 | 0,0403 |
| Персиковые „ . . . . . | 0,0018 | 0,0070 | 0,0672 | 0,0799 |
| Яблоновые „ . . . . . | 0,0045 | 0,0085 | 0,0997 | 0,1128 |
| Апельсинные „ . . . . . | 0,0269 | 0,0230 | 0,1102 | 0,1529 |
| Оливковые „ . . . . . | 0,0202 | 0,0465 | 0,2145 | 0,3203 |
| Виноградная лоза . . . . . | 0,0528 | 0,0675 | 0,2856 | 0,3203 |

Из цифр видно, что фруктовые деревья способны мириться лишь с ничтожными, сравнительно, количествами солей и что наиболее вредной для них солью является сода, а за ней поваренная соль. К сернокислому натру деревья менее чувствительны.

Опыты Коссовича показали, что семена сосны всходили и растение не погибало при общем содержании солей до 1%, но при этом почвы содержали очень мало хлористого натрия. К последнему сосна очень чувствительна и семена ее всходили лишь тогда, когда содержание хлора падало до 0,039%[1]).

Так как все упомянутые соли и теперь могут быть констатированы в степных почвах, а местами скопляются даже в значительных количествах, то распространение леса и ныне может задерживаться, между прочим, и этой причиной.

Наблюдения в природе (Танфильев и др.) показали, что леса, завоевывающие степь, высылают, в качестве авангарда, такие древесные

[1]) В вопросе о предельном количестве солей, переносимых растительностью, необходимо считаться с количествами влаги в почве, при которых эти соли присутствуют, так как, в зависимости от количества влаги, упомянутые пределы различны.

породы, которые больше других способны переносить соленосность субстрата. К таковым принадлежат: терн, яблоня, груша, жестер, татарский клен, берест и, наконец, дуб. Эти-то породы встречаются как по опушкам степных лесов, так и в зарослях степных кустарников. Что касается „мокрых кустов", то, по данным Келлера, изучавшего их в Сердобском у. Саратовской губ., здесь встречаются виды Salix, затем Populis tremula; береза и липа попадаются изредка, а дуб никогда не встречался. Кроме перечисленных пород, были найдены: Rhamnus frangula, cathartica, Prunus padus, Viburnum opulus, Rosa cinnamomea, Ribes nigrum. На ряду с перечисленными древесными и кустарниковыми породами в мокрых кустах встречены травянистые растения, свойственные частью болотам, частью сыроватой почве, лугам у берегов болот и т. п. Приблизительно такую же картину рисует Танфильев (см. также Попов) для „солодей" Воронежской губ. и Литвинов для „баклуш" Тамбовской губ.



Рис. 31. Ковыльная степь Воронежской губ. Фот. В. Дубянского.

Типичными представителями степной травянистой флоры европейской части СССР являются виды Stipa (S. pennata, capillata, stenophylla), Koeleria cristata, Festuca sulcata, ovina, Poa bulbosa, Bromus inermis и пр. Не останавливаясь здесь на сколько-нибудь детальной характеристике степной флоры и отсылая читателя к работам специалистов по этому вопросу[1]), упомянем лишь, что ковыль (Stipa) и типчак (Festuca) часто сообщают известный отпечаток всей флоре, образуя участки ковыльной и типчаковой степи. И тот, и другой злаки слагают иногда целые дерновины (рис. 31).

Кроме трав, русские степи покрыты иногда и кустарниками, каковы: Cytisus biflorus, Amygdalus nana, Prunus Chamaecerasus и др.

По характеру растительности черноземную степь делят на следующие подзоны:

| Крылов | Келлер |
|---|---|
| а. Дернисто-луговая или черноземовидная. Содержит 1—40% степных форм. Облесенность 45—60. Задернованность 100%. | Разнотравно-луговая. |

[1]) См. цитиров. работы Танфильева, Литвинова, Келлера, Попова, а также Коржинского, Пачосского и др.

| Крылов | Келлер |
|---|---|
| в. Разнотравно-луговая или черноземная. Содержит 40—60% степных форм. Облесенность 20—45%. Задернованность 80—90%. | Дернистая лугово-степная. |
| с. Ковыльно-типцовая или южно-черноземная. Содержит 60—80% степных форм. Облесенность 1—20%. Задериованность 60—80%. | Настоящие ковыльные степи. |

Со стороны материнских пород черноземная область европейской части СССР характеризуется широким развитием лесса или замещающих его лессовидных пород. Лесс частью налегает на валунные глины, которые здесь имеют сравнительно меньшее развитие, чем на севере, и менее богаты крупными валунами, частью на различные коренные породы и продукты их выветривания. У южных пределов распространения ледника валунные наносы часто не содержат иных валунов, как кварциты и различные кремни, что объясняют относительной стойкостью этих пород сравнительно с силикатными. Иногда в нижних частях моренного наноса наблюдается преобладание местных валунов, тогда как верхние содержат, по преимуществу, пришлый материал.

Под валунным наносом нередко находятся пресноводные доледниковые осадки, которые, по мнению Соколова, изучавшего их в бассейне Днепра, отлагались частью в стоячих, частью в проточных водах. Земятченский штудировал болотные или болотно-озерные доледниковые осадки в Саратовской губ. В верхних горизонтах доледниковых наносов, например, в пресноводных мергелях б. Полтавской губ., наблюдались валуны, которые могли заноситься со стороны наступавшего ледника при помощи льдин, переносившихся его потоками.

Лесс, покрывая значительную часть площади южного района, не имеет, однако, здесь сплошного развития. В восточных, приволжских окраинах этого пространства он иногда заменяется лессовидными суглинками, или покровными глинами, происхождение которых не всегда выяснено с достаточной определенностью. Местами встречаются довольно тяжелые безвалунные глины, которые принимают лессовидный характер (Воронежская губ.). В приволжских областях, а местами и в бассейне Дона и его притоков совершенно отсутствуют наносы ледникового периода, и роль материнских пород в почвообразовании играют различные коренные породы (третичные глины и песчаники, меловые мергеля и пр.). Кое-где материнскими породами являются мощные делювиальные наносы. В юго-западной части описываемой зоны коренные породы, местами граниты и гнейсы, выходят на поверхность отдельными островками, не прикрываясь ни лессом, ни какими-либо иными послетретичными наносами. В районе прибрежной Украины верхние горизонты краснобурой глины, замещающей здесь моренную толщу, переходят в лессоподобную породу.

Лесс в своих верхних горизонтах не слоист, более или менее порист, вообще обладает всеми типическими признаками т. н. эоловых лессов. Нижние горизонты лессовых пород местами обнаруживают явственную слоеватость, иногда даже признаки восстановления окисных соединений железа (синевато и зеленовато-серые оттенки). Первые разности лесса (не слоистые) содержат исключительно фауну наземных моллюсков, во вторых—встречаются и пресноводные моллюски (так назыв. озерный лесс).

Теория образования лесса, разделяемая в настоящее время очень многими исследователями, сложилась под влиянием изучения пустынных

областей и их периферий в Центральной Азии и частью в Ю. Америке. Явления развевания, присущие пустынным пространствам, были подмечены различными исследователями, но окончательная разработка вопроса принадлежит Рихтгофену, который категорически высказался в пользу эолового происхождения средне-азиатских лессов и собрал много фактов и наблюдений для подтверждения своей теории.

Согласно Рихтгофену, частицы минеральной пыли, приносимые ветрами из пустынь, попадая в области, где выпадает большее количество атмосферных осадков, чем в пустынях, и где существует травянистая растительность, осаждаются, и, прибиваясь дождями к земле, окончательно закрепляются растительностью; новый принос частиц заставляет растение вытягивать свои надземные части, подобно тому как саксаул, засыпаемый пустынными песками, продолжает расти и развивать свои стеблевые органы. С течением времени, засыпанные пылью стебли трав истлевают внутри породы и оставляют после себя, как и разветвления корневой системы, каналы, которые и придают затем пористый характер породе.

Так как минеральная пыль может выпадать не только на земную поверхность, но и на поверхность водных бассейнов, то отсюда понятно присутствие слоистых лессовидных наносов, содержащих раковины пресноводных моллюсков.

Образование лесса по границам современных пустынь представляет, по мнению некоторых исследователей, процесс, совершающийся и в настоящее время, но существуют области, где процесс отложения лесса давно уже закончился. К таким областям и принадлежат районы ледниковых осадков, где лесс приурочивается к более южным частям этих районов.

Правда, далеко не все исследователи признавали и признают за лессом ледникового периода эоловое происхождение. Так, Лаппаран смотрел на лесс, как на породу, сходную, по способу образования, с делювиальными наносами, за водное происхождение высказывались в Германии Ваншаффе, у нас Докучаев, Армашевский, Павлов, Неуструев, Вислоух.

Берг выдвинул новую гипотезу образования лесса (почвенную), считая, что доминирующую роль в образовании лесса играли процессы выветривания.

Наиболее полная разработка эоловой гипотезы ледникового лесса принадлежит Тутковскому, на соображениях которого мы и остановимся.

Существование мощных лессовых толщ, слагающих почти непрерывную полосу наносов к югу от моренных и флювио-глациальных образований, предполагает в то же время существование продолжительных и постоянных ветров, которые могли поднимать и переносить на более или менее далекие расстояния минеральные частицы. При каких же условиях могли установиться столь продолжительные и постоянные атмосферные течения? Для решения вопроса обратимся к тому периоду, когда значительная часть Европы была одета мощным ледяным покровом. Есть полное основание полагать, что толща материкового льда была неодинакова в различных местах ледника; она, несомненно, была более значительна в центральной его части, откуда постепенно уменьшалась по направлению к периферии. Соответственным образом распределялась и температура: наиболее низкая в центральных местах и постепенно повышающаяся к окраине. Из сказанного очевидно, что атмосферное давление над ледниковым покровом распределялось так, что центру соответствовала область наи-

более высокого, а периферии—относительно низкого давления. Иначе говоря, изобары должны были располагаться параллельно краю ледникового покрова, а барический градиент направляться от центра ледника к его окраине. При таких условиях атмосферные течения расходились из центра ледника веерообразно, двигаясь приблизительно по тем же направлениям, по которым двигался и сам ледник.

Обращаясь к рассмотрению современных, более или менее сплошных ледяных областей (Гренландия, южные полярные страны), мы не находим полного подтверждения тем выводам, к которым пришли при оценке влияния древнего ледникового покрова на распределение ветров. В Гренландии, окруженной океаническими водами, сказывается влияние этих последних, хотя в те времена года, когда прилежащие океаны скованы льдами, там устанавливаются приблизительно те же условия, которые выше приняты для европейского ледника. То же следует сказать и относительно южных полярных стран.

Однако, недостаточно доказать, что древний ледник создавал благоприятные условия для возникновения системы постоянных антициклонов, необходимо еще обсудить вопрос, каковы должны быть эти ветры в смысле их температуры и влажности. Для ответа на этот вопрос припомним вышеуказанные соображения относительно мощности ледникового покрова. Из того, что центральные части ледника были гораздо мощнее периферических, следует вывод, что ветрам, направлявшимся к краям ледника, приходилось постоянно опускаться. Это были нисходящие ветры, а следовательно их температура должна была повышаться по мере приближения к краям ледника. В силу этого ветры приходили к окраинам относительно сухими.

Если вышеприведенные рассуждения правильны, то метеорологические условия, установившиеся вместе с распространением ледникового покрова, были благоприятны для явлений развевания. Остается теперь решить вопрос, представляла ли сама поверхность суши благоприятную обстановку для того же процесса и если представляла, то когда именно, т. е. в какую эпоху ледникового периода. Тутковский рассматривает последовательно три наиболее существенных момента в жизни бывшего ледника: время его наступления, остановка (стационарное состояние) и отступление.

Наступавший ледник посылал вперед себя ручьи, которые увлажняли поверхность почвы и отлагали влажные наносы. Однако, деятельность ручьев была ничтожна сравнительно с действием тех вод, которые образовались впереди ледника, благодаря запруживанию одних рек и вытеснению других из их ложа. Наступавший ледник, захватывая эти долины, запруживал те реки, которые текли ему навстречу, и вытеснял из ложа те, которых долины направлялись более или менее параллельно краю ледника. Все это говорит за то, что впереди наступавшего ледника должны были находиться обширные водные пространства, а поверхностные породы оказывались настолько увлажненными, что служить материалом для развевания не могли. Почти те же условия существовали и в период остановки ледника, так как вытесненные им воды еще не нашли своих долин, еще не имели оформленных стоков, которые в состоянии были бы дренировать сильно увлажненные пространства впереди ледника. Иные условия создавались в период отступления ледника. Прежде всего есть основание полагать, что отступление ледника происходило значительно быстрее, чем наступление. Запруженные реки находили свои долины или вырабатывали новые; при помощи всех этих долин избыточные воды стекали с освобождавшейся из-под ледника поверхности наносов.

Эти рыхлые наносы обсыхали, чему помогали и теплые сухие ветры, которые продолжали приноситься с поверхности ледника. Растительность у краев отступающего ледника нередко напоминала тундровую (Dryas octopetala, Salix polaris, Betula nana и пр.), хотя и не всегда. В первом случае, как и в современной тундре, почва могла быть не сплошь покрыта растениями и потому легко подвергалась развеванию (ледниковые пустыни). Ледниковые пустыни отмечаются Тутковским и для СССР. Эти пустыни представляются в настоящее время в виде песчаных пространств с мелкими валунами, которые, находясь на поверхности песков, имеют типичную форму трехгранников, свойственную галечнику пустынь. Трехгранная форма есть продукт обтачивания при помощи песчинок, передвигаемых ветрами. Такие пески с трехгранниками найдены Тутковским в Волынском Полесье.

Взгляды Тутковского, разделяемые все еще многими русскими исследователями, вызывали, однако, и возражения с разных точек зрения. Нам думается, что вся совокупность тех фактов, которые непрерывно накопляются по отношению к лессам и лессовидным породам, дает все меньше и меньше оснований поддерживать эоловую гипотезу. Слоеватость нижних горизонтов лессовых пород, констатированная в целом ряде случаев, присутствие, хотя и не очень частое, в лессах и лессовидных породах валунчиков и галек, постепенные переходы лессовидных пород в песчаные флювио-глациальные образования—вот те факты, которые говорят против эоловой гипотезы.

Точно так же мы не можем себе представить, как путем выветривания можно получить из столь неоднородной породы, как моренная глина, столь однородную по механическому составу толщу, как лессовая.

А потому, как уже отмечалось выше, мы стоим за водную гипотезу образования лессов и лессовидных пород, полагая, что они отлагались теми же водами, которые слагали зандровые пески и вообще флювио-глациальные образования; поэтому-то как цепь конечных морен, проходящая из Польши в Белоруссию, а затем в Псковскую, Новгородскую, Череповецкую губ., так и южная цепь морен, следы которых констатированы в Полесье, в Воронежской губ., в бывшей Донской обл., оторачиваются с юга лессами и лессовидными породами.

Интересно, что и для того района Китая, где создана была Рихтгофеном эоловая гипотеза, в последнее время, благодаря работам Willis'a, эоловое происхождение лесса сильно поколеблено.

Чтобы получить представление о характере современного почвенного покрова черноземной зоны, мы опишем вкратце различные районы данной зоны.

Начнем это описание с западных частей черноземной полосы. В бывш. Волынской и бывш. Подольской губ. преобладают деградированные черноземы с мощностью гумусовых горизонтов в 70—90 см. Среди них встречаются острова и полосы черноземных почв, которые Красюк называет высоковскипающими черноземами. Это, очевидно, кротовинные черноземы. Широко распространены деградированные суглинки, а отчасти и супеси (в области распространения глинисто-песчаных третичных осадков). В районе развития сарматских известняков встречаются карбонатные черноземы и рендзины, а в районе Толтрового кряжа—щебенчатые черноземы, деградированные черноземы (на лессовидных породах) и деградированные суглинки на глинистых продуктах выветривания рифовых известняков.

Также в большей или меньшей степени деградированы черноземы Киевской губернии. Не деградированные имеют, повидимому,

характер кротовинных. Кроме деградированных черноземов, Флоров отмечает здесь присутствие темносерых деградированных суглинков, а также серых и светлосерых. Последняя группа представляет стадию, предшествующую вторичному подзолу (слоисто-ореховатые суглинки).

Переходим к Орловской губ., Кромский у. которой всей своею площадью лежит в переходной от черноземной к подзолистой зоне полосе. Значительную площадь уезда покрывает лесс; лишь кое-где выходят на поверхность, играя роль материнских пород, коренные образования. Наибольшее распространение имеют в уезде деградированные суглинки, которые встречаются здесь в трех разновидностях: темнокоричневые, коричнево-серые и светлосерые. Первая из названных разностей, по цвету горизонта $A_1$, довольно близко стоит к соседним черноземам, отличаясь от них лишь коричневатым оттенком. Горизонт $A_2$, однако, всегда ореховатый с небольшим количеством подзолистого мелкозема. Мощность $A_1+A_2$, в среднем, равна 52 см., вскипание обнаруживается на глубине 90—140 см. Иногда наблюдаются кротовины. Среднее содержание гумуса в гориз. $A_1$ около 6%. Коричнево-серые деградированные почвы светлее предыдущих. Горизонт $A_2$ обособлен явственнее и более подзолист. Иногда в верхней его части наблюдается плитчатая структура. Кротовины встречаются реже. Мощность $A_1+A_2$ в среднем 43,5 см., вскипание на глубине около 142 см., среднее содержание гумуса—4,55%. Наконец, светлосерые деградированные суглинки представляются еще более оподзоленными. Поверхность орешков покрыта целым слоем подзолистого мелкозема, чаще появляется плитчатая структура верхних частей гориз. $A_2$. Мощность $A_1+A_2$, в среднем, 30 см., вскипание наблюдается лишь в глубине 178 см. от поверхности. Среднее содержание гумуса—2,79%.

Гораздо меньшим, по сравнению с деградированными суглинками, распространением отличается чернозем, который имеет здесь две разновидности: лессовый и глинистый; последняя разновидность редка, ее материнской породой является юрская глина. Узкие полоски черноземных почв приурочены, по преимуществу, к отлогим, реже слабопокатым склонам, более или менее возвышающимся над речной долиной; встречены они также на нешироких водоразделах. В горизонте $A_2$ лессовых черноземов наблюдаются иногда признаки деградации. Мощность $A_1+A_2=64$ см. Вскипание далеко не всегда наблюдается у нижней границы гор. $A_2$. Больше чем в половине изученных разрезов почва начинает вскипать на 10—20 см. глубже нижней границы гумусовых горизонтов. Среднее содержание гумуса—7,44%. Глинистый чернозем отличается более темной окраской и зернистой структурой своих гумусовых горизонтов. Признаков деградации здесь не замечено. Мощность $A_1+A_2$ колеблется в пределах 59—88 см. Вскипание наблюдается или в нижних частях горизонта $A_2$, или при переходе последнего в материнскую породу—серую юрскую глину. Среднее содержание гумуса—10,64%.

Помимо описанных, на территории Кромского у. встречаются супесчаные почвы подзолистого типа.

В других уездах (Орловском, Мценском, отчасти Болховском) устанавливается еще „одна разность черноземных почв под именем „выщелоченного чернозема", хотя, по существу, и описанный выше глинистый чернозем близок к выщелоченному. Из морфологических признаков последнего „резче всего выделяется обеднение углесолями, которое выражается в весьма явном понижении уровня вскипания"...

„В то время, как крупичатый чернозем описываемых уездов вскипает уже в горизонте А, на средней глубине около 70 см., у выщелоченного чернозема средняя глубина вскипания 93—99 см". „При этом почти никогда не вскипает гор. А; первое вскипание обнаруживается или при переходе от гор. А к подпочве или—что чаще—на той или иной глубине подпочвы"...

Структура описываемой разности чернозема далеко не так характерна, как у крупичатого чернозема, хотя она не совсем еще исчезла: следы ее наблюдаются в нижней части гориз. $A_1$ или в верхней—гориз. А. Чаще же наблюдается комковатая структура гумусовых горизонтов. Местами очень слабо выражены признаки деградации (присутствие нехарактерных орешков). Количество гумуса, в среднем, 7,71%.

Верхняя часть безгумусового горизонта, лишенная углесолей, отличается у этой почвы по цвету от карбонатной материнской породы (зачатки краснобурого горизонта В).

В Нежинском районе б. Черниговской губ. (Полынов) южная часть уезда сложена на поверхности лессом и лессовидными суглинками, которые играют здесь, следовательно, роль материнских пород в процессах почвообразования. Механический состав лессовидных пород выражается следующими данными:

| | 1—0,25 мм. | 0,25—0,05 мм. | 0,05—0,01 мм. | <0,01 мм. |
|---|---|---|---|---|
| № 1 . . . . . | 1,20% | 24,97% | 48,57% | 25,26% |
| № 2 . . . . . | 5,90 | 16,13 | 49,60 | 28,37 |
| № 3 . . . . . | 4,02 | 17,19 | 49,30 | 29,49 |

Материнские породы северной части уезда более грубы по механическому составу (встречаются супеси и пески). На этих породах развиваются, при равнинно-пониженном рельефе, подзолистые и болотные почвы, тогда как южная часть уезда покрыта черноземными и соленосными почвами. Черноземы здесь носят следы деградации, соленосные почвы выражены солончаками. У чернозема гориз. $A_1$ имеет мощность 30—40 см. и характеризуется комковатой структурой. Вскипание на глубине 60—80 см. от поверхности. Содержание гумуса—4—6% и более; богаче гумусом переходные разности между черноземом и солончаками (солончаковатый чернозем). Солончаки—карбонатного типа, вскипают с поверхности; в некоторых разностях наблюдаются одновременно следы раскислительных процессов (переход к луговым почвам).

В Пензенской губ. (Пензенский, Нижнеломовский, Наровчатский, Краснослободский у.у.) материнские породы чаще всего послетретичного возраста, хотя кое-где встречаются и выходы коренных пород (Архангельский). Послетретичные породы выражены валунной глиной, под которой нигде не удавалось видеть предледниковых песков. На сильно размытой поверхности морены залегает мощная толща валунных песков. Кроме того, значительно распространены покровные глины, настилающие „морену и валунные пески даже на наиболее высоких точках водоразделов". „Они весьма однородны, лишены слоистости, но, несмотря на разнообразие и тонкость слагающего их материала, во всей своей толще содержат валуны обычно мелкие". Сильно развиты аллювиальные осадки, в виде широких полос песков по правым берегам Суры и Мокши.

В почвенном отношении Пензенский у. (Геммерлинг) представляет площадь, переходную от типично-степной к лесостепной области. Черноземные почвы в степной части уезда чередуются

с деградированным черноземом и суглинками; обе последние разности встречаются небольшими участками. По котловинам встречаются подзолы или солонцеватая почва, „в зависимости от характера самого понижения". Местами встречены „карбонатные черноземы" на мергеле или мергелистой делювиальной глине. В лесостепной части уезда, „на ряду со всеми видовыми разностями чернозема, встречаются значительные площади, занятые хрящевато-щебенчатыми подзолистыми почвами, а кроме них деградированными черноземами и лесными суглинками".

В Наровчатском и восточной части Краснослободского у.у. (Шульга) встречаются комбинации тех же почвенных типов и разностей, что и в Пензенском, только часть, лежащая к востоку от р. Мокши, сплошь покрыта почвами подзолистого типа, очень часто супесчаными или песчаными.

В Ульяновской губ. (Рисположенский) коренными почвообразующими породами являются осадки меловой и третичной систем (реже юрской), в виде мела, кремнистых известняков, глин, мергеля, песчаников и песков. Вместе с ними широко распространены послетретичные образования, каковы моренные глины, пески, лессы и лессовидные суглинки. В Ульяновской губ. такого рода лессовидные суглинки нередко находятся в самой тесной связи с различными подстилающими их коренными породами.

Почвенный покров губернии слагается черноземными почвами, развивающимися не только на лессе и лессовидных суглинках, но и на юрских глинах, на мелу, меловых мергелях и даже третичных песчаниках. В последнем случае черноземы отличаются супесчаным характером, а иногда бывают и каменистые. Местами наблюдается деградация черноземов. Подзолистый тип встречается здесь в форме деградированных суглинков, иногда подзолистых суглинков, а также в форме подзолистых и дерновых супесей и песков. Изредка встречаются болотные почвы и солонцовые. Сравнительно широким распространением отличаются рендзины.

Примером более центральных частей черноземной зоны могут служить Полтавская и Воронежская губернии. Первая расположена в западной, вторая—в более восточной части зоны. Полтавская губерния подвергалась сплошному обследованию, в Воронежской же изучение в поле также закончено.

Материнскими породами Полтавской губ. служат, в большинстве случаев, лесс и лессовидные суглинки, которые только в Зеньковском и Константиноградском у.у. замещаются более связными глинами желто-бурого цвета.

Наибольшую площадь в губернии занимает чернозем, мощность гумусовых горизонтов которого в зависимости от связности и водопроницаемости материнских пород колеблется в западной и средней частях в пределах от 0,9 до 1,2 м., а в восточной—от 0,75 до 0,9 м. В связи с колебанием мощности колеблется и содержание гумуса, которое падает в почвах более мощных (менее глинистых) и повышается в менее мощных (глинистых) черноземах. Богаче всего гумусом константиноградские черноземы, содержащие в среднем 7,92% (отдельные образцы содержат 9 и даже изредка 10%). В Кременчугском и Переяславском у.у. значительная часть черноземов содержит от 4 до 5% гумуса. На пологих склонах к речным долинам чернозем постепенно превращается в черноземную супесь, а по правым высоким берегам рек наблюдается деградация чернозема, который ближе к реке переходит в типичные деградированные суглинки. Почвы

последнего типа приурочены, преимущественно, к возвышенным уездам и лишь изредка встречаются, а иногда и совершенно отсутствуют, в уездах пониженных, где почвы содержат гораздо больше растворимых солей. Морфология полтавских деградированных суглинков типичная, ореховатый горизонт выражен ясно и определенно. Подзолистость вполне типична, ясно сформирован красно-бурый горизонт B, углесоли выщелочены на значительную глубину. Мощность гориз. $A_1+A'_1$ не превышает, в среднем, 0,75 м., количество гумуса колеблется между 2 и 3%.

Вдоль речных долин, по левым берегам рек встречаются местами подзолистые пески.

Кроме описанных почв, в Полтавской губ. нередко наблюдаются солонцовые, особенно распространенные в пониженных уездах. Исследователями губернии описаны солончаки, некоторые разности солонцов и почвы, переходные от солончаковых к черноземным почвам.

Рекогносцировочное обследование Воронежской губ. показало, что ее территория занята несколькими подзонами чернозема. С северо-запада на юго-восток подзоны чернозема располагаются таким образом: 1) самое северное положение занимает подзона мощного чернозема, с большим количеством деградированных почв и выщелоченного чернозема, охватывая Задонский и часть Землянского у.; 2) к югу от нее тянется подзона мощного чернозема, включающая в себя Воронежский у., северные части Бобровского и Коротоякского, Нижнедевицкий у. и большую часть Землянского; 3) еще южнее располагается обширная область среднего или обыкновенного чернозема, занимающего целиком уезды Новохоперский, Павловский, Острогожский, Валуйский, Бирючинский и части Коротоякского, Бобровского и Богучарского; 4) наконец, последняя подзона маломощного, обыкновенного, переходного к южному черноземy помещается в юго-восточном углу Богучарского у. и, частью, на крайнем юге Острогожского.

Границы этих подзон очень близко совпадают с границами тех областей, на которые делится Воронежская губ. по количеству выпадающих на ее территории зимних атмосферных осадков (Панков). Теоретически такая связь легко понимается, так как глубина просачивания органических веществ, растворов солей и вообще глубина проникновения почвообразовательных процессов в степной полосе скорее может зависеть от той влаги, которую дает таяние зимних осадков, чем от влаги, получаемой почвой поздней весной, летом и ранней осенью. Эти последние осадки частью испаряются с поверхности почвы и растительного покрова, частью перехватываются корнями растений на небольших сравнительно глубинах и возвращаются в атмосферу.

Вместе с изменением свойств черноземов меняется и характер, а особенно количественное содержание сопровождающих черноземы почв. Это касается преимущественно солонцеватых почв и солонцов. Так, замечено, что солонцы особенно обильны в восточной половине губернии и реже встречаются в ее западной половине. Можно отметить также, что солонцы в подзоне мощного чернозема очень сильно деградированы, а еще чаще находятся в различных стадиях деградации. В области обыкнозенного или среднего чернозема этих процессов или совсем не наблюдается, или они выражены в слабой степени.

Можно отметить также, что под лесами западной половины губернии деградация некогда бывших здесь черноземных почв сказа-

лась, в общем, сильнее, чем в восточной половине, так как на западе (Валуйский у.) встречаются под лесами довольно значительные участки настоящих подзолов. О влиянии микрорельефа на морфологию воронежского чернозема мы уже говорили выше.

