С. А. Алиев

Условия накопления и природа органического вещества почв

БАКУ – 1966

АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ

С. А. АЛИЕВ
доктор сельскохозяйственных наук

УСЛОВИЯ НАКОПЛЕНИЯ И ПРИРОДА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
БАКУ — 1966

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского Совета
Академии наук Азербайджанской ССР

Редактор доктор биол. наук, профессор
М. М. КОНОНОВА

Әлијев Спартак Әскәр оглу

ТОРПАГЛАРДА ҮЗВИ МАДДӘЛӘРИН
ТОПЛАНМАСЫ ШӘРАИТИ ВӘ ТӘБИӘТИ

(рус дилиндә)

Редактор издательства *В. Левецкая*
Художественный редактор *Ф. Сафаров*
Технический редактор *М. Ибрагимов*
Корректор *Е. Айрапетова*

Подписано к печати 26/XI-1965 г. Формат бумаги 60×92¹/₁₆.
Бум. лист 8,75 Печ. лист 17,50. Уч.-изд. лист. 19. ФГ 17562. Заказ 373.
Тираж 1400. Цена 1 руб. 20 коп.

Типография «Красный Восток» Комитета по печати
при Совете Министров Азербайджанской ССР
Баку, ул. Аэи Асланова, № 80.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей народнохозяйственной задачей является повышение урожайности всех сельскохозяйственных культур с целью обеспечения населения продуктами питания и сырьем для многих видов промышленности. Выполнению этой задачи будет способствовать разработка коренных вопросов биологической науки, помогающих решению практических задач сельского хозяйства.

В целях дальнейшего успешного развития биологической науки и укрепления ее связей с практикой Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР (январь 1963 г) признали необходимым всемерно развивать весь комплекс биологических наук. Необходимо выяснить сущность жизненных явлений, вскрыть биологические закономерности развития органического мира, разработать различные способы управления жизненными процессами, развивать мичуринское направление в биологической науке, основой которого является признание важнейшей роли условий жизни в развитии органического мира.

Крутой подъем сельского хозяйства будет обеспечен разработкой новых систем земледелия с максимальным использованием потенциальных богатств почвы при одновременном повышении ее плодородия.

В создании плодородия почв большое значение принадлежит непрерывно протекающим в них биохимическим процессам синтеза и разложения органического вещества. Поэтому необходимо выяснить в почвах Азербайджанской ССР запасы гумуса и азота, от наличия которых существенно зависит потенциальное плодородие почв, так как гумус служит источником питательных веществ (азот, фосфор, калий, сера и др.) для сельскохозяйственных культур и вместе с тем оказывает влияние на физические, физико-химические и биологические свойства почвы.

Для разработки агротехнических приемов правильного использования запасов органического вещества в почве необходимо выяснить значение в процессах его накопления и разложения природных условий — климата, растительности, деятельности почвенной микрофлоры и фауны. Большое значение для условий Азербайджана имеет выяснение закономерностей в изменении состава и природы гумуса по вертикальной зональности.

В сложной проблеме органического вещества представляют также интерес исследования по интенсивности разложения растительных остатков, химического состава и анатомического строения гумифицирующихся растительных тканей и микрофлоры разлагающейся растительности.

Одной из важных проблем почвоведения, связанной с развитием сельского хозяйства, является раскрытие энергетической стороны процесса гумусообразования.

Весь комплекс перечисленных выше вопросов, касающихся природных условий гумусообразования, влияния этих условий на процесс гумификации растительных остатков, природу гумусовых веществ и другие, и явился предметом наших исследований.

Почва в течение года претерпевает ряд сложных сезонных изменений, объясняемых различиями климатических условий, которые оказывают существенное влияние на биологические явления в почвообразовательном процессе.

Проведенные нами в основных типах почв Азербайджана многолетние стационарные исследования водного, температурного и воздушного режимов, микробиологической деятельности, динамики накопления и разложения растительной массы, процессов гумусообразования и окислительно-восстановительных условий позволили для каждого почвенного типа выявить особенности в сезонных фазах биологических процессов. Эти особенности необходимо учитывать при разработке приемов земледелия.

На основе полученных нами материалов исследования, а также анализа литературных данных в заключительной главе (XI) мы излагаем свои соображения о приемах накопления органического вещества и его рационального использования в почвах Азербайджанской ССР.

Глава I

КРАТКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ (ОСОБЕННО ПОЧВ СУБТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЫ И ГОРНЫХ РАЙОНОВ СССР)

Органическая часть почвы представлена разнообразными соединениями как индивидуальной природы (белки, аминокислоты, углеводы, органические кислоты, жиры, воски, смолы и др.), являющимися продуктами распада растительных и животных остатков или продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, так и собственно гумусовыми веществами (гуминовые кислоты, фульвокислоты, гумины и гиматомелановые кислоты), которые образуются в результате сложных превращений исходных растительных и животных остатков. Группа гумусовых веществ составляет в почвах 85—90% общего количества гумуса. Все органические вещества принимают участие в почвообразовательных процессах и в питании растения.

В первые десятилетия текущего столетия гумусовые вещества почвы и торфов рассматривались как смесь химически индивидуальных соединений, обладающих вполне определенными признаками и свойствами. Однако с развитием химии высокомолекулярных соединений в области изучения почвенного гумуса появляются представления, что гумусовые вещества являются не химически индивидуальными соединениями, а группой веществ, обладающих лишь общими чертами строения, но варьирующих по своей природе и свойствам (В. В. Геммерлинг 1946 и 1952; А. А. Шмук, 1924; И. В. Тюрин, 1937 и др.).

В последние годы особенно большое значение для углубленного изучения природы и строения гумусовых веществ имели исследования с применением современных методов (химических, рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии, хроматографии и спектроскопии).

Значительный интерес представляют исследования Л. Н. Александровой (1949, 1953, 1962), которая при фракционировании фульвокислот и гуминовых кислот чернозема обнаружила, что эти две группы по показателям элементарного состава и по отношению к элекролитам, связаны переходными формами. По ее предположению, отдельные группы (фульво-гуминовые-гиматомелановые кислоты и битумы) представляют систему полимерных и гетерогенных соединений, тесно ассоциированных друг с другом. Л. Н. Александрова считает, что, отличаясь деталями строения основного ядра, степенью конденсации, характером периферических группировок, отдельные группы гумусовых веществ, очевидно, имеют общий тип структуры. С аналогичными взглядами выступил ранее С. С. Драгунов (1949).

Проведенные М. М. Кононовой (1956) и Н. П. Бельчиковой (1951) исследования природы гумусовых веществ главнейших почв СССР позволили обнаружить, что по элементарному составу, оптической плотности и по отношению к электролитам гуминовые кислоты и фульвокислоты изучаемых почв составляют как бы единую цепь переходов, при этом гуминовые кислоты подзолистых почв и красноземов более близки к фульвокислотам, нежели к гуминовым кислотам черноземов.

О неоднородности гуминовых кислот и фульвокислот и о наличии между ними переходных форм свидетельствуют новейшие работы (Кауричев, Федоров, Шнабель, 1960; Кононова и соавторы, 1960, 1961 а; Рыдалевская и Терешенкова, 1961), проводимые с помощью хроматографии, электрофореза и других методов.

Многие исследователи в настоящее время склонны рассматривать фульвокислоты как начальные формы гуминовых кислот или продукты их деструкции.

Зарубежные исследователи (Springer, 1938; Scheffer, 1959, 1959a; Welte, 1952; Laatsch, 1948, 1952, 1957), также приводят факты, свидетельствующие о наличии переходных форм между гуминовыми кислотами и фульвокислотами и о приобретении представителями одной группы гумусовых веществ признаков, которые считаются характерными для другой группы. Явления варьирования природы гуминовых кислот отмечаются также и другими зарубежными учеными (Nehring, 1955; Springer, 1956; Welte, 1952; Flaig , Scheffer, Klamroth, 1955; Flaig, 1958).

Обстоятельными работами И. В. Тюрина и Е. Л. Гуткиной (1940), Д. В. Хана (1945, 1946, 1950), Н. Г. Зырина (1948) и О. А. Найденовой (1951) выявлено, что гумины почвы не являются строго специфичными формами, а представляют собой преимущественно гуминовые кислоты, потерявшие способность к растворению в щелочи, благодаря прочной связи с минеральной частью почвы и старению гелей.

В. И. Касаточкин и О. И. Зильбербранд (1956), М. М. Кононова (1956, 1963) на основании данных рентгеноструктурного анализа показали, что основные структурные элементы, характерные для частиц гуминовых кислот ископаемых углей, торфов (ароматическое ядро в виде плоской сетки циклически полимеризованного углерода и связанных с ним боковых цепочек линейнополимеризованного — алифатического углерода) в принципе сохраняются не только в почвенных гуминовых кислотах, но и в фульвокислотах.

Об ароматической природе фульвокислот говорят также результаты изучения инфракрасных спектров, произведеных В. И. Касаточкиным и соавторами (1956, 1958, 1964), М. М. Кононовой (1963), Kobo a. Tatsukawa (1959), Schnitzer, Shearer, Wright (1959).

Приведенные в кратком изложении материалы свидетельствуют о существенной эволюции взглядов на химическую природу гумусовых веществ. Углубленные исследования природы и строения гумусовых веществ почвы с применением современных методов, равно как и развитие смежных дисциплин (биохимии, микробиологии и др.) позволяют с достаточной определенностью утверждать, что гумусовые вещества (гуминовые кислоты, фульвокислоты) представляют единую группу, представители которой разнообразны по природе и свойствам, но объединяются сходными принципами строения. Сложность природы гумусовых веществ объясняется участием в образовании их молекул разнообразных структурных единиц, из которых основными являются ароматические соединения фенольного характера и азотосодержащие соединения, как циклические, так и алифатические.

В истории изучения почвенного гумуса не существовало единых взглядов по вопросу о роли различных компонентов растительных и животных веществ в образовании гумусовых веществ.

В течение длительного времени в 20—30-е годы текущего столетия широкораспространенным было мнение, что легкомобильные вещества органических остатков (простые углеводы, целлюлоза, гемицеллюлозы) не могут участвовать в гумусообразовании вследствие способности микроорганизмов разлагать эти компоненты до конечных продуктов минерализации и низкомолекулярных кислот. Главным источником гумусовых веществ считались (Fischer u. Schrader, 1933; Fuchs, 1931; Waksman, 1935) наиболее устойчивые компоненты растительных остатков, в частности лигнин, который в процессе окисления и конденсации превращается в гумусовые вещест-

ва. Роль микроорганизмов ограничивалась лишь их участием в процессах разложения растительных остатков.

Однако современными исследованиями советских и зарубежных ученых выявилась несостоятельность концепции о лигнинном происхождении гуминовых кислот. Сторонники этой концепции, характеризуя общий ход количественных изменений отдельных компонентов тканей растений, не вскрыли сущности протекающего одновременно процесса новообразования гумусовых веществ. Это указано И. В. Тюриным (1937) и экспериментально доказано С. П. Кравковым и его сотрудниками (1935, 1938); Е. Н. Мишустиным и О. П. Подъяпольской (1938), А. В. Сорокиной и М. Т. Тягны-Рядно (1933), Ф. Ю. Гельцер (1940), М. М. Кононовой (1943, 1951), Е. З. Теппер (1952).

Изучение процесса гумификации растительных остатков и природы образующихся в этом процессе гумусовых веществ позволило М. М. Кононовой (1943, 1951) показать возможность образования гумусовых веществ на ранних стадиях гумификации растительных остатков, когда лигнифицированные ткани еще оставались без изменений. Новообразование гумусовых веществ в эти стадии совпадало с разложением целлюлозных тканей под воздействием миксобактерий. Возможность участия углеводов в образовании гумусовых веществ подтверждается в работах Davi set al. (1951, 1955, 1956), Simonart a. Mayaudon (1958), Simonart a. Wiaux (1960).