Содержание гумуса в черноземах Воронежской губ. колеблется в следующих пределах:

| | |
|---|---|
| Выщелоченный чернозем . . . . . | 8— 9% |
| Мощный чернозем . . . . . | 9—12 |
| Обыкновенный (средний) чернозем . . . | 7,5—10 |
| Переходный к южному „ . . . | 5,2—8,7 |

Меньшие из указанных для каждой подзоны величины гумуса относятся к образцам чернозема западной половины губернии, а большие—к образцам восточной половины.

Чтобы закончить с характеристикой черноземной зоны европейской части СССР, остановимся еще на описании районов, переходных к пустынно-степной зоне. Таковыми являются некоторые уезды Самарской и Саратовской губ. В Самарской губ. особенно интересен в этом отношении Пугачевский у., лежащий как раз на границе южного чернозема и каштановых почв. Геология уезда чрезвычайно сложна и интересна. В качестве коренных пород, изредка выходящих на поверхность, встречаются породы пермской, юрской, меловой и третичной систем. Высокие водоразделы (сырты) покрыты мощными толщами лессовидной, так называемой, „сыртовой глины", происхождение которой до сих пор еще неясно. Она образовалась до каспийской трансгрессии, с которой здесь совпала приблизительно эпоха образования больших долин. Северная часть уезда покрыта преимущественно черноземными почвами, среди которых явственно обособляются две разности: „в первую войдут черноземы наиболее темные, черные или буровато-черные с содержанием гумуса 7—8%, залегающие на водораздельных плато, во вторую—черноземы склонов и пониженных мест, отличающиеся сероватыми и темнобурыми оттенками с содержанием гумуса 5,6—7%" (Прасолов и Неуструев). Первая группа принадлежит обыкновенным черноземам, а сероватые почвы представляют разность южных черноземов. Эта разность в южной половине уезда, сложенной преимущественно каштановыми суглинками, занимает водораздельные плато. В таком распределении разностей черноземных почв и каштановых суглинков отражается общий закон смены почв по рельефу (Тумин), заключающийся в том, что пониженные места, долины, южные склоны в степных и пустынно-степных районах бывают покрыты почвами более южных зон, чем водораздельные пространства.

Каштановые суглинки Пугачевского у. содержат от 3 до 5% гумуса. Обыкновенные черноземы уезда принадлежат частью к почвам тяжелым глинистым и суглинистым, частью к средним; те же разности встречаются и среди южных черноземов, которые кроме того бывают и щебневатыми. Каштановые суглинки по механическому составу делятся на тяжелые и средние; некоторые разности щебневаты.

Кроме чернозема и каштановых почв, на территории уезда встречаются солонцовые, количество которых увеличивается в южной части уезда, и иловато-болотные.

В Аткарском у. Саратовской губ., помимо послетретичных образований, роль материнских пород нередко играют осадки меловой и третичной систем в виде мела, песчаников, песков и проч. Более

широким распространением отличаются послетретичные образования, из коих особенно следует отметить неслоистые лессовидные глины, содержащие мелкие, реже крупные валуны в очень небольших количествах. Как и в Ульяновской губернии, местами современные почвы залегают на древних продуктах выветривания разнообразных коренных пород.

Черноземные почвы уезда делятся авторами исследования на обыкновенные и переходные (южные), встречающиеся в южной части уезда. Обыкновенные черноземы по механическому составу распадаются на глинистые (мелко- и крупнопесчаные), суглинистые, супесчаные и песчаные; встречаются и черноземные глинистые пески. Почти все разности черноземов, развиваясь на опоках и песчаниках, дают слабо щебенчатые или хрящеватые разности. Среди черноземов разбросаны пятна деградированных черноземов, глинистых, суглинистых, супесчаных и щебенчатых деград. почв, а также солонцов.

Среди каштановых почв также встречены разности по механическому составу. Судя по описанию и цифровым данным для гумуса, можно думать, что границы почвенных зон и полос отмечены не вполне правильно: часть почв, вошедших в рубрику „южного" чернозема, нужно отнести к обыкновенному, а часть „каштановых" почв— в рубрику „южного" чернозема. Авторы дают следующие величины для гумуса:

| | |
|---|---|
| Черноземы глинистые содержат . . . . . | 10 до 12% |
| „ суглинистые „ . . . . . | 6—7 |
| „ супесчаные „ . . . . . | 4—6 |
| Переходные (южные) глинистые . . . . . | 7—9,5 |
| Глинистые каштановые . . . . . | 5—7,5 |

Эта последняя группа едва ли относится на самом деле к каштановым почвам.

Кроме перечисленных почв, на территории Аткарского у. встречаются рендзины и нередко другие скелетные почвы, не имеющие определенных морфологических признаков, по которым их можно было бы отнести к тому или иному типу почвообразования.

В пределах Западной Сибири черноземная зона была первоначально обследована Гордягиным, работы которого охватили Тобольскую и Акмолинскую губ. По данным упомянутого исследователя, область Тобольского предстепья (облесенного чернозема) характеризуется следующими климатическими условиями:

| | |
|---|---|
| Средняя годовая температура . . . . . | 0,7° Ц. |
| Температура вегетац. периода . . . . . | 14,2° „ |
| Годовое количество осадков . . . . . | 417 мм. |
| Осадков вегетац. периода . . . . . | 262 „ |

Для почвы необлесенной черноземной степи те же факторы выражаются следующими величинами:

| | |
|---|---|
| Средняя годовая температура . . . . . | 0,7° Ц. |
| Температура вегетац. периода . . . . . | 14,7° „ |
| Годовое колнчество осадков . . . . . | 321 мм. |
| Осадков вегетац. периода . . . . . | 220 „ |

По данным того же исследователя, чернозем не образует в Тобольской губ. сплошных площадей, а приурочивается к вытянутым с Ю.-З. на С.-В. увальным грядам, большею частью довольно узким; реже чернозем покрывает более значительные участки ровной степи (южные части Курганского, Ишимского и Тюкалинского у.у.). В про-

межутках между увалами (в понижениях) располагаются чаще всего солонцовые почвы.

Мощность гумусовых горизонтов тобольского чернозема Гордягин определяет в 52—55 см., хотя отдельные гумусовые потеки наблюдаются до глубины 100 см. Материнскими породами являются чаще всего лессовидные суглинки, реже—пластичные миоценовые глины. Последние очень богаты конкрециями $CaCO_3$, образовавшимися до развития на глинах чернозема.

Содержание гумуса в тобольских черноземах колеблется между 6 и 10%.

Данные, добытые экспедициями бывш. Переселенческого Управления [1]), вполне совпадающие с данными обследования вдоль линии Тюмень-Омской жел. дор., позволили наметить схему географического распространения западно-сибирского чернозема и подчеркнуть



Рис. 32. Степь Зап. Сибири. Фот. Райкина.

наиболее своеобразные особенности, отличающие черноземную зону Зап. Сибири от таковой же в европейской части СССР.

Как ни мало изучена еще черноземная зона в пределах европейской части СССР, все же исследователям удалось подметить некоторые характерные особенности различных частей этой зоны и выделить на довольно значительных пространствах отдельные полосы или подзоны, на которые распадается европейско-русская черноземная полоса. В последнее время и эти подзоны удается расчленять еще более детально.

Для Западной Сибири такая детализация—вопрос более или менее отдаленного будущего, но о подзонах западно-сибирского чернозема можно говорить уже и теперь. Существование выщелоченного, обыкновенного (среднего) и южного чернозема вполне определенно было констатировано в Западной Сибири Тумины м,

[1]) Предв. отч. об организ. и исполнении работ по исслед. почв Азиатской России в 1912 г. (отчеты Яхонтова, Райкина, Искюля, Хаинского).

В последние годы эти работы по Зап. Сибири значительно дополнены исследованиями Неуструева, Горшенина, Виноку рова, Рожанец и Ивановой.

Неуструевым и Горшениным; первый из них высказал впервые и сомнение в существовании здесь мощного чернозема.

Обследования вдоль линии Тюмень-Омской жел. дороги подтвердили правильность такого сомнения: подзоны мощного чернозема не удалось констатировать на изученной площади. Оказалось, что те пространства западно-сибирской черноземной зоны, которые соответствуют, по своему географическому положению, подзонам мощного, выщелоченного и деградированного черноземов, представляют весьма сложный и пестрый почвенный комплекс, где чернозем играет часто совершенно подчиненную роль и нередко не имеет морфологических признаков настоящего нормального чернозема, а ближе стоит по морфологии к тем переходным группам, которым дается название солонцеватых и солончаковатых почв. Мало того, оказалось, что местами даже на повышенных гривах, на ровных повышенных площадях, лежит не черноземная почва, а лишь только напоминающий последнюю своим цветом и мощностью гумусовых горизонтов— так называемый карбонатный солончак или черноземовидная солончаковатая почва, местами переходящая в луговоподзолистую. Карбонатные солончаки, как мы знаем, свойственны и северным частям черноземной зоны европейской части СССР, как подзоне мощного чернозема свойственны тут же солонцовые и солончаковые почвы, но между европейской частью СССР и Зап. Сибирью слишком велика разница в количестве этих почв. В то время как в первой солонцы и солончаки играют совершенно подчиненную роль, в последней они выступают часто в роли господствующих почв. Карбонатные солончаки, черноземовидные и луговоподзолистые почвы в Зап. Сибири местами совсем вытесняют чернозем и берут на себя как бы роль этого последнего. Они нередко обнаруживают явственные следы деградации под влиянием надвинувшегося на них леса, превращаются в почвы, напоминающие деградированные суглинки, и пр. В последнем случае особенно трудно бывает на первых порах разобраться, имеет ли исследователь дело с деградацией черноземных почв, или с деградацией карбонатных солончаков и черноземовидных почв.

Карбонатные солончаки, имея определенные морфологические отличия от черноземных почв, отличаются от последних и своим химизмом. Большое количество гумуса в самом верхнем горизонте (луговой характер), быстрое падение этого количества вглубь, малая насыщенность гумуса поглощенными катионами, благодаря чему в водные вытяжки переходит сравнительно малое количество минеральных веществ, нередкое присутствие в более глубоких горизонтах нормальной соды—вот ряд химических признаков, свойственных карбонатному солончаку.

Чему же приписать те существенные отличия, которые намечаются в северной части западно-сибирской черноземной зоны по сравнению с той же частью европейско-русской черноземной полосы? Нам думается, что причина эта лежит, во-первых, в несколько различном геологическом прошлом Западной Сибири по сравнению с европейской частью СССР.

Прежде всего геологическую основу, подстилающую послетретичную серию пород в Западной Сибири, слагают богатые солями третичные осадки, которые и сейчас местами лежат неглубоко от поверхности. Обильные воды, которые в доледниковый, ледниковый и послеледниковый периоды затопляли равнину Зап. Сибири, размывали те же третичные осадки, выщелачивая из них соли. Поэтому и послетретичные осадки оказываются здесь богатыми солями.

Слабая дренированность западно-сибирской равнины делает то, что грунтовые воды здесь нередко очень близко подходят к поверхности (см. дальше характеристику Барабы), поднимая к последней и растворенные в них соли.

При указанных условиях, конечно, трудно было ожидать сколько-нибудь широкого развития черноземных почв и выработки типичной и нормальной морфологии у этих последних. Все местные почвообразователи скомбинировались здесь таким образом, что оказались более благоприятными для развития интразональных почв, чем зональных.

Закончив с общими соображениями о характере западно-сибирской черноземной зоны, обратимся к некоторым деталям и остановимся прежде всего на северной части черноземной зоны.

В пределах Ялуторовско-Курганского района Яхонтов отмечает, что местные черноземы носят, по преимуществу, характер северных представителей этого типа. В гориз. $A_1$ наблюдается плитчатое сложение, которое на севере района выражено наиболее резко (плитки до 3 мм. толщиной) и постепенно замирает к югу. Почвы имеют сероватый оттенок, мощность гумусовых горизонтов в 55—60 см. и вскипание, начиная с 50 см. (на юге района) и кончая 120 см. (на севере). Среди черноземных почв встречаются деградированные суглинки, подзолистые почвы и подзолы. Солонцы и солончаки отличаются большой распространенностью, залегая иногда крупными площадями. Нередки солонцеватые почвы.

Райкин для северной части Ишимского района также отмечает значительную деградацию черноземных почв, их сероватый оттенок и плитчатое сложение нижних частей гориз. $A_1$. В южной части района чернозем является, по преимуществу, солонцеватым. Резкая комплексность почвенного покрова выражена и здесь.

В Тарско-Тюкалинском районе, по данным Искюля, черноземы приурочены к наиболее возвышенным пунктам рельефа, где залегают: 1) сплошными полосами, 2) более или менее значительными островами и 3) небольшими пятнами. По механическому составу они бывают песчаными, супесчаными и суглинистыми. Песчаные черноземы встречены по левобережью Иртыша и по восточному берегу оз. Тениз. Зернистые разности черноземов встречаются редко, и то только в ю.-в. части района, все же остальные черноземы характеризуются во всем разрезе комковатой структурой. Мощность гумусовых горизонтов (с потеками и карманами) достигает в ю.-в. углу района 75—85 см., в остальных же частях района она не выше 60 см. Нередки солонцеватые черноземы, солонцы и солончаки. Процессы деградации прослеживаются как на черноземах, так и на солонцах.

Еще, пожалуй, более резко, чем в Тобольской губ, подчеркнуты своеобразные особенности северной части степной (лесостепной) зоны Западной Сибири в Томской губ., в пределах Барабы. Уже Танфильев отмечает, что в Барабе чернозем встречается не сплошными площадями, а отдельными полосами, будучи приурочен к междуречным гривам, тогда как склоны и понижения между гривами обыкновенно заняты иного рода почвами, различными солонцами и болотными почвами. Гривы также не сплошь одеты черноземными почвами: на ряду с ними встречаются здесь и почвы подзолистого типа, приуроченные к блюдцеобразным понижениям рельефа. Под черноземом вскипание наблюдается на глубине 60—70 см., тогда как под блюдцами горизонт вскипания понижен до 1,75—2 метр.

По данным Танфильева, грунтовые воды в Барабе лежат не глубоко: по водоразделам их можно найти уже на глубине 1,42—

2,84 м. и даже ближе, а в междугривных понижениях они подходят к поверхности, вызывая образование болот, солонцов и солончаков.

В Томском предстепьи, как в Тобольском и, частью, Акмолинском, главной древесной породой является береза, почему еще Георги и Миддендорф называли описываемые пространства березовой степью. По данным Танфильева трудно решить, чего больше в Барабе, лесов или безлесных участков. Лес выражен здесь, как и в Тобольском предстепьи, отдельными куртинами, по местному, колками, разбросанными по водоразделам среди безлесных участков. Эти колки являются аналогом осиновых кустов европейской части СССР, которые приурочены там, как мы уже знаем, преимущественно к подзоне мощного чернозема. В Сибири и, в частности, в Барабе количество и размеры этих березовых куртин увеличиваются к северу и убывают к югу. Кроме березы, в них встречается осина и некоторые виды Salix.

Для степных участков березового предстепья (Бараба) самым характерным растением, по данным Танфильева, следует считать Libanotis montana и sibirica; весьма характерна также Castilleja pallida. В соседстве с солонцами и в местах, где близки грунтовые воды, встречается Phragmites communis. Ковыли в Барабе (Stipa pennata и capillata) довольно обыкновенны, но не так характерны, как в степях европейской части СССР. Южнее, где количество березовых колков уменьшается, ковыли и некоторые другие злаки приобретают господство в растительном покрове степи.

По данным новейших исследователей (Крылов, Молотилов, Хаинский) Бараба не представляет на всей своей площади однородной естественно-исторической единицы. Северная часть ее имеет характер болотной тайги, средняя часть характеризуется растительностью лесостепи, которая к югу постепенно переходит в степь.

Почвы северной и частью средней Барабы, по Хаинскому, характеризуются высоким уровнем вскипания и грунтовых вод. Горизонт А у них отличается темным черным цветом с бурыми и серыми оттенками, в более глубоких горизонтах подмечаются охристо-бурые пятна, иногда даже мелкие темнобурые зерна от скопления окислов железа. Мощность горизонта А колеблется от 35 до 40 см.; горизонт однороден и сильно задернован. Структура А и В комковатая и граница между этими горизонтами резкая и довольно ровная. В растительном покрове таких почв преобладают лесные формы, среди которых попадаются отдельные представители степных растений. К ним примешиваются также элементы болотной и солончаковой флоры. Подгумусовые горизонты указанных почв богаты карбонатами извести, но часто в них встречаются и кристаллы гипса. Все отмеченные признаки указывают на то, что мы имеем здесь дело с луговыми карбонатно-солончаковыми почвами. Последние нередко деградируются под влиянием лесной растительности.

Обилие солончаков и солонцов в почвенном комплексе Барабы мы уже отметили раньше.

Таким образом, ясно, что и в западной части Томской губ. северная часть степной (лесостепной) зоны имеет тот же характер, что и в Тобольской губ. По мере движения к востоку картина меняется, приближаясь к той, которую мы наблюдаем в предстепьи европейской части СССР. Эту картину мы уже отметили, характеризуя, на основании данных Кузнецова, Смирнова и Благовещенского, переходные от тайги к степи районы в Кузнецком, Мариинском, Ачинском и Красноярском уездах.

Чтобы закончить с более северными частями степной и лесостепной зон, необходимо еще сказать несколько слов о черноземах Иркутской губернии и Забайкалья. О черноземе Иркутской губ. издавна имеются упоминания в литературе (Гагемейстер, Руприхт). Более детальные географические указания на его распространение в пределах губернии даны были в 1878 г. Агапитовым. Последний отмечает присутствие чернозема в бассейне р. Китоя, между его притоками Картагоном и Иликтуем, в бассейне р. Белой (Балаганский у.), где черноземные почвы занимают площадь до 4.000 кв. верст.

Здесь же по долинам рек появляются солончаки. Кроме того, чернозем существует в Иркутском у., в частности, у самого Иркутска. На карте, приложенной к работе Агапитова, отмечаются площади солонцовых почв по р.р. Куде, Осе, Унге и по Ангаре ниже Балаганска. Характерной растительностью иркутского чернозема являются, между прочим, виды Stipa (pennata, capillata, sibirica). Материнскую породу представляет чаще всего лесс.

Прейн, производивший ботанические исследования в Иркутской губ., отмечает распространение лугово-степной формации во все стороны от ст. Черемховского: к югу почти до р. Белой, к северу—почти до р.р. Унги и Залари, к востоку—до Ангары и к западу—до Аларского инородческого ведомства. Иначе говоря, границы лугово-степной формации, намечаемые Прейном, соответствуют той большой площади чернозема, которую отметил Агапитов в бассейне р. Белой. В связи с этим и почвы данной площади Прейн называет лесостепными суглинками, что соответствует, повидимому, термину деградированные почвы.

Наши беглые наблюдения вдоль линии Сибирской жел. дор. заставляют нас присоединиться к взгляду Прейна. Большая часть упомянутой черноземной площади действительно является в большей или меньшей степени деградированной, при чем местами деградация идет под редкой и мелкой порослью хвойных, чаще же под березняком. Признаки лесостепи начинаются еще перед ст. Тулун, и отсюда вплоть до реки Белой наблюдается многократное чередование деградированных черноземов с таковыми же суглинками и подзолистыми почвами.

Чисто степную формацию Прейн устанавливает для долин р.р. Унги, Алари, Иды и по берегам Ангары ниже с. Евсеевского до дер. Шиверской. Наконец, по низинам рек Осы, Иды, Унги, Алари к северу и к югу от с. Малышевского отмечается присутствие солончаковой формации.

Панков описывает для Унгинской степи деградированные суглинки и карбонатные солончаки, нередко вскипающие к поверхности и в подгумусовых горизонтах содержащие обильные выделения углесолей.

Морфология почв Иркутской лесостепи и солончаковых пространств очень мало изучена, а о химизме их дают небольшое представление несколько анализов почв Балаганского у. (Лаврентьев) и один анализ чернозема параллельно с анализом подстилающего его лесса из ближайших окрестностей Иркутска (Шамарин).

Зона забайкальского предстепья также мало изучена, особенно в западной части области, где, как мы видели, вопрос о границе между тайгой и степью очень сильно усложняется. Указания на степной характер тех или иных районов Забайкалья, встречаемые в не специальной литературе, следует принимать с известной осторожностью, так как на Дальнем Востоке, в том числе и в Забайкалье, степями сплошь и рядом называют всякие безлесные пространства.

Несколько больше известны северные части черноземной зоны в восточном Забайкалье, к востоку от меридиана Нерчинска. Здесь даже проведена на карте граница между лесной и степной областями Новопокровским. Почвы степных участков бассейнов Нерчи, Куенги и др. Новопокровский характеризует, как „легкие суглинистые почвы темнокаштанового цвета, обыкновенно с некоторым количеством хряща, дресвы и мелкой гальки". „Подпочва—желтый мергелистый суглинок с галькой, вскипающий с кислотой; углекислая известь образует в подпочве белые примазки, а также отлагается в виде мучнистого налета на гальке. За суглинком идет обыкновенно слой сплошной гальки, лежащей на выветрившей коренной породе". Главную роль в растительном сообществе степей играют злаки: Stipa capillata, Festuca ovina, Koeleria cristata, Poa attenuata, Avena pratensis. Новопокровский отмечает также присутствие солонцов[1]) в исследованном им районе. „Солонцы покрыты редкой растительностью, образующей большие лысины. В сухое время на поверхности их выступают белые выцветы („гуджир")".

По нашим беглым наблюдениям, лесостепной характер выражен почти всюду на протяжении Забайкальской жел. дороги, за исключением ближайших к Байкалу местностей, высоких и скалистых. Везде, однако, небольшие степные участки, занимающие относительно пониженные места, чередуются с холмистыми и гористыми участками, одетыми лесом и покрытыми почвами подзолистого типа. Степные участки встречаются вплоть до Стретенска и даже к востоку от последнего. В окрестностях Стретенска буроватые черноземы, залегающие на склонах к р. Шилке, имеют мощность гумусовых горизонтов до 40 см. Вскипание начинается на глубине около 80 см, где углекислая известь почти сразу образует особый горизонт. Глубже вся материнская порода вскипает с кислотой.

Чрезвычайно своеобразны так называемые Нерчинские степи, расположенные между р.р. Нерчей и Куенгой под 50—52½° с. ш. По данным Сукачева, они сложены в основе гранитами, на которых местами расположены липариты, их брекчии и туфы. Верхние горизонты этих пород каолинизированы и затем перекрыты слоистыми озерными осадками.

Из описаний разрезов можно вывести заключение, что, после высыхания озерного бассейна, образовались здесь сначала темные луговые почвы с охристыми прослойками и ортштейновыми конкрециями, содержащими 17,54% $Fe_2O_3$, 9,57% $Mn_3O_4$ и 0,56% $P_2O_5$. Затем, при постепенном высыхании, из этих луговых почв получились темноцветные черноземовидные карбонатные солончаки. В нижних частях гумусовых горизонтов наблюдаются иногда очень темные участки, в качестве реликтов более древнего почвообразования. Вообще же, гумусовые горизонты отличаются резко выраженной языковатостью.

В местах повышенных с более рассеченным рельефом карбонатность почв ослабевает: они представляются более выщелоченными. На таких участках господствует Phlojodicarpus dahuricum, тогда как наиболее карбонатные почвы представляют так называемую вострецовую степь (вострец—Agropyrum Pseudoagropyrou).

В комплексе с указанными почвами находятся столбчатые солонцы, которые на ровных местах или на полого-покатых южных склонах занимают до ¼ поверхности и более. „На особенно ровных местах они могут занимать до ½ всей поверхности. Особенного же развития они достигают у основания южных склонов, где они вдоль

[1]) Повидимому, скорее или отчасти солончаков.

дна пади образуют часто совершенно сплошную полосу". Повидимому, мы здесь встречаемся с условиями, напоминающими те, которые мы описывали в западном Забайкалье (рис. 32).

Восточнее Забайкалья, как уже упоминалось в своем месте, степная зона не распространяется; она уходит в северную Маньчжурию.

Перейдем теперь к знакомству с более южными частями сибирской черноземной зоны, начав с наиболее западных ее участков, и остановимся прежде всего на Кустанайских степях. Под этим названием мы охарактеризуем район, охватывающий восточную часть Кустанайского у. Тургайской обл., северную часть Тургайского у. и часть Троицкого у. Оренбургской губ.

Кустанайские степи, в общем, равнинны, т. е. не имеют резких колебаний рельефа, однако среди них встречаются речные долины с впадающими в последние оврагами, а также крупные и мелкие



Рис. 33. Столбчатый солонец в Перчинских степях. Фот. Сукачева.

котловины. Первые заняты озерами, вторые или бывают временно заняты весенними водами, или остаются сухими (Короткий).

Материнскими породами являются лессовидные суглинки, более тяжелые суглинки, вероятно, миоценового возраста, а также супеси и пески.

По данным Короткого, южная граница черноземных почв проходит здесь почти под $51^1/_2°$ с. ш. Южный чернозем обычно является солонцеватым и по строению почти неотличим от залегающих южнее каштановых почв, которые имеют лишь другой цветовой оттенок. Вообще же в описываемом районе крайне трудно руководствоваться цветовыми оттенками, так как материнские породы очень часто карбонатны почти с поверхности, а белый цвет карбонатов сильно меняет цветовые оттенки гумусовых горизонтов. Глубина залегания невскипающих солей (гипс и пр.) колеблется в южных черноземах от 60 до 125 см. (чаще около 70—90 см.).

Солончаки и солонцы нередки в районе; огромное развитие получают солонцы, а частью и солончаки на площадях, покрытых

супесчаными и суглино-супесчаными породами. По глубоким котловинам наблюдаются деградирующиеся солонцы.

Под лесной растительностью на песках развиваются песчаные подзолы с очень мощными подзолистыми горизонтами и глубоко залегающими ортштейновыми горизонтами.

Сильная засоленность описанного района, может быть, находится в связи с тем обстоятельством, что генезис местных материнских пород стоит в связи с миоценовыми осадками, очень богатыми солями, в частности, карбонатами и гипсом. В связи с этим следует отметить, что район лежит в той части „Киргизских степей, которую Эд. Зюсс называет Тургайским проливом и через которую в прежние геологические эпохи, при нескольских трансгрессиях, происходило соединение южных морей с Северным Ледовитым океаном".

Петропавловско-Кокчетавский район (Акмолинская обл.), лежащий к востоку от Кустанайских степей, не весь равнинен. Его рельеф резко нарушается группой Кокчетавских гор. Район довольно богат реками и озерами, из коих большие пресноводные озера расположены в горном районе, в равнинной же степи озера в большей или меньшей степени солоноваты.

Геология района (Козырев, Нифантов) довольно пестра: на ряду с неслетретичными породами (лессовидные и иные суглинки) встречаются третичные осадки, девон и выходы разнообразных кристаллических пород (граниты, диабазы, порфириты и пр.).

Почвенный покров района охватывает две подзоны чернозема: подзону обыкновенного и подзону южного чернозема. Граница этих подзон была намечена Туминым у пикета Ак-су, под 53°21′ с. ш. Отсюда, по данным Райкина, она направляется к западу севернее д. Кривозерной, через область озер Кос-Куль и Увак-Камыш. Граница черноземных и каштановых почв, по Тумину, лежит на 25—30 в. к северу от Атбасара, т. е., примерно, под 52 с. ш., откуда, направляясь к западу, пограничная линия довольно значительно уклоняется на север. Таким образом, на меридиане Атбасара мы находим наиболее далеко отходящий на юг изгиб границ почвенных зон и подзон. Как к западу, так и к востоку от Атбасарского меридиана эти границы отходят все далее на север.

Средний чернозем Петропавловско-Кокчетавского района Райкин характеризует следующими чертами: „общая мощность гор. $A_1+A'_1$ достигает 65—70 см., иногда немного более; на долю верхнего горизонта приходится 23—25 см., гор. $A_1$, имея довольно равномерную окраску черновато-сероватого цвета, заметно переходит в нижележащий гор. $A'_1$ со свойственной ему языковатостью, пятнистостью, с оттенками подстилающей материнской породы. Структура гор. А является со слабой, с трудом уловимой зернистостью, которая маскируется комковатостью; последняя, при слабом сдавливании или легком разламывании, и обнаруживает зернистость. При переходе в гор. $A'_1$ гор. $A_1$ теряет свой характер—комочки являются сцементированными, более плотными и при сдавливании обнаруживают ореховатость; в нижней части горизонта наблюдаются комковатые призмовидные отдельности".

Южный чернозем имеет мощность $A_1+A'_1=60—70$ см., из коих на долю $A_1$ приходится от 8 до 15 см. Гор. $A_1$ обнаруживает иногда слабую слоеватость, быстро переходит в $A'_1$, который в верхних частях зернист, а глубже комковат.

В районе нередки солонцеватые почвы, солонцы и солончаки, а в северной и центральной его частях под колками попадаются деградированные черноземы и подзолистые почвы.

Омско-Кокчетавский район, обследованный Искюлем, включает в себя части Омского, Петропавловского, Кокчетавского и Акмолинского у.у. Акмолинской губ. и небольшой северо-западный угол Павлодарского у. Семипалатинской губ.

В рельефном отношении он распадается на две части: северную—равнинную и южную—холмистую, сопочную.

Послетретичные наносы (лессовидные суглинки, супеси) не отличаются значительной мощностью, особенно в холмистой части района, где нередко на поверхность выходят разнообразные коренные породы (песчаники, сланцы и пр.). В пределах района встречаются средний чернозем, южный чернозем и каштановые почвы. В подзону среднего чернозема Искюль относит здесь „всю лесостепь района, а также разнотравную часть ковыльной степи. Граница подзоны среднего чернозема проводится исследователем несколько севернее пикета Ак-су, т. е. почти совпадает с границей, указанной Туминым для соседнего, уже описанного района. Что же касается границы между черноземной и каштановой зонами, то таковую Искюль проводит в своем районе значительно севернее, чем Тумин, отмечая, что хотя к югу от проводимой им границы и встречается южный чернозем и даже иногда пятна среднего, но южный чернозем находится здесь в пестром комплексе и обладает своеобразными морфологическими особенностями. Искюль полагает, что если бы на месте холмистого рельефа была равнина, то граница южного чернозема с каштановыми почвами проходила бы южнее, но такой взгляд едва ли правилен. Дело здесь, повидимому, не в холмистости, а в каких-либо других особенностях рельефа, ибо, при прочих равных условиях, холмистый и возвышенный рельеф скорее должен был бы переносить нас в условия более северных почвенных подзон.

Зернистых разностей среднего чернозема Искюль в описываемом районе не наблюдал, хотя к северу от этого района они встречаются при условиях гривного рельефа (юг Тарско-Тюкалинского района). Гумусовые горизонты, считая вместе с языками, достигают у среднего чернозема мощности в 70 см., сплошная же гумусовая окраска идет не далее, как на 30—50 см. в глубину (изредка 60 см.).

Южный чернозем обнаруживается в районе под типчаково-полынной растительностью. Гориз. $A_1$ у него с сероватым оттенком, сверху до 3—5 см. слоеват. Мощность всего горизонта 5—20 см. Характерным признаком является нахождение в этих черноземах выделений гипса.

Кроме черноземов, в районе встречаются солонцы и солончаки, количество которых среди южных черноземов больше, чем в подзоне среднего чернозема. Юг обследованного района занят уже каштановыми почвами.

Еще восточнее в пределах черноземной зоны была обследована северная часть Павлодарского у. до 52° с. ш. (Рожанец). Этот район отличается равнинностью, которая нарушается лишь невысокими гривами, „не имеющими сколько-нибудь значительного и определенного простирания“, и понижениями—котловинами. Более обширные и глубокие из этих понижений заняты солеными озерами, а мелкие—колками или остатками их. Несколько разнообразится картина внедрением дюнных песков Северного бора в юго-восточной части района. Среди невысоких песчаных всхолмлений здесь встречаются солончаковатые луга. Дюны находятся также вдоль надлуговой террасы правого берега Иртыша.

Материнскими породами района являются послетретичные желтобурые суглинки, супеси и пески, налегающие на свиту миоценовых

отложений, а по скату к Иртышу—аллювиальные пески с прослоями суглинков и глин.

Обыкновенного или среднего чернозема в Павлодарском у. не встречено, но он найден несколько севернее, в Тюкалинском у. Тобольской губ., в области озер Сумы—Чабаклы, откуда, повидимому, тянется на запад к прииртышскому скату, который почти сплошь занят супесчаным обыкновенным черноземом.

В Павлодарском у. встречены лишь разности южного чернозема, имеющие мощность $A_1$—в 10—16 см., $A_1+A'_1$—65—75 см. Цвет горизонта $A_1$ черный с заметным сероватым оттенком. В верхней части гор. $A_1$ наблюдается иногда слабо-выраженная слоистость. Вскипание сплошное с 10—16 см., а языками и пятнами с 10—16 см. Таковы признаки суглинистых южных черноземов, занимающих лишь наиболее северные части у. Южнее появляются супесчаные разности этих почв, горизонт вскипания у коих понижен до 50—70 см. Общая мощность гумусовых горизонтов у этих почв колеблется между 48—64 см.; слоистость в поверхностном горизонте иногда наблюдается.

К югу супесчаные южные черноземы переходят в супесчаные каштановые почвы, иногда солонцеватые.

Солончаки и солонцы в районе встречаются нередко; местами наблюдается и деградация солонцов.

Переходя к востоку в пределах Обь-Иртышского водораздела, мы остановимся на результатах исследований Драницына, затрагивающих Кулундинскую степь и к северу от нее расположенные пространства. Южную часть обследованного Драницыным района мы расссмотрим при характеристике каштановой зоны. Северная часть данного района обладает всеми признаками Барабы, с ее гривным характером, обилием солонцов и солончаков, обилием колков и пр. Черноземы, встречающиеся иногда к с. от с. Купина, повидимому, еще принадлежат подзоне обыкновенного чернозема. К северу от пог. Батурка Драницын описывает степь, почвы которой принадлежат уже переходной области от черноземов к каштановым почвам. Исследователь затрудняется пока отнести вполне определенно эти почвы в ту или иную группу, так как в изученном им районе точное разграничение черноземных и каштановых почв весьма усложняется, благодаря значительной песчанистости местных почв и отсутствию, в силу этого, типично выраженных морфологических признаков. За Бурлой лежат уже несомненно каштановые почвы.

Хаинским была изучена приобская часть Обь-Иртышского водораздела между линией Сибирской жел. дороги и 51° с. ш. В орографическом отношении район делится на две неравные части: большую северную, отличающуюся равнинным рельефом, и меньшую южную, имеющую горный характер. В горной части района и в предгорьях широко распространены осадочные породы. В предгорьях по р. Алею, Поперечной, Локтевке, нижнему течению Чарыша развиты послетретичные суглинки. В горной же местности Колыванского массива лессовидные суглинки встречаются лишь отдельными пятнами. В горах развиты осадочные породы девона, сланцы и известняки. Имеются выходы изверженных пород.

По данным Хаинского, с широты с. Чиковского, в районе начинают встречаться обыкновенные черноземы. Смена обыкновенных черноземов южными идет в направлении с СЗ. на ЮВ., т. е. от Оби к Кулундинскому лесу. В предгории Алтая под 52° с. ш. лежат также южные черноземы с зернистой структурой. Каштановых почв в равнинной части района вовсе не встречается, а между тем под теми же

широтами в лежащей западнее Кулундинской степи они широко развиты. Эти данные указывают на влияние горной системы Алтая, вызывающей смену почвенного покрова отдельных почвенных зон Зап. Сибири по мере приближения к горному массиву. Черноземная зона переходит здесь в подзолистую, а каштановая — в черноземную.

Почвенный покров описываемого района разнообразится внедрением в равнину нескольких речных долин, сопровождающихся песчаными наносами. На последних развиваются боры с подзолистыми почвами, а почвы соседних с борами частей водоразделов несут ясные признаки деградации. В межгривных долинах, а также и в речных, здесь распространены солончаки, тогда как солонцы развиты в районе значительно слабее.

Обратимся теперь к изучению южных частей черноземной зоны по восточную сторону Алтая и остановимся прежде всего на характеристике северо-западной части Минусинского у., обследованной детально Прасоловым и Емельяновым. „Район представляет



Рис. 34. Комплекс южного чернозема и столбчатого солонца в Минусинском у. Фот. Никифорова.

часть той обширной, окруженной горами, депрессии, которую Зюсс называет Минусинской переходной областью". Она ограничена на N и NO Восточными Саянами, на S—Западными Саянами и на W—Кузнецким Алатау.

В районе господствуют девонские отложения, слагающиеся известняками, мергелями и красноцветной толщей (песчаники, глины, мергеля), и отложения Медвежьего яруса. Имеются выходы изверженных пород. „Поверх палеозойских осадочных образований лежат только послетретичные и современные речные образования, озерные и субаэральные отложения". Много озер соленых и пресных или слабосолонозатых.

Из черноземных почв Прасолов отмечает в районе присутствие нескольких разностей тучных черноземов, несколько разностей обыкновенных и южных (рис. 34). Почвы нередко хрящеваты. Повидимому, как по условиям залегания, так и по морфологии и химизму местные тучные черноземы не могут быть отнесены в одну группу с мощными черноземами русских равнин. Они носят до некоторой степени луговой характер, что видно отчасти из данных

по распределению гумуса в почвенном разрезе. Так, например, в образце 63 горизонт 0—16 см. содержит 18,38% гумуса, а на глубине 24—34—всего 6,55%. В других образцах получаются такие величины:

| | | | |
|---|---|---|---|
| № 8 | 0— 8 см. . . . . | 14,70% | гумуса |
| | 10—22 „ . . . . . | 6,22 | „ |
| № 9 Е. | 0—10 „ . . . . . | 15,07 | „ |
| | 10—23 „ . . . . . | 6,23 | „ |

Водные вытяжки дают также несколько повышенные величины для сухих остатков, по сравнению с теми, какие получаются для черноземов европейской части СССР и даже Зап. Сибири. Может быть, эти различия следует отчасти связать с девственностью местных почв, а отчасти с теми особенностями, какие вносят в процессы почвообразования горные районы. Кроме черноземных почв, в районе встречаются деградированные черноземы и суглинки, изредка каштановые почвы, солонцы и солончаки.

Тучные черноземы описываются также Никифоровым к северу от только что рассмотренного района и верстах в 30 к югу от Ачинска. Эти почвы имеют интенсивно черный цвет во влажном состоянии, зернистую структуру в гориз. $A_1$, мощность которого достигает 42 см. Общая мощность гумусовых горизонтов не превышает 60 см., хотя отдельные языки гумуса идут и глубже. Материнские породы рыхлой консистенции. Карбонаты выделяются в виде псевдомицелия. На глубоком разрезе выделились два горизонта наиболее обильного скопления карбонатов: на глубине 128—158 и 260—300 см. Кристаллы гипса встречены на глубине 348 см. в виде друз.

Возможно, что эти почвы являются действительно аналогами мощных черноземов европейской части СССР, и что к востоку от Кузнецкого Алатау, где предстепье и вообще северная часть черноземной зоны, как мы видели, теряет типические особенности, свойственные той же полосе в Зап. Сибири, удастся выделить подзону мощного чернозема (в Мариинском и Ачинском уездах).

Чтобы закончить с черноземной зоной азиатской части СССР, нам остается рассмотреть еще Верхне-Ононский и Верхне-Чикойский районы Забайкалья.

Верхне-Ононский район, изученный Прасоловым, имеет горный характер и потому, несмотря на свое довольно южное положение, не дает типичной степной обстановки. Прасолов описывает здесь предстепье или луговую степь по Ингоде и особенно по Онону. На Ононской степи не было встречено типичных черноземов, а всюду как на высоко расположенных участках, так и на равнинах вдоль Онона или по склонам впадающих в него падей можно было наблюдать всего один комплекс своеобразных выщелоченных темноцветных почв в различных вариациях и переходах их к почвам типично-луговым. Изучение морфологии этих почв затрудняется благодаря их грубому механическому составу, так как среди материнских пород здесь играют преобладающую роль грубые продукты выветривания кристаллических и метаморфических пород.

В самых пониженных местах рельефа встречаются солончаковатые почвы и солончаки.

При переходе из лесостепи в таежные участки района наблюдается переход от слабо-подзолистых почв лиственничного леса к ясно-подзолистым и подзолам.

В Верхне-Чикойском районе, имеющем также гористый характер, Емельянов намечает следующие области: 1) гольцы с участками

горно-луговых и болотных почв; 2) подгольцевая область, приблизительно того же характера; 3) область щебенчатых подзолистых почв под кедрово-лиственничной тайгой; 4) область слабооподзоленных щебенчатых почв под светлыми лиственничными лесами с участками сосны; 5) область преобладания коричневых деградированных суглинков, покрытых лиственнично-березовой тайгой, и 6) область черноземов, исключительно приуроченную к широким долинам на юге и юго-западе района (Менза, Чикой). Особо отмечается обширное понижение между Альтоном и Бальдзой, покрытое выщелоченными темноцветными почвами.

Чернозем покрывает длинные шлейфы гор и быстро выклинивается, по мере подъема на склоны, переходя в березняках в почвы типа деградированных суглинков. Судя по описанию типичного разреза чернозема, можно думать, что мы на самом деле имеем здесь дело не с черноземом, а с почвой солончаковатой. Она характеризуется торфянистостью поверхностного горизонта, неглубоким, сравнительно, вскипанием (37—46 см.) и обильным скоплением карбонатов в подгумусовых горизонтах.

Таким образом, все данные, какими мы располагаем по отношению к степной зоне Забайкалья, указывают нам, что здесь нет черноземов, хотя бы в той форме, в какой они встречаются в Зап. Сибири и в Енисейской губ., что местные почвы, приближающиеся к черноземному типу, носят или характер луговых (лугово-степных) или солончаковатых.

---

## ЛИТЕРАТУРА

### Европейская часть СССР


Адамов, Н. Факторы плодородия русского чернозема Спб. 1904.

Andersson, Gunnar, Bericht VIII der zürcher. botan. Gesellsch., 1901—1903.

Армашевский. Изв. Геолог. Комит., т. V. 1886.

„ Зап. Киев. Общ. Естеств., т. X. вып. 1, 1889.

Архангельский. Оценочные работы в Пензенской губ. 1909—1910. Пенза, 1910.

Барановский. Труды VIII съезда русск. естеств. и врачей, Спб. 1890.

Бессонов. Краткий физико-географ. очерк юго-вост. части Бузулукского у. Самара, 1904.

Берг, Л. Климат и жизнь, 1922.

Богословский. Изв. Геолог. Комит. т. XVI, 1897.

„ Отчет экспед. по исслед. источников главных рек Европ. России за 1895 г. Спб. 1896.

Броунов. Современные вопросы русского сельск. хоз. Спб. 1904.

Вильбушевич. Тр. Вольн.-Экон. Общ., 1895, № 6.

Высоцкий, Г. „Почвоведение“, 1899, 1902, № 2.

„ Труды Опытн. Леснич., 1902, вып. 1.

„ О лесорастит. условиях района Самарск. Удельн. Окр. Спб., 1908.

Глинка, К. Сибирцев, Н. и Отоцкий, П. Хреновской участок. Тр. Экспед. Лесн. Д-та 1894.

Глинка, К. Панков, А. и Маляревский, К. Почвы Воронежской губ. Предвар. отчет о почв. исслед., произвед. в 1912 г. Спб. 1913. См. также Панков. Изв. Докуч. Почв. Комит., 1914.

Гедройц. Носов. С.-Хоз. Оп. Ст., Отд. Агрохим., вып. 42, Киев. 1926.

Геммерлинг. Оцен. работы в Пензенской губ. 1909—1910. Пенза, 1910.
Гуров. Геологическое описание Полтавской губ. Харьков, 1888.
Димо и Шульга. Проект оснований и норм для оценки земель. Петровский и Аткарский уу.—Почвенно-геолог. очерк. Саратов, 1904.
Докучаев и учеиики. Матер. к оценке земель Нижегород. губ., тт. I—XIV, Спб.
Докучаев и ученики. Матер. к оценке земель Полтавской губ., тт. I—XVI, Спб.
Докучаев. Тр. Спб. Общ. Естеств., т. XVI.
„ „Почвоведение“, 1900.
Завьялов. „Почвоведение“, 1902, № 4.
Земятченский. Пады, имение В. Л. Нарышкина, Спб. 1894.
Келлер, Б. Из области черноземно-ковыльных степей.—Тр. Общ. Естеств. при Казан. Унив., 1903.
Колоколов. Мат. к оценке зем. Харьковской губ. Старобельский у., 1908.
Коржинский. Тр. Общ. Естеств. при Казан. Унив., т. XVI, вып. 6, 1887, т. XVIII, вып. 5, 1888 и т. XXII, вып. 6, 1891.
Коссович. Журн. Оп. Агрон., 1903.
Крокос. Лесі і фосильні грунти пивденно-західної Украіны. Харків, 1921.
Костычев. Тр. VIII съезда русск. естеств. и врачей. Спб., 1890.
Костычев. Сельское хоз. и лесоводство, 1881.
Кудрявцев. Тр. Спб. Общ. Естеств., т. XIV, вып. 2, 1884.
Красюк. Почвы и грунты по линии Подольской ж. д. Отд. почвовед. С.-Х. Учен. Ком. Птрг. 1922.
Курилов. Матер. к оценке зем. Екатеринослав. губ. Мариупольский у. 1901, и др. поуездные выпуски.
Lapparent. Traité de Geologie, T. III.
Лебедев. Изв. Геолог. Комит., т. XI, 1892
Литвинов. Труды Спб. Общ. Естеств., т. XIV, 1894.
Марковский. Изв. Москов. С.-Хоз. Институт. 1905, кн. 4.
Махов. Тр. Киев. Обл. С.-х. Оп. станц. Харьков, 1924.
Морозов, Г. „Почвоведение“, т. IV, 1902, № 3.
Мушкетов. Труды Геолог. Комнт., т. I, № 4, 1885.
Nathorst. Bihang til Kngl. Svensk. Vet.-Akad. Handlingar, 1892, 17, 5.
Неуструев. Тр. Почв.-ботан. экспед. по исслед. колониз. районов Азиат. России. Почв. исслед. 1908 г., вып. 7, 1908.
Неуструев и Прасолов. Матер. к оценке земель Самарской губ. Николаевский у. Самара, 1903; Самарск. у., 1911.
Никитин. Изв. Геолог. Ком., т. V, 1886; т. VII, 1888; т. IX, 1890.
Павлов. Изв. Геолог. Ком., т. V, 1886; т. VII, 1888; т. IX, 1890.
Полынов. Почвы Черниговской губ. Вып. 1. Остерский у., вып. 2. Нежинский у. Чернигов, 1909; вып. 3. Городнянский у. По Черниговской губ. см. также Предварит. отч., составленный Архангельским, Афанасьевым, Бергом, Бурениным, Димо, Мирчинком, Порубиновским, Спрингиным и Шульгой. Москва, 1913. Жолцинский. Предв. отч. о почв. исслед. в Конотопском у. Чернигов. губ. Москва, 1914.
Попов. Труды Докуч. Почв. Ком., т. II. 1914.
Прасолов и Даценко. Матер. к оценке земель Самарск. губ. Ставропольский у. 1906; Бугурусланский у., 1909.
Richthofen. China, 1877, I.
Рисположенский. Тр. Общ. Естеств. при Казан. Унив., т. XXIV, вып. 6, 1892, т. XXXVI, вып. 2, 1911.
Schimper. Pflanzen-Geographie. 1894.
Сибирцев, Е. Мат. к оценке зем. Епифан. у. Тульской губ., 1899.
Синцов. Изв. Геолог. Ком., т. VI, 1887.
„ Зап. Мин. Общ., т. XXV, 1889.
„ Тр. Геолог. Комит., т. II, № 2, 1885; т. VII, № 1, 1888.

Соколов. Н. Труды Геолог. Комит., т. XIV, № 2, 1896.
„ Зап. Минер. Общ., т. XI, 1902.
„ „Почвоведение", 1904, №№ 2 и 3.
Спрыгин. Проток. Общ. Естеств. при Казан. Унив., 1904.
Steenstrup. Overs. over d. K. Danske Vic. Selsk. Förhandl. Kjobenhavn, 1897.
Stelzner. Beitr. zur Geologie u. Palaeontol. d. Argent. Republ., 1885, Bd. 8.
Степанов. Журн. Опытн. Агрон., 1903, 1905.
Сукачев, В. Тр. Общ. Испыт. Прир. при Харьк. Унив., т. XXXVII, 1903.
„ Изв. Лесн. Инст., вып. XIV, 1906.
„ Тр. Опытн. Леснич., 1904, вып. 2.
Танфильев. Доисторич. степи Европ. России, 1896.
„ Пределы лесов на юге России.—Тр. Экспед. Лесн. Д-та. 1894.
Тумин. Почвы Тамбовской губ., ч. 1 и 2. Тамбов, 1916.
Тутковский. Изв. Геолог. Комит., 1900.
„ Землеведение, 1899 (литература).
Фрейберг. Мат. к оценке земель Орловск. губ. 1902—1910. Орел—Тула.
Флоров. Мат. по исслед. почв и грунтов Киевской губ., вып. 1, Одесса, 1916.
Шульга. Оценочные работы в Пензенской губ. 1909—1910. Пенза, 1910.
Щеглов. Тр. Почв. Комис. при Вольн.-Экон. Общ., доклад 22 окт. 1897.
Щировский. Изв. Геолог. Комит. т. XI, 1892.

Дополнением к этому списку может служить литература, приведенная при описании черноземных почв; см. также Глинка, К. Почвы России и прилегающих стран. 1923.

## Азиатская часть СССР

Агапитов. Изв. Вост.-Сиб. Отд. Р. Г. О., т. IX, № 3—4; т. XI. № 3—4.
Гагемейстер. Статистическое обозрение Сибири. Спб., 1854.
Georgi. Geograph.-, physikalische und naturhistoriche Reschreibung des Russischen Reiches, 1799.
Глинка, К, Горшенин, Стратонович, Яковлев. Тр. Докучаев. Почв. Ком., вып. I, 1914.
Глинка, К. Предв. отч. об организации и исполн. работ по исследов. почв Азиатск. России в 1908 г. Спб., 1909.
Гордягин. Тр. Общ. Естеств. при Казан. Универс., т. XXXIV, в. 3, 1900.
Горшенин. Тр. Сибир. С.-Х. Акад., т. III (см. литературу): „Почвоведение", 1926, № 2.
Докучаев. К вопросу о Сиб. черноземе. Доклад с.-хоз. отд. Вольн.-Экон. Общ., 1882.
Драницын. Предвар. отчет н т. д. за 1913 г. Спб., 1914.
Емельянов, Ibidem.
Искюль. Предвар. отч. и т. д. за 1912 г. Спб. 1913.
„ Ibidem, за 1913 г. Спб. 1914.
Козырев. Грунтов. воды Кокчетавского, Акмолинск. и Атбас у.у. Спб., 1917.
Клеменц. Изв. Вост.-Сиб. Отд. Р. Г. О., т. XX, № 1.
Короткий. Предвар. отчет и т. д. за 1913 г. Спб. 1914.
Крылов. Предвар. отч. о ботан. исслед. Сибири и Туркестана. Спб., 1912.
Лаврентьев. Изв. Вост.-Сиб. Отд. Р. Г. О., т. XX, № 5.
Мартьянов. Ibidem, т. XIV, № 3.
Миндендорф. Die Baraba. Mém. de l'Acad. Imp. des sc. de St.-Pétersbourg, VII sér. T. XIV, № 9, 1870.
Молотилов. Очерки природы сев.-зап. Барабы. Томск., 1912.
Никифоров. Предв. отчет и т. д. за 1913 г. Спб., 1914.
Нифантов. Гидрогеол. исслед. Акмолинской области, 1909—10.
Новопокровский. Предвар. отч. о ботан. исследов. в Сибири и Туркестане в 1908 г., под ред. А. Ф. Флерова, Спб., 1909.
Панков. Тр. почв. экспед.—Почв. исслед. 1909., вып. 11. Спб., 1911
Прасолов. Тр. почв. экспед.—Почв. исслед. 1910 г., вып. 2. Спб., 1914.

Прасолов Предв. отчет и т. д. за 1913 г. Спб., 1914.
Прейн. Изв. Вост.-Сиб. Отд. Р. Г. О., т. XXIII, № 2.
Райкин. Предвар. отчет и т. д. за 1912 г. Спб., 1913.
„ Ibidem, за 1913 г. Спб., 1914.
Рожанец. Ibidem, за 1913 г. Спб., 1914.
Рупрехт. Прилож. к X т. Зап. Акад. Наук, № 6, 1866.
Сукачев. Предвар. отчет и т. д. за 1912 г. Спб., 1913.
Танфильев. Тр. Геолог. части каб. е. и. в., т. V, вып. 1, Спб., 1902 (литература).
Тумин. Тр. почв. экспед. Почв. исслед. 1808 г., вып. 10, Спб., 1910.
Хаинский. Ibidem. Почв. исслед. 1912—13 гг., вып. 1., Спб., 1915.
Шамарин. Изв. Вост.-Сиб. Отд. Р. Г. О., т. XI, № 3—4.
Яхонтов. Предвар. отчет и т. д. за 1912 г., Спб., 1913.

## IV. Каштановая и бурая зоны

Эти зоны в пределах европейской части СССР занимают части губерний Оренбургской, б. Самарской, б. Саратовской, бывш. Донской области, почти всю б. Астраханскую губернию, часть Предкавказья и части б. Таврической и б. Херсонской губерний.

В пределах отмеченного пространства помещаются, в сущности, две почвенные зоны: каштановых и бурых почв, разграничение которых в европейской части СССР далеко не закончено. Еще выше, по поводу саратовских исследований, мы отметили, что и переход черноземной зоны в каштановую прослежен недостаточно, так как только в последнее время более или менее выяснился вопрос о морфологическом содержании термина „каштановая почва", а также отчасти и термина „южный чернозем". В настоящее время, когда представители „южного чернозема" изучены не только на юго-востоке нашей равнины (Поволжье, бывш. Донская обл.), но и в пределах Казакстана, когда те же почвы найдены в пустах Венгрии, когда морфология каштановых почв достаточно выяснена работами почвенных экспедиций бывш. Переселенческого Управления, более чем очевидно, что и в европейской части СССР нам придется еще раз пересмотреть вопрос о точной границе между южными черноземами и каштановыми почвами, а также между каштановыми и бурыми почвами.

Из работ самарских почвоведов более или менее ясно, что граница южного чернозема с каштановыми почвами проходит через Пугачевский уезд, откуда она идет в Камышинский и Аткарский уезды Саратовской губ. Западнее эта граница проходит через бывш. Донскую область, а затем каштановые почвы появляются в Крыму, в Херсонской губ. и в бывшей Бессарабской губ.

По отношению к каштановым почвам европейской части СССР недостаточно проведено различие между несолонцеватыми и солонцеватыми разностями этих почв, почему в различных почвенных описаниях фигурируют довольно разнообразные характеристики разрезов каштановых почв; не все каштановые почвы достаточно подробно изучены.

Указанные обстоятельства в большой мере затрудняют описание всей каштановой зоны в пределах европейско-русской равнины. Здесь мы остановимся лишь на характеристике той ее части, которая изучена в Самарской, Саратовской, Астраханской губерниях и бывш. Донской области. Прежде, однако, чем мы перейдем к этой характеристике, остановимся несколько на рассмотрении почвообразователей пустынно-степной полосы.

Климатические условия последней определяются следующими приблизительными данными:

ТЕМПЕРАТУРА

| Юго-восток | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Маргаритовка . . . | — 6,89 | — 4,64 | 1,31 | 9,24 | 16,58 | 21,44 | 24,24 | 21,97 | 16,62 | 9,91 | 3,74 | —1,37 | 9,35 |
| Сталинград . . . . | —11,29 | — 7,82 | —3,28 | 6,23 | 15,46 | 20,65 | 23,65 | 22,24 | 15,80 | 7,59 | 0,46 | —6,75 | 7,00 |
| Мал. Узень . . . . | —12,60 | —12,86 | —6,16 | 4,00 | 16,26 | 20,54 | 23,42 | 20,26 | 12,68 | 4,90 | —1,18 | —5,66 | 5,30 |
| Уральск . . . . . | —14,28 | —12,20 | —9,82 | 4,90 | 14,51 | 20,90 | 23,43 | 20,91 | 14,79 | 5,58 | —0,61 | —9,91 | 4,78 |
| Среднее . . . . . | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 6,61 |

О С А Д К И

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Маргаритовка . . . . . | 21,0 | 17,7 | 27,6 | 32,5 | 41,1 | 60,8 | 60,2 | 47,2 | 43,3 | 25,4 | 35,5 | 36,1 | 370,8 |
| Сталинград . . . . . | 29,8 | 13,3 | 15,4 | 28,3 | 46,7 | 14,3 | 43,2 | 42,0 | 17,9 | 34,3 | 31,2 | 16,7 | 333,1 |
| Мал. Узень . . . . . | 8,0 | 2,4 | 9,2 | 32,5 | 34,2 | 43,5 | 29,7 | 30,5 | 21,0 | 26,2 | 18,5 | 21,6 | 268,8 |
| Уральск . . . . . | 11,8 | 4,7 | 24,0 | 17,0 | 27,6 | 33,8 | 39,4 | 28,0 | 48,9 | 29,0 | 31,8 | 24,3 | 320,3 |
| Среднее . . . . . | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 323,1 |

| Перекопск. район Крым. респ. | Наблюдения | |
|---|---|---|
| Тархан-Сулак . . . . . | 1887—1891 | 331,8 |
| Акташ . . . . . | 1885—1891 | 332,9 |
| Кизляр-Айборы . . . . . | 1884—1891 | 302,4 |
| Сейтлер . . . . . | 1885—1891 | 260,2 |
| Среднее . . . . . | | 306,8 |

Из приведенных данных видно, что средняя годовая температура пустынных степей на целый градус выше таковой же средней для черноземной зоны. На самом деле эту разницу следовало бы повысить, так как для характеристики климата пустынно-степной зоны мы воспользовались метеорологическими станциями юго-востока, где годовая температура несколько ниже, чем в западных районах. Количество осадков заметно понижено, и главная их масса падает в период наиболее высокой температуры.