Советские ученые (Курбатов, 1953; Раковский и Журавлева, 1953) высказывают мнение, что лигнин устойчив к разложению, но тем не менее в процессе гумусообразования подвергается сложным превращениям, заключающимся в распаде лигнифицированных тканей на более простые компоненты ароматической природы, которые далее при соответствующих условиях могут конденсироваться с аминокислотами или протеинами и образовать начальные формы гумусовых веществ. В опытах с культурами целлюлозных миксобактерий и плесневыми грибами Aspergillus и Penicillium М. М. Кононова и И. В. Александрова (1949, 1958) иллюстрируют сложный характер процесса образования гумусовых веществ и тесную их связь с деятельностью микроорганизмов. Микроорганизмы разлагают исходные растительные остатки; продукты распада последних и продукты жизнедеятельности микроорганизмов являются компонентами (структурными единицами) для синтеза первичных частиц гумусовых веществ. Основными структурными единицами являются, во-первых, присутствующие в тканях растений ароматические соединения типа полифенолов (высвобождающиеся при разложении дубильных веществ и лигнина и образуемые микроорганизмами продукты обмена ароматической природы), а

во-вторых, азотосодержащие соединения (преимущественно продукты ресинтеза микроорганизмов). Важнейшим положением биохимии гумусообразования является, то что конденсация этих структурных единиц происходит в условиях биокатализа, осуществляемого ферментами типа фенолоксидаз (Кононова, 1949, 1951).

Таким образом ранее выдвигаемые А. Г. Трусовым (1915, 1916, 1916а, 1917), И. В. Тюриным (1937), Е. Н. Мишустиным и О. П. Подъяпольской (1938) положения о возможной роли окислительных ферментов в синтезе гумусовых веществ получили экспериментальное подтверждение.

Вышеизложенный краткий обзор литературы позволяет резюмировать основные положения современных представлений о биохимизме образования гумусовых веществ (см. Кононова, 1963).

1. Разнообразные растительные вещества легкоиспользуемые микроорганизмами (углеводы, белки, аминокислоты) и устойчивые к их воздействию (лигнин, дубильные вещества) могут являться источником ароматических соединений (структурных единиц), из которых формируются молекулы гумусовых веществ. Вместе с тем в качестве структурных единиц для построения первичных частиц гумусовых веществ могут служить продукты обмена и ресинтеза микроорганизмов (аминокислоты и протеины).

2. Микроорганизмы участвуют не только в распаде исходных растительных тканей, но и в синтезе первичных частиц гумусового вещества. Выделяемые многими микроорганизмами ферменты — фенолоксидазы создают условия биокатализа, способствующие окислению ароматических соединений типа полифенолов до хинонов, которые, обладая высоким химическим потенциалом, взаимодействуют с аминокислотами и протеинами и формируют первичную частицу гумусовых веществ.

Значительный интерес представляют современные исследования географических закономерностей гумусообразования в почвах Советского Союза. Большая роль в разработке этого раздела проблемы принадлежит И. В. Тюрину.

Развивая идеи В. В. Докучаева о географических закономерностях гумусообразования, И. В. Тюрин (1937, 1949) на большом фактическом материале, охватывающем все основные типы почв СССР, установил, что размеры накопления гумуса обусловливаются в природе определенным сочетанием климатических условий, которым соответствует тот или иной характер поступления в почву органических остатков, процессов их разложения и гумификации. Эти положения развиваются многими учеными для конкретных условий тех или иных почв.

Существенно пополнены и обобщены материалы по запасам гумуса и азота, по профильному распределению гумуса в основных типах почв СССР (Ремезов, 1933; Тюрин 1937; Болотина, 1947). Подобные исследования проведены для почв Сибири (Горшенин, 1935; Винокуров, 1937), почв Средней Азии (Богданович, Горбунов, Кимберг, Кудрин, Панков, Шувалов, 1949; Розанов, 1951), Грузии (Сабашвили, 1948) и почв вертикальных зон Азербайджана (С. Алиев, 1956).

Общую связь между содержанием гумуса и климатом для главных генетических типов почв мира и отдельно для почв дернового типа почвообразования исследовал В. Р. Волобуев (1953). Он отмечает коррелятивную зависимость запаса гумуса в пределах каждой термической зоны от величины гидрофактора H_f, характеризующего изменение условий увлажнения при различных соотношениях осадков и средней годовой температуры.

Французский ученый Лавернье (Lavernier, 1955) определил принципы картографирования гумуса, расположив экологические факторы по их значимости в следующем порядке: климат, растительность, общие почвенные условия и почвенные факторы, связанные с характером почвообразующих пород.

Важным этапом в развитии исследований о закономерностях гумусообразования являются работы, выявляющие особенности природы и состава гумуса в различных почвах. И. В. Тюрин (1937, 1949) показал, что географические закономерности гумусообразования выявляются не только в содержании гумуса, но и в его составе, т. е. в содержании гумусовых веществ — гуминовых кислот и фульвокислот. Он установил прямую связь между количеством в почвах гумуса и содержанием наиболее характерной его части — гуминовых кислот, наметил возможные формы связи гумусовых веществ с минеральной частью почвы.

На основании данных определения элементарного состава гуминовых кислот, выделенных из различных почв СССР, В. В. Тищенко и М. Д. Рыдалевская (1936) пришли к выводу о закономерном усложнении этих кислот в ряду почв от подзолистых к черноземам.

М. М. Кононова (1951, 1956, 1963), обобщая результаты обширных личных исследований, а также литературные данные для почв СССР показала, что не только содержание и состав гумуса, но и природа и свойства гумусовых веществ закономерно варьируют в различных почвах в зависимости от сложного сочетания природных факторов, биологических (характер органических остатков, деятельность микроорганизмов), химических и физико-химических свойств почвенной среды и ее гидротермических условий (особенно водного режима). Эти обиотические факторы играют не только косвенную роль, влияя на развитие растительного покрова и процессы гумификации органических остатков, но, согласно законам формирования высокомолекулярных соединений, каким-то образом регулируют степень конденсации образующихся частиц гумусовых веществ. Ее сотрудницей Н. П. Бельчиковой (1951) проведены исследования природы и свойств гумусовых веществ в основных типах почв СССР.

Поскольку мы не ставим задачей изложение обзора достаточно обширной литературы, которая содержит материалы, характеризующие природу гумуса почв СССР (такие обзоры можно найти в трудах И. В. Тюрина, 1949; М. М. Кононовой 1951, 1963), мы ограничимся рассмотрением тех работ, в которых приведены данные по содержанию, составу гумуса и природе гумусовых веществ почв Азербайджана и аналогичных в генетическом отношении почв республик СССР.

Значительную территорию Азербайджанской ССР занимают горно-луговые почвы. Однако состав и природа почвенного гумуса в этих почвах до последнего времени оставались недостаточно изученными.

Л. П. Дегтярева (1960) и С. А. Алиев (1964), определяя состав гумуса в горно-луговых почвах Кедабекского района Азербайджана, установили, что несмотря на высокое содержание гумуса (более 10%) в его составе фракция фульвокислот преобладает над гуминовыми кислотами, при этом последние представлены преимущественно подвижными формами. Эти материалы согласуются с ранее выполненными исследованиями. Р. Х. Айдиняна (1949), М. А. Глазовской (1950), И. А. Ассинг (1950) и И. В. Александровой по изучению природы гумуса горных примитивных почв Кавказа и Тянь-Шаня. В самом деле, исследования процессов гумусообразования в некоторых горных примитивных почвах Кавказа (И. Александрова, 1951), в горных почвах Северного Тянь-Шаня (Ассинг, 1960) и горно-лесного пояса хребта Терской Ала-Тау (Моор, 1954) позволяют установить, что гумус этих почв обладает общими характерными особенностями. В горно-луговых почвах отмечается высокое содержание гумуса, относительное преобладание фульвокислот над гуминовыми кислотами; последние отличаются большой подвижностью.

Высокую подвижность гуминовых кислот в горно-луговых примитивных почвах И. В. Александрова (1951) объясняет тем, что основная масса их в почвах находится либо в свободном состоянии в почве и в тканях гумифицированных растительных остатков, либо они в силу особых коллоидно-химических свойств образуют с минеральной частью почвы легкорастворимые соединения. И. В. Александрова показала,

что по химической природе (элементарному составу, функциональным группам и оптической плотности) гуминовые кислоты горных примитивных почв близки к новообразованным гуминовым кислотам, выделенным из гумифицирующихся растительных остатков. Н. Н. Иловайская (1959), изучившая органическое вещество горных почв Таджикистана, полагает, что развитие высокогорных почв в условиях большого увлажнения определяет высокую дисперсность гуминовых кислот в них и препятствует образованию молекул со сложным конденсированным ядром.

Специфическими особенностями отличаются состав и природа гумуса желтоземных и желтоземно-подзолистых почв влажной субтропической зоны Азербайджанской ССР.

Горно-лесные желтоземные и желтоземно-подзолистые почвы, как отмечено Р. В. Ковалевым (1958), несмотря на сходство по составу гумуса, проявляющееся в низком содержании гуминовых кислот и в варьировании отношения Cг: Cф, отличаются от красноземных почв Грузии (Бзиава, 1949; Сабашвили, 1954; Цинцадзе, 1956; Зонн, 1959; Ню Цзи-Вэнь, 1961), а также от подзолистых почв Европейской равнины меньшей подвижностью гуминовых кислот. Последние в горных лесных желтоземных и желтоземно-подзолистых почвах в значительной мере связаны с кальцием и устойчивыми полуторными окислами.

С. В. Зонн, изучая особенности почв Китая на красноцветной коре выветривания, показал, что в желтоземных почвах по сравнению с красноземными в составе гумуса увеличивается количество гуминовых кислот, которые обладают меньшей подвижностью и больше закрепляются в верхних горизонтах. Изложенные факты противоречат данным А. И. Кульчицкой (1959) о весьма высокой растворимости органических кислот в слабых минеральных кислотах при декальцировании желтоземно-подзолистых почв. Наши материалы о природе гумусовых веществ желтоземных и желтоземно-подзолистых почв Ленкоранской области Азербайджана будут рассмотрены в главе V настоящей работы.

Состав и природа гумуса в лесных почвах Кавказа и Крыма охарактеризованы в работах С. В. Зонна (1950), Е. В. Рубилина и Е. В. Сусловой (1953), А. И. Ромашкевич (1959), М. И. Долгилевич (1957 и 1959).

Большие площади в Азербайджане заняты сероземами. Для этих почв характерна малая гумусность, богатство азотом, незначительное содержание в составе гумуса гуминовых кислот, малая конденсированность сетки ароматического углерода (С. Алиев, 1964). Эти закономерности являются общими не только для сероземов Азербайджана, но и Средней Азии.

На примере орошаемых сероземных почв Самаркандского оазиса Узбекистана Е. А. Лагуновой (1958) и сероземных и луговых почв Ширванской степи Азербайджана Н. Н. Едигаровой (1955, 1961) показано, что процессы гумусообразования в них протекают весьма своеобразно. С одной стороны, в гумусе этих почв характерным является относительное накопление труднорастворимых форм органических веществ в виде фракции «гуминов» (от 30 до 55%), прочно связанных с минеральной частью почвы, а с другой стороны — часть гумуса представлена органическими веществами, обладающими значительной подвижностью. Таким образом, характерной особенностью процессов гумусообразования является интенсивное закрепление гумусовых веществ минеральной частью почвы и вместе с тем постоянное обновление его состава.

Особенностями состава гумуса почв пустынной зоны СССР, как указывает Е. В. Лобова (1960), являются их богатство воскосмолами и образование характерных органо-минеральных комплексов, связанных преимущественно с окислами железа. Е. В. Лобова показала, что состав гумуса в серо-бурых, бурых и сероземных почвах Средней Азии значительно различается. Так, если отношение гуминовых кислот к фульвокислотам для серо-бурых почв и такыров выражается величинами 0,3—0,5, то для сероземов и бурых почв они составляет 0,5—1,0, а в каштановых становится равным единице. Подобными характерными свойствами обладает гумус в серо-бурых почвах подгорных пустынь Джунгарии (Ассинг, 1956).

Наблюдаемое в бурых и светлокаштановых почвах Казахстана относительно большое содержание гуминов и уменьшение гуминовых кислот И. И. Емельянов (1953 и 1956) объясняет повышенной континентальностью климата, вследствие чего гуминовые кислоты быстро утрачивают способность растворяться в щелочах и в большом количестве необратимо закрепляются минералами почвы.

Значительный интерес для познания гумусообразования в условиях пустыни имеют исследования В. В. Пономаревой (1956), посвященные изучению природы и состава гумуса такыров подгорной зоны Кызыл-Арватской равнины Туркмении. Она установила, что гуминовые кислоты этих почв содержат больше азота и имеют упрощенное строение. В верхних горизонтах такыров, затронутых современным почвообразованием, содержание азота в гумусе составляет 6—8%. Высокая температура и щелочность такыров оказывают диспергирующее влияние на гумусовые соединения и повышают в их составе содержание фульвокислот.

Большой интерес представляют проведенные в Азербай-

джане исследования сезонных периодов почвообразования в связи с гидрометрическим режимом (Захаров, 1927; Волобуев, 1953), динамики растительной массы, биологических процессов в почвах дернового ряда Азербайджана (С. Алиев, 1958, 1960б, 1964; Буяновский, 1962) и лесных почв южного склона Большого Кавказа (Джафаров, 1960).

Определение содержания и распределения по профилю гумуса в луговых и степных почвах Азербайджана (Волобуев, 1946, 1950; Шарифов, 1950, 1954; С. Алиев, 1956; Гасанов, 1962), а также в почвах предгорной и равнинной части Нахичеванской АССР (Мамедов, 1960) позволили выявить закономерности в изменении запасов гумуса в зависимости от сочетания различных факторов почвообразования.

Поскольку органическое вещество является одним из важных факторов почвенного плодородия, представляет интерес изучить изменения в содержании и в составе почвенного гумуса под влиянием различных сельскохозяйственных культур и агротехнических приемов. Этот вопрос наиболее хорошо изучен на сероземах Средней Азии и в Азербайджане — на сероземно-луговых, сероземах и светлокаштановых почвах.

Исследования состава органического вещества при введении хлопковых севооборотов проводились М. М. Кононовой и Е. П. Лагуновой (1940) в сероземных почвах совхоза Пахта-Арал, Л. П. Беляковой (1957) — в почвах Вахшской долины, Е. П. Лагуновой (1958) — в орошаемых сероземных почвах Самаркандского оазиса, С. А. Алиевым (1961) — в сероземно-луговых, сероземных и светлокаштановых почвах Кура-Араксинской низменности.

Большое количество работ посвящено вопросу влияния многолетних трав на орошаемых почвах Средней Азии на накопление органического вещества и скорость его распада при распашке травяного поля (Гельцер и Ласукова, 1934; Голодковские, 1937; Дорман, 1939; Рыжов и Цыбульская, 1938; Меерсон, 1938 и 1939; Кононова и Лагунова, 1940; Рыжов 1949 и 1954; Белякова, 1957; Малинкин, 1958 и др.). Для почв Азербайджанской ССР по этому вопросу имеются исследования С. И. Долгова, Д. В. Хана, В. И. Волоцкой (1954), Д. Г. Заманова (1955), В. С. Зайцева (1959) и С. А. Алиева (1962). В этих работах показано, что в хлопковых севооборотах посев многолетних трав (в условиях, благоприятствующих высокой их продуктивности) является фактором повышения плодородия почв, которое, однако, быстро снижается после распашки трав.

В решении проблемы повышения плодородия орошаемых почв Средней Азии важную роль имеют многолетние опыты по систематическому внесению органических и минеральных удобрений при монокультуре хлопчатника и посеве его в севообороте (Бельчикова, 1948, Муханова, 1949; Кононова, 1951; Белоусов, 1955; Рыжов и Дорман, 1956). Интересные исследования по испытанию сидеральных культур в поднятии плодородия сероземных почв Азербайджана выполнены М. С. Агамировым (1958), Т. Г. Мамедовым (1960), С. А. Алиевым (1962) Т. Нагиевым (1962) и Н. Алиевым (1963). Среди приемов рационального использования органических веществ в поднятии урожайности сельскохозяйственных культур в Азербайджане представляет интерес использование некоторых из этих веществ в качестве стимуляторов.

В ряде работ советских и зарубежных ученых (Прозоровская, 1936; Кононова, 1951; Христева, 1951, 1953; Христева и сотрудники, 1949, 1950, 1957; Благовещенский, 1955; Niklewski Wojciechowski, 1937; Chaminade et Blanchet, 1953; Flaig, 1952, 1958; Saalbach, 1956; Saalbach, Küster 1958; Prát, Pospišie, 1959; Prát, 1961 и др.) показано, что физиологическое воздействие гумусовых веществ и близких к ним по природе органических соединений проявляется в стимулировании ферментативных систем растения, в резкой активизации обмена веществ и биохимических процессов в организме. Представляют интерес исследования Д. М. Гусейнова (1958, 1963), показывающие возможность повышения урожайности сельскохозяйственных культур при применении малых доз ростовых веществ и других органических веществ нефтяного происхождения.

Из обзора литературы видно, что при исследовании почв Азербайджанской ССР не получил достаточно полного отражения и развития ряд наиболее актуальных, имеющих первостепенное теоретическое и практическое значение вопросов проблемы органического вещества почвы:

1. Установление влияния на процессы накопления и превращения почвенного гумуса сложного сочетания природных условий (характера растительности, климата, деятельности микрофлоры и почвенной фауны, физических и химических свойств почв и др.) в различных почвенно-климатических зонах Азербайджана.

2. Выявление характера и интенсивности биохимических превращений растительной массы при формировании гумусовых веществ.

3. Изучение энергетической природы почвенного гумуса.

4. Изучение закономерностей в изменении состава и природы гумуса в связи с вертикальной зональностью распределения почв.

5. Выяснение во всех основных почвах Азербайджана закономерностей процессов превращения органических веществ, характера сезонных фаз биологических процессов, что

является научной основой для разработки рациональных приемов использования природного плодородия почв и его повышения.

Изучение комплекса этих вопросов явилось предметом наших исследований, результаты которых изложены в настоящей работе.

Глава II

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

Почвенный покров Азербайджанской ССР очень разнообразен. В почвенном покрове Азербайджана представлены почвы различных генетических типов — от высокогорных горно-луговых дерновых до полупустынных сероземов и желтоземов влажных субтропиков. Кроме этого на территории республики имеются бурые лесные, коричневые лесные, черноземные, каштановые и другие почвы.

Почвы Азербайджанской ССР, включающие все основные почвенные типы, в своем географическом распределении совершенно определенно подчиняются закону вертикальной зональности, что сопряжено с изменением высоты местности. С высотой местности связаны главнейшие различия в климате и растительности, которые накладывают определенный отпечаток на формирование почвенного покрова. В пределах каждой зоны представлен пестрый комплекс почвенных разностей, генетические сочетания которых возникают в результате местных различий растительности, рельефа и почвообразующих пород.

В Азербайджане представлены следующие основные почвенные типы:

1. **Горно-луговые почвы** залегают в высокогорной зоне Большого и Малого Кавказа на высоте 1800—3000 *м* над ур. м. Эти почвы формируются под высокогорными альпийскими и субальпийскими лугами, злаково-разнотравная растительность которых за короткий вегетационный период развивает мощную корневую систему и способствует образованию темноцветного плотного дернового слоя, обеспечивающего устойчивость верхних горизонтов горно-луговых почв против поверхностного смыва.

Однако почвы не образуют сплошного покрова, часто от-

личаются скелетностью и примитивным профилем, что объясняется формированием их на плотных коренных породах. Верхние горизонты горно-луговых почв менее скелетны, тогда как в глубоких горизонтах скелетность значительно возрастает, встречаются щебень и обломки пород.

В результате сравнительно низких температур (среднегодовая температура около 5° С) и выпадения значительного количества атмосферных осадков обильная масса корней растительности очень медленно разлагается и накапливается в полуразложившемся состоянии.

Горно-луговые почвы характеризуются содержанием большого количества гумуса (более 10%) при резком его снижении с глубиной, высокой емкостью обмена (45—60 *мэкв.* на 100 *г* абсолютно сухой почвы) и кислой реакцией среды (pH 5,5—6,4).

К типу горно-луговых почв относятся горно-луговые торфянистые (альпийские), горно-луговые дерновые (субальпийские) и горно-луговые черноземовидные (лугово-лесные) почвы, которые последовательно сменяют друг друга, начиная с наиболее высоко расположенных и молодых по возрасту горно-луговых торфянистых почв.

2. **Бурые горно-лесные почвы** лесной зоны Большого и Малого Кавказа располагаются примерно в пределах высот 900—1200 *м*. Растительность — лиственные леса — буковые, грабовые, дубово-грабовые, сочетающиеся с участками, освоенными под сельскохозяйственные культуры. Количество годовых осадков от 500 до 1000 *мм* и значения средней годовой температуры (8—10° С) в разных районах сильно варьируют, что обусловливает значительные различия почв.

Бурые горно-лесные почвы имеют монотонный профиль: для них характерно высокое содержание гумуса (до 5—8%) в верхнем слое почвы и резкое его снижение с глубиной, высокая емкость обмена (от 28 до 40 мэкв. на 100 *г* абсолютно сухой почвы) и кислая реакция среды (pH составляет 6,0—6,7). Бурые горно-лесные почвы в большинстве скелетные, иногда даже с поверхности. К типу бурых горно-лесных почв относятся бурые горно-лесные выщелоченные и бурые послелесные почвы.

3. **Желтоземные почвы.** Почвы этого типа широко развиты в области предгорий и низменных гор Ленкоранской области; формируются в условиях влажного субтропического климата средиземноморского типа со среднегодовой температурой около 14,5° С и годовой суммой осадков от 700 *мм* (на севере) до 1300—1900 *мм* (на юге). Подавляющее количество осадков выпадет осенью и зимой.

Желтоземные почвы формируются под лесами гирканного типа из каштанолистного дуба. Большие площади заняты

чайными плантациями. Почвы представлены следующими разностями влажно-субтропического почвообразования: горными желтоземами и желтоземно-подзолистыми.

Горные желтоземы расположены в полосе предгорий и в зависимости от рельефа и условий залегания обладают различной мощностью, имеют сравнительно легкий механический состав (содержание частиц <0,01 *мм* составляет около 40%), pH водной суспензии изменяется в пределах 5,4—6,2, емкость обмена пониженная (около 20 *мэкв* на 100 *г* абсолютно сухой почвы), с преобладанием обменного кальция (70—80% от суммы). В составе обменных оснований имеется также водород (3—10%). Содержание гумуса в верхнем слое почвы достигает 6—8% и быстро снижается вниз по профилю.

В нижней части района под низинными лесами (или освоенными участками) в условиях повышенного грунтового и поверхностного увлажнения формируются желтоземно-подзолистые почвы с различной степенью оподзоленности, которые благодаря значительному переувлажнению обнаруживают в профиле явные признаки оглеения. Механический состав более тяжелый (содержание частиц <0,01 *мм* увеличивается до 50—60%). Возрастает величина pH водной суспензии до 6,2—6,8. По емкости обмена эти почвы отличаются от горных желтоземов мало, но в своем составе имеют сравнительно меньше кальция (70% от общей суммы), больше магния (около 30%) и почти не содержат водорода. Гумус в верхнем горизонте содержится около 5% и с глубиной резко падает.

4. **Горные черноземы** приурочены к зоне средних гор, т. е. расположены на высоте в пределах 800—1600 *м*. Почвы залегают в виде отдельных более или менее крупных массивов. Условия почвообразования характеризуются умеренно-холодным, полувлажным климатом (Фигуровский, 1926) со средней годовой температурой около 7—9° С, большим количеством атмосферных осадков (500—600 *мм*), значительная часть которых выпадает весной. Растительный покров представлен богатым разнотравием со злаками. Обильно встречается ковыль — типичный представитель степных фитоценозов.

Горные черноземы, развиваясь под дерново-степной растительностью, отличаются высоким содержанием гумуса (до 6—7%) в верхних горизонтах при постепенном его снижении с глубиной по почвенному профилю. Мощность гумусового слоя достигает 60—120 *см*. Эти почвы отличаются зернистой структурой, отсутствием карбонатов в верхних горизонтах (за исключением горных карбонатных черноземов, распространенных на карбонатных породах), тяжелым механическим составом (содержание частиц <0,01 *мм* достигает 70%),

высокой величиной емкости обмена около 35 *мэкв* на 100 *г* абсолютно сухой почвы, кальций составляет 90% от общей суммы, реакция слабокислая или нейтральная.