Детальное изучение растительности, тесно связанное с пестрой картиной почвенного покрова пустынно-степной зоны, мы находим в работах Келлера, к которым и отсылаем читателя. Здесь отметим только, что Неуструев и Бессонов характеризуют область каштановых почв в Самарской губ. присутствием ковыля, Koeleria cristata, Festuca sulcata, Triticum cristatum, зонтичными, Amygdalus nana, Spiraea. Димо для Саратовской губ. дает следующее описание: „Широкие водораздельные пространства, отлогие длинные склоны Царицынского (ныне Сталингр. у. Сталинградск. губ.) и юга Камышинского уездов представляют в момент полного расцвета и развития растительности крайне своеобразную картину (на целинах): куртины и ленты, в которых преобладают злаки (Stipa Lessingiana, Poa bulbosa, vivipara, Festuca sulcata и др.), сложноцветные (Pyrethrum achillaefolium, Artemisia maritima) и др. растения, сменяются пятнами, поросшими сплошь зеленой характерной полынью (Artemisia maritima), и солянками (род Suaeda и др.). Кое-где можно встретить небольшие пространства, густо покрытые кустарниковыми породами (Spiraea, Amygdalus, Prunus и др.) или многолетними растениями, как солодка (Glycyrhiza) и др. (Alhagi camelorum). Очень много пятен совершенно голых, ясно вырисовывающихся на общем фоне растительности (рис. 35). Внизу на самой поверхности почвы всюду много водорослей (Nostoc) и лишайников, количество которых особенно значительно

на голых пятнах. Если окинуть общим взглядом степь, то особенно резко выделяются местами в громадном количестве холмики, насыпанные роющими животными".

Значительная площадь юго-востока пустынно-степной зоны занята каспийскими осадками, верхние горизонты которых представляют здесь материнские породы. Площадь их распространения, несмотря на новые находки этих отложений, следует, однако, ограничить по сравнению с той, которая намечалась для этих осадков раньше. Если бы признать, что аналогичные отложения в бассейне Волги и ее притоков (б. Казанская, б. Уфимская губ.) действительно относятся к каспийской толще, то пришлось бы предположить, что Каспийский бассейн некогда имел уровень на 165—175 м. выше современного. Однако, исследования Мушкетова в пределах Калмыцкой степи и Казакстана показали, что там каспийские осадки нигде не поднимаются

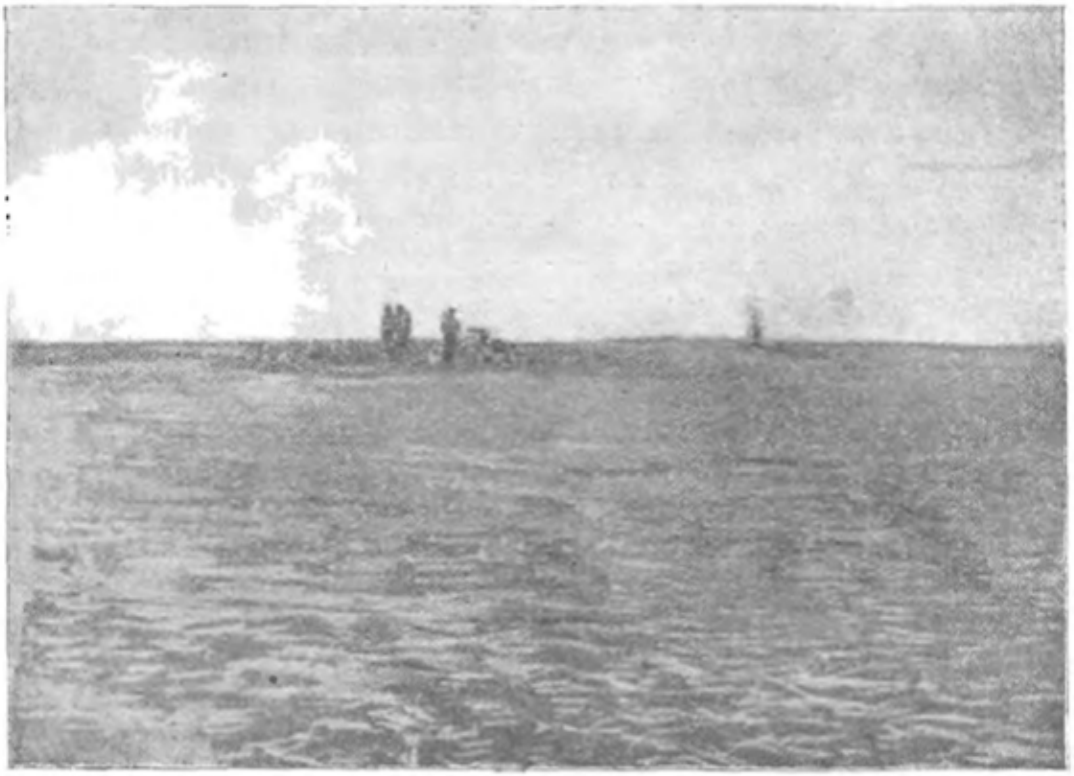


Рис. 35. Общий вид пустынной степи в окрестн. Сарепты. Фот. Димо.

выше 80 м. абсолютной высоты. Другие определения высот на Кавказе и в Закаспийской области дают максимальные цифры в 100 м. Это обстоятельство, а также и то, что морские раковины, находившиеся в осадках Поволжья, определялись не точно, подало повод Андрусову усумниться в принадлежности казанских и некоторых самарских образований к осадкам каспийской трансгрессии. Он считает их близко стоящими к акчагыльским пластам, относящимся к плиоцену.

Что же касается слоев с пресноводными раковинами и костями мамонта и носорога, найденных в составе древних речных террас тех же районов, то они, по мнению Андрусова, может быть, отлагались в ту же эпоху, как и каспийские осадки, но высота их залегания ни в коем случае не может служить показателем высоты древнего каспийского бассейна. Это образование рек и озер, которые были в сообщении с водами Каспия, но уровень которых лежал значительно выше.

В Калмыцкой области, где имеется сплошное развитие каспийских осадков, последние покоятся на ложе из темных пластичных глин, сложенных в пологие складки. Поверхность этих глин во многих

местах носит ясные следы атмосферного выветривания, и в их верхних горизонтах находятся следы органической материковой жизни в виде отложений торфа, лигнита и растительных прослойков.

Толщу каспийских осадков, в общем, можно подразделить на два отдела: нижний—с преобладанием песчанистых осадков и верхний—с преобладанием глин. В первом из них фауна богата пресноводными моллюсками, во втором—фауна морская. В общем по направлению к юго-востоку замечается значительное опускание книзу границы настоящих солоновато-водных каспийских отложений, т. е. утолщение морских осадков и утонение пресноводных (Православлев).

Кроме каспийских осадков, материнскими породами юго-востока описываемой зоны являются лессовидные суглинки (лесса здесь нет), отчасти коренные породы и древние продукты их выветривания.



Рис. 36. Пятно солонца в пустынной степи.

Пустынно-степная часть Крымского полуострова покрыта буроватыми и красновато-бурыми глинами или суглинками, которые, в своих верхних горизонтах, нередко принимают характер лесса, при чем лессовидные верхние части материнских пород часто совершенно незаметно переходят книзу в красно-бурую глину. Эти глины относят к послетретичной эпохе. По поводу их поверхностных горизонтов еще раз напрашивается вопрос об условиях пустынно-степного выветривания, способствующего образованию лессовидных пород.

Почвенный покров пустынной степи наиболее обстоятельно выяснен на юго-востоке (рис. 35). Впервые на пестроту этого почвенного покрова обратил внимание Костычев, который объяснял различие в гумусности и солонцеватости местных почв тонкими различиями в проницаемости почв, с которой связывается степень выщелоченности. Значительно позже пестроту почв отметил Богдан, чрезвычайно обстоятельно описавший почвы и связь их с микрорельефом пустынной степи для части Новоузенского у. Самарской губ. Затем Неуструев и он же с Бессоновым характеризовали пестроту почвенных „комплексов пустынных степей. Еще годом позже те же

комплексы устанавливаются Димо для южной части Саратовской губ. и Гордеевым—для Астраханской губ. а в 1907 г. первый автор детально описывает участок пустынной степи в окрестностях Красноармейска (Димо).

Мы еще остановимся над характеристикой почвенных комплексов в южной части каштановой и в бурой зоне при описании почв азиатской части СССР, здесь же отметим только, что далеко не везде в области пустынных степей почвенный покров характеризуется „комплексами", т. е. быстрой сменой почвенных типов и разностей в связи с микрорельефом.

По свидетельству Димо, „ровные, высокие водораздельные пространства чаще всего представляют комплекс почв с сильным преобладанием солонцов над нормальными (подразумеваются солонцеватые), занимая до $^2/_3$ всей площади. Местности слабо волнистые и пологие склоны дают комплекс с преобладанием нормальных почв над солонцами ($^2/_3$ и $^1/_3$), или же последние занимают половину площади".



Рис. 37. Кустарники в пустынной степи.

Термин „нормальные" употребляется здесь в том смысле, какой давал ему Докучаев (см. почвенные классификации), следовательно автор полагает, что солонцеватые почвы являются обычными зональными почвами для пустынной степи. Неуструев обратил внимание на то обстоятельство, что „комплексы, столь характерно развитые в долинах и на каспийской равнине (речь идет о Самарской губ.), в сыртовой, увалистой или волнистой местности почти совершенно отсутствуют". Неуструев, повидимому, совершенно правильно принимает, что присутствие комплексов „объясняется не исключительно климатическими условиями, а также орографическими и, следовательно, гидрологическими и геологическими". Он полагает, что комплексы могут существовать только при условиях отсутствия дренажа, плохой водопроницаемости поверхностных пород или близком уровне грунтовых вод. Факты, отмечавшиеся нами выше (см. почвы степного типа), подтверждают этот вывод: на хорошо пропускающих воду лессовых почвах северного Семиречья почти не встречаются бурые

почвы солонцеватого строения. Местные бурые почвы имеют то же строение, что и нормальные каштановые почвы.

В Астраханской и Букеевской губ. поверхностный покров усложняется присутствием значительных площадей подвижных песков, образующих барханы, и „хаков". Гордеев описывает хаки, находящиеся вблизи Ханской Ставки, как неглубокую котловину, шириной в несколько сот сажен, с ясно очерченными и довольно крутыми берегами, изрезанными заливами различной величины и формы. Разрез, сделанный на дне хак, обнаружил на глубине 74 см. воду; с глубины 37—38 см. попадались отдельно разбросанные кристаллы и целые жилы гипса и 7 параллельных горизонтов, отличающихся цветом и различным содержанием песка. В верхнем из них, непосредственно под тонкой соляной корочкой, сплошь покрывающей дно хака, найдены темные неправильной формы пятна, окраска которых зависит, повидимому, от органических веществ.

По данным Томашевского, относящимся к Хошеутовскому участку, находящемуся в 50 в. к В. от Волги и в 130 в. к ССЗ. от Астрахани, почвы супесчаных пространств Астраханской губ. представлены, главным образом, светлобурыми супесями, среди которых попадаются солонцеватые почвы и солонцы. Хотя автор и отмечает для светлобурых почв некоторое уплотнение гориз. В, однако, механический анализ нередко не обнаруживает никакого вмывания в этот горизонт. Вот, например, данные анализа светлобурой супеси плакорного залегания (№ 37):

| | Глубина в см. | 1—0,25 мм. | 0,25—0,05 | 0,05—0,01 | < 0,01 |
|---|---|---|---|---|---|
| A . . . . . | 0—20 | 17,50 | 67,75 | 5,25 | 9,50 |
| $B_1$ . . . . . | 20—85 | 18,50 | 75,00 | 0,50 | 6,00 |
| $B_2$ . . . . . | 85—160 | 19,75 | 75,25 | 0,50 | 4,50 |
| C . . . . . | 160—200 | 17,25 | 78,00 | 1,50 | 3,25 |

Поверхностный горизонт оказывается более мелкоземистым, чем глубокие горизонты. Отсюда можно заключить, что среди местных супесей имеются и не солонцеватые разности, что подтверждается и химическими анализами водных вытяжек. Эти анализы дают наибольшую величину щелочности для поверхностного горизонта, при чем в горизонте $B_1$ не замечается увеличения растворимых минеральных веществ, а количество растворимых органических веществ даже понижается. Резкое увеличение растворимых веществ наблюдается уже на глубине 80—130 см., но оно стоит в зависимости от больших количеств хлористых солей. Гумуса светлобурые супеси содержат в поверхностном горизонте 0,8%.

Столбчатые солонцы описываемого участка и по морфологии, и по химизму вполне типичны.

Если внимательно прослеживать цветовой оттенок почв из Сталинградского у. на юг в Астраханскую губ., то нетрудно будет убедиться, что хотя цвет сталинградских почв к С. от Красноармейска и очень резко отличается от цвета прикаспийских астраханских почв, однако, переходы цветовых оттенков совершаются с такой постепенностью, что точное проведение границы между каштановыми почвами и бурыми является довольно затруднительным. Трудность этой задачи увеличивается еще в виду того, что самая южная часть каштановой зоны сплошь и рядом характеризуется столь же пестрыми почвенными комплексами, как и бурая зона, где почвы совершенно не солонцеватые чередуются со слабо солонцеватыми, солонцеватыми, солонцами, солончаками и пр.

Каштановая зона азиатской части СССР изучена экспедициями б. Переселенческого Управления в различных ее частях с различной степенью подробности. Она была затронута всеми экспедициями, устанавливавшими южную границу черноземной зоны, и затронута, очевидно, в своей северной части. Многие из исследователей (Короткий, Рожанец, Драницын) отмечают, что южный чернозем переходит в каштановые почвы столь постепенно, что точно установить границу между двумя этими почвами невозможно. Этого, конечно, следовало ожидать и a priori, так как понятно, что в переходах климатических вариантов почв один в другой не может быть резких скачков. Особенно неуловимость перехода подчеркивается для Тургайской области, где не только каштановые почвы, но и южные черноземы являются карбонатными и нередко слабо-солонцеватыми. В этом случае даже по флоре нельзя разграничить области распространения каштановых и черноземных почв. В других случаях отмечается постепенное изменение флоры, выражающееся в уменьшении числа видов растений, увеличении % степных форм и даже появлении некоторых специальных видов растений (Рожанец).

Более подробно северная часть каштановой зоны была обследована Абутьковым в Кушмурунской волости Петропавловского у.; на этих данных мы прежде всего и остановимся.

Геологическое строение района таково: в основе лежат палеозойские образования, состоящие из песчаников, известняков, глинистых сланцев, кварцитов, прорезанных жилами диабаза, порфирита, кварцевого порфира и местами покрытых туфами. Все эти породы обнажаются участками лишь по берегам р. Ишима. Все же остальное пространство слагается третичными осадками, которые венчаются карбонатной глинистой породой палевого цвета (лессовидный суглинок).

Преобладающими почвами района являются темнокаштановые и более светлые каштановые слабо-солонцеватые почвы. Поверхность их очень неровная и разбита трещинами шириной в 0,5—2—3 см. Растительный покров сравнительно однообразен и представлен следующими видами: Stipa pennata, S. capillata, Artemisia austriaca, Triticum repens, реже Aster villosus, Koeleria cristata, Festuca sulcata, Artemisia maritima и единично Statice speciosa, Peucedanum и Ferula. У более солонцеватых почв растительный покров изреживается и среди него чаще встречаются Festuca sulcata, Koeleria cristata, Artemisia maritima, Aster villosus и редко Statice Gmelini.

Наиболее однотипичен почвенный покров на водоразделах между р.р. Обоганом (Убоганом) и Кундуздой, между последней и Кайбагаром и, наконец, в южной части описываемого района. Здесь солонцы и солончаки очень мало развиты. По мере движения к северу, сильно возрастает количество котловин, а вместе с ними—солонцовых и солончаковых почв. Пониженные части впадин заняты обычно заболоченными и луговыми почвами, более или менее засоленными (разности мокрых солончаков), края западин слагаются пухлыми солончаками и столбчатыми солонцами, к которым примыкают солонцеватые и слабо-солонцеватые каштановые почвы.

Более южная часть каштановой зоны в пределах Зап. Сибири изучалась в Тургайской, Акмолинской и частью Семипалатинской губерниях.

В пределах Тургайской области более или менее детально изучены северные части Тургайского у. (волости Наурзумская 1-я, Наурзумская 2-я, Тусунская и Майкаринская). Климатические условия этого района приблизительно таковы (Скалов):

| | |
|---|---|
| Средняя температура года | 1,9° |
| „ „ зимы | —14,2 |
| „ „ весны | 0,6 |
| „ „ лета | 19,1 |
| „ „ осени | 2,2 |
| Годовое количество осадков | 309 мм. |
| Зимнее „ „ | 46,0 „ |
| Весеннее „ „ | 53,0 „ |
| Летнее „ „ | 141,5 „ |
| Осеннее „ „ | 68,9 „ |

Описываемая часть области слагается третичными осадками (пески олигоцена, белые и красные глины миоцена), толща которых покрывается лессовидными карбонатными глинами. Местами выходят на поверхность, в качестве материнских пород, миоценовые глины и олигоценовые пески.

На водораздельных плато, прикрытых с поверхности карбонатными глинами, преобладающими почвами являются карбонатные слабо-



Рис. 38. Каштановая степь Казакстана. Фот. Левченко.

солонцеватые каштановые суглинки. Поверхность их неровна и покрыта трещинами. На этих почвах растут: Festuca sulcata, Koeleria gracilis, Stipa pennata, Bromus inermis, Artemisia austriaca, Arenaria graminifolia, Ferula caspica и др. На крутых склонах каштановые суглинки светлеют, становятся более солонцеватыми по строению (более уплотнен гориз. В), горизонт солей ближе подходит к поверхности (Левченко). Среди представителей флоры на последних почвах появляются Artemisia maritima incana, Kochia prostrata, Statice и др.

По низким местам наблюдаются солонцеватые каштановые суглинки, приближающиеся по строению к столбчатым солонцам. На их поверхности Stipa и Festuca иногда совсем отсутствуют, но зато появляются Artemisia pauciflora, отдельные кустики Atriplex canum, Artemisia maritima salina и др. солонцеватые формы.

Солонцы и солончаки занимают огромные пространства пониженных участков. Солонцы встречаются глубоко- и корково-столбчатые, корково-глыбистые и пр. На столбчатых солонцах растут Festuca, Artemisia maritima incana, Kochia prostrata и отдельными кустиками ковыль. С уменьшением мощности горизонта А на столбчатых солонцах появляются Statice Gmelini, Atriplex canum, Artemisia pauciflora, Pyrethrum и др. Ковыль при этом совершенно исчезает. На корково-

столбчатых солонцах получают преобладание Atriplex canum, Artemisia pauciflora; к ним примешиваются Camphorosma, Brachylepis salsa, Kochia prostrata и др. На поверхности столбчатых солонцов вообще встречается много лишайников. Солончаки покрыты Salicornia herbacea, Suaeda maritima, Obione verrucifera, Artemisia maritima salina.

В Атбасарском у. Акмолинской области был детально изучен район, прилегающий к оз. Денгиз; северная граница района лежит под 50°35′ с. ш. (Тумин). Рельеф района холмистый. Наиболее высокие пункты (470,3 м.) находятся в юго-западной части района и сложены кварцитами (девон). В этой части района, кроме кварцитов, имеются красные конгломераты, красноватые и зеленоватые песчаники, среди которых встречаются тонкие пласты синевато-серого известняка. В юго-восточной части особенно сильно развиты красные конгломераты, а кварцитов нет. В северной половине района красных конгломератов нет; красноватые и зеленоватые песчаники наблюдаются редко, господство же принадлежит серо-синеватым известнякам, которые, повидимому, покрывают красноватые и зеленоватые песчаники. По повышенным пунктам лежит белый или серый песчаник или слоистые глины, красноватые и желтоватые. У северной границы района встречены также желтые охристые и белые каолиновые глины. Все последние породы, начиная с белых и серых песчаников, повидимому, третичные. Новейшими образованиями являются, в большинстве случаев, буроватые суглинки с обломками тех или других коренных пород.

Почвенный покров района чрезвычайно пестрый и дает самые разнообразные комплексы. Солончаки и каштановые несолонцеватые почвы имеют малое распространение. Солонцы же, солонцеватые и слабо-солонцеватые каштановые почвы, наоборот, очень широко развиты. Солонцы встречаются столбчатые и призматические, чаще всего с укороченным гориз. А (3—8 см.).

В размещении почв в пределах района отмечены определенные закономерности. Так, например, при переходе от слабо-солонцеватой почвы к солончаку наблюдается следующее чередование почвы: 1) слабосолонцеватые почвы; 2) солонцеватые почвы; 3) солонцы; 4) солонцеватые почвы; 5) солончаки. Подобное распределение констатировано по берегу оз. Денгиз, где указанные переходы, начиная от солончаков, лежащих у самого озера, замечаются по мере удаления от озера. Закономерность в распределении почв, а также свойства этих почв и характер покрывающей их растительности Тумин иллюстрирует следующей диаграммой (рис. 39).

В Семипалатинской губ. большой район каштановых почв был пройден Драницыным в пределах Кулундинской, Бель-Агачской и др. степей. Район этот отчасти захватывался раньше Выдриным и Ростовским, а затем Танфильевым. По наблюдениям Драницына, к югу от р. Бурлы уже встречаются песчаные почвы, часто с примесью мелкого гравия, которые должны быть отнесены к группе каштановых (даже светлокаштановых). К востоку они темнеют, принимая характер темнокаштановых. Светлокаштановые песчаные почвы очень типичны у Славгорода, но и южнее последнего они обладают теми же свойствами. Область тех же почв простирается и еще южнее, захватывая Коростелевскую и Бель-Агачскую степи, лежащие к С. от Семипалатинска, но здесь каштановые почвы развиваются уже не на супесях, как в Кулундинской степи, а на тонкопесчанистом суглинке.

В Енисейской губ. Стасевичем был обследован детально участок каштановой зоны, прилегающий с обеих сторон к р. Абакану,

левому притоку Енисея. В изученном районе встречаются три вида рельефа: горы, холмистая степь и равнинная степь. Высокие точки гор имеют до 917 м. абсолютной высоты. Горы Саксары сложены

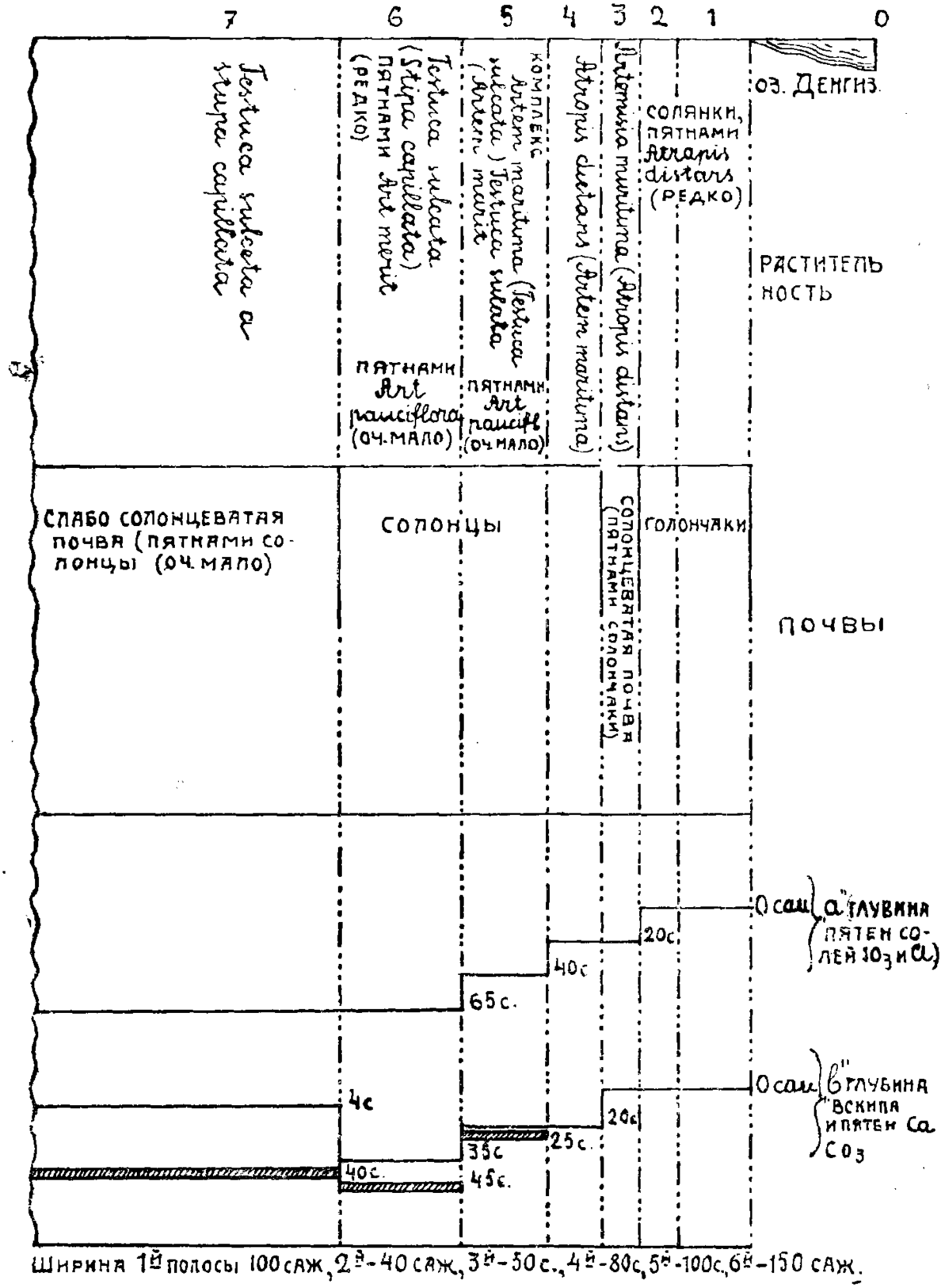



Рис. 39.

гранитом, рассыпающимся в щебень, дресву и мелкозем, остальные же местности с горным рельефом заняты осадочными породами (девон, Медвежий Ярус). В холмистой степи по Абакану материнскими породами

чаще всего служат грязножелтые или грязнокоричневые суглинки, супеси, желтоватосерый песок и некоторые коренные породы. Равнинная степь слагается галечниками, прикрытыми песком, в свою очередь переходящими кверху в светло-желтые супеси и легкие, часто пористые и лессовидные суглинки; местами материнские породы хрящеваты и щебневаты.

Почвенный покров состоит из каштановых суглинков, супеси и песков, каштановых солонцеватых почв, столбчатых солонцов, солончаков, болотных почв, более или менее засоленных, и почв горных склонов.

Растительный покров каштановых почв состоит из Stipa sareptana, Festuca sulcata, Koeleria cristata, Diplachne squarrosa, часто встречаются Poa sterilis, редко — Avena desertorum, Phleum Boehmeri, Stipa pennata. На столбчатых солонцах с мощным горизонтом А растительный покров почти тот же, что и на каштановых, но резче и обильнее выступают Veronica incana, Carex stenophylla, Umbilicus spinosus и пр. При уменьшении мощности гор. А растительный покров начинает изменяться: Stipa почти исчезает, Festuca становится мельче, чаще встречается Koeleria. При мощности гор. А=3—5 см. злаки исчезают и появляются Atropis distans, Kochia prostrata. На солончаках растут Salicornia herbacea и Kalidium foliatum. По берегам соленых озер растет Lasiagrostis splendens, а слабо засоленные почвы речных долин покрыты Iris biglumis (Смирнов).