Выделяются следующие почвы черноземного типа: горные выщелоченные повышенного атмосферного увлажнения), типичные горные черноземы карбонатные (на карбонатных породах) и горные черноземы слитые (с очень тяжелым механическим составом).

5. **Коричневые лесные почвы** формируются в условиях более сухого и умеренно теплого климата (сумма осадков составляет примерно 400 *мм*, среднегодовая температура около 12° С). Они расположены в средней области гор и предгорий в пределах 600—1200 *м* Большого и Малого Кавказа и Ленкоранской области. Образование почв этого типа связано главным образом с постепенным отступлением (сведением) леса и сменой его кустарниковой формацией, наиболее характерным представителем которой является держи-дерево.

Вследствие изреженности лесного покрова и хорошего развития травянистой растительности в почве накапливается большое количество корневой массы и почвенного гумуса (до 6% и более). Структура гумусового горизонта ореховатая и мелкокомковатая. Механический состав этих почв по сравнению с бурыми лесными почвами является значительно более глинистым, особенно тяжелым мехсоставом отличается оглиненный горизонт *B*, где количество частиц<0,01 *мм* достигает 75%. pH водной суспензии близка к нейтральной. Характерна высокая емкость обмена (до 40 *мэкв* на 100 *г* абсолютно сухой почвы), в составе которой главное место принадлежит кальцию.

6. **Каштановые почвы** занимают в Азербайджане значительное пространство; они располагаются довольно широкой полосой по предгорьям и в полосе низких гор на высоте 100—200 *м*. Для этой зоны характерна растительность сухих степей.

Каштановые почвы по своим особенностям (гумусность, содержание и распределение карбонатов и др.) подразделяются на светло-каштановые, каштановые и темно-каштановые почвы.

Светло-каштановые почвы распространены в зоне недостаточного увлажнения с высокой среднегодовой температурой (около 13° С), на стыке сухих степей и полупустыни. Годовая сумма атмосферных осадков (250 *мм*) не покрывает потребный расход воды на испарение. Эти почвы содержат мало гумуса (около 2%), обладают признаками глубинного засоления и имеют щелочную реакцию среды. Характерно наличие на небольшой глубине почвенного профиля слитого, уплотненного горизонта.

Каштановые и темно-каштановые почвы распространены в верхней границе зоны, где отмечается более повышенная увлажненность (количество атмосферных осадков составляет 300—500 *мм*), а среднегодовая температура достигает 12,5° С. Растительность сухостепная. Содержание гумуса достигает 3—5%, а реакция среды слабощелочная.

Во всех исследуемых почвах каштанового типа в составе обменных оснований отмечается преобладание кальция (до 90%) и сравнительно тяжелый мехсостав. В каштановых же почвах с признаками солонцеватости отмечается обменный натрий.

7. **Сероземные и серо-бурые (сероземно-осолоделые) почвы** распространены в Кура-Араксинской низменности в условиях субтропического климата с жарким и продолжительным летом (5—6 месяцев) и мягкой теплой зимой. Лето засушливое. Среднегодовая температура воздуха высокая — 14° С, за год выпадает мало атмосферных осадков (180—230 *мм*), которые далеко не покрывают расхода воды, потребного на испарение и транспирацию. Это дает основание отнести зону распространения почв к засушливому, сухому, полупустынному климату (Фигуровский, 1930; Михалевский и Малиновский, 1935). Типичной растительной формацией является полынно-эфемеровая растительность.

Сероземы характеризуются незначительным содержанием гумуса (в верхнем слое содержание его составляет 1,5—2%), высокой карбонатностью с поверхности вследствие явного преобладания испарения над выщелачивающим действием атмосферных осадков. В сероземных почвах отмечаются признаки солонцеватости, уплотненности горизонта *B* и слабощелочная реакция почвы.

Серо-бурые и сероземно-бурые почвы морфологически отличаются хорошо выраженной дифференциацией генетических горизонтов. Эти почвы характеризуются следующими особенностями: невысоким содержанием гумуса (около 2%), наличием уплотненного горизонта *B*, резкой дифференциацией карбоната кальция и гипса по генетическим горизонтам, повышенным накоплением глинистых частиц в солонцеватых горизонтах при сравнительном обеднении этими частицами поверхностного горизонта. Характерны для этих почв выщелоченность верхней части почвы легкорастворимых солей, щелочная реакция и наличие на известной глубине гипсовых скоплений.

Механический состав рассмотренных почв разнообразен, с преобладанием глинистых и суглинистых разностей. Отмечается низкая величина емкости обмена (около 20 *мэкв* на 100 *г* абсолютно сухой почвы), которая преимущественно представлена кальцием и магнием. В зависимости от условий

залегания наблюдается значительная комплексность почвенного покрова зоны с наличием солончаковых и солонцеватых разностей.

8. **Луговые почвы** также, как сероземные и серо-бурые, распространены в условиях сухого и полупустынного климата Кура-Араксинской низменности.

Однако в этих почвах луговой тип почвообразования обусловлен особым гидрологическим режимом местности, связанным с повышенным грунтовым и поверхностным увлажнением. Формирующиеся при этом почвы существенно отличаются от обычных полупустынных. Наряду с этим они носят и зональные черты: для них характерны быстрая минерализация органических веществ, высокая карбонатность и участие в почвообразовании легкорастворимых солей натрия. В связи с особенностями водного режима в них наблюдается мощное развитие растительности и связанное с этим повышенное содержание гумуса; на возвышающихся и пологих элементах рельефа, в условиях сравнительно ослабленного поверхностного и грунтового увлажнения, формируются светлые луговые, а в депрессиях — темные луговые почвы.

Исключительно высокой карбонатностью, большой гумусностью отличаются луговые созовые почвы, распространенные в Карабахской степи. В Ширванской степи луговые почвы имеют неблагоприятные водно-физические свойства в связи с тяжелым механическим составом и слитостью.

Особо выделяются культурно-луговые «коруховые» почвы приусадебных участков, которые отличаются высоким плодородием, комковатой структурой и высоким содержанием гумуса.

Следует отметить, что в луговых почвах, по сравнению с сероземными и серо-бурыми почвами, емкость обмена возрастает, в их составе уменьшается процентное содержание кальция, возрастает содержание магния. В луговых почвах также много поглощенного натрия.

9. **Солончаки** широко распространены в зоне низменности Азербайджана и приурочены обычно к депрессиям рельефа. Образование солончаков связано с близостью минерализованных грунтовых вод, при наличии абсолютного преобладания испарения над количеством выпадающих осадков. Солончаки отличаются сильнощелочной реакцией и часто очень большим количеством в составе поглощенных оснований магния (до 50%) и натрия (до 20 и более процентов от общей суммы).

Приведенные в данной главе описания особенностей основных почвенных типов республики использованы нами при рассмотрении материалов последующих глав, характеризующих сложные превращения органических веществ в различных почвенно-климатических условиях Азербайджана.

Глава III

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ НАКОПЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАХ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

Размер накопления органического вещества в почве зависит от условий почвообразования: растительного покрова, климата, деятельности микроорганизмов, физических и химических свойств почвы.

1. РОЛЬ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ГУМУСООБРАЗОВАНИИ

Запасы растительной (надземной и корневой) массы в почвах

Органическая часть почвы представлена различными формами органического вещества, частью живого — в виде корней растений, тел микроорганизмов и почвенных животных, а большей частью мертвого — в форме остатков перечисленных организмов в различной степени разложения, а также собственно гумусовых веществ. Главным источником для образования гумусовых веществ являются растительные остатки.

В СССР проведены достаточно обширные исследования по выявлению запасов растительной массы (надземной и корневой) и в меньшей степени по вопросу о ее роли в процессах гумусонакопления. М. В. Культиасов (1927), Е. И. Лавренко, В. Н. Андреев и В. Л. Леонтьев (1955) исследовали продуктивность надземной части природного растительного покрова СССР от тундры до полупустыни. Изучены запасы корневой массы в почвах подзолистого типа (Качинский, 1925), эфемероидных травянистых сообществ предгорных равнин Средней Азии (Культиасов, 1925), лугов и степей Украины (Шалыт и Калмыкова, 1935), степей Заволжья (Саввинов и Панкова, 1942; Кононова, 1943) и Поволжья (Панкова, 1952), злаково-осоковой растительности светлых сероземов Голодной степи (Советкина, 1929), лесо-степного

пояса Ферганского хребта (Панкова, 1950), пустынных степей Северного Прикаспия (Емельянов, 1956), растительности сухих степей Джаныбекского стационара (Каменецкая, 1950).

В последнее время М. С. Шалыт провел исследования надземных частей растительного покрова лугов и степей Европейской части СССР (1950), а также пустынных степей и полукустарниковых пустынь Центрального Казахстана (1952).

В Азербайджанской ССР определены запасы надземной и корневой растительной массы в дерновых почвах (Бейдеман, 1939; Лагунова, 1952, 1955; С. Алиев, 1955, 1957). Наши исследования начаты в 1953 г. Нами определены запасы растительной массы в основных типах почв в пределах Большого и Малого Кавказа, Кура-Араксинской низменности и Ленкоранской области Азербайджанской ССР.

В настоящей главе приведены результаты определений корневой и надземной массы растительности в главнейших почвах Азербайджана. Определения произведены однократно в период массовой вегетации (май, июнь). Методика определения надземной и корневой массы приводится в главе XII.

Горно-луговые торфянистые почвы изучены в районе Истису на высоте 3000 *м* над ур. м. Примером, характеризующим данные почвы, служит разрез 34 (табл. 1). В поверхностных горизонтах почвы имеется большое количество мочковатых корней, которые образуют плотную дернину. Разложение растительных остатков в этой почве происходит очень медленно вследствие подавленности микробиологических процессов из-за низких температур и высокой влажности. Благодаря этому в верхних слоях почвы наблюдается обилие частично разложившихся растительных остатков, образующих нежный торфянистый горизонт, напоминающий войлок.

Образованию торфянистого слоя способствует богатая альпийская растительность, среди которой распространены плотнодерновые осоково-типчаковые луга с участием других злаков (костер пестрый, полевица и др.). Растительность образует сплошной сомкнутый покров. Запас надземной растительной массы составляет 232 *г/м²*.

Общие запасы корневой массы осоково-типчаковых лугов характеризуются величиной 2112 *г/м²*. Преобладают живые корни травянистой растительности (1364 *г/м²*), но значительная часть корней (около 30% от их общей суммы) представлена мертвыми частично разложившимися фракциями.

Характер распределения корней по профилю почв обнаруживает определенную закономерность. Основная масса живых и обмерших корней (1685 *г/м²*) содержится в самом верхнем (0—10 *см*) слое почвы, составляя в нем около 80%

Таблица 1

Содержание и состав корневой массы растительности в горно-луговых почвах

№ разреза	Почва	Глубина, *см*	Живые корни, *г/м²*			Корни, частично разложившиеся, *г/м²*	Сумма		
			травянистые	корневищные	деревянистые		*г/м²*	*т/га*	% от общей суммы корней
34	Горно-луговая торфянистая (Истису)	0—10	1063,0	Нет	31,0	591,0	1685,0	16,85	79,78
		10—20	81,0	„	19,0	39,0	139,0	1,39	6,58
		20—30	62,0	„	9,0	27,0	98,0	0,98	4,64
		30—40	46,0	„	Нет	18,0	64,0	0,64	3,03
		40—50	42,0	„	„	14,0	56,0	0,56	2,65
		50—75	38,0	„	„	Нет	38,0	0,38	1,80
		75—100	32,0	„	„	„	32,0	0,32	1,52
		0—100	1364,0	„	59,0	689,0	2112,0	21,12	100,0
35	Горно-луговая дерновая (Кельбаджары)	0—10	1800,0	„	303,0	346,0	2449,0	24,49	76,76
		10—20	172,0	„	12,0	86,0	270,0	2,70	8,46
		20—30	119,0	„	6,0	56,0	181,0	1,81	5,67
		30—40	73,0	„	Нет	29,0	102,0	1,02	3,19
		40—50	66,0	„	„	22,0	88,0	0,88	2,76
		50—75	45,0	„	„	16,0	61,0	0,61	1,91
		75—100	32,0	„	„	8,0	40,0	0,40	1,25
		0—100	2307,0	„	321,0	563,0	3191,0	31,91	100,0
36	Горно-луговая черноземовидная (Кельбаджары)	0—10	930,0	„	625,0	483,0	2038,0	20,38	48,97
		10—20	305,0	„	257,0	302,0	864,0	8,64	20,76
		20—30	202,0	„	135,0	135,0	472,0	4,72	11,34
		30—40	102,0	„	37,0	68,0	207,0	2,07	4,97
		40—50	96,0	„	31,0	61,0	188,0	1,88	4,52
		50—75	119,0	„	17,0	140,0	276,0	2,76	6,63
		75—100	56,0	„	9,0	52,0	117,0	1,17	2,81
		0—100	1810,0	„	1111,0	1241,0	4162,0	41,62	100,0

всего запаса корней в метровом слое. В более глубоких слоях содержание корней незначительно. Профили распределения корневой массы как в данной, так и в других изученных нами почвах Азербайджана приводятся на рис. 1.