В Иркутской губ. каштановая зона отсутствует, но продолжение ее мы встречаем в южном Забайкалье, где отдельные части этой зоны были изучены Прасоловым и Емельяновым. Мы остановимся прежде всего на характеристике юго-западного угла Забайкалья (Троицкосавский, Селенгинский и отчасти Верхнеудинский у.). По данным Прасолова, „район, подобно большей части всего Забайкалья, представляет своеобразное сочетание лесистых хребтов и степных долин, при чем здесь контрасты этих двух форм поверхности и резкость переходов между ними особенно выделяются". В пределах района могут быть установлены следующие сочетания почвенно-растительного покрова: 1) сухие степи с каштановыми почвами и сопровождающими их комплексами солонцов и солончаков; 2) сосновые боры на песках: 3) лесостепь и лиственнично-сосновые леса с черноземами и лесными почвами особого рода; 4) лиственнично-кедровая; кедрово-еловая и кедрово-пихтовая тайги высоких гор. Мы остановимся здесь лишь на характеристике сухих степей, входящих в состав описываемой нами зоны.

Участки степи располагаются в понижениях у южной подошвы хребтов.

„Чем ближе к Селенге, тем дальше отступают здесь лесные хребты и тем шире развертывается степь, сливаясь на севере через Боргой со степью по речке Иро и переходя к югу на правую сторону Джиды". Большие степные участки находятся также по Чикою, по Хилку.

По профилю через Боргойскую долину наблюдается такая последовательность в распределении почв, начиная от реки и поднимаясь по склону хребта: у реки лежит полоса солончаков и засоленного аллювия, поросших солянками и ирисом (Iris biglumis), чием и пр., выше идет на $^1/_2$ версты шириной комплекс мокрых и столбчатых солонцов, еще выше—комплекс столбчатых солонцов с каштановыми почвами, за ним—полынно-злаковая степь с каштановыми почвами, вслед за которой идет злаковая степь, сначала тощая с дерновинами

Diplachne squarrosa, а выше густотравная, богатая Agropyrum Pseudo-agropyron (вострец). Эта степь покрыта темнокаштановыми почвами.

„С выходом на поверхность грунтовых вод связано и еще одно очень интересное явление, именно образование бугров выпячивания на равнине Боргоя. Эти бугры (до 1,5 и 2 м. высоты и до 40 м. в поперечнике) представляют вздутую поверхность солончака, поднятую напором плывуна. Верхушки бугров обыкновенно прорваны и несколько опущены, представляя подобие кратеров с несколькими отверстиями, из которых выливается жидкая черная грязь—плывун. При надавливании вся поверхность верхушки колеблется. Толстый деревянный кол свободно уходит в плывун, но на глубине около 0,7, 1 и 1,5 м. упирается в совершенно твердую, вероятно, мерзлую породу". Такие или аналогичные им явления, стоящие в той или иной связи с постоянной мерзлотой почв, наблюдались и в других почвенных зонах Вост. Сибири (Прохоров, Никифоров, Аболин и др.).

По мере движения в описываемом районе на юг, можно заметить, что степь с каштановыми почвами все выше поднимается в горы. „Около Урги леса остаются только на высоких хребтах. Здесь к северу от города сплошная степь идет выше 1500 м., при чем почвы ее на этой высоте типичные каштановые.

В юго-восточной части Забайкальской области Прасоловым и Емельяновым были обследованы большая часть Акшинского у. и прилегающие с севера части Нерчинско-Заводского у. „Большая часть исследованной полосы представляет угол восточно-азиатских маньчжуро-монгольских степей, на которые надвигаются с севера и с запада отроги горных кряжей".

„Поверхность степей состоит из сети долин, разделенных холмистыми, сильно размытыми высотами. Весьма характерны здесь именно долины, или, по местному, пади—широкие, часто в несколько верст поперечником, с неясным падением, иногда без следов водотека, все заросшие степными, луговыми и солончаковыми травами". В падях находятся болота и озера, окруженные солончаками. Поднимаясь выше, встречаем сначала комплекс солонцов и солонцеватых каштановых почв, а затем, еще выше, однородный покров из каштановых почв. В каштановых почвах наблюдаются два карбонатных горизонта: один лежит непосредственно под гумусовыми горизонтами, а другой на 30—40 см. глубже первого. Происхождение последнего горизонта связано, повидимому, с мерзлотой, наблюдавшейся под каштановыми почвами летом на глубине 2—2,5 м. (Прасолов).

Поднимаясь по горным склонам, наблюдатель последовательно переходит через темнокаштановые почвы, покрытые вострецом, к черноземным и затем к горнолуговым почвам.

В Акшинском горно-лесном районе встречаются оподзоленные почвы типа деградированных.

Таким образом, в каштановой зоне Забайкалья ясно намечаются вертикальные почвенные зоны.

Та же пестрота почвенного комплекса, которая характеризует южную границу каштановой зоны в Тургайской и Акмолинской губ., присуща и бурой зоне в азиатской части СССР, в ее северной половине, расположенной приблизительно между 49° и 48° с. ш. В виду этого точное разграничение двух упомянутых зон, отличающихся друг от друга в областях их соприкосновения только цветовым оттенком почв, несколько меньшей мощностью гумусовых горизонтов бурых почв и менее ясной границей между гумусовыми и безгумусовыми горизонтами, является довольно затруднительным в поле. При срав-

нении же образцов почв в лаборатории, разница в цветовых оттенках чрезвычайно ясно бросается в глаза. Гораздо резче выделяется и своим цветовым оттенком, и другими морфологическими признаками южная часть бурой зоны, изученная Емельяновым в Иргизском у. Тургайской губ. Не менее резко обособляется и та своеобразная часть бурой зоны, которая занимает области лессов и лессовидных пород в северном Семиречьи. Переходы от каштановой к бурой зоне детально изучались в Акмолинской и Семипалатинской губ. В Акмолинской губ. была обследована часть Акмолинского у. (Стасевич), расположенная между 48°25′ и 49°5′ с. ш. и 39°10′ и 40°10′ в. д. (от Пулкова). В общем обследованный район представляет холмистую местность; в вершинах холмов обнаруживаются порфиры, влияние которых отразилось и на почвах: суглинистые разновидности последних сплошь, а глинистопесчаные—зачастую хрящеваты, при чем хрящ премущественно порфировый. В южных и юго-восточных частях района тянется непрерывная клинообразная полоса песков, а в северной части выходят серовато-зеленые гипсоносные, повидимому, третичные глины. „В этих местах ложе речек всегда усыпано полуобмытыми конкрециями гипса, величиной от кулака до человеческой головы". Местами на поверхности лежит очень тяжелая вязкая глина коричневого цвета, „во всей же остальной части района, занятой преимущественно суглинистыми почвами, материнскими породами являются более или менее легкие хрящеватые суглинки".

Почвенный покров представляется чрезвычайно пестрым и дает разнообразные комплексы. Не солонцеватых разностей почв не встречается. Слабо-солонцеватые суглинки имеют мощность гумусовых горизонтов до 59 см. и характеризуются различными по структуре и цвету горизонтами A и B, переход между которыми отличается, однако, известной постепенностью. Одни из этих суглинков вскипают на глубине около 30 см., другие на глубине 50—66 см. Покрывающая их растительность состоит из видов Stipa, Festuca sulcata, Koeleria cristata и Artemisia maritima; среди них разбросаны кусты Spiraea. Растительный покров не представляется вполне сомкнутым. На песчанистых почвах этого типа преобладающими формами являются Festuca sulcata и Koeleria cristata, а вместо Artemisia maritima встречается Artemisia austriaca (Смирнов).

Со слабо-солонцеватыми суглинками постоянно комбинируются глубоко-столбчатые и корковые солонцы. У первых мощность гориз. A колеблется между 10—15 см., в редких случаях она бывает больше. Растительный покров их состоит из Atriplex canum, Artemisia pauciflora, Camphorosma, Statice suffruticosa.

„Суглинки и глубоко-столбчатые солонцы в типичных случаях занимают равные площади, очень быстро (через 20—40 м.) сменяясь один другим; обыкновенно общий фон составляет один из них, а другой разбросан по нему пятнами различной формы. В типичных случаях на участках, занятых столбчатым солонцом, посредине или эксцентрично находятся неглубокие, резким уступом пониженные, но почти совершенно плоские вдавления и луночки, диаметром в 4—10,5 м., занятые корковыми солонцами". „При том, если корковые солонцы подходят к периферии пятен глубоко столбчатых солонцов и должны, таким образом, соприкасаться с площадью, занятой солонцеватым суглинком, то они всегда отделяются от последнего узкой, в один ряд растений, полоской глубокостолбчатого солонца с Atriplex canum".

На корковых солонцах растут Nanophyton erinaceum и Brachilepis salsa. Местами встречаются в районе и солончаки, покрытые Haloc-

nemum strobilaceum, Salicornia herbacea, иногда Suaeda maritima, Salsola brachiata и др. Очень часто вблизи солончаков попадались заросли чия—Lasiagrostis splendens (Смирнов).

В пределах Атбасарского у. Акмолинской губ. северная часть бурой зоны изучалась Абутьковым к югу от оз. Денгиз. В состав обследованного района входила самая южная часть подзоны светло-каштановых почв, постепенно переходившая к югу в бурые почвы. И здесь отмечается та же морфология солонцеватых почв, что и в предыдущем районе, и та же комплексность почвенного покрова. Солонцы чрезвычайно часты и занимают не только большие площади долин и пониженных частей района, но всползают и на склоны холмов и даже иногда на их вершины. Кроме солонцов, встречаются солончаки, с солевыми корками на поверхности, покрытые солянками. Попадаются те же мокрые солончаки с луговой растительностью,

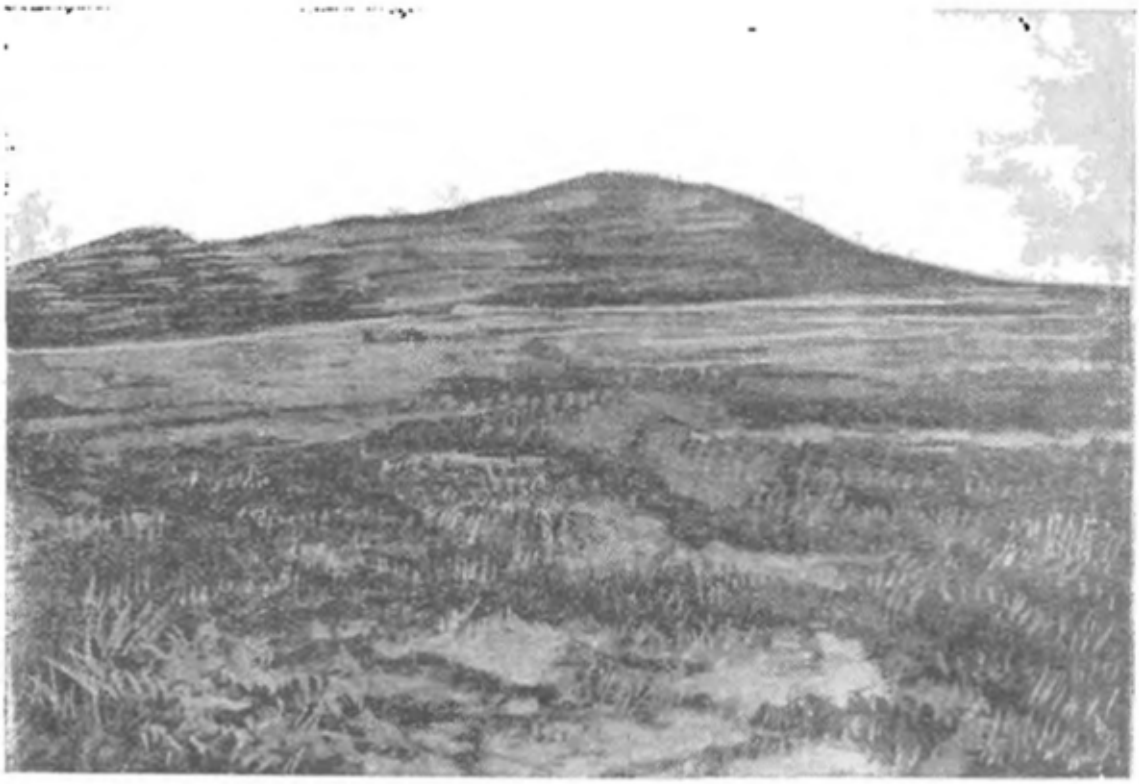


Рис. 40. Пустынная степь Тургайской области.

среди которой местами наблюдаются куртины чия, и пухлые солончаки. Мокрые солончаки с луговой растительностью располагаются по долинам рек и равнинам, приурочиваясь к берегам и особенно верховьям рек и их притоков, и нередко образуют значительные площади. Встречаются те же почвы на вершинах и у подошвы возвышенностей, где их появление связано с подходом к поверхности грунтовых вод.

В пределах Семипалатинской губ. Туминым были обследованы части Каркаралинского у., лежащие между 48°30′ и 50° с. ш. и 46—48° в. д. (от Пулкова). Рельеф района холмистый, с высотами до 850 м. над уровнем моря. Возвышенности обычно каменисты, а долины содержат щебенку, количество которой чаще всего с глубиной возрастает. „Долины сложены лессовидными суглинками со средним количеством щебня, и только местами в долинах встречаются глины красноватого или сероватого цветов. Эти глины не содержат щебня или содержат в небольших количествах".

Господствующими почвами района являются слабо-солонцеватые почвы с мощностью гумусовых горизонтов 58—60 см. Вскипание, в связи с высотой места и характером микрорельефа, колеблется между 20 и 40 см. „Если эти почвы развиваются на известняках, то они вскипают с поверхности".

На глубине 50—60 см. в описываемых почвах встречается гипсовый горизонт, который, однако, не всегда наблюдается в долинах ската к оз. Балхаш.

„Растительность этих почв, в связи с условиями залегания, колеблется от чисто злаковой до полынно-злаковой, а сомкнутость растительного покрова от 60 до 30%. Слабо-солонцеватые почвы с более темным оттенком гориз. А, с более пониженным вскипанием и лучшей растительностью наблюдаются в центральной части водораздела". На скатах от водораздела к Балхашу и Иртышу вскипание на слабосолонцеватых почвах повышается, а сомкнутость растительности падает.

Кроме описанных, встречаются слабо-солонцеватые почвы с зернистостью части горизонта А. Они вскипают с поверхности или близко от поверхности и приурочены преимущественно к выходам красных или сероватых глин.

Кроме слабо-солонцеватых почв, в районе встречаются солонцеватые почвы, солонцы, солончаки и каштановые почвы. Все эти почвы образуют пятна на основном фоне слабо солонцеватых. Характер горизонта А у солонцеватых почв и солонцов бывает различен, как и у слабо-солонцеватых.

Солончаки и солонцы можно разделить на две группы: у одной мало соды, другая богата содой. Последняя группа встречается только у верховьев речных долин, в контакте луговой и степной частей долины.

Участки каштановых почв расположены у верховьев долин и концов склонов, обращенных к северу.

Обратимся теперь к характеристике более южных районов (бурой зоны) и остановимся на описании Прибалхашской равнины в пределах Верненского уезда и в наиболее пониженных частях Лепсинского уезда Семиречья (ныне Джетысу).

Прибалхашский район, по данным Тумина, покрыт бурыми суглинками, вскипающими на поверхности, со слабо выраженными гумусовыми горизонтами. В наиболее низкой части области мощность гумусовых горизонтов 40 см., в более повышенной части—55 см. И в том, и в другом случае в некоторых частях горизонта А наблюдается слоеватость, пористость или ячеистость. Переход от гориз. А к горизонту В постепенный; разницы заметной в плотностях этих горизонтов не наблюдается. В горизонте В встречаются необильные и даже иногда неясно выраженные пятна углекислой извести.

Растительный покров бурых суглинков состоит, главным образом, из Artemisia maritima, Ceratocarpus arenarius, Kochia prostrata, Petrosimonia brachiata, Atriplex laciniatum var. roseum (Пташицкий).

Около р. Каскелена и вдоль берега р. Или расположены пески, которые особенно развиты по р. Или. „Пески всхолмлены и частью закреплены растительностью, частью развеваются (главным образом, по периферии). На песках вдоль Или много Haloxylon Ammodendron".

„По речным долинам района развиты частью незасоленные грунты, но в большинстве случаев засоленные, на которых формируются солончаки то без солевой корки, то с солевой коркой, то с пухлыми

солевыми горизонтами. На них растут Salsola crassa, Kalidium foliatum, Statice Gmelini, Tamarix Pallasi, Obione verrucifera, Nitraria Schoberi (Пташицкий).

Лепсинский уезд Джетысуйской губ. (бывшая Семиреченская область), исследованный Прасоловым, покрыт светлобурыми суглинками, как было указано выше, в наиболее пониженных местах (до 600 метр. абсолютной высоты). Не затрогивая теперь других почвенных зон этого уезда, являющихся здесь результатом вертикальной зональности, остановимся пока на характеристике бурых почв.

„Прослеживая почвы и растительность по направлению от гор вниз до Ала-Куля и Балхаша, можно наблюдать всякий раз постепенный, но ясный переход от сухой злаково-полынной степи низких предгорий с светлокаштановыми суглинками к степи другого характера, располагающейся на низких предгорных равнинах и несущей признаки влияния еще более сухого климата в характере почв и растительности". „Там, где эта пустынная степь оставалась в состоянии, близком к первобытному, мы видели сильное преобладание полыни (Artemisia maritima) вместе с такими характерными ее спутниками, как Kochia, Eurotia, Rosa berberifolia и в местах изобилия щебня—сплошные заросли Salsola arbuscula или других подобных растений с сухими, корявыми и деревянистыми стеблями и очень бедной своеобразной листвой".

Морфологические признаки лепсинских бурых почв почти одинаковы с признаками почв Прибалхашского района. Переход между горизонтами $A_1$ и $A^1_1$ не ясен, как не ясно и нижняя граница гумусовых горизонтов; в горизонте А, особенно в верхней его части, наблюдается слоеватое сложение и нередко крупные поры. В горизонте $B_2$ присутствуют карбонаты, выделяющиеся обычно на нижней поверхности отдельных обломков пород, или склеивающие, в виде цемента, эти обломки вместе с небольшим количеством мелкозема. В типе бурых почв Лепсинского у. встречаются разности: 1) тяжелые суглинистые, свойственные преимущественно подгорным равнинам; 2) легкие суглинистые и 3) мелкопесчаные. Кроме того, встречаются еще бурые супеси. Среди тяжелых суглинков можно выделить почвы хрящеватые, хрящевато-щебенчатые и сильно щебенчатые.

Среди зоны лепсинских бурых почв попадаются иногда столбчатые солонцы, которые найдены на равнинах, простирающихся от Акчетавских гор до Балхаша. По окраинам балхаш-лепсинских и заалакульских песков встречаются песчаные солонцы со строением, близким к столбчатому, но они отличаются тем, что проникнуты карбонатами до поверхности (в горнзонте А от 2,76 до 3,21% $CO_2$). Солончаки здесь нередки; среди них следует отметить пухлые солончаки и солончаковые карбонатные луговые почвы. Аллювиальные осадки часто тоже засолены.

Аналогичные почвы описываются Бессоновым в Джаркентском и Верненском у.у. Семиречья. И лепсинские, и еще в большей степени джаркентские и верненские светлобурые суглинки служат как бы переходом к самой южной зоне азиатской части СССР, к зоне сероземов или к серой зоне. Еще почвы б. Пишпекского у. (ныне округ Фрунзе) стоят ближе к светлобурым, в Аулиеатинском же уезде намечаются признаки серой зоны.

Особый интерес представляет изученный Емельяновым Иргизский район, где прослеживается вся бурая зона, начиная от темнобурых почв и кончая южными частями светлобурой подзоны. Емельянов выделял на равнинах Усть-Урта белоземы (у Неуструева—

серобурые почвы), как переход к зоне сероземов, но едва ли в этом есть надобность. Как мы уже отмечали ранее, для солонцеватых почв бурой зоны является характерной чечевитчатая или чешуйчатая структура гориз. А, особенно в нижней его части. То же наблюдается и для почв, называемых Емельяновым белоземами. Исследователь отмечает кроме того, что в области белоземов „все вариации солонцеватых разностей как бы сближены и образуют одну группу слабо-солонцеватых почв", что в ней чаще встречаются корково-столбчатые солонцы, но те же самые признаки свойственны и светлобурой подзоне, а потому, казалось бы, можно считать, что „белоземы" являются наиболее южной разностью светлобурых почв [1]).

Если сравнивать даваемое Емельяновым описание „типичного белозема" с теми описаниями, которые даются для солонцеватых почв светлобурой подзоны, то существенных различий между теми и другими заметить нельзя.

В последние годы Полыновым и Крашенинниковым изучался почвенный и растительный покров некоторых районов Монголии. В опубликованных материалах отмечается присутствие здесь *почв, близких к каштановым, и несколько своеобразных почв горно*-луговой зоны. Повидимому, здесь очень сильно приходится считаться с условиями древних процессов выветривания и почвообразования [2]).

---

## ЛИТЕРАТУРА

### Европейская часть СССР


Андрусов. Ежегодник по геологии и минерал. России, т. IV, вып. 1 и 2, 1900.

Богдан. Отчет Валуйской с.-х. оп. станции Новоузенского у., Самарской губ. Год I—II. Спб. 1900.

Гордеев, Т. Тр. Сарат. Общ. Естеств., 1903, 5.

Докучаев, В Русский чернозем. Спб., 1883.

„ „Почвоведение", 1902, № 2.

Димо, Н. „Почвоведение", 1902, № 2.

„ и Келлер, Б. В области полупустыни. Саратов, 1917.

Искюль В. Тр. Спб. Общ. Естеств., т. XXXVIII, вып. 1, № 2, 1906.

„ Матер. по изуч. русск. почв, 1908.

Клепинин, Н., Черный А. и Прохоров, Н. Перекопский у. Сборник по основн. статист. Оцен. часть, 1906.

Клепинин, Н. Симферопольский у., Там же, 1907.

Костычев, П. Почвы черноземной области России, 1886.

Мушкетов, И. Тр. Геолог. Ком., т. XIV, № 1, 1893 и № 5, 1896.

Неуструев и Бессонов. „Почвоведение", 1902, № 3.

„ „ Новоузенский у.—Мат. к оценке зем. Самарской губ., 1909.

Неуструев. Изв. Геолог. Комит., 1902, № 3.

„ „Почвоведение", 1910, № 2.

Никитин. Изв. Геолог. Ком., т. VII, 1888; т. X, 1891.

Остряков. Тр. Общ. Естеств. при Казан. Унив., т. XXXV, вып. 5, 1901.

Прасолов, Л. Трухменская степь Ставроп. губ. Ставрополь-Кавк., 1909.

„ Астраханский край. 1921.


---

[1]) Такого же мнения держится и Никитин, работавший в этом районе.

[2]) Северная Монголия. Предв. отч. геологич., геохимич. и почвенно-географ. экспедиций о работах, произведенных в 1925 г. Изд. Акад. Наук СССР., 1926.

Рожанец, М. Тр. Оренбург. почв.-ботан. Бюро, вып. 1, 1926.
Сокальский. Зап. Общ. с. хоз. южной России, 1903, № 7—8.
Соколов. Тр. Геолог. Комит., т. IX, № 1.
Томашевский. Сборник статей по песчано-овражным работам. Вып. III, Спб. 1914. Изд. Лесн. Д-та.
Тумин. Горько-Балковские и Сухопадинские участки Ставроп. губ. 1909.
Черный. К вопросу о почвах Крыма.—Зап. Общ. Сельск. хоз. южной России. 1902, №№ 5—6; 7—8; 1903, № 2—3.
См. также литературу на стр. 385—386.

### Азиатская часть СССР

Абутьков. Предв. отчет об организ. и исполн. работ по исслед. почв Аз. России в 1909 и 1910 гг.
Бессонов. Труды почв. экспед. Почв. исслед. 1908 г., вып. 6, Спб. 1910.
„ Предв. отч. и т. д. за 1912 и 1913 гг. Спб., 1913, 1914.
Выдрин и Ростовский. Мат. по исслед. почв Алтайск. окр. Барнаул, 1896.
Драницын. Предв. отчет и т. д. за 1913 г. Спб. 1914.
Левченко, Ф. Труды почв.-ботан. экспед. Почв. исследован. 1908 г., вып. 1, Спб. 1909.
Никитин, В. Изв. Биологич. Научно-Исслед. Инст. при Пермском Госуд. Унив. Пермь, 1926.
Прасолов, Л. Предв. отч. и т. д. за 1911 и 1912 гг. Спб. 1912, 1913.
„ „Почвоведение“, 1911, № 4.
„ Труды почв.-ботан. экспед. Почв. исслед. 1908 г., вып. 5 и 1909, вып. 4.
Пташицкий. Предв. отч. о ботан. исслед. в Сибири и Туркестане в 1909 г. Спб. 1910.
Скалов. Мат. по исслед. колонизац. района. Аз. России. Под. ред. К. Д. Глинка. Спб. 1909.
„ Труды почв.-ботан. экспед. Почв. исслед. 1909 г., вып. 2. Спб. 1910.
*Смирнов. Предв. отч. о ботан. иссл. в Сибири и Туркестане в 1909 г. Спб. 1910.*
Стасевич. Труды почв.-бот. эксп. Почв. исслед. 1908 г., вып. 2 и 1909 г., вып. 3.
Танфильев. Труды Геол. части Кабин. Е. И. В., т. V., вып. 1, 1902.
Тумин. Предв. отч. и т. д. за 1909 и 1910 гг. Спб. 1910, 1911.
„ Труды почв.-бот. эксп. Почв. исслед. 1908 г., вып. 10, Спб. 1910.

---

## V. Серая зона

Зона сероземов была впервые более или менее детально изучена Неуструевым в быв. Сыр-Дарьинской области. Не останавливаясь на характеристике сероземов, которая дана была в своем месте, рассмотрим здесь общие черты зоны. Описывая б. Чимкентский у., Неуструев замечает, что „полоса расчлененных низких предгорий между 700 и 250 метр. абсолютной высоты, примыкающая к северному Каратау и высоким предгорьям Таласского Алатау, характеризуется сплошь карбонатными почвами. Чем бы ни являлась материнская порода—лессом, аллювиальной глиной, конгломератом,—почва бурно вскипает с поверхности“. Исследователь считает углекислую известь, между прочим, причиной серого оттенка почв полосы низких (большей частью лессовых) предгорий. Карбонатными оказываются не только эти не солонцеватые сероземы, но также и почвы равнины вдоль р. Сыр-Дарьи, которые, на ряду с карбонатами, богаты растворимыми солями.

„Сероземы покрывают плато и склоны увалов между реками и речками Чимкентского у.". Из материнских пород этих почв больше всего распространен лесс, хотя нередко сероземы образуются на третичных и меловых песчаниках и конгломератах, а также галечниках новейшего происхождения.

В климатическом отношении вся полоса предгорий с сероземами отличается сухостью. Здесь выпадает в общем меньше 300 мм. осадков в год (иногда до 150 мм.), годовая же температура выше 10°С. „Весна начинается рано: апрель уже имеет 12—14°, май—18—21°". Весенняя флора заканчивает цикл развития к июню и даже маю, а в летний период живут лишь ксерофилы. Из представителей флоры летнего периода отметим: Sophora pachycarpa и alopecuroides, Psoralea drupacea, Rosa berberifolia, Alhagi camelorum, Anabasis aphylla, Ceratocarpus arenarius, Peganum Harmala, Dodartia orientalis, Artemisia maritima, scoparia.

Среди равнинных или пониженных площадей, в местах выхода грунтовых вод на шлейфах склонов, с сероземами чередуются самые разнообразные солончаки. Некоторые из этих солончаков имеют характер луговых почв, покрытых осоками, Senecio и высоким густым покровом злаков. В разрезе такие почвы несут ясные следы раскисслительных процессов и в то же время они переполнены карбонатами. Местное название таких лугово-солончаковых мест — „сазы". Эти „сазы" зачастую чередуются с мокрыми солончаками с флорой солянок. В б. Аулиэатинском у. б. Сыр-Дарьинской области Неуструев отмечает обилие луговых почв в окрестностях с. Лугового и Мерке, где к склонам гор прилегает равнина с близкими к поверхности грунтовыми водами. Здесь наблюдались, между прочим, „темноцветные луговые почвы, с легким, богатым корнями верхним горизонтом темного коричневато-бурого цвета". Почвы эти „покрыты злаками, в том числе часто Cynodon Dactylon, зарослями Glycyrrhiza, Phragmites, Lasiagrostis splendens. На глубине 20—30 см. почва буреет, появляются белые жилки. На 75 см. жилки гипса и влага. Вскипание часто с поверхности". Тут же на склонах к луговым местам, по окраинам лугов встречаются более засоленные почвы, нередко пухлые солончаки с Salsola, Anabasis, Halocharis hispida.

Песчаные пространства этой зоны, напр., пески Моюн-Кум, носят своеобразные черты (рис. 41). Среди них довольно часты озера; растительность, где таковая есть, имеет гораздо более мощный и свежий вид, чем на соседних равнинах, покрытых суглинистыми сероземами, чаще наблюдаются представители фауны, особенно пресмыкающиеся. Влажность почвенная держится неглубоко от поверхности, поверхностные же горизонты песков, где таковые не подвергаются заметной дефляции, покрыты тонкой, нежной и легко рассыпающейся при прикосновении корочкой, в которой зерна песка цементированы углекислой известью. Такие корочки заметно вскипают с соляной кислотой. Между областью песков и суглинистыми сероземами наблюдаются переходные полосы супесчаных сероземов.

Особенно богата засоленными почвами и аллювиальными наносами современная долина р. Сыр-Дарьи и равнина вдоль этой реки. В пределах б. Чимкентского и б. Перовского ныне Кзыл-Ординского уездов эта равнина обследована Неуструевым, а в б. Самаркандской области (Голодная степь) Димо. По данным Неуструева для б. Чимкентского у., „равнина вдоль р. Сыр-Дарьи не представлет постоянства петрографического состава, однако, заметно, что ближе к северному Каратау на ее поверхности показываются галечники,

а ближе к лессовой полосе... галечники в разрезах почти отсутствуют". Равнина эта наклонена к Сыр-Дарье настолько слабо, что атмосферные воды с нее не скатываются в Сыр-Дарью, а грунтовые воды той же равнины стоят на глубине 2—3 м., выходя в депрессиях даже на поверхность. „Грунтовые воды, соленые ли они или пресные, одинаково, в случае близкого их положения к поверхности земли, являются неистощимым источником засоления грунта, благодаря тому огромному испарению, которое обусловливается сплошными летними жарами и необычайно малой влажностью воздуха". Здесь падает приблизительно 150 мм. осадков в год, при чем почти четыре месяца дождей совсем не бывает; испарение достигает 2000 мм.

Комплекс растительности и почв на равнинах таковы:

1) Пятна преимущественно Artemisia maritima и Art. cina, Kochia prostrata, иногда остатки злаков: Poa, Hordeum. Поверхность почвы тверда; поверхностный горизонт представляет более или менее плот-



Рис. 41. Барханные пески б. Сыр-Дарьинской обл. Фот. Неуструева.

ную слоистую корку, мощностью около 10 см. Под ней располагаются бесструктурные и влажные горизонты.

2) На поверхности почвы тонкая, хрустящая под ногой, корка с выцветами солей. Под коркой находится рыхлый, сыпучий горизонт, а глубже—влажные и бесструктурные слои (пухлый солончак). Растительность состоит из Salsola lanata, Anabasis aphylla, A. salsa.

3) Почти голые пятна почвы со структурой, до известной степени напоминающей столбчатые солонцы.

Исследования, произведенные Димо в той же Сыр-Дарьинской равнине, в пределах б. Самаркандской области, привели его к следующим общим заключениям:

1) „В восточной части Голодной степи образование пород, несомненно, связано с работами водного потока, выработавшего себе русло, каковым могла бы быть река Сыр-Дарья. Для пород западной части Голодной степи установить связь их происхождения с древним водным потоком невозможно; но все их строение позволяет видеть в них уцелевшие от размывания более древние породы, сформировавшиеся во времена заполнения глубокой котловины материалом, принесенным с высоких гребней и отрогов Туркестанского хребта".

2) „Между современным рельефом, грунтовыми водами и грунтами, их строением и солесодержанием существует несомненная связь.

В западной части с равнинным рельефом и глубокими грунтовыми водами наблюдаются однородные (тяжелые и легкие) суглинки; в восточной же части, где можно допускать в прошлом существование как речных русел, так и широких озеровидных понижений с застаивающейся водой, грунты сложены слоистыми породами—глинистыми и песчаными".

3) Процессы почвообразования выражены здесь настолько слабо, что при исследовании не удалось разделить почву от грунта.

4) Соли, находящиеся в грунтах, принесены, по мнению Димо, путем импульверизации, а не явились результатом почвообразовательного процесса. В данном случае недостаточно учитывались, по нашему мнению, процессы распада органического вещества, которые, несомненно, являются источником образования многих почвенных солей.

5) „Все низины, где могла застаиваться вода, или по которой воды сбегают с окружающих наклонных равнин, содержат большие количества бескремнеземных, слабо и легко растворимых в воде солей".

6) Среди вредных для культурной растительности солей на первом месте стоит NaCl, на втором $Na_2SO_4$.

Во второй из отмеченных выше работ Димо путем полевых исследований и многочисленных анализов, преимущественно водных вытяжек, решает вопрос о влиянии искусственного орошения и повышенного естественного увлажнения на процессы почвообразования и перемещения солей в почво-грунтах Голодной степи Самаркандской области. Здесь, между прочим, констатируется влияние искусственного орошения на передвижение растворимых солей из пониженных мест в более высокие пункты орошаемых участков. Явление это вполне аналогично тому, которое наблюдалось и было изучено Захаровым для Муганской степи Закавказья.

Для засоленных аллювиальных почв долины р. Сыр-Дарьи Димо констатирует скопление в поверхностных горизонтах хлористых и сернокислых солей, а в более глубоких соды. При этом в солевой корке могут одновременно находиться сода и гипс.

Громадную площадь современная и древняя долина Сыр-Дарьи занимает в б. Перовском у. б. Сыр-Дарьинской области, обследованном Неуструевым. Исследователь различает здесь в области современной долины слабо солончаковые луговые почвы, покрытые Lasiagrostis, Aeluropus littoralis, также Halimodendron argenteum, а иногда и древесной растительностью (Eleagnus, Populus). Глубокие горизонты этих почв, расположенных на аллювиальных осадках, чаще всего отличаются „более песчаным характером, а потому и грунт не солонова́т, осоляется же немного лишь верхний слой почвы, вследствие тех же причин, что и в пухлых солончаках". Последний является наиболее распространенным почвенным образованием долины Сыр-Дарьи. „Все места в соседстве с углублениями, где течет или застаивается вода, в то же время не заливаемые водой, но насыщаемые влагой, просачивающейся в их грунт, обогащаются солями (главным образом $CaSO_4$ и $Na_2SO_4$) до такой степени, что под богатой выцветами солей коркой образуется пухлый слой с массой кристаллов глауберовой соли и гипса". На таких солончаках чаще всего растут Tamarix hispida, T. Pallasi, Nitraria Schöberi и солянки. Пространства пухлых солончаков тянутся на десятки верст, окаймляя озера, русла, оросительные канавы (арыки) и пр. „Даже тротуары и аллеи в г. Кзыл-Орде (г. Перовске) и селениях по р. Сыр-Дарье вспухают с поверхности, благодаря соседству арыков".

На территории древней долины Сыр-Дарьи часто встречаются „такыры" (рис. 42). Последние часто совершенно голы и „их твердая, белая или светлосерая поверхность растрескивается паркетообразно на пятиугольные плиты. Поверхностные горизонты такыра представляются в виде крупнопористой, вверху плотной, а ниже рыхлой корки, а под нею лежит более или менее осоленный грунт. Такыры располагаются обыкновенно на местах пониженных, а соседние более высокие части сухих равнин, по строению корки напоминающие такыры, отличаются от последних, повидимому, степенью засоленности грунта. Они покрыты обычно зарослями Haloxylon Ammodendron. Местами равнина покрыта бугристыми песками и низкими бугорками песку— продуктами развевания песчанистого грунта равнины.

Переход к более северной—бурой зоне, по данным Неуструева, наблюдается в б. Казалинском у. б. Сыр-Дарьинской области,

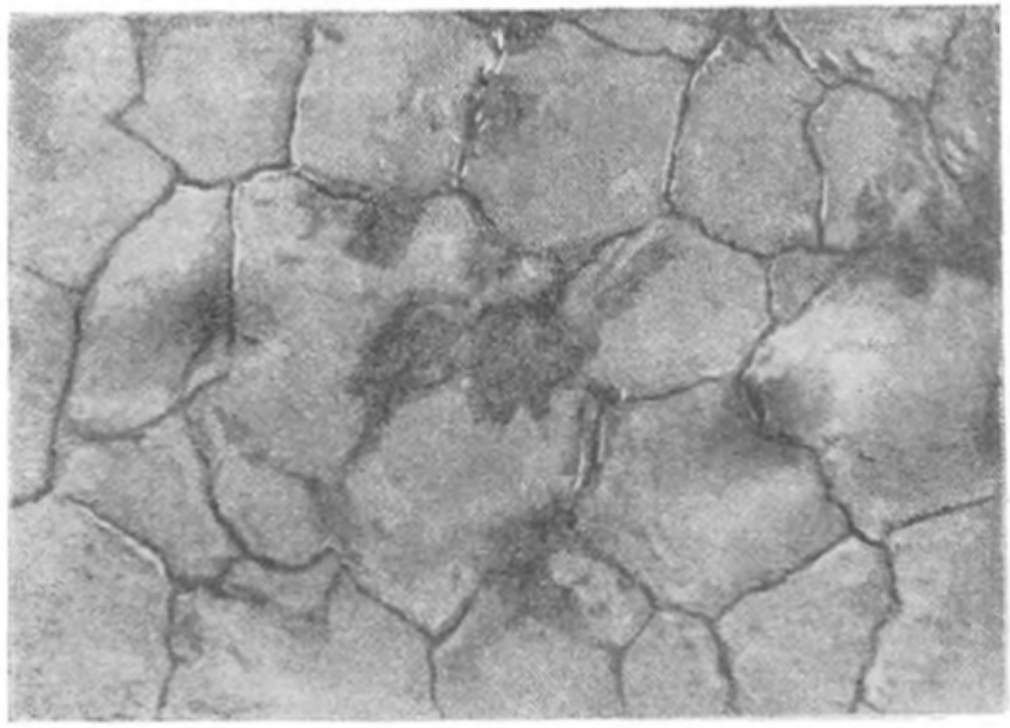


Рис. 42. Поверхность такыра. Фот. Неуструева.

расположенном к северу от б. Перовского. Местности вокруг Сыр-Дарьи в пределах б. Казалинского у. слагаются из следующих частей:

1) Плато и холмов, невысоко поднятых над низкими точками страны, сложенных третичными осадками. Здесь находится полынно-солянковая пустынная степь.

2) Современной долины (тугай, по местному) Сыр-Дарьи и Куван-Дарьи.

3) Древней долины упомянутых рек.

4) Площади бугристых песков (Кызыл-кумы в ЮЗ. и З. части и Кара-кумы в СВ. части уезда).

На волнистом плато к С. от ст. Джусалы залегают серо-бурые солонцеватые суглинки[1]), у которых наблюдаются следующие горизонты: 1) серая слоеватая пористая корочка, мощностью в 15 см.; 2) горизонт уплотненный коричневатого цвета с выделением углесолей в виде пятен до глубины 60—70 см., где этот слой переходит

[1]) Напомним здесь еще раз, что едва ли нужен новый термин для этих почв, которые должны быть отнесены к светлобурой подзоле.

в 3) песок с галькой и кристаллами гипса. „Более песчаные разности отличаются рыхлостью корки и ее сыпучестью, отсутствием в ней слоеватости. Приближающиеся к такырам пространства имеют более крупнопористую и более серую корку, горизонт уплотнения богаче пятнами $CaCO_3$, менее мощен и чаще и на меньшей глубине содержит гипс".

В 2 в. к северу от ст. Аральское море Неуструев описывает волнистую песчаную полынную степь с почвами, приближающимися еще более к почвам бурой зоны. Среди них встречаются уже типичные столбчатые солонцы.

В песчаных пространствах Кара-кумов чрезвычайно распространены белые известковые стяжения, имеющие форму древесных корней. Эти образования, носящие местное название „аккырш", не идут



Рис. 43. Сероземная зона в Бухаре. Неуструев.

глубоко в песок; в глубине они быстро делаются рыхлыми и превращаются в розоватые рыхлые стяжения, окруженные песчаной корой.

Из южной части б. Сыр-Дарьинской области зона сероземов протягивается в б. Ферганскую, б. Самаркандскую и б. Закаспийскую (ныне Туркменистан) области. Обследовав Андижанский и Наманганский уу. б. Ферганской области, Неуструев приходит к заключению, что сероземы не представляют типичных почв равнин, а скорее являются почвами низких предгорий, т. е. первой ступенью в серии вертикальных зон. Он оговаривается, впрочем, что почвы равнин приближаются к сероземам по морфологии и другим свойствам в условиях хорошего стока и просачивания; в противном случае равнины несут почвы солончаковатые, которые напоминают сероземы только своей малогумусностью и карбонатностью. Некоторым подтверждением той мысли, что сероземы начинают собою серию вертикальных зон, могло бы явиться то обстоятельство, что, несмотря на малогумусность этих почв, они все же оказываются богаче гумусом, чем самые южные почвы Казакстана, т. е. чем почвы бурой зоны.

Такое положение, однако, вызывает и некоторые возражения, на которых мы сейчас и остановимся. Если сероземы являются почвами предгорий, то спрашивается, где же зональный тип Туркестанских равнин? Мы привыкли видеть, что солонцы и солончаки несут на себе отпечаток той зоны, в которой они находятся. Так, солонцы черноземной зоны имеют черный цветовой оттенок, в каштановой зоне— у них каштановый оттенок, в бурой—бурый оттенок. Солончаковые почвы туркестанских равнин имеют определенный серый оттенок, который резко бросается в глаза наблюдателю, пересекающему область зауральских пустынных степей от Оренбурга до Ташкента. Если мы припомним, что почвы туркестанских равнин приближаются по своим свойствам к сероземам, если эти равнины хорошо дренированы, то должны будем признать, что не только предгорья, но и равнины в области Туркестана должны быть отнесены к сероземной зоне и что здесь, на равнинах, мы находим представителей серой горизонтальной зоны в виде светлых сероземов.

Сравнительное изучение вертикальных зон в области Джетысу (Семиречья) и на юге б. Сыр-Дарьинской области, на чем мы остановимся ниже, определенно подчеркивает разницу этих двух областей. В то время как в Джетысу эти зоны таковы, как можно было этого ожидать в области бурых почв, в б. Сыр-Дарьинской и б. Ферганской областях эти зоны представлены иначе.

Все эти данные заставляют нас обособлять зону сероземов[1]) и к таковой относить не только почвы предгорий, но и почвы равнин, хотя последние почвы зачастую и носят солончаковый или солончаковатый характер.

Аналогичные тем данным, которые были получены Неуструевым для упомянутых выше уездов Ферганы, имеются также и для Ошского (Неуструев), б. Скобелевского (Доленко), Кокандского уу. (Таганцев) той же Ферганы, а также и для южных частей Туркменистанской ССР („б. Закаспийской обл.“, Драницын). К той же сероземной зоне, согласно наблюдениям Неуструева, должна быть причислена и Бухара (рис. 43).

## ЛИТЕРАТУРА

Бессонов. Предварит. отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1912 г., под редакцией К. Д. Глинки. Спб, 1913.

Глинка, К. Солонцы и солончаки азиат. части СССР. Москва, 1926.

Димо. Отчет (предвар.) по почвенным исследованиям в районе восточной части Голодной степи. Спб., 1910.

„ Влияние искусственного орошения и повышенного естественного увлажнения на процессы почвообразования и перемещения солей в почво-грунтах Голодной степи Самаркандской области. Саратов, 1911.

„ Русский почвовед. 1915, № 8—10.

„ Ежегодн. Отд. Земельн улучш. за 1913 г. Птрг. 1914.

Доленко. Предвар. отчет. и т. д. за 1913 г. Спб., 1914.

Драницын. Предвар. отчет и т. д. за 1912. Спб., 1913.

Захаров. Журн. опытн. агрон., т. VI, кн. 2. 1905.

Известия Инст. почвов. и геоботаники Средн.-Азиат. Госуд. Университ. Вып. 1, 1925, вып. 2, 1926.

[1]) В последнее время Димо предложил неудачное название „светлоземы“, совершенно не определяющее характерного цветового оттенка зоны.

Левченко Ф. Почвы, грунты и грунтовые воды Каракумской степи. Киев, 1912.
Неуструев. Тр. почв. ботан.-экспед. Почвенные исследования 1908 г., вып. 7. Спб., 1910.
„ Предварит. отчет и т. д. за 1909 г. Спб., 1910.
„ Предварит. отчет и т. д. за 1910 г. Спб., 1911.
„ Предварит. отчет и т. д. за 1911 г. Спб., 1912.
„ Предварит. отчет и т. д. за 1912 г. Спб., 1913.
„ Предварит, отчет и т. д. за 1913 г. Спб., 1914.
„ Изв. И. Р. Г. О., т. XLVIII, вып. 6, 1912.
Никитин. Изв. Биолог. Научно-Иссл. Инст. при Пермск. Госуд. Унив., т. 4, прил. 3. Пермь, 1926.
Никольский. Предв. отч. и т. д. за 1914 г.
Павлов, А. Прилож. к проток. К. Моск. Общ. испыт. прир. 1908, № 4—9.
Преображенский Н. Почвоведение. 1911, № 1—2.
Семихатов, Никитин. Спрыгин, Попов. Почв. экспед. в долины рек Сыр-Дарьи и Аму-Дарьи, вып. 1. Москва, 1915,
Таганцев. Предварит. отчет и т. д. за 1913 г. Спб. 1914.
См. статьи в вып. 1 Изв. Инст. почвов. и геоботаники Средн.-Азиат. Госуд. Унив., 1925.
См. также литературу на стр. 385—386.

ГЛАВА VI

# Горные страны СССР

(Вертикальные почвенные зоны)

Учение о вертикальных почвенных зонах, определенно выдвинутое Докучаевым после знакомства с почвенным покровом Кавказа[1]), в последнее время получило ряд новых фактических обоснований, благодаря исследованиям горных систем Алтая, Туркестана и частью горных хребтов Восточной Сибири, о чем вскользь упоминалось в предыдущем изложении. Теперь нам предстоит более детально остановиться на характеристике некоторых горных областей СССР.

I. Крым. Вертикальная зональность в южной оконечности Таврического полуострова изучена пока еще недостаточно, хотя уже схематическая почвенная карта Докучаева позволяла заключать, что вертикальные зоны здесь существуют. Согласно этой карте, полоса светлых (бурых) почв, охватывающая пустынно-степную часть Крыма, по мере приближения к горам (к Ю.), переходит сначала в полосу почв, содержащих 2—4% гумуса, а затем в полосу с почвами, имеющими 4—7% гумуса. На почвенной карте, составленной Ферхминым[2]), сильно сужена полоса светлобурых суглинков, значительно расширена область каштановых почв, а в предгорных местностях показан южный чернозем. Иначе говоря, и на этой карте определенно выражена вертикальная зональность почв полуострова. Наконец, на почвенной карте Симферопольского у., составленной в 1914 году Клепининым, к северо-востоку от Симферополя показан довольно большой район буро-коричневого чернозема. Судя по описанию, можно думать, что мы действительно имеем здесь дело с южным черноземом. Горизонт А у него темносерого цвета с хорошо выраженной мелкозернистой структурой, мощность гумусовых горизонтов около 66 см., материнская порода мергелистый суглинок с большим количеством кусков и кусочков известняка. Содержание гумуса от 4 до 5%. Повидимому, к северу количество гумуса падает: по крайней мере в цитируемой работе для двух северных пунктов черноземного(?) района даются величины 3,55 и 3,22%. Из этих данных можно заключить, что черноземная полоса Симферопольского у. к северу и северо-востоку переходит в каштановые почвы (Клепинин).

Переход от степной части Крыма к горным склонам Яйлы идет, повидимому, через деградированные почвы. По данным Клепинина, на пологих склонах Яйлы, поросших дубовым и буковым лесом, встречены были особые суглинки, которые образовались на плотной краснобурой глине, продукте выветривания известняков. Клепинин

[1]) Некоторые указания на вертикальную зональность почв делались и раньше, например, Красновым для Туркестана.

[2]) См. Морачевский. Почвы Европейской России. Спб., 1907.

отмечает, что в некоторых разрезах, сделанных, повидимому, в котловинках среди леса, наблюдается в нижних горизонтах слабая подзолистость.

На южном берегу Крыма (окрестности Алушты) наблюдаются древние красные продукты выветривания, верхние горизонты которых имеют буроватый оттенок.

По наблюдениям Богословского на порфирах и диоритах горы Кастель, под тонким серым горизонтом А лежит желто-красная, сильно выветрившаяся пористая масса, в которой попадаются кусочки материнской породы. В верхних частях этой горы мы наблюдали явственную оподзоленность.

В восточном окончании Крымских гор, расположенном вблизи Феодосии, пустынная степь взбирается на горные склоны, не отличающиеся здесь значительной высотой. Высшая точка хребта Тете-Оба лежит на высоте 293,8 м. над ур. моря, а низшая всего на высоте 49,5 м. Здесь в 1876 г. была сделана не особенно удачная попытка искусственного лесоразведения, а в 1899 г. был выработан новый проект облесения, в некоторых своих частях, повидимому, более удачный, чем первый (Зибольд). Таким путем возникло Феодосийское горно-культурное лесничество.

Почвы этого лесничества были обследованы Прохоровым, который считает местные почвенные образования принадлежащими каштановому типу. На ряду с этим отмечается, что горизонт А обладает зернистой структурой. Подпочвой является лессовидный суглинок с прослойками глины и сетевидными прожилками углесолей (на глубине 78 см.), а глубже (на 105 см.) крупные пятна и выцветы углесолей. Мощность гумусовых горизонтов достигает 60 см. Почвы иногда вскипают с поверхности, а иногда вскипание начинается на некоторой глубине. Все указанные признаки могли бы характеризовать и южный чернозем, особенно зернистость гориз. А, хотя, по наблюдениям Панкова, и каштановые почвы Бессарабии отличаются зернистостью. Определений гумуса в статье Прохорова не имеется. Зибольд же указывает, что местные почвы содержат до 4% гумуса.

Оставляя в стороне различные скелетные почвы Крымских гор, морфология и химизм которых недостаточно изучены, отметим, что плато на вершине Яйлы, отличаясь влажным (в 1896 г. выпало за год 608 мм. осадков) и сравнительно холодным (5,7° средняя годовая) климатом, покрыто травянистой растительностью субальпийского типа и одето горно-луговыми почвами, впервые отмеченными и описанными Богословским.

II. Кавказ представляет большой интерес в качестве горной страны, обладающей в различных своих частях и на различных высотах чрезвычайно разнообразными климатическими условиями. Достаточно сказать, что мы здесь встречаем все те климатические комбинации, которые можно встретить на равнинах европейской части СССР, а кроме того и такие, которые в пределах равнинной части неизвестны. Не останавливаясь на характеристике климатов различных районов Кавказа, отсылаем читателя к работам по этому вопросу, опубликованным Фигуровским. В одной из работ последнего сделана интересная попытка связать климат с физико-географической физиономией Кавказа.

При переходе от равнин к предгорьям северного Кавказа, мы встречаемся с увеличением количества атмосферных осадков, благодаря чему пустынные степи водораздела Волга—Дон в пределах Ставропольского, Кубанского и Терского округов вновь постепенно переходят в степную полосу, а эта последняя, при подъеме в горы, сменяется лесами.

Соответственно пестрой картине климата пестро распределяются по Кавказу и растительные формации, среди которых отличаются: 1) тундровая с лишайниками, мхами и низкорослыми цветковыми растениями; 2) альпийская луговая, несущая травянистый покров, а иногда и кустарники рододендрона; 3) лесная высокогорная, которая, согласно Радде, разбивается, в свою очередь, на ряд подзон с той или иной господствующей породой; 4) степная ковыльная со Stipa pennata, Koeleria cristata, ovina; 4) пустынно-степная с полынями, Alhagi camelorum, Tamarix'ом и пр; 6) субтропическая с рододендроном, лавровишнями, каштаном, буком[1]).

Если прибавить к сказанному, что, на ряду с разнообразием климатических условий и растительных формаций, Кавказ отличается и чрезвычайно сложным и разнообразным рельефом, и значительной пестротой материнских пород[2]), среди которых очень распространены разнообразные вулканические, то станет понятным, что почвенный покров Кавказа должен отличаться крайней сложностью и пестротой, что, на ряду с различными эктодинамогенными почвами, тут должны встречаться и эндодинамогенные. Впрочем, появление скелетных почв может стоять в связи и с процессами смыва на более крутых горных склонах (Докучаев, Захаров).

Изучение горных стран показало, что значение рельефа в распределении почвенного покрова играет здесь выдающуюся роль. Еще Докучаевым было отмечено, что на Кавказе рельеф местности является вершителем почвенных судеб. О посредствующем влиянии рельефа на процессы почвообразования мы уже говорили в своем месте (стр. 69—70); мы знаем, что экспозиция склона и его крутизна оказывают влияние на температуру и влагу лежащей на склоне почвы, откуда имеем право заключать, что рельеф значительно может влиять на климат почвы, и в этом, по нашему мнению, его наиболее существенная роль, как почвообразователя. Изучая почвы горных стран азиатской части СССР, мы отметили в свое время роль горного рельефа в распределении грунтовой влаги, то, конечно, не остается без влияния на процессы почвообразования. Что касается влияния склонов на процессы выноса и накопления, то хотя эти чисто геологические процессы и вмешиваются в почвообразование, однако, их вмешательство скорее ведет к ослаблению почвообразовательного процесса, а иногда и к уничтожению. Наконец, несомненно влияние рельефа на растительность, но это влияние может считаться косвенным[3])

Если оставить в стороне северный Кавказ с его черноземами (Новопокровский, Яковлев, Захаров, Имшенецкий), каштановыми почвами (Прасолов, Тумин) и сопровождающими их солонцами и солончаками, то остальную часть Кавказа можно разделить, согласно Захарову[4]), на следующие области: 1) степи восточного Закавказья; 2) степи южного Закавказья; 3) область Дагестана; 4) лесная область сев. Кавказа; 5) лесная область западного Закавказья, 6) лесная область восточного Закавказья; 7) высокогорная область Большого и Малого Кавказа.

Рассмотрим вкратце характеристику этих областей, пользуясь данными Захарова.

---

[1]) О растительности Кавказа см. работы проф. Кузнецова.

[2]) История послетретичного времени Кавказа см. у Ренгартена.

[3]) Подробнее о значении рельефа в горных странах см. Захаров.

[4]) Предкавказские степи Захаров делит на степи западного и восточного Предкавказья.

1. Степи восточного Закавказья представляют две зоны: первую образуют низменные Куро-Араксинские степи (Ширванская, Мильская, Муганская, Сальянская), вторую—возвышенные степи (Ширакская, Караязская и др.). Низменные степи получают менее 300 мм. осадков, материнскими породами здесь являются главным образом аллювиальные осадки, частью же делювиальные и пролювиальные. Почвы принадлежат к зоне сероземов, или стоят на границе между светлобурыми суглинками и сероземами. Огромное количество солонцов и солончаков. Возвышенные степи имеют 300—500 мм. осадков, при годовой температуре 12—13°. Материнские породы—лессовидные суглинки различного происхождения. Почвы светлокаштановые, в более высоких местах переходящие в темнокаштановые и даже черноземы.

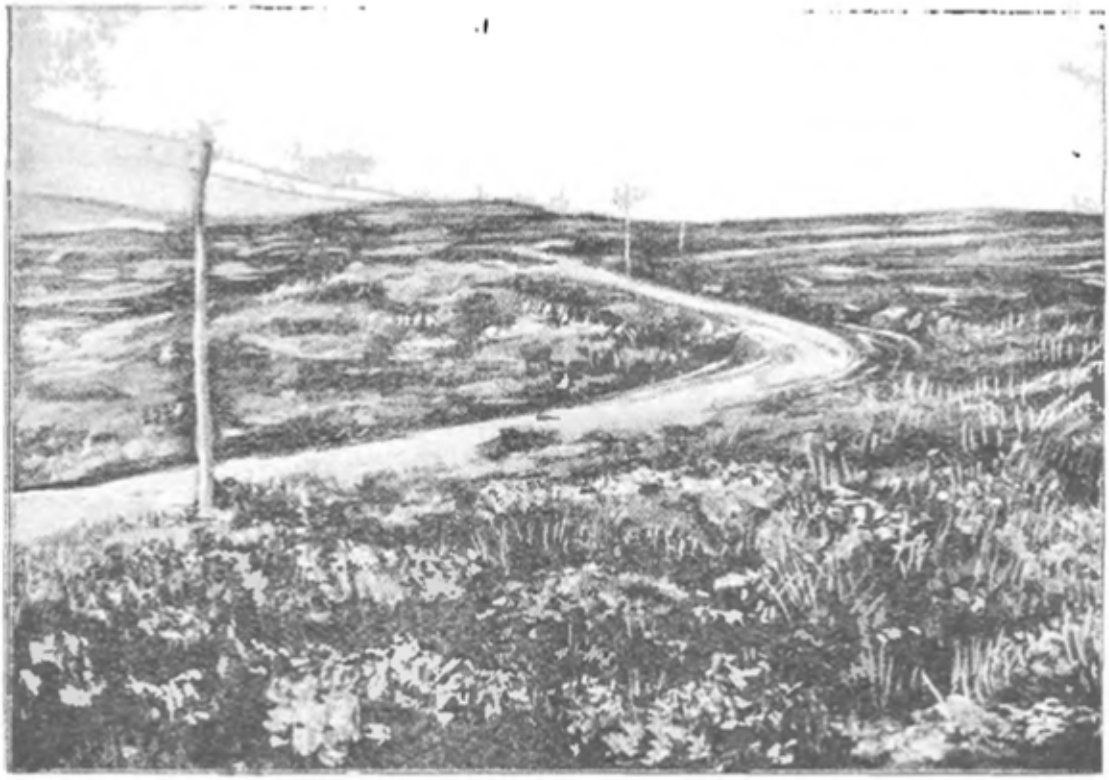


Рис. 44. Черноземная степь вблизи оз. Гокча. Фот. Ганешина.