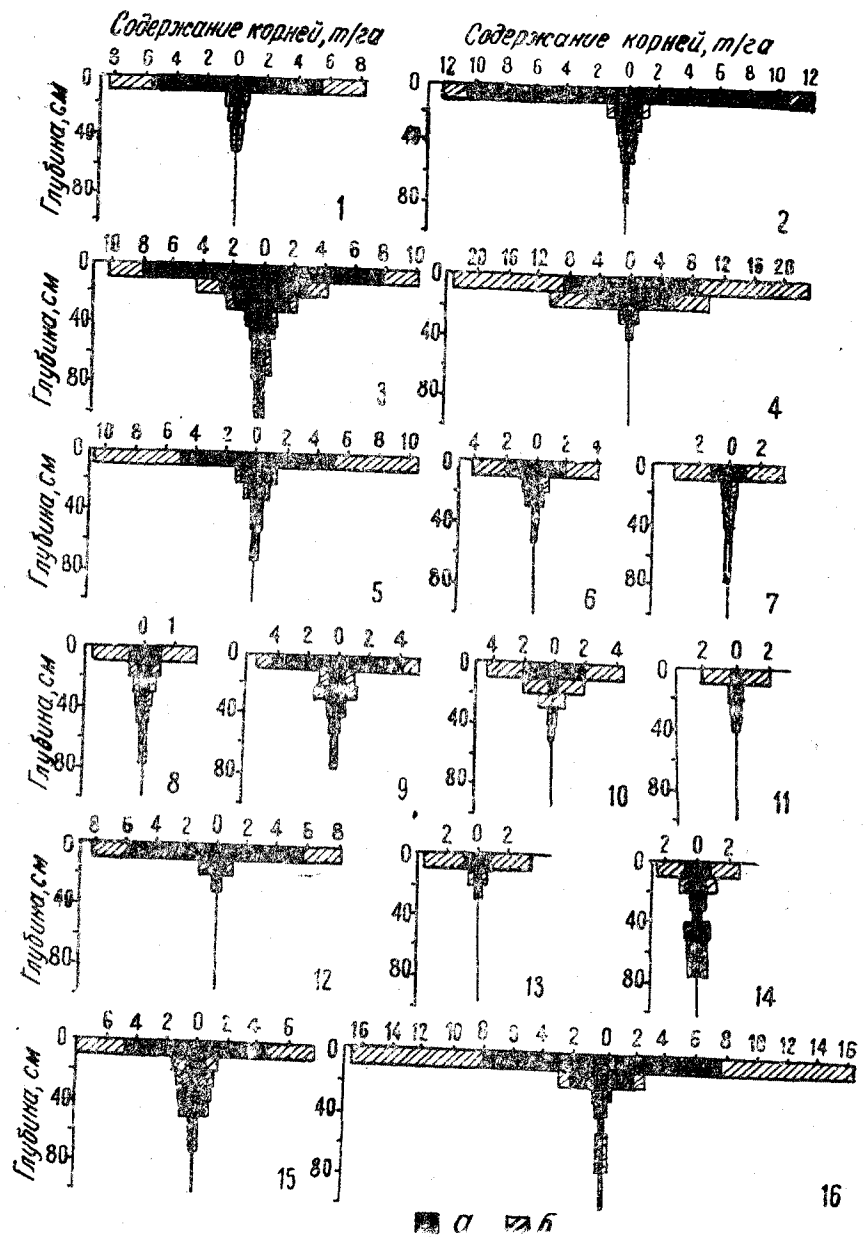


Рис. 1. Профили распределения корневой массы дерновой растительности в почвах Азербайджана. *а* — живые корни; *б* — полуразложившиеся корни

Почва: *1* — горно-луговая торфянистая, *2* — горно-луговая дерновая, *3* — горно-луговая черноземовидная, *4* — бурая послелесная, *5* — горный чернозем выщелоченный, *6* — горный чернозем карбонатный, *7* — коричневая послелесная, *8* — темно-каштановая, *9* — горная желтоземная послелесная. *10* — болотная, *11* — серозем под эфемеровой растительностью, *12* — сероземно-луговая почва под полынной растительностью, *13* — солонец-солончак; *14* — глеево-луговая, *15* — культурно-луговая «коруховая», *16* — луговая сазовая

Горно-луговые дерновые почвы залегают ниже горно-луговых торфянистых почв, в зоне субальпийских лугов Малого Кавказа. В качестве примера нами взят разрез 35, расположенный на слабонаклонном плато горы Гошдаш Кельбаджарского района. Общий запас растительной массы надземной и корневой в этих почвах очень высокий — 3364 *г/м²*, что объясняется мощным развитием мезофильной злаково-разнотравной субальпийской растительности, в составе которой находятся: девясил (Jnula L.), пастернак (Pastinaca L.), лилия Lilium L.), поповник (Pyrethrum Boiss.), козлятник (Galega L.), щавель (Rumex L.), клевер (Trifolium L.), лютик кавказский (Ranunculus L.), лапчатка (Potentilla L.), вероника (Veronica L.), скабиоза (Scabiosa L.) и др.

Из общей массы растительности на долю корней приходится примерно 95% (3191 *г/м²*). Надземная растительная масса составляет лишь 176 *г/м²*.

Наибольшие запасы корней сосредоточены в самом верхнем (0—10 *см*) слое, причем они представлены в основном живыми корнями травянистой растительности (72% от общего запаса корней) и в меньшей степени частично разложившимися остатками.

Горно-луговые черноземновидные почвы Кельбаджарского района распространены вблизи нижней границы субальпийской зоны. Определения растительной массы произведены в разрезе 36.

Поверхность почвы покрыта травостоем, характерным для высокотравных лугов. Злаки представлены вейником (Calamagrostis Adans), райграсом (Arrhenatherun P. B), овсяницей (Festuca L.), мятликом (Poa L.); в составе разнотравия — герань (Geranium L.), скерда (Crepis L.), шалфей (Salvia L.), ясенец (Dictamnus L.), тысячелистник (Achillea L.); в составе бобовых — клевер (Trifolium L.), вика (Vicia L.), люцерна (Medicago L.) и др.

По склонам плоскогорья, вблизи которого был заложен разрез 36, развиваются грабово-дубовые леса с подлеском из бересклетов (Evonymus L.), крушины (Frangula Mill) и рябины (Sorbus L.).

Мощное развитие высокотравной луговой растительности обусловливает образование большой растительной массы — 4543 *г/м²* причем большая доля — 4162 *г/м²* приходится на корни. Надземный покров представлен живой травяной растительностью (367 *г/м²*) и частично разложившимися ее остатками (14 *г/м²*). В верхнем (0—10 *см*) слое сосредоточена основная масса корней (50%), значительное количество их содержится также в слое 10—20 *см* (≈20%).

Необходимо отметить, что корневая масса в основном представлена живыми корнями травянистой растительности.

Однако в почве имеется также значительное количество корней древесной растительности, составляющей более 25% от общей массы. Последнее обстоятельство объясняется вероятно близостью лесной растительности, корни которой распространяются на прилегающие участки и в том числе на исследованный нами участок, на котором был заложен разрез.

Бурые горно-лесные почвы. В качестве примера взят разрез 17, заложенный в Лерикском районе. Лесная растительность представлена дубом, кленом и шиповником, опад которых образует подстилку; в формировании последней участвует также опад травянистой растительности (разнотравье).

Подстилка составляет 723 *г/м²* и состоит большей частью из измельченной фракции (свыше 69% от общего веса подстилки), а также значительного количества деревянистых и травянистых остатков.

Общее количество подстилки и корней достигает 2067 *г/м²*, на долю корней (живых и отмерших) падает 1344 *г/м²*. Основная масса корней расположена в самом верхнем (0—10 *см*) слое почвы. Довольно высокое содержание корней в остальных слоях почвенного профиля объясняется глубоким проникновением корневой системы древесной растительности. Корни травянистой растительности составляют небольшую массу (166 *г/м²*) и концентрируются преимущественно в слое 0—10 *см*.

Бурые лесные почвы изучались также в Варташенском районе (разрез 45, сел. Джалут), на южном склоне Большого Кавказа.

Растительный покров, представленный дубово-грабовыми лесами с примесью каштана, образует мощную подстилку (до 1268 *г/м²*), представленную преимущественно полуразложившимся опадом древесной растительности (см. табл. 2). Эти почвы подстилаются делювиальными и пролювиальными отложениями на сланцевых бескарбонатных породах. Наблюдается высокая скелетность с поверхности и каменистость уже с небольшой глубины. В связи с этим распространение корневых остатков мы исследовали лишь до глубины 30 *см*. Запасы корней достигают 1487 *г/м²*, следовательно они несколько выше, чем в бурых горно-лесных почвах Лерикского района, преимущественно за счет корней травянистой растительности (разнотравия), развивающейся в условиях разреженного леса.

Бурая горная послелесная почва (разрез 16, Лерик) развивалась после сведения леса при сельскохозяйственном освоении или при усиленном использовании лесных массивов под пастбища. Растительность следующая: пырей (Agropyron Gaetn), мятлик (Poa L.), костер (Bromus L.), лисохвост (Alopecurus L.), ежа сборная (Dactylis L.), конский щавель (Ru-

Таблица 2

Общая масса и состав лесной подстилки в лесных почвах Азербайджана

№ разреза	Почва	Травянистая растительность		Деревянистые остатки		Листья		Плоды и семена		Измельченная фракция		Сумма	
		г/м²	%	*г/м²*	%	*г/м²*	%	*г/м²*	%	*г/м²*	%	*г/м²*	%
57	Бурая горно-лесная (Мардакертский район)	Нет	Нет	236	17,01	401	28,93	81	5,82	669	48,2	1387	100,0
45	Бурая горно-лесная (Варташенский район)	58	4,56	679	53,50	115	9,03	38	3,06	379	29,85	1269	100,0
17	Бурая горно-лесная (Лерикский район)	85	11,72	78	11,05	61	7,71	Нет	Нет	499	69,52	723	100,0
55	Коричневая лесная (Шушинский район)	9	2,20	16	3,67	68	16,40	54	12,70	274	65,03	421	100,0
54	Коричневая лесная (Кусарский район)	63	12,60	75	15,01	190	38,12	Нет	Нет	170	34,27	498	100,0
14	Коричневая лесная (Лачинский район)	40	7,09	46	7,92	59	10,30	Нет	Нет	430	74,69	575	100,0
3	Коричневая лесная (Ахсуинский перевал)	164	8,69	111	9,65	289	25,06	Нет	Нет	587	51,10	1151	100,0
56	Перегнойно-карбонатная (Шушинский район)	0,3	0,60	61	16,57	47	12,52	4	1,01	253	69,30	365,3	100,0
52	Лугово-лесная (Хачмасский район)	167	19,97	69	8,25	142	16,93	47	5,58	414	49,27	839	100,0
18	Желтоземная горно-лесная (Ленкоранский район)	47	9,17	70	13,77	219	42,82	Нет	Нет	175	34,24	511	100,0