2. Степи южного Закавказья Захаров делит на два района: a) средне-араксинские степи с количеством осадков ниже 360 мм. и с почвами типа сероземов[1]) и b) горные степи Карсского, Александропольского и Ахалкалакского плоскогорий с 300—500 мм. осадков, средней годовой температурой в 3—6° и с черноземными почвами (рис. 44).

3. Область Дагестана слагается из прибрежной низменной зоны с солончаковатыми почвами (в зоне сероземов или светлобурых почв), из лесной зоны предгорий с светлосерыми почвами, которые „ближе охарактеризованы пока быть не могут", из нагорной сильно расчлененной зоны, со слабо-развитыми скелетными почвами и из альпийской зоны, где, на ряду с „коричневато-серыми высокогорными почвами, формируются... и рендзины".

4. Лесная область северного Кавказа слагается из района западного Предкавказья с 500—1500 мм. осадков и со светлосероватыми лесными землями (подзолистыми) и из района восточного

[1]) Может быть, светлобурых.

Предкавказья с 500—1200 мм. осадков и „более или менее типичными серыми землями" (подзолистые почвы).

5. Лесная область западного Закавказья включает в себя область с реликтовыми красноземами, ныне слабо оподзоливающимися и типичнее выраженными подзолистыми почвами в более высоких частях района, а также и в более низких, где, кроме подзолистых почв, встречаются и болотные.

6. Лесная область восточного Закавказья слагается из ряда районов, при чем более высоко-расположенные районы характеризуются подзолистыми и слабо-подзолистыми почвами, ниже идут светлосерые и серые лесные суглинки, еще ниже темносерые, иногда черноземовидные почвы под дубовыми лесами, а в переходной полосе—лесостепи—под лесами находятся коричневато-серые и буровато-серые мергелистые почвы.

7. Высокогорная область Большого и Малого Кавказа помещается между верхней границей лесов и снеговой линией, занимая в ширину около 1 версты. В вертикальном направлении могут быть выделены субальпийская и альпийская зоны.

В пределах этих зон Захаров различает почвы горных лугов и горной тундры.

Почвы горных лугов классифицируются так:

I. Дерново-луговые почвы
- Светлосерые альпийских лугов
- Буровато-серые субальпийских лугов.
- Светлобурые альпийских лугов.

II. Черноземовидные горно-луговые
- Бурые черноземовидные.
- Черновато-бурые „

III. Перегнойные темнобурые почвы горных лугов
- Перегнойно-щебневатые.
- Перегнойно-известковые.

IV. Торфянистые почвы горн. лугов
- Торфянисто-щебневатые.
- „ каменистые крут. склонов.

Почвы горной тундры состоят только из одного класса, а именно:

Торфяные высокогорные почвы
- Торфянисто-щебневатые.
- „ дерновые.

III. Урал. Отличаясь небольшой высотой, Уральские горы не обнаруживают резко явлений вертикальной зональности на всем своем протяжении: в северной части, в пределах лесной зоны, Урал покрыт теми же подзолистыми почвами, какие лежат и на соседних равнинах европейской и азиатской частей СССР. Конечно, эти почвы местами более скелетны, может быть менее резко выражены процессы оподзоливания, но тип почвы не меняется. Иначе обстоит дело в черноземной зоне: черноземные почвы не поднимаются на Урал, который и в этой зоне покрыт почвами подзолистого типа; только низкие долины несут здесь черноземный покров, южнее на Урал взбираются уже деградированные почвы (в Оренбургской губ.), а еще южнее, где равнины лежат в области каштановой зоны, в горах появляется чернозем.

IV. Алтай. Говоря о горизонтальных зонах азиатской части СССР, мы уже отметили в общих чертах, какое влияние оказывает горная система Алтая на распространение горизонтальных почвенных зон к востоку от Иртыша. К сказанному мы теперь должны прибавить, что и черноземная, и каштановая зоны проникают до известной сте-

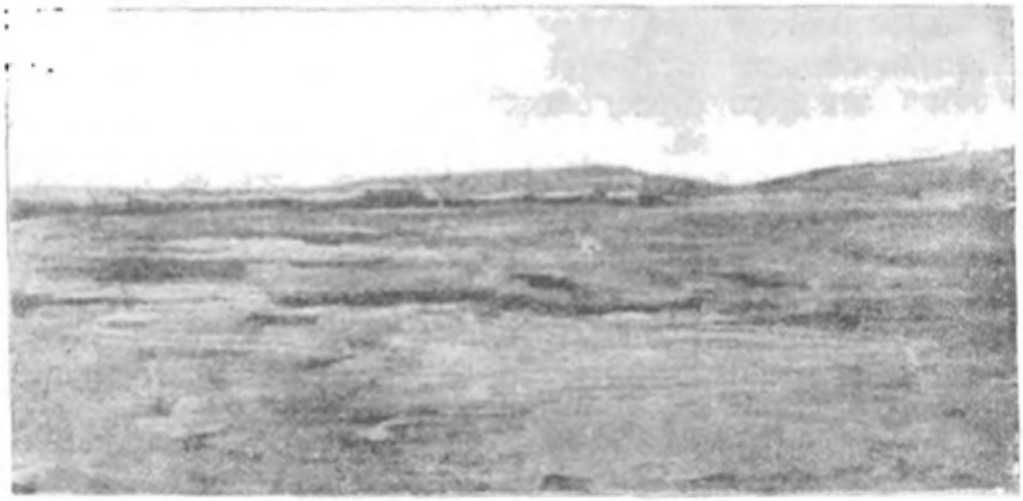


Рис. 45. Чуйская степь у с. Кош Агач. Фот. Смирнова.

пени и внутрь Алтайской горной страны по долинам (рис. 45, 46). Вклинивание каштановой зоны наблюдается к югу от 51° с. ш. по р. Урусулу и его притокам, частью по Катуни и Коксу, а также в верховьях р. Чарыша (Смирнов). По данным Келлера, относя-



Рис. 46. Каштановая степь на Укоке. Фот. Смирнова.

сящимся к Урусулу, „мы встречаем здесь степь, состоящую из сильно сухолюбивых форм растений с низкорослой и редкой растительностью". Это—„переходная растительность между степной и полупустынной. Здесь много низкорослых дерновинок ковыля-волосатика (Stipa capillata, S. orientalis), много Festuca, но тут же можно встретить в больших количествах и растения, сильно распространенные на типично-полупустынных и некоторых солонцеватых почвах, напр., Kochia prostrata". Часто встречается небольшими округлыми кустиками, напоминающими по внешнему виду кочки, Caragana pygmaea.

Почвы здесь начинают вскипать на глубине 10 см. от поверхности; засоленность их хлоридами и сульфатами ничтожная: хлора,

в частности, они совершенно не содержат. Количество гумуса в них колеблется между 3,46 и 4,70%. Таковы почвы равнинных мест. На склонах почвы являются скелетными, менее мощными и значительно более засоленными, особенно в горизонте С. Эти разности можно назвать горными солончаковатыми каштановыми почвами. (Смирнов).

К северу от зоны каштановых почв, приблизительно между 51° и 51°30′ с. ш., по долинам рек Белого Ануя, Песчаной и Семы, встречаются почвы темносерого цвета с коричневатым оттенком и довольно мощными гумусовыми горизонтами. Эти почвы располагаются на склонах и характеризуются слабой зернистостью гориз. А; они вскипают с поверности и на глубине между 15 и 55 см. содержат значительное количество солевых прожилок. Водная вытяжка из этого горизонта указывает на довольно резкую засоленность: здесь находится около 2% растворимых солей, из которых 0,8836% падает на серную кислоту и 0,154%—на хлор. Таким образом, почвы эти отличаются солончаковатым характером. По своему географическому положению они являются как бы переходными от каштановой зоны к черноземной. Гумуса в горизонте А содержится 8,36%.

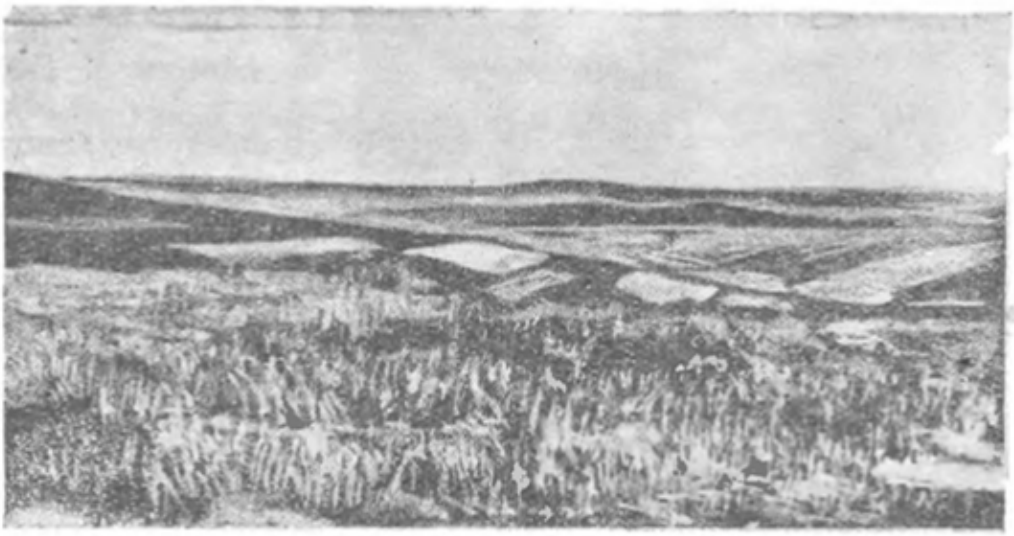


Рис. 47. Черноземовидные почвы. Фот. Смирнова.

К северу от 51°30′ с. ш., также по долинам рек, располагаются черноземовидные почвы, а у 52° с. ш. и настоящие черноземы. Черноземовидные почвы имеют лугово-степной характер. У них ясно-зернистый гориз. $A_1$, темноцветный с сизоватым оттенком, при высыхании несколько серёющий. Вскипание начинается с глубины 45 см. Кроме углекислой извести, почва почти не содержит других солей. Растительность, по данным Келлера, носит также переходный лугово-степной характер. В почвах и растительности есть сходство с Барабой.

Более повышенные районы между 51 и 52° с. ш. заняты типичными деградированными суглинками, площадь распространения которых очень значительная, а еще выше, на склонах перевалов, располагаются первичные подзолистые почвы.

Подзолистые почвы и сопровождающие их болотные чрезвычайно широко развиты на Алтае. Они детально обследованы Смирновым в бассейне р. Лебедь (рис. 48) и Левченко в бассейне верхнего течения р. Томи и ее больших левых притоков—Мрас-су и Кондомы.

Система реки Лебедь, правого притока реки Бии, расположена несколько севернее 50° с. ш., между 57—58° в. д. (от Пулкова)

и окружена со всех сторон горными хребтами со средней высотой в 600—700 м. и максимальной—до 1400 м. По растительности район принадлежит лесной области с преобладанием пихты и кедра. Наибольшую площадь занимают подзолистые почвы, развивающиеся на постплиоценовых отложениях. Отдельными, более или менее крупными полосами и пятнами по речным долинам вкраплены иловато-болотные почвы. В тех же речных долинах имеются подзолисто-глеевые и слабоподзолистые почвы на аллювиальных наносах. В верховьях р. Лебедь, на высоте 1200 м., встречены горно-луговые почвы (рис. 49) с некоторой торфянистостью поверхностного горизонта и слабой зернистостью гориз. $A_2$.

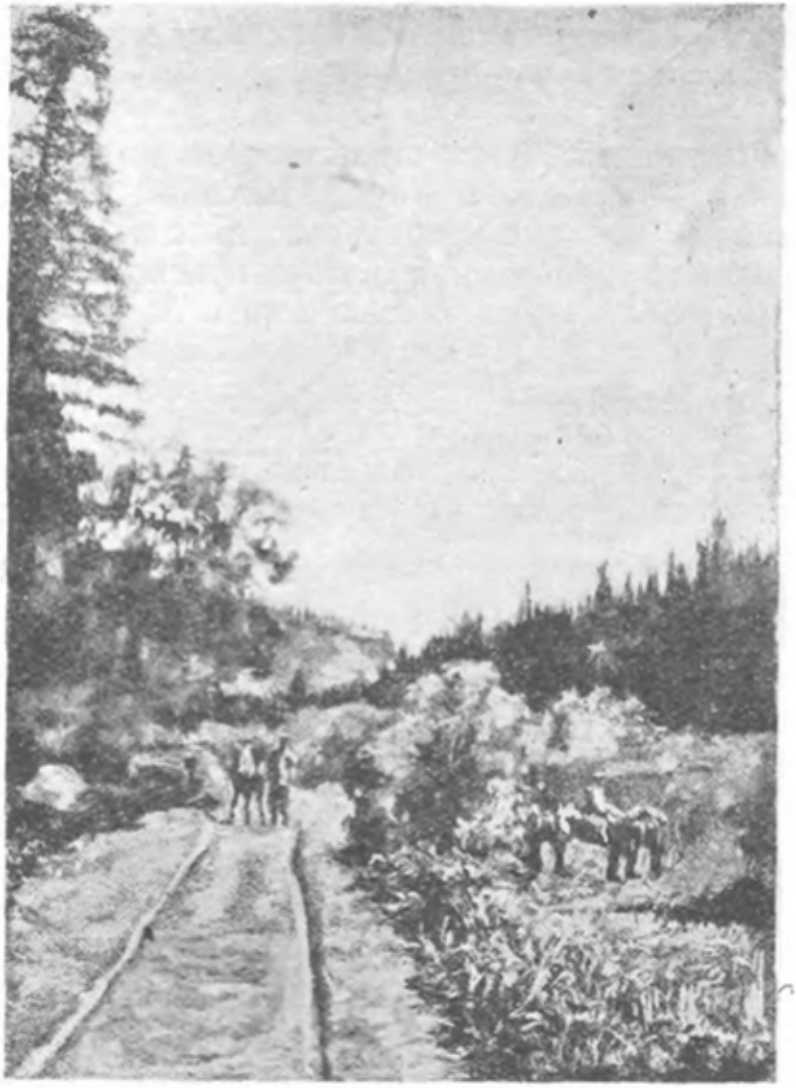


Рис. 48. Область деградированных суглинков. Фот. Смирнова.

Бассейн верховьев р. Томи представляет также горную страну. Часть района, лежащая к северу от р. Томи, „отличаясь сравнительной высотой над ур. моря, сильно изрезана глубокими долинами на ряд высоких горных грив, гребнями своими нередко выходящих за пределы лесной растительности и покрытых снегом в течение целого

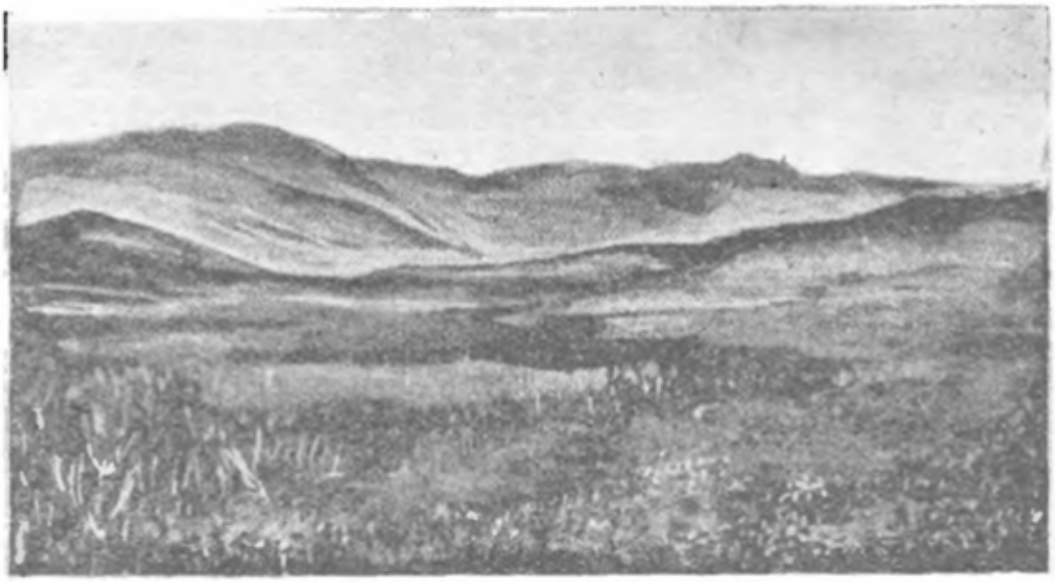


Рис. 49. Область подзолистых высокогорных почв. Фот. Смирнова.

лета в местах, защищенных от усиленной инсоляции. Горные возвышенности падают к рассекающим их долинам круто, местами обрывисто".

Водораздел между Томью и Мрас-су отличается более мягкими очертаниями рельефа; перевалы становятся шире, а склоны более отлоги. Наиболее широки перевалы на водоразделе Мрас-су—Кондома; они постепенно падают к долинам. Этот водораздел характеризуется наименьшей высотой над ур. моря.

Материнскими породами всего района являются твердые, кристаллически-зернистые породы и рыхлые послетретичные образования: глины и пески. Почвы принадлежат подзолистому и болотному типам. У подзолистых почв гориз. $A_1$ имеет мощность от 6 до 18—20 см., гориз. $A_2$—также различен по мощности. В почвах, развивающихся на твердых породах, дифференцировка горизонтов $A_1$ и $A_2$ слаба, на наносах она выражена резче. Мощность гумусовых горизонтов подзолистых почв постепенно возрастает, по мере движения на юг. Наименьшей мощностью отличаются почвы Томско-Енисейского водораздела.



Рис. 50. Граница лесной и горно-луговой области. Фот. Смирнова.

В самой южной оконечности Алтая, изучавшейся в районе р. Кальджира, берущего начало из оз. Марка-куль (абс. высота 1384,5 м.) и впадающей в Черный Иртыш, совершенно определенно отмечается вертикальная зональность почв (Абутьков). Обследованный район может быть разделен на две части: 1) северную и северо-восточную, представляющие собой предгорную волнистую полосу, и 2) равнину, расположенную к югу от первой части. Предгорную полосу можно расчленить на 3 района: a) район каштановых почв, b) район бурых пустынно-степных почв и c) район серых почв (не сероземы).

Равнина занята чрезвычайно пестрым комплексом, слагающимся из самых разнообразных солончаков и солонцов.

V. Туркестан. Существование климатических и растительных зон в Туркестане было известно уже давно из работ путешественников 50-х годов (Семенов, Северцов) и более поздних (особенно А. Федченко). Так, в одной-из своих работ Семенов-Тяньшанский делит Заилийский Алатау на шесть растительных зон:

1) Степную, расположенную на высоте от 150 до 600 метр.
2) Культурную или садовую—от 600 до 1350 м. на северном и до 1500 м.— на южном склоне.
3) Зону хвойных лесов или субальпийскую—от 1350 или 1500 м. до 2280 или 2400 м.

4) Нижнеальпийскую зону или зону альпийских кустарников.
5) Верхнеальпийскую или зону альпийских трав. Последние две зоны (4 и 5) лежат между 2280 или 2400 и 3150 или 3300 м.
6) Зону вечных снегов.

Говоря о вертикальном распределении животных по Туркестану, Северцов делит край на степь и нагорье, при чем степь слагается двумя поясами высоты, а нагорье—тремя. Эти пять поясов, в порядке постепенного повышения, располагаются следующим образом:

1) Пояс солонцов, самый нижний; у Сыр-Дарьи достигает только 210 м. абсолютн. высоты, у Чулан-Кургана—около 300 м., у Бийлю-Куля, верст 40 к СЗ, от Аулиэ-ата—до 450 м.; тоже к В. и СВ. вдоль подошвы Тяньшаньского нагорья, на Чу, Или и в других местах Семиречья. Характеризуется зарослями саксаула, Tamarix, Eleagnus, туранги (Populus) вблизи рек.

   При помощи солонцеватых степей с полынью, солянками и Alhagi этот ярус переходит в следующий, а именно:

2) Пояс культурный от 600 до 900 м. (местами и выше). Характеризуется, как волнистая степь с частыми сухими оврагами и глубокими лощинами речек. Этот пояс подразделяется на два: в нижнем господствуют Leguminosae, в верхнем—злаки.
3) Пояс лиственных лесов от 1350 до 2400 м. Автор довольно подробно характернзует этот пояс для разных горных хребтов.
4) Пояс хвойных от 2250 до 3000 м. Среди этого пояса Северцов отмечает близ Иссык-куля верхне-чарвенское плоскогорье, образуемое встречей широких долин Каркара и Кегена. Интересно, между прочим, указание автора, что по Каркаре и Кегену идут обширные сазы или ключевые кочковатые болота.
5) Пояс альпийских трав. Здесь имеется очень интересное описание, которое позволим себе привести целиком: „несравненно большого развития достигает этот пояс в плоскогорьях у верхнего Нарына и Аксая, к югу от Иссык-куля, на которых поднимаются уже не пики, а хребты; снега выпадает там мало, потому что снеговые тучи перехватываются там хребтами, составляющими окраины плоскогорий. Этим объясняется и более степная, нежели альпийская, растительность последних, которая особенно поразительна при подъеме с Иссык-куля на верхне-нарынское плоскогорье".

   „Пройдены тут и ельники и можжевельники, пройден пояс альпийских трав; уже с пиков по сторонам перевала спускаются вечные снега, тропинка пересекает уже концы их полос и все поднимается; наконец, кончен подъем; пики уже сзади, и вместо вершины перевала и спуска выходишь на степь с кипцами (Festuca), полынками и солянками, как далеко винзу".

   „Эти высокие степи на Нарыне и Аксае спускаются до 2850 м. и до такой же высоты в Сон-кульском плоскогорье, между тем, как на наружных склонах хребтов, окружающих последнее, можжевельник поднимается до 3000 м.".

Наблюдения Северцова были неоднократно отмечаемы в западно-европейской литературе. Ганн приводит эти наблюдения, а также наблюдения Вуда, сделанные у Сары-Куль на Памире, на высоте 4800 м., где имеются зимовья каракиргизов с лошадьми, баранами и яками, как пример для иллюстрации того закона, что увеличение количества осадков в горах, по мере поднятия, идет лишь до известных пределов, выше которых вновь наблюдается понижение этого количества. Пример из наблюдений Северцова, однако, едва ли тут на месте, ибо наблюдавшиеся им явления, повидимому, стоят в связи с орографическими условиями, а не зависят от общего климатологического закона.

Указанный только что закон должен привести к выводу, что на высоких горах степная формация может перейти в пустынно-степную и пустынную. Подобная закономерность в смене горных растительных формаций была подчеркнута Шимпером как для горных массивов тропических стран, так и для гор умеренного пояса. И Шимпер в последнем случае пользовался фактами, добытыми русскими путешественниками (Пржевальским и др.) в горных странах Средней Азии.

Для современного почвоведа из всех указанных до сих пор данных вывод ясен: в Туркестане, на ряду с климатическими и растительными зонами, должны существовать и вертикальные почвенные зоны. И действительно, на существование таковых в системе Тянь-Шаня было указано еще Красновым, отмечавшим, между прочим, в своем предварительном отчете, что более низкие части страны (предгорья) одеты почвами азиатского типа, а более высокие—почвами европейского типа. Позже тот же автор более подробно останавливается на почвах части системы Тянь-Шаня в связи с растительными формациями. Так, например, он отмечает, что на хребте Кендык-тау и кое-где в предгорьях Заилийского Алатау встречаются почвы, содержащие до 12% гумуса и во всех отношениях, повидимому, не уступающие сибирскому черноземе. При смене черноземной прерии, по мере понижения местности, полынной степью, почвы изменяются и количество гумуса падает до 2%.

Перейдем теперь к результатам, добытым экспедициями быш. Переселенческого Управления в период 1908—1914 гг.

Прежде всего необходимо отметить, что работами указанных экспедиций установлено в пределах Туркестана две области, более или менее резко различающиеся характером своих вертикальных зон. Первая из этих областей охватывает Джетысу, где вертикальные зоны выражены так же, как и в других частях бурой зоны, вторая заключает в себе юг б. Сыр-Дарьинской, юг б. Ферганской, б. Самаркандскую области и Туркменскую республику, где вертикальные зоны выражены совсем в других формах.

Для характеристики вертикальных зон Семиреченской области остановимся прежде всего на почвенных зонах Лепсинского у., пользуясь данными, добытыми Прасоловым. На территории упомянутого уезда могут быть выделены:

1) Зона светлобурых суглинков, песков и солончаков, занимающая высоты до 600 метр. над уровнем моря.
2) Зона каштановых суглников под сухой полынно-злаковой или кустарниковой степью—от 600 до 800 м.
3) Зона черноземной степи—от 800 до 1200 м.
4) Зона черноземовидных горно-луговых, иногда с признаками деградации, почв под высокотравными лугами—от 1200 до 2000 м.
5) Зона выщелоченных горно-луговых почв под мелкотравными горными лугами—от 2000 до 3000 м.

„Такая последовательность ясна только на открытых склонах и плоскогорьях, в долинах же зоны смешиваются и продвигаются вверх и вниз. Особенно условны границы зон по отношению к лесу, так что выделение зон лесов хвойных и лиственных здесь положительно невозможно".

„В восточном краю Джунгарского Алатау влажные горные луга вытеснены сухими или периодически высыхающими лугами („высокогорной степью"). И следующая зона здесь с преобладанием степного

характера, а потому, вместо черноземовидных со следами деградации почв, тут встречаются почвы, близкие к черноземам, но с повышением уровня углесолей".

„В Тарбагатае три верхние зоны выражены не ясно, в силу меньшей высоты гор и их орографических особенностей. Зона черноземной степи сжата и разорвана. На западных отрогах Тарбагатая и в Акчетавских горах остаются, в сущности, две нижние зоны, при чем зона сухой полынно-злаковой степи принимает здесь особый облик, изобилуя, с одной стороны, солонцами, а с другой—зарослями степных кустарников, и поднимается в то же время далеко выше тех пределов, в которых она лежит на предгорьях Алатау. Мы наблюдаем типичные светлокаштановые почвы в верховьях Аягуза и под Акчетавским хребтом на высотах в 1000—1100 м., тогда как нижняя гра-



Рис. 51. Берега р. Или со светлобурыми почвами. Фот. Воротникова.

ница их и здесь прослеживается на высоте примерно 600 м., где каштановые суглинки уступают место комплексу бурых суглинков, солонцов и солончаков".

В более южных частях Джетысу были обследованы долины Каракольского округа (Прасолов), который является высокогорной страной и входит в состав центрального Тянь-Шаня. Исследованную область можно подразделить на следующие части:

1. Горные долины, заиятые поливными посевами хлебов. Эти долины, несмотря на значительную высоту над уровнем моря (1600—2000 метр), принадлежат к культурной зоне. Ниже расположены только прибрежья Иссык-куля и часть урочища Тогуз-Торау. В долине Нарына и Атбаши с Каракаюном растительные формации низких долин и свойственные им почвы поднимаются до высоты около 2500 м., т. е. высоты, на которой в Заилийском и Джунгарском Алатау начинаются уже альпийские луга. Нетроиутые земледелием места долин этой категории представляют собой, в зависимости от увлажнения почвы поверхностными и грунтовыми водами, то каменистую пустыню, то степь с полынью и чием, солончаки и пр.
2. Долины переходные в полосе сухих полынно-типчаковых степей, каковы окраины многих низких долин. Им свойственны светлокаштановые суглинки. Такие

степи начинаются в долинах южной стороны Иссык-куля и верховьев р. Чу с высоты около 2000 м. и поднимаются до 2600 м. Южнее, за Нарыном, мы видим степь с полынью и типчаком, начиная от 2500 до 3000 метр.