Таблица 3

Содержание и состав корневой массы растительности в бурых горно-лесных почвах

№ разреза	Почва	Глубина, *см*	Живые корни, *г/м²*			Корни, частично разложившиеся, *г/м²*	Сумма		
			травянистые	корневищные	деревянистые		*г/м²*	*т/га*	% от общей суммы
16	Бурая послелесная (Лерик)	0—10	1346,0	260,0	51,0	2992,0	4649,0	46,49	75,30
		10—20	531,0	24,0	19,0	522,0	1096,0	10,96	17,76
		20—30	147,0	Нет	Нет	93,0	240,0	2,40	3,88
		30—40	65,0	„	„	27,0	92,0	0,92	1,49
		40—50	33,0	„	„	7,0	40,0	0,40	0,65
		50—75	21,0	„	„	15,0	36,0	0,36	0,58
		75—100	14,0	„	„	7,0	21,0	0,21	0,34
		0—100	2157,0	284,0	70,0	3663,0	6174,0	61,74	100,0
17	Бурая горно-лесная (Лерик)	0—10	123,0	Нет	107,0	353,0	583,0	5,83	43,38
		10—20	31,0	„	100,0	97,0	228,0	2,28	16,96
		20—30	10,0	„	97,0	68,0	175,0	1,75	13,02
		30—40	2,0	„	77,0	46,0	125,0	1,25	9,30
		40—50	Нет	„	90,0	26,0	116,0	1,16	8,63
		50—75	„	„	69,0	13,0	82,0	0,82	6,11
		75—100	„	„	29,0	6,0	35,0	0,35	2,60
		0—100	166,0	Нет	569,0	609,0	1344,0	13,44	100,0
45	Бурая горно-лесная (Варташен)	0—10	194,5	277,5	30,7	463,7	966,4	9,96	64,98
		10—20	118,7	Нет	36,2	171,2	326,1	3,26	21,92
		20—30	32,5	„	15,5	146,7	194,7	1,95	13,10
		0—30	345,7	277,5	82,4	781,6	1487,2	14,87	100,0

mex L.) и другие, образующие мощную дернину. Надземная растительная масса составляет 432 *г/м²* и на 70% состоит из мертвых остатков травянистой растительности. В профиле почвы наблюдается накопление огромной массы корней, достигающей 6174 *г/м²*, в составе которых преобладают мертвые, частично разложившиеся остатки (3663 *г/м²*). Значительно также количество живых корней травянистой растительности (2157 *г/м²*).

В верхнем (0—10 *см*) слое почвы сосредоточено свыше 75% растительных остатков.

Горный чернозем вышелоченный (разрез 38) расположен на платообразной Дюзюртской равнине Кедабекского района Малого Кавказа. Для этой почвы типичны глубокая выщелочность карбонатами извести, большая мощность и темная окраска перегнойных горизонтов.

Полустепная растительность образует сомкнутый покров. Вес надземной растительной массы составляет 445 *г/м²*. Общая масса растительности достигает 3243 *г/м²*, более 89% приходится на корневую массу (2798 *г/м²*). Верхний (0—10 *см*) слой почвы содержит примерно 76% массы корней, образующих плотную дернину.

Горный чернозем карбонатный. Примером этих почв служит разрез 37, заложенный в Кедабекском районе. Гумусовый горизонт незначительной мощности. Глубже 35 *см* находится сплошной карбонатный горизонт.

Растительность бородачевая полустепная. Надземная масса составляет 292 *г/м²*, а корневая масса 1121 *г/м²*. Большое количество корней (70% от общей суммы) сосредоточено в 0—10 *см* слое, глубже содержание их резко падает. В почве более 50% мертвые корни, количество живых травянистых значительно (около 30%) и мало живых корневищевых и деревянистых корней.

Черноземы горные малогумусные (южные) Большого Кавказа по сравнению с почвами Малого Кавказа характеризуются неблагоприятными для развития растений физическими свойствами, тяжелым механическим составом, слитостью в Исмаиллинском районе (к югу от сел. Ивановка, разрез 49) и скелетностью в Шемахинском районе (платообразное нагорье между речками Козлучай и Чикилчай, разрез 51).

В связи с этим общая масса растительности, представленной разнотравием со злаками, сравнительно невелика. Надземная масса в этих почвах составляет 323—387 *г/м²*, а корневая масса достигает 900—1391 *г/м²*. Около половины запаса корней сосредоточено в верхнем (0—10 *см*) слое почвы.

Коричневые лесные почвы Большого Кавказа (разрез 3, Ахсуинский перевал) находятся под грабово-дубовой лесной растительностью, под которой развивается злаковое разнотравье, образующее дернину. Лесная подстилка составляет 1151 *г/м²* и представлена в основном измельченной разложившейся фракцией растительных остатков (табл. 2). В почве содержится 4978 *г/м²* корней, преимущественно древесной растительности. В коричневых лесных почвах в верхнем (0—10 *см*) слое сосредоточено примерно 30% всей массы корней. Относительно равномерное распределение корневых остатков

Таблица 4

Содержание и состав корневой массы растительности в горных черноземах

№ разреза	Почва	Глубина, *см*	Живые корни, *г/м²*			Корни, частично разложившиеся, *г/м²*	Сумма		
			травянистые	корневищные	деревянистые		*г/м²*	*т/га*	% от общей суммы корней
37	Горный чернозем карбонатный (Н. Саратовка)	0—10	269,0	49,0	60,0	462,0	840,0	8,40	69,36
		10—20	74,0	5,0	13,0	86,0	178,0	1,78	14,70
		20—30	44,0	1,0	6,0	53,0	104,0	1,04	8,59
		30—40	16,0	Нет	Нет	23,0	39,0	0,39	3,22
		40—50	9,0	„	„	17,0	26,0	0,26	2,15
		50—75	6,0	„	„	9,0	15,0	0,15	1,24
		75—100	3,0	„	„	6,0	9,0	0,09	0,74
		0—100	421,0	55,0	79,0	656,0	1211,0	12,11	100,0
38	Горный чернозем выщелоченный (Кедабек)	0—10	727,0	128,0	139,0	1157,0	2151,0	21,51	76,89
		10—20	190,0	Нет	Нет	58,0	248,0	2,48	8,86
		20—30	122,0	„	„	35,0	157,0	1,57	5,61
		30—40	57,0	„	„	15,0	72,0	0,72	2,57
		40—50	51,0	„	„	7,0	58,0	0,58	2,07
		50—75	48,0	„	„	19,0	67,0	0,67	2,39
		75—100	32,0	„	„	13,0	45,0	0,45	1,61
		0—100	1227,0	128,0	139,0	1304,0	2798,0	27,98	100,0
49	Горный чернозем слитый (Исмаиллы, сел. Ивановка)	0—10	17,5	Нет	11,7	411,2	440,4	4,40	47,94
		10—20	38,2	„	34,0	144,2	216,4	2,16	24,53
		20—30	22,5	„	44,7	77,5	144,7	1,45	16,08
		30—40	10,7	„	20,6	32,5	63,8	6,37	7,72
		40—50	8,7	„	Нет	25,7	34,4	3,45	3,73
		0—50	97,6	Нет	111,0	691,1	899,7	9,00	100,0
51	Чернозем малогумусный (Шемаха)	0—10	98,7	110,5	Нет	442,5	651,7	6,52	46,85
		10—20	75,0	92,6	--	178,8	345,4	3,46	24,85
		20—30	60,0	25,0	--	159,2	244,2	2,44	17,56
		30—40	52,5	Нет	--	46,5	99,0	0,99	7,11
		40—50	18,0	„	--	32,5	50,5	0,50	3,63
		0—50	304,2	227,1	Нет	859,5	1390,8	13,91	100,0

в лесных почвах объясняется наличием древесных корней, глубоко проникающих в почву.

Опад растительности на коричневых лесных почвах (разрез 54) Кусарского района относительно невелик (498 *г/м²*). В этих почвах, в отличие от коричневых лесных почв Ахсуинского перевала, содержатся меньшие запасы корней (2468 *г/м²*).

Лугово-коричневые почвы Кубинского района изучены на территории совхоза 12 (разрез 53). Луговая растительность представлена тимофеевкой (Phleum L.),клевером (Trifolium L.), солодкой (Glycyrrhiza L.) и тысячелистником (Achillea L.). Надземная масса травянистой растительности составляет 582 *г/м²*, а запасы корней — 1368 *г/м²*. Распространение корней по профилю относительно равномерное. Мы не останавливаемся на данных по разрезам 12, 13, 14, 15, 31 и 32, заложенным на различных коричневых почвах, поскольку в них проявляются отмеченные выше закономерности распределения и запасов растительной массы.

Горно-лесные желтоземные почвы распространены в полосе низких гор Ленкоранской области, характеризующейся условиями влажного субтропического климата (разрез 18).

Основной растительной формацией в полосе низких гор является железняково-грабовый лес со значительной примесью дзельквы, каштанолистного дуба и хурмы, с хорошо развитым подлеском и обильной травянистой растительностью из ежи сборной, пырея и др.

Поверхность почвы покрыта подстилкой из побуревших листьев дуба и железного дерева; в ее составе отмечено значительное количество измельченной фракции (см. табл. 2).

Общая растительная масса достигает 3412 *г/м²*. На долю корней приходится 2901 *г/м²*, т. е. приблизительно 85% от общей массы растительности (табл. 6).

Лесная растительность налагает определенный отпечаток на состав корней и на характер их распределения по почвенному профилю. В почве преобладают корни древесной растительности — 1610 *г/м²*, много частично разложившихся остатков (1231 *г/м²*); корней травянистой растительности немного. В верхнем (0—10 *см*) слое почвы сосредоточено более 57% корней.

Желтоземная горная послелесная (разрез 19, Ленкорань) расположена на лесной полянке под травянистой растительностью: ежа сборная (Dactylis L.), пырей (Agropyron Gaertn), чина (Lathyrus L.), кусты ежевики (Rubus L.).

Близость леса сказывается в наличии на поверхности почвы листьев дуба и железного дерева. Это обстоятельство, а также мощное развитие травянистой растительности обус-

Таблица 5

Содержание и состав корневой массы растительности в коричневых лесных почвах

№ разреза	Почва	Глубина, *см*	Живые корни, *г/м²*			Корни, частично разложившиеся, *г/м²*	Сумма		
			травянистые	корневищные	деревянистые		*г/м²*	*т/га*	% от общей суммы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	Коричневая остепненная (Лачин)	0—10	559,0	—	71,0	80,0	710,0	7,10	42,34
		10—20	199,0	—	65,0	44,0	308,0	3,08	18,36
		20—30	167,0	—	71,0	39,0	277,0	2,77	16,52
		30—40	81,0	—	55,0	34,0	170,0	1,70	10,41
		40—50	10,0	—	34,0	30,0	74,0	0,74	4,11
		50—75	10,0	—	49,0	28,0	87,0	0,87	5,19
		75—100	5,0	—	39,0	7,0	51,0	0,51	3,04
		0—100	1031,0	—	384,0	262,0	1677,0	16,77	100,0
13	Коричневая лесная маломощная (Лачин)	0—10	385,0	—	55,0	359,0	799,0	7,99	71,85
		10—20	80,0	—	23,0	52,0	155,0	1,55	13,94
		20—30	15,0	—	9,0	35,0	59,0	0,59	5,31
		30—40	10,0	—	8,0	30,0	48,0	0,48	4,32
		40—50	6,0	—	6,0	26,0	38,0	0,38	3,42
		50—75	3,0	—	6,0	10,0	13,0	0,13	1,16
		75—100	—	—	—	—	—	—	—
		0—100	499,0	—	101,0	512,0	1112,0	11,12	100,00
14	Коричневая лесная (Лачин)	0—10	476,0	—	83,0	138,0	697,0	6,97	29,96
		10—20	279,0	—	108,0	133,0	520,0	5,20	22,35
		20—30	124,0	—	117,0	104,0	345,0	3,45	14,82
		30—40	67,0	—	150,0	43,0	260,0	2,60	11,18
		40—50	51,0	—	240,0	33,0	324,0	3,24	13,19
		50—75	52,0	—	85,0	4,0	141,0	1,41	6,05
		75—100	4,0	—	34,0	2,0	40,0	0,40	1,72
		0—100	1053,0	—	817,0	457,0	2327	23,27	100,0

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	Коричневая лесная остепненная (Лачин)	0—10	528,0	—	142,0	386,0	1056,0	10,56	47,65
		10—20	294,0	—	50,0	96,0	440,0	4,40	19,86
		20—30	211,0	—	30,0	58,0	299,0	2,99	13,49
		30—40	40,0	—	7,0	54,0	101,0	1,01	4,56
		40—50	16,0	—	6,0	44,0	66,0	0,66	2,98
		50—75	67,0	—	18,0	81,0	166,0	1,66	7,49
		75—100	41,0	—	31,0	16,0	88,0	0,88	3,97
		0—100	1197,0	—	284,0	735,0	2216,0	22,16	100,0
3	Коричневая лесная (Ахсуинский перевал)	0—10	258,0	—	430,0	1251,0	1939,0	19,39	38,96
		10—20	223,0	—	432,0	179,0	834,0	8,34	16,75
		20—30	61,0	—	674,0	158,0	893,0	8,93	17,94
		30—40	39,0	—	572,0	187,0	798,0	7,98	16,03
		40—50	19,0	—	166,0	133,0	318,0	3,18	6,39
		50—75	8,0	—	80,0	66,0	154,0	1,54	3,09
		75—100	3,0	—	22,0	17,0	42,0	0,42	0,84
		0—100	611,0	—	2376,0	1991,0	4978,0	49,78	100,0
31	Коричневая послелесная (Ахсуинский перевал)	0—10	215,0	—	—	474,0	689,0	6,89	68,08
		10—20	17,0	—	—	75,0	92,0	0,92	9,09
		20—30	13,0	—	—	56,0	69,0	0,69	6,82
		30—40	11,0	—	—	38,0	49,0	0,49	4,84
		40—50	9,0	—	—	33,0	42,0	0,42	4,15
		50—75	18,0	—	—	33,0	51,0	0,51	5,04
		75—100	6,0	—	—	14,0	20,0	0,20	1,98
		0—100	289,0	—	—	723,0	1012,0	10,12	100,0
32	Коричневая послелесная (Сагиян)	0—10	245,0	Нет	Нет	539,0	784,0	7,84	75,45
		10—20	55,0	„	„	43,0	98,0	0,98	9,43
		20—30	36,0	„	„	27,0	63,0	0,63	6,06
		30—40	19,0	„	„	12,0	31,0	0,31	2,98
		40—50	15,0	„	„	9,0	24,0	0,24	2,32
		50—75	17,0	„	„	10,0	27,0	0,27	2,60
		75—100	8,0	„	„	4,0	12,0	0,12	1,16
		0—100	395,0	Нет	Нет	644,0	1039,0	10,39	100,0

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
53	Лугово-коричневая (Кубинский р-н)	0—10	92,2	187,0	Нет	343,2	622,4	6,22	45,48
		10—20	35,0	15,0	„	212,5	262,5	2,62	19,18
		20—30	46,5	Нет	7,2	73,0	126,7	1,27	9,26
		30—40	28,7	„	6,2	115,0	149,9	1,50	10,96
		40—50	15,7	„	4,0	127,5	147,2	1,47	10,75
		50—75	14,2	„	3,5	42,0	59,7	0,60	4,37
		0—75	232,3	202,0	20,9	913,2	1368,4	13,68	100,0
54	Коричневая лесная (Кусарский район)	0—10	333,7	161,7	128,0	593,0	1116,4	11,16	45,22
		10—20	128,7	Нет	346,2	150,0	624,9	6,25	25,33
		20—30	65,0	„	287,0	146,2	498,2	4,98	20,19
		30—40	15,5	„	64,2	100,0	179,7	1,80	7,28
		40—50	12,0	„	9,5	27,5	49,0	0,49	1,98
		0—50	554,9	161,7	834,9	1016,7	2468,2	24,68	100,0

Таблица 6

Содержание и состав корневой массы растительности в горно-лесных желтоземах

№ разреза	Почва	Глубина, *см*	Живые корни, *г/м²*			Корни, частично разложившиеся, *г/м²*	Сумма		
			травянистые	корневищные	деревянистые		*г/м²*	*т/га*	% от общей массы корней
18	Горно лесная желтоземная (Ленкорань)	0—10	45,0	Нет	667,0	951,0	1663,0	16,63	57,34
		10—20	12,0	„	384,0	99,0	495,0	4,95	17,06
		20—30	3,0	„	139,0	79,0	221,0	2,21	7,62
		30—40	Нет	„	148,0	35,0	183,0	1,83	6,30
		40—50	„	„	162,0	26,0	188,0	1,88	6,48
		50—75	„	„	90,0	29,0	119,0	1,19	4,10
		75—100	„	„	20,0	12,0	32,0	0,32	1,10
		0—100	60,0	„	1610,0	1231,0	2901,0	29,01	100,0
19	Желтоземная горная лесная слабооподзоленная (Ленкорань)	0—10	801,0	Нет	34,0	234,0	1069,0	10,69	63,72
		10—20	72,0	„	33,0	107,0	212,0	2,12	12,63
		20—30	41,0	„	83,0	74,0	198,0	1,98	11,80
		30—40	11,0	„	75,0	27,0	113,0	1,13	6,73
		40—50	5,0	„	22,0	13,0	40,0	0,40	2,38
		50—75	4,0	„	21,0	11,0	36,0	0,36	2,14
		75—100	Нет	„	7,0	3,0	10,0	0,10	0,60
		0—100	934,0	„	275,0	469,0	1678,0	16,78	100,0

ловливают наличие на поверхности почвы огромного количества растительной массы — 961 *г/м²*. Однако корней в почве мало (1678 *г/м²*), большая часть их представлена живыми корнями травянистой растительности (934 *г/м²*) и древесных пород (275 *г/м²*). В верхнем (0—10 *см*) слое почвы сосредоточено 63% корней, образующих плотную дернину.

На темно-каштановых почвах Карамарьянского плато (разрез 30) растительность полустепная, единично встречается ковыль (Stipa L.), полынь (Artemisia L.), кусты держидерева (Paliurus Mill.). Надземная масса достигает 253 *г/см²*. С ее учетом общая масса растительности составляет 975 *г/м²*. Следовательно, основная часть растительности (до 74% от общего веса) представлена корнями. Главная масса корней распространена в верхнем (0—20 *см*) слое почвы. Ниже в профиле почвы наблюдается относительно равномерное распределение корней, что обусловлено глубоким проникновением деревянистых корней полыни. Около 70% от общей массы растительности представляют мертвые корневые остатки, меньше — живые травянистые и деревянистые корни (табл. 7).

Каштановые почвы изучались в Шемахинском нагорье Большого Кавказа на разрезе 50.

Хорошие физико-химические свойства и лесовидный механический состав этих почв благоприятствуют развитию злаковой и разнотравной растительности и соответственно накоплению большого количества растительных остатков. Мощная растительность образует огромную корневую массу (1957 *г/м²*). Однако надземный опад незначителен (118 *г/м²*), что объясняется усиленным выпасом скота. В почве отмечено накопление большого количества частично разложившихся корней. Подобные закономерности в распределении корней отмечены в разрезе 42, но их запасы меньше.

На сероземах эфемеровая полупустынная растительность (разрезы 33 и 27) представлены мятликом (Poa L.), костром (Bromus L.), мортуком (Eremopyrum L. ets. Sp) и др. Единично встречается полынь. Надземная масса незначительна и составляет 119—189 *г/м²*. Под растительностью полынной полупустыни (разрезы 1, 4, 5, 8), накапливается на поверхности почвы 168—798 *г/м²* опада.

Сероземные почвы Апшерона и Мильской степи (разрезы 33 и 27) под эфемеровой полупустынной растительностью содержат незначительные запасы корневых масс (448—667 *г/м²*). Более 65% всех корневых масс представлены отмершими корнями. В верхнем слое почвы находится около 57% всей массы корней.

Таблица 7

Содержание и состав корневой массы растительности в каштановых почвах

№ разреза	Почва	Глубина, *см*	Живые корни, *г/м²*			Корни, частично разложившиеся, *г/м²*	Сумма		
			травянистые	корневищные	деревянистые		*г/м²*	*т/м²*	% от общей суммы корней
30	Темно-каштановая (Карамарьяны)	0—10	56,0	Нет	40,0	247,0	343,0	3,43	47,51
		10—20	20,0	„	19,0	56,0	95,0	0,95	13,16
		20—30	14,0	„	10,0	47,0	71,0	0,71	9,83
		30—40	8,0	„	7,0	38,0	53,0	0,53	7,34
		40—50	4,0	„	3,0	35,0	42,0	0,42	5,81
		50—75	14,0	„	4,0	57,0	75,0	0,75	10,39
		75—100	12,0	„	4,0	27,0	43,0	0,43	5,96
		0—100	128,0	„	87,0	507,0	722,0	7,22	100,0
42	Каштановая восточно-закавказская (Агдаш)	0—10	184,5	„	45,1	434,4	664,0	6,64	77,04
		10—20	25,0	„	17,6	64,0	106,6	1,07	12,40
		20—30	21,3	„	5,8	30,1	57,2	0,57	6,60
		30—40	8,0	„	Нет	10,2	18,2	0,18	2,11
		40—50	5,0	„	„	4,3	9,3	0,09	1,05
		50—75	3,2	„	„	3,5	6,7	0,07	0,80
		0—75	277,0	„	68,5	546,5	862,0	8,62	100,0
50	Каштановая (Шемаха)	0—10	432,0	503,2	Нет	504,7	1220,0	12,20	62,34
		10—20	71,2	240,5	„	118,8	430,7	4,31	22,00
		20—30	61,0	32,0	„	35,0	128,0	1,28	6,54
		30—40	49,2	Нет	„	36,8	85,6	0,86	4,37
		40—50	35,0	„	„	31,7	66,8	0,68	3,41
		50—75	15,3	„	„	10,5	25,8	0,26	1,34
		0—75	363,7	775,7	Нет	817,5	1956,9	19,57	100,0

Сероземные почвы Апшерона (разрез 1), Ширванской степи (разрез 4) и Карабахской степи (разрез 5, 8) под полынной полупустынной растительностью по запасам органических остатков резко отличаются от сероземных почв под эфемеровой растительностью. В них накапливается большое

Таблица 8

Содержание и состав корневой массы растительности в сероземах

№ разреза	Почва	Глубина, *см*	Живые корни, *г/м²*			Корни, частично разложившиеся, *г/м²*	Сумма		
			травянистые	корневищные	деревянистые		*г/м²*	*т/га*	% от общей суммы корней
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Серозем светлый (Апшерон)	0—10	1140,0	Нет	30,0	456,0	1626,0	16,26	85,97
		10—20	112,0	„	21,0	84,0	217,0	2,17	11,46
		20—30	22,0	„	8,0	3,0	33,0	0,33	1,81
		30—40	Нет	„	6,0	Нет	6,0	0,06	0,30
		40—50	„	„	5,0	„	5,0	0,05	0,26
		50—75	„	„	3,0	„	3,0	0,03	0,15
		75—100	„	„	1,0	„	1,0	0,01	0,05
		0—100	1274,0	Нет	74,0	543,0	1891,0	18,91	100,0
31	Серозем (Апшерон)	0—10	63,0	Нет	13,0	180,0	256,0	2,56	57,14
		10—20	35,0	„	Нет	60,0	95,0	0,95	21,20
		20—30	21,0	„	„	35,0	56,0	0,56	12,51
		30—40	16,0	„	„	20,0	36,0	0,36	8,03
		40—50	5,0	„	„	Нет	5,0	0,05	1,12
		50—75	Нет	„	„	„	Нет	Нет	Нет
		75—100	„	„	„	„	„	„	„
		0—100	140,0	Нет	13,0	295,0	448,0	4,48	100,0
4	Серозем нормальный (Кюрдамирский район)	0—10	852,0	Нет	161,0	460,0	1473,0	14,73	81,95
		10—20	54,0	„	8,0	114,0	176,0	1,76	9,81
		20—30	40,0	„	4,0	60,0	104,0	1,04	5,80
		30—40	21,0	„	„	13,0	34,0	0,34	1,89
		40—50	7,0	„	„	Нет	7,0	0,07	0,38
		50—75	3,0	„	„	„	3,0	0,03	0,17
		75—100	Нет	„	„	„	Нет	Нет	Нет
		0—100	977,0	„	173,0	647,0	1797,0	17,97	100,0