3. Высокогорные долины и горные склоны в пределах субальпийской или хвойной зоны. Здесь на равнинах и обращенных к солнцу склонах располагается степь или сухой луг, на северных склонах—прерии или влажные луга, а также еловые леса. Пределы ели к югу от Иссык-куля—2100—2300 м. В этих же пределах наблюдалась субальпийская травяная растительность: степь—на темнобурых суглинках, прерия—на черноземовидных почвах.

На высоких перевалах в 3200 м. и более встречались уже влажные луга с горно-луговыми почвами.

В промежутке между двумя описанными уездами лежат обследованные Бессоновым части Джаркентского и Алма-атинского (Верненского у.), которые могут быть разделены на следующие области: 1) черноземную полосу вдоль хребта Заилийского Алатау, к югу от Верного, и вдоль Джунгарского Алатау; 2) полосу каштановых почв от Казанско-Богородского почти до р. Чилика; 3) полосу светлобурых суглинков; 4) долину р. Или с ее солончаками, песками и луговыми почвами; 5) плато (Карой) с пустынной степью, занятой полынью и эбелеком (Ceratocarpus), с светлобурыми супесями в качестве почвенного покрова; 6) солончаковые, болотные и луговые местности в предгорьях Джунгарского Алатау.

Особенно детально были изучены Аболиным почвы западной части Верненского у. Этот район может быть разбит снизу вверх на следующие зоны:

1. Полынно-степную, не подымающуюся выше 945 м. Она делится на нижнюю—чисто полынную, со светлобурыми почвами, содержащими 1/2—1 1/2% гумуса, и полынно-злаковую, покрытую темнобурыми почвами с 1 1/2—2 1/2% гумуса.
2. Злаково-степную, идущую до высоты 1500 м. Она состоит из подзоны типчаковых степей со светлокаштановыми почвами (гумуса 2 1/2—4%) и подзоны ковыльных степей с темнокаштановыми (видимому, и южно-черноземными) почвами. Гумуса—4—6%.
3. Разнотравно-степную, состоящую местами явственно из двух подзон: ковыльно-разнотравной, покрытой черноземами с 7—12% гумуса, и кустарниково-разнотравной с мощным черноземом, содержащим 15—20% гумуса.
4. Лесную или луговую с подзолистыми, а среди хвойных лесов—иногда и подзолисто-глеевыми почвами.
5. Высокогорную, состоящую из двух подзон: альпийской и ледниковой или снеговой. В альпийской подзоне почвы глеевые.

Необходимо отметить, что почвы горных склонов, хотя бы и пологих, отличаются от почв горных плато, даже при условии их залегания в одной и той же зоне. Почвы горных плато, часто каштановые в Джетысу, совершенно сходны с таковыми же киргизских сухих степей, почвы же склонов имеют нередко луговой или солончаковатый характер. Само собой понятно, что сколько-нибудь крутые склоны не дают возможности нормального развития почвы, и потому в таких местах наблюдаются перерывы в распространении той или другой из вертикальных зон.

Переходя к вертикальным зонам южного Туркестана, остановимся прежде всего на почвах б. Чимкентского у. б. Сыр-Дарьинской области. Как мы уже знаем, низкие предгорья здесь покрыты сероземами,

а не светлобурыми почвами, и соответственно с этим, поднимаясь в горы, мы встречаем в следующей верхней зоне не каштановые почвы, а лишь несколько напоминающие последние (рис. 52). Первоначально, пока южная часть Туркестана была мало изучена, эти почвы называли условно каштановыми, но затем должны были отказаться от этой терминологии и стали называть их темносерыми. Эти почвы совершенно не имеют цветовых оттенков каштановых и в то же время некоторыми своими признаками напоминают сероземы. Выше темносерых почв здесь также нет почв, которые можно было бы вполне параллелизовать с черноземами. Это почвы темного, почти черного цвета, но морфология их не черноземная, хотя вначале и эти почвы



Рис. 52. Аналоги каштановых почв. Фот. Неуструева.

условно называли черноземными (рис. 53 и 54). Очевидно, для почв, занимающих горные склоны южного Туркестана, должна быть выработана особая номенклатура.

В Чимкентском у. (Неуструев) нижняя зона сероземов и солончаков занимает высоты от 250 до 700 метр. Полоса, лежащая на высоте от 800 до 1500 м., характеризуется средней годовой температурой в 8—10°, а количество атмосферных осадков здесь выше 300 мм. в год. Флора плато и открытых склонов степная; здесь встречаются Stipa capillata, Agropyrum repens, Hordeum Caput Medusae, Bromus inermis, Secale cereale, Poa bulbosa, Artemisia scoparia, Sophora pachycarpa и др. Материнскими породами являются лесс или делювиальные суглинки, а также и твердые породы: известняки, песчаники и изверженные породы. Почвы темносерые.

Более темных степных почв здесь почти нет, в виду отсутствия равнинных плато на той абсолютной высоте, которая соответствует этой зоне.

На высоте 1800—3000 м. в Таласском Алатау и Каратау встречаются горно-луговые почвы. Их материнской породой является мелкоземистая, часто с камнями, маломощная глина желтого или краснобурого цвета. Растительность состоит из Poa alpina, P. annua, Papaver alpinum, Potentilla gelida, Cerastium alpinum, Leontopodium



*Рис. 53. Зона аналогов чернозема в Ошском у. Фот. Неуструева.*

sibiricum, Ranunculus gelidus и пр. „Растения густым ковром цветов покрывают почву, образуя дерн и густое сплетение корней в верхнем слое". Горно-луговые почвы встречаются в двух разновидностях: у первой почва является в виде тонкого слоя землистой массы темно-коричневого цвета, лежащей непосредственно на камнях и перепол-



Рис. 54. Ковыльная степь предгорий Таласского Алатау. Фот. Неуструева.

ненной щебенкой и корешками растений, у другой разновидности различается поверхностный темносерый горизонт мощностью в 1—5 см. с массой корешков, а под ним, резко отделяясь, лежит довольно светлая серо-бурая с корнями и железистыми пятнами глинистая масса, книзу слабо светлеющая и переходящая в бурую, иногда красноватую глину.

В б. Андижанском у. б. Ферганской области Неуструев различает следующие зоны:

1. Равнины, в девственном виде представляющие полынно-солянковые солончаковые полупустыни; они искусственно орошены и несут богатые культуры.
2. Зона низких холмов (адыров, по местному) представляет сухую степь с сероземами. Светлые сероземы идут до 1100—1200 м. абс. высоты и покрыты полынно-злаковой и разнотравной растительностью.
3—4. Злаковая степь с темными сероземами, по мере повышения обращающимися в аналоги черноземов. „Полоса злаковой степи не широка и в восточной части уезда, благодаря быстрому повышению местности, скоро переходит" в лугово-степную зону. В западной же части „она сменяется лесной зоной, в которую внедряется пятнами и лентами, сливаясь с ней, и на ее пространстве переходит в горную луго-степь". Лесные почвы богаты гумусом и имеют хорошо выраженную ореховатую структуру (последняя, впрочем, свойственна, в большей или меньшей степени, большинству почв Андижанского у.).



Рис. 55. Горные луга в Чаткальском хребте. Фот. Неуструева.

5. Зона луго-степи простирается от 1700 м. до 3000—3200 м. на северном склоне Ферганского хребта и до 2500—2700—на склонах, обращенных к Ферганскому бассейну. Кверху она изменяется в сторону субальпийского луга. Почвы здесь черноземовидные, представляющие всевозможные переходы до горно-солончаковых.

6. Субальпийская зона (выше 2800 м.). Почвы горно-луговые, без карбонатов, сильно светлеют по сравнению с почвами предыдущей зоны и разбивают бурый дерновый слой (рис. 55).

Не останавливаясь на других уездах Ферганы [1]), перейдем к вертикальным зонам южной части Закаспия. Драницын относит эту часть области к зоне сероземов, отмечая, что в предгорной полосе залегают светлые сероземы, формирующиеся на пролювиальных осадках. Еще на высоте 2000—5000 фут. встречаются различные виды сероземов, постепенно темнеющих в верхних частях предгорий и переходящих в темносерые почвы. Последние занимают высоты в 5500—6500 ф. и покрыты злаковой степью. Зона почв, аналогичных черноземным, здесь отсутствует. Более богатые гумусом почвы, чем темносерые, встречаются интразонально.

---

## ЛИТЕРАТУРА

### Крым


Антипов-Каратаев Зап. Государ. Никитского Опыт. Ботанического сада, т. IX, № 2, 1926.

Богословский. Изв. Геолог. Ком., т. XVI, 1897.

Докучаев. Русский чернозем. Спб., 1883.

Зибольд. Труды Опытн. Лесничеств. II вып., 1904.

Клепенин. Сборник по основной статистике. Оценочная часть. Вып. II, Симферопольский у., 1906.

„ Ibidem. Перекопский у. Симферополь, 1906.

Морачевский. Почвы Европ. России Спб., 1907 (карта Ферхмина).

Прохоров. Труды Опытн. Леснич. Вып. II, 1906.

Танфильев. „Почвоведение".


### Кавказ


Буш. Изв. Р. Г. О., т. XXXIV, 1898, т. XXXVI, 1900.

„ Ботанич. путешествие по зап. Дагестану. Спб., 1905.

Вознесенский. Зап. Кавказ. Отд. И. Р. Г. О., кн. XVII.

Гедеванов. О почвах Кинтришск. уч. Батумск. Округа. Тифлис, 1912.

Глинка, К. „Почвоведение", 1909, № 3.

Докучаев. Доклад Закавк. Стат. Комит. об оценке земель вообще и Закавказья в особенности. Тифлис, 1899.

„ Предвар. отч. об исслед. на Кавказе летом 1889 г. Тифлис, 1900.

„ К учению о зонах природы. Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны, 1899.

Захаров. „Почвоведение", 1906, № 1—4.

„ Журн. Оп. Агр. кн. II, т. VI, 1905 (Мугань).

„ Дневник XII съезда русск. естеств. и врачей.

„ Почвы Мильской степи. Спб., 1912. Изд. Отд. Зем. Улучш. Г. У. З. и З.

„ О лессовидных отложениях Закавказья. „Почвоведение", 1910.

„ Тр. Москов. Почв. Комит., т. II. Москва, 1913.

„ О почвен. областях и зонах Кавказа.—Сборн. в честь 70-летия Д. Н. Анучина Москва, 1913.

— Извест. Констант. Межев. Инст., вып. IV, 1913.

Имшенецкий. Кубанские степи. Ростов на Дону, 1924.

Калинин. О почвах Аджарии. Тифлис, 1912.

Краснов. Труды Общ. Испыт. природы при Харьк. Унив., 1893—1894, т. 28.

Кузнецов, Н. Труды Ботан. Сада Юрьев. Унив., т. II, в. 1, 1901.


[1]) См. отмеченные выше, при описании зоны сероземов, отчеты Неуструева, Доленко и Таганцева.

Кузнецов Н. Зап. Акад. Наук по физ.-мат. отд., т. XXIV, № 1, 1909.
„ Изв. Р. Г. О., т. XLIX, 1913, вып. 1—III.
Мищенко. Труды Ботан. Сада Юрьев. Унив., т. III, 1902.
Неуструев и Иванова. Сообщ. Отд. почвовед. Госуд. Инст. Оп. Агр. 1927.
Новопокровский. Зап. Новоросс. Общ. Естеств., т. XXIX, 1906.
Пенков, А. Почвы Малой Кабарды, 1926; Почвы Большой Кабарды, 1926.
Прасолов. Трухменская степь Ставропольской губ. Ставроп.-Кавказский, 1909.
Ренгартен. Изв. Р. Г. О., т. LVII, 1925, вып. 2 (литература).
Смирнов-Логинов. Извест. Азербайдж. Полит. Инст., № 1, 1925.
„ „ Почвы юго-восточной части нагорного Карабаха. Баку, 1926.
Танфильев. Очерк главнейш. районов черномор. побережья Кавказа. Юбилейный сборник имени Стебута. Спб., 1904.
Тулайков. Изв. Москов. Сельско-хоз. Институт., 1906.
Тумин. Горько-балковские и Сухопадинские казенн. участки Ставропольск. губ., 1909.
Фигуровский. Кавказское Сельск. Хоз., 1905, стр. 18—20 и 45—47.
„ Опыт исследования климатов Кавказа, т. I. Спб., 1912.
Шмук. К биологии Кубанского чернозема. Краснодар, 1923.
Яковлев, С. Почвы и грунты по линии Армавир-Туапсинской жел. дор. Сообщ. XVI из Бюро по Землед. и почвов. Уч. Ком. Г. У. З. и З. Спб., 1914.

## Алтай

Абутьков. Тр. почв.-ботан. экспед.—Почв. исслед. 1908 г., вып. 3, Спб., 1909.
Выдрин и Ростовский. Матер. по исслед. почв Алтайского округа. Барнаул, 1899.
Келлер. Предвар. отчет о ботанич. исследов. в Сибири и Туркестане в 1909 г. Под ред. Флерова. Спб., 1910.
„ По долинам и горам Алтая. Том I. Казань, 1914.
Левченко. Предвар. отчет об организ. и исполн. работ по исслед. почв Азиат. России в 1909 г. Спб., 1910.
Смирнов. Тр. почв.-ботан. экспед. Почв. исследования 1908 г. Спб., 1909.
„ Ibidem, за 1909 г., вып. 1. Спб., 1910.
„ Предвар. отчет об организ. и исполнении работ по исслед. почв Азиатской России в 1910 г. Спб., 1911.
„ Почвы горной части Змеиногорского у. (Алтай). Баку, 1926.

## Туркестан

Аболин Р. „Семиречье“, № 12. Декабрь, 1916.
Бессонов. Тр. почв.-ботан. экспед. Почв. исслед. 1908 г., вып. 6. Спб., 1910.
„ Изв. Самарского Сельскохоз. Институт., т. I, 1923 г.
„ Предварит. отчет об организ. и исполн. работ по исслед. поч в Азиатской России в 1909, 1912, 1913 гг.
Доленко. Предвар. отчет и т. д. за 1913 г., Спб., 1914.
Драницын. Предвар. отчет и т. д. за 1912 г. Спб., 1913.
Hann. Handbuch der Klimatologie, Bd. I, 1897, p. 301.
Краснов. Тр. Спб. Общ. Естест., т. XVIII, 1887, стр. 52—55.
„ Тр. Р. Геогр. Общ., 1888, т. XIX.
Неуструев. Тр. почв.-ботан. экспед. Почв. исслед. 1908 г., вып. 7. Спб.; 1910.
„ Предвар. отчет и т. д. за 1909. Спб., 1910.
„ „ „ „ за 1910. Спб., 1911.
„ „ „ „ за 1911. Спб., 1912.
„ „ „ „ за 1912. Спб., 1913.
„ „ „ „ за 1913. Спб., 1914.
Прасолов. Тр. почв.-бот. экспед. Почв. исслед. 1908 г., вып. V, 1909.
„ „ „ „ „ „ „ 1909 г., вып. IV, 1910.
Schimper. Pflanzen-Geographie. Jena, 1898, p. 758 ff., 789 ff.
Северцов. Изв. Общ. Любит. Естествозн., Антропол. и Географии, т. VIII, вып. 2, 1873.
Таганцев. Предвар. отчет и т. д. за 1913 г. Спб., 1914.

# ДОПОЛНЕНИЯ

Достаточно большой период переработки и печатания книги не позволил в надлежащей мере использовать новейшую литературу, а кое-что было и просто пропущено. Последнее является, к сожалению, неизбежным при том огромном материале, который пришлось использовать. В виду сказанного, я счел необходимым сделать некоторые добавления, которые, конечно, не претендуют на исчерпывающую полноту, но отмечают лишь существенные недочеты.

1. Так, при обсуждении вопроса о количествах почвенных микроорганизмов я не успел использовать новейшие исследования Виноградского (Annales de l'Jnstitut Pasteur, 39, 1925), дающие новую методику подсчета почвенных микроорганизмов. Согласно новым подсчетам, количество микробов в 1 кб. см. достигает не миллионов, а миллиардов экземпляров.

2. В литературном списке, относящемся к главе о механическом анализе, пропущены следующие работы:

Глушков, В. Отчет гидрометрич. части в Туркестанском крае, т. I, 1910 г.

Зильберминц, В. А., и Кленова, М. В. Тр. Инст. Прикл. Минералогии, 1925; описаны новейшие методы механич. анализа.

Кленова, М. В. Там же, вып. 5, 1926 г.; в двух последних работах см. литературу.

3. При обсуждении вопроса о поглотительной способности я не успел использовать интересных работ Д. Иванова и только на последнем съезде почвоведов заслушанного доклада А. Ф. Тюлина по вопросу о поглощающем комплексе. Толчком к этим исследованиям послужили работы А. Н. Соколовского (Изв. Петров. С.-Х. Академии, 1919; Intern. Mitteil. f. Bodenkunde, 1923, H. 3—4), который, замещая в почве поглощенный кальций однозначными ионами, пришел к заключению, что почвенный ил (гумус и глина) состоит из двух фракций неодинакового значения: одна из них связана с поглощенным кальцием и находится с ним в состоянии равновесия; если это равновесие нарушено, она переходит в псевдораствор. Другая фракция представляет коллоидный комплекс, в котором органическая и минеральная части взаимно скоагулированы. Первую фракцию Соколовский называет активным илом, а содержащийся в ней перегной—активным гумусом. Вторая фракция представляет пассивный ил, который может переходить в активную форму под влиянием биологических процессов. Активный ил играет большую роль в образовании зернистых структур почвы.

Мы не останавливаемся здесь на методике отделения активного и пассивного ила, отсылая читателя к указанным работам Соколовского.

В последние годы Д. В. Иванов насыщал черноземные почвы натрием путем обработки их нормальным раствором NaCl и под конец

норм. раствором $Na_2SO_4$ на воронке. После насыщения почва обрабатывалась водой и фильтровалась через свечу Беркфельда. Фильтрат, представлявший первую фракцию поглощающего комплекса (частицы меньше 0,1 μ), давал от 20,5 до 32,12% плотного остатка, в котором было 4,9—8,16% потери при прокаливании и от 15,6 до 23,96% минерального вещества. Вторая фракция поглощающего комплекса (<0,25 μ.) получалась при собирании неосевшей в течение 19—20 дней порции вещества, не прошедшего сквозь свечу Беркфельда. Общее количество плотного остатка у этой фракции колебалось от 13,66 до 21,62%, из коих от 2,71 до 3,38% падало на потерю при прокаливании и от 11,33 до 18,24% на минеральное вещество.

Химический состав минерального вещества второй фракции оказался для всех исследованных воронежских черноземов (Каменной Степи и Областной опытной станции) почти одинаковым: наибольшие колебания обнаружены по отношению к CaO (0,53—1,19%) и MgO (3,70—4,62%); количества $SiO_2$ колеблятся между 54,75 и 55,27%, $Al_2O_3$—между 24,33—25,31% и $Fe_2O_3$—между 11,18 и 11,62%. Такие цифры говорят о чрезвычайно однородном составе некоторой части поглощающего комплекса (см. Иванов Д. Научно-Агроном. журн., 1926, кн. 4).

Несколько позже тот же автор, изучая дисперсность органического вещества, пришел к следующим выводам (Научно-Агрон. журн., 1926, кн. 7—8):

а) Дисперсность органического вещества комплекса различных почв, насыщенных NaCl, подчиняется формуле $\frac{c}{r/v} = \text{const.}$, при одинаковом состоянии пептизации, где c—концентрация осаждающей соли, r—число ионов сгустка, v—объем сгустка. Выведенный из этой формулы коэфф. дисперсности, при условии, что *r* в сравниваемых гидрозолях будет выражаться одинаковым числом, показывает отношение объемов сгустков двух различных почв и ту концентрацию осаждающей соли, при которой сравниваемый дисперсоид может быть коагулирован.

б) Между отношением $Fe_2O_3$ к потере от прокаливания в фильтрате свечи Беркфельда и коэффициентом дисперсности существует почти обратная пропорциональность.

в) Содержание органического вещества, определенное по методу Ищерекова в фильтрате свечи Беркфельда, в двух почвах находится в прямой пропорциональности к коэффициенту дисперсности этих почв.

г) Коагуляция органических дисперсоидов естественных черноземов происходит в присутствии иона кальция и при определенном соотношении органической части к цеолитоподобной, приблизительно, как 1:3.

д) Суспензии дисперсоидального происхождения, обусловливая зернистость чернозема, являются положительным фактором физических свойств почвы.

е) Суспензии не дисперсоидального происхождения, размером от 0,001 мм. до 0,25 м., придают почве, в которой они присутствуют, плохие физические свойства.

А. Ф. Тюлин в последней работе, пока еще не опубликованной, приходит также к заключению об определенных закономерностях между отдельными ингредиентами поглощающего комплекса.

4. По вопросу о физическом поглощении и в то же время по вопросу о почвенных растворах имеется работа А. В. Трофимова (Научно-Агрон. журнал., 1925, кн. 10), в которой автор приходит к заключению, что хлориды (Ca и щелочн. металлов) и $Ca(NO_3)_2$

неравномерно распределяются в почвенном растворе: их концентрация в поверхностных слоях почвенного раствора во много раз меньше, чем в остальном растворе. Размеры неоднородности почвенного раствора могут быть выражены в виде „объема несодержащей солей пленки", величина которой зависит от солевой концентрации раствора; этой зависимости удовлетворяет уравнение абсорбции Фрейндлиха. Объем адсорбированной части почвенного раствора, свободный от хлоридов и нитратов, для естественных концентраций почвенного раствора лежит между ординарной и двойной максимальной гигроскопичностью почв. По сравнению с последней он более подвижен.

5. По вопросу о почвенном воздухе отметим несколько подробнее работы А. Г. Дояренко (Научно-Агрон. жур., 1925, кн. 3 и 1926, кн. 3). В первой из этих работ исследователь, между прочим, отмечает, что содержание кислорода в почве колеблется от 2% (при плохой обработке почвы) до 12% (при хорошей обработке). Обычное содержание 7—8%. Основываясь на работе А. А. Кудрявцевой, автор приходит к заключению, что содержание кислорода в почве, если нет энергичного газообмена с атмосферой, не покрывает потребностей корней.

Это последнее заключение не оправдывается, однако, для злаков, по данным лаборатории Д. Н. Прянишникова.

6. О почвенных растворах отметим статьи А. Г. Дояренко (Научно-Агрон. журн., 1924, кн. 9—10), где описывается метод масляно-эмульсионного извлечения почвенного раствора и перечисляются те определения, которые делаются в лаборатории исследователя в этих растворах, и С. М. Драчева и Ф. С. Соболева (Научно-Агрон. журн., 1926, кн. 2), трактующая о сравнительном изучении почвенного раствора методами масляно-эмульсионным и водной вытяжки.

7. По вопросу о происхождении лесса хотелось бы подчеркнуть, что между моими взглядами и взглядами Л. С. Берга нет противоречий. Оба мы отрицаем эоловое образование лесса и стоим за его водное (флювио-глациальное) происхождение. После доклада Л. С. Берга на VI съезде почвоведов, я полагаю, что он прав, считая, что отложения породы, из которой впоследствии получился лесс, подвергались почвенным процессам.

Более подробные данные о новейшей русской литературе по почвоведению читатель найдет в моей статье: „Русское почвоведение в последнее десятилетие", печатаемой „Работником Просвещения".

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие . . . . . 5
Введение . . . . . 7

**ЧАСТЬ I. Почвообразование** . . . . . 25

ГЛАВА I. **Образование органической составной части почв** . . . . . 28

Состав растительных остатков, служащих для образования гумуса . . . . . 28
Важиейшие источники образования почвенного гумуса . . . . . 31
Участие животных в процессах разложения органических остатков . . . . . 35
Главнейшие типы превращений органического вещества в почве под влиянием микроорганизмов . . . . . 43
Химический состав гумуса . . . . . 51
Распределение микробов в почвах . . . . . 65
Условия разложения органических остатков . . . . . 68
Литература . . . . . 75

ГЛАВА II. **Выветривание** . . . . . 83

Механическое выветривание . . . . . 86
Химическое выветривание . . . . . 90
Опытные данные о химическом действии воды и растворов на минералы и горные породы . . . . . 91
Опыты над выветриванием пород в природе . . . . . 98
Органическое выветривание . . . . . 100
Роль растений в процессах выветривания . . . . . 100
Действие веществ гумуса на минералы и горные породы . . . . . 104
Выветривание минералов в природе . . . . . 114
Сернистые соединения . . . . . 114
Окислы . . . . . 114
Алюминаты и ферриты . . . . . 115
Силикаты . . . . . 115
Алюмосиликаты и феррисиликаты . . . . . 117
Выветривание горных пород . . . . . 129
А. Массивные кристаллические породы . . . . . 129
Б. Кластические породы . . . . . 129
В. Породы органогенные . . . . . 134
Деятельность человека, как фактор выветривания . . . . . 134
Круговорот легко подвижных продуктов почвообразования в природе . . . . 135
Закономерность в распределении по земной поверхности продуктов почвообразования . . . . . 141
Литература . . . . . 143

**ЧАСТЬ II. Общие свойства почв** . . . . . 151

ГЛАВА I. **Морфология почв и методы ее изучения** . . . . . 153

Литература . . . . . 158

ГЛАВА II. **Механический состав почв и явления коагуляции** . . . . . 159

Взаимное осаждение коллоидов . . . . . 169
Классификация почв по механическому составу . . . . . 173
Литература . . . . . 174

ГЛАВА III. **Петрографический состав почвеиных масс** . . . . . 176

Минералы почвенного скелета . . . . . 178
Состав почвенного мелкозема . . . . . 183
Литература . . . . . 186

ГЛАВА IV. **Химический состав почв** . . . . . 187

Литература . . . . . 188

ГЛАВА V. **Физические свойства почв** . . . . . 189

Удельный вес . . . . . 189
Абсолютный и кажущийся удельный вес почвы . . . . . 189
Порозность (скважность) почв . . . . . 190
Воздухопроницаемость почвы . . . . . 191
Пластичность, клейкость и связность почвы . . . . . 192
Литература . . . . . 197
Водные свойства почвы . . . . . 198
Литература . . . . . 214
Влияние леса на водный режим почвы . . . . . 217
Литература . . . . . 229
Тепловые свойства почв . . . . . 231
Литература . . . . . 238

ГЛАВА VI. **Поглотительиая способиость почвы** . . . . . 240

Химическая (обменная) абсорбция в почве . . . . . 240
Поглощение почвами газов и жидкостей (воды) . . . . . 244
Литература . . . . . 249

ГЛАВА VII. **Почвенный воздух** . . . . . 251

Литература . . . . . 254

ГЛАВА VIII. **Почвеиные растворы** . . . . . 256

Кислотность почв в растворах и суспензиях . . . . . 261
Литература . . . . . 263

**ЧАСТЬ III. Характеристика почвенных типов и география почв** . 265

ГЛАВА I. **Почвенные классификации** . . . . . 267

Литература . . . . . 292

ГЛАВА II. **Характеристика почвеиных типов и разностей** . . . . . 294

I. Почвы латеритного типа . . . . . 294
Литература . . . . . 311
II. Почвы подзолистого типа . . . . . 313
Литература . . . . . 344
III. Почвы степного типа . . . . . 346
1. Черноземные почвы . . . . . 346
Литература . . . . . 369
2. Каштановые почвы . . . . . 372
3. Бурые почвы . . . . . 376
4. Сероземы . . . . . 279
5. Красноцветные почвы . . . . . 383
Литература . . . . . 385

IV. Почвы болотного типа . . . . . 386
A. Собственно болотные почвы . . . . . 386
Литература . . . . . 395
B. Почвы солончаковые . . . . . 397
Пустынные корки . . . . . 407
V. Почвы солонцового типа . . . . . 413
Литература по солончакам и солонцам . . . . . 431

ГЛАВА III. **Влияние химизма материнской породы на почвообразование** . . . 435

Литература . . . . . 439

ГЛАВА IV. **Ископаемые и древние почвы** . . . . . 440

Литература . . . . . 453

ГЛАВА V. **Краткая характеристика почвенных зон СССР и ближайших соседних государств** . . . . . 455

I. Тундровая зона . . . . . 455
Литература . . . . . 463
II. Подзолистая (лесная) зона . . . . . 464
Литература . . . . . 496
III. Черноземная (степная) зона . . . . . 501
Литература . . . . . 529
IV. Каштановая и бурая зоны . . . . . 532
Литература . . . . . 548
V. Серая зона . . . . . 549
Литература . . . . . 555

ГЛАВА VI. **Горные страны СССР** (Вертикальные почвенные зоны) . . . . . 557

I. Крым . . . . . 557
II. Кавказ . . . . . 558
III. Урал . . . . . 561
IV. Алтай . . . . . 562
V. Туркестан . . . . . 565
Литература . . . . . 573
**Дополнения** . . . . . 575