Окончание табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
27	Серозем (Мильская степь)	0—10	117,0	Нет	13,0	248,0	378,0	3,78	56,70
		10—20	33,0	„	3,0	77,0	113,0	1,13	16,95
		20—30	23,0	„	Нет	48,0	71,0	0,71	10,64
		30—40	16,0	„	„	24,0	40,0	0,40	5,99
		40—50	10,0	„	„	18,0	28,0	0,28	4,19
		50—75	8,0	„	„	16,0	24,0	0,24	3,59
		75—100	6,0	„	„	7,0	13,0	0,13	1,94
		0—100	213,0	Нет	16,0	438,0	667,0	6,67	100,0
43	Серо-бурая (Халдан)	0—10	62,7	Нет	143,0	915,2	1120,9	11,21	80,47
		10—20	43,2	„	24,5	134,5	202,2	2,02	14,54
		20—30	25,0	„	42,5	32,0	69,5	0,69	4,99
		30—40	Нет	„	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
		40—50	„	„	„	„	„	„	„
		0—50	130,9	Нет	180,0	1081,7	1392,6	13,93	100,0
58	Серозем (Карабахская степь, сел. Гусили)	0—10	681,1	Нет	176,2	631,2	1488,5	14,88	82,44
		10—20	37,5	„	42,5	105,0	185,0	1,85	10,25
		20—30	15,0	„	25,0	55,0	95,0	0,95	5,26
		30—40	10,0	„	6,0	13,0	29,0	0,29	1,61
		40—50	4,1	„	Нет	3,1	7,2	0,07	0,44
		0—50	747,7	Нет	249,7	807,3	1804,7	18,05	100,0

количество органических остатков (1797—1891 *г/м²*). Таким образом, в сероземных почвах под полынной группировкой запасы корневых остаков в 3—4 раза больше, чем под эфемеровой растительностью. Однако более высокая продукция корней в первом случае обязана в основном наличию травянистых корневых остатков эфемеров, а не одревесневших корней полыни. По-видимому полынь, затеняя поверхность почвы, создает благоприятные условия для развития эфемеров, образующих в полынной полупустынной группировке нижний ярус растительного покрова.

Серо-бурые почвы южного склона Большого Кавказа представлены разрезом 43, к северу от Халдана (табл. 8). Скудная полынно-эфемеровая полупустынная растительность с лишайником оставляет на поверхности почвы небольшую массу около 442 *г/м²*.

Вследствие ясно выраженной солонцеватости и глубинного засоления корневая система растений проникает в почву лишь до глубины 30 *см*. Запасы корней составляют

1392 *г/см²* и представлены преимущественно деревянистыми, частично разложившимися остатками. Корни растений сосредоточены в основном в верхнем (10 *см*) слое почвы.

Солонец-солончак (разрез 5, Уджарский район). Полынно-солянковая полупустынная растительность не имеет сомкнутого покрова и представлена следующими видами: солянка жирная (Salsola L.), полынь Мейера (Artemisia Meyeriana Bess.), поташник (Kalidium Moq.), солодка (Glycyrrhiza L.), петросимония (Petrosimonia Bge), кресс безлистный (Lepidium L.), кермек (Limonium Tourn. ex Mill), ситник (Juncus L.) и др.

Надземная масса составляет лишь 26 *г/м²* и состоит преимущественно из мертвых травянистых остатков. Запасы корней достигают 931 *г/м²* и представлены частично разложившимися остатками (625 *г/м²*).

В верхнем (0—10 *см*) слое сосредоточено около 77% всего запаса растительных остатков (табл. 9).

Сероземно-луговые солонцевато-солончаковые почвы Зардобского района рассмотрены на разрезе 47. Растительность представлена вересковидной солянкой (Salsola L.), карганом (Artemisia L.) и редкими кустами тамарикса (Famarix L.). Надземная масса, необразующая сомкнутого покрова, незначительна (354 *г/м²*). Однако запасы корней в этих почвах по сравнению с солонец-солончаком более значительны и достигают 1174 *г/м²*. Состав и характер распространения корневой массы в этих двух почвах почти не различаются.

На сероземно-луговых почвах (разрез 48, Уджары) полынно-солянковая растительность с единичными кустами тамарикса накапливает значительную надземную массу 990 *г/м²*. В связи с грунтовым увлажнением растительность образует в почве огромные запасы корневой массы — 3202 *г/м²*. Благодаря близкому залеганию грунтовых вод корни растений распространены по профилю почвы равномерно (табл. 10).

Культурно-луговые (коруховые) почвы исследованы на примере разреза 29, заложенного в виноградных луго-садах Геокчайского района. В составе растительного покрова отмечены молодые деревья дуба (Quercus L.), тополя (Populus L.) и карагача (Ulmus L.), по деревьям вьется виноград. Под пологом поросль ежевики и разнотравно-злаковая растительность.

Благодаря значительному растительному опаду, а также вследствие особого гидротермического режима, в связи с затененностью поверхности почв кронами деревьев для культурно-луговых почв характерны большие запасы растительной массы, последнему способствует также орошение.

Растительная масса составляет 3006 *г/м²*, из которых более 93% приходится на долю корней (2816 *г/м²*). Надземная

Таблица 9

Содержание и состав корневой массы растительности в солонцево-солончаковых почвах

№ разреза	Почва	Глубина, *см*	Живые корни, *г/м²*			Корни, частично разложившиеся, *г/м²*	Сумма		
			травянистые	корневищные	деревянистые		*г/м²*	*т/га*	% от общей суммы
5	Солонец-солончак (Уджары)	0—10	166,0	Нет	27,0	531,0	724,0	7,24	77,77
		10—20	12,0	„	14,0	65,0	91,0	0,91	9,77
		20—30	3,0	„	52,0	22,0	77,0	0,77	8,27
		30—40	Нет	„	22,2	5,0	27,0	0,27	2,90
		40—50	„	„	6,2	2,0	8,0	0,08	0,86
		50—75	„	„	4,0	Нет	4,0	0,04	0,43
		75—100	„	„	Нет	„	Нет	Нет	Нет
		0—100	181,0	Нет	125,0	625,0	931,0	9,31	100,0
47	Сероземно-луговая солонцево-солончаковая (Зардоб)	0—10	77,2	Нет	9,2	798,7	885,1	8,85	75,42
		10—20	38,0	„	10,0	135,0	183,0	1,83	15,60
		20—30	24,2	„	Нет	31,2	55,4	0,55	4,73
		30—40	27,5	„	„	Нет	27,5	0,27	2,34
		40—50	22,5	„	„	„	22,5	0,23	1,91
		0—50	189,4	Нет	19,2	964,9	1173,5	11,74	100,0
39	Солонец (Карачала)	0—10	245,4	Нет	139,5	807,4	1192,3	11,92	80,88
		10—20	32,0	„	27,8	112,8	172,6	1,73	11,72
		20—30	13,6	„	2,7	45,9	62,2	0,62	4,20
		30—40	9,6	„	Нет	23,4	33,0	0,33	2,24
		40—50	2,1	„	„	8,2	10,3	0,10	0,69
		50—75	Нет	„	„	3,7	3,7	0,04	0,27
		0—75	302,7	Нет	170,0	1001,4	1474,1	14,74	100,0

масса достигает 190 *г/м²*. Корни преимущественно представлены деревянистыми, разложившимися и в меньшей степени живыми фракциями. При изучении распределения корней по профилю обнаружено, что в верхнем (0—10 *см*) слое почвы сосредоточено около 55% их общего запаса, глубже содержание корней резко снижается.

Лугово-сазовые солонцеватые почвы изучены на разрезе 6. Характеризуются наличием громадной массы органических остатков, обусловленной мощным развитием растительности в связи с повышенным грунтовым увлажнением.

Таблица 10

Содержание и состав корневой массы растительности в луговых почвах

№ разреза	Почва	Глубина, *см*	Живые корни, *г/м²*			Корни, частично разложившиеся, *г/м²*	Сумма		
			травянистые	корневищные	деревянистые		*г/м²*	*т/га*	% от общей суммы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	Луговая сазовая солонцеватая (Барда)	0—10	1268,0	277,0	Нет	1764,0	3309,0	33,09	75,89
		10—20	232,0	169,0	„	193,0	594,0	5,94	13,63
		20—30	75,0	9,0	„	33,0	119,0	1,19	2,73
		30—40	42,0	Нет	„	13,0	55,0	0,55	1,26
		40—50	33,0	„	„	8,0	41,0	0,41	0,94
		50—75	145,0	„	„	24,0	169,0	1,69	3,88
		75—100	56,0	„	„	17,0	73,0	0,73	1,67
		0—100	1851,0	455,0	„	2045,0	4360,0	43,60	100,0
7	Луговая коркующаяся (Геокчай)	0—10	126,0	36,0	„	326,0	488,0	4,88	34,63
		10—20	29,0	49,0	„	173,0	251,0	2,51	17,81
		20—30	4,0	47,0	„	8,0	59,0	0,59	4,19
		30—40	Нет	71,0	„	3,0	74,0	0,74	5,25
		40—50	„	61,0	„	11,0	72,0	0,72	5,11
		50—75	„	350,0	„	89,0	439,0	4,39	31,16
		75—100	„	20,0	„	6,0	26,0	0,26	1,85
		0—100	159,0	634,0	„	611,0	1409,0	14,09	100,0
46	Сероземно-луговая коркующаяся (Агдаш)	0—10	148,7	12,0	9,5	288,2	458,4	4,58	29,31
		10—20	100,0	6,7	560,0	124,5	791,2	7,91	50,55
		20—30	44,0	Нет	Нет	71,2	115,2	1,15	7,36
		30—40	58,7	„	„	84,0	142,7	1,43	9,12
		40—50	28,0	„	„	29,2	57,2	0,57	3,66
		0—50	379,4	18,7	569,5	597,1	1564,7	15,65	100,0

Окончание табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
48	Сероземно-луговая (Уджары)	0—10	98,7	10,0	382,5	1245,0	1736,2	17,36	54,21
		10—20	465,5	40,7	7,0	556,2	1062,4	10,62	33,17
		20—30	50,0	5,0	Нет	179,0	241,0	2,41	7,52
		30—40	60,2	Нет	„	75,0	135,2	1,35	422
		40—50	12,5	1,7	„	3,7	17,9	0,18	0,56
		50—75	4,2	Нет	„	6,0	10,2	0,10	0,32
		0—75	691,1	57,4	389,5	2064,9	3202,9	32,03	100,0
29	Культурно-луговая (коруховая), (Геокчай)	0—10	519,0	Нет	422,0	621,0	1562,0	15,62	55,47
		10—20	14,0	„	110,0	162,0	286,0	2,86	10,16
		20—30	12,0	„	124,0	116,0	252,0	2,52	8,95
		30—40	13,0	„	137,0	75,0	225,0	2,25	7,99
		40—50	9,0	„	133,0	64,0	206,0	2,06	7,32
		50—75	18,0	„	34,0	125,0	177,0	1,77	6,28
		75—100	14,0	„	19,0	75,0	108,0	1,08	3,83
		0—100	599,0	„	979,0	1238,0	2816,0	28,16	100,0
44	Аллювиально-луговая (Варташен)	0—10	89,0	331,7	23,7	309,0	753,4	7,53	70,49
		10—20	56,5	14,2	Нет	120,0	190,7	1,91	17,89
		20—30	32,2	Нет	„	20,5	52,7	0,53	4,93
		30—40	32,5	„	„	Нет	32,5	0,32	3,03
		40—50	17,5	„	„	„	17,5	0,17	1,63
		50—75	21,7	„	„	„	21,7	0,22	2,03
		0—75	249,4	345,9	23,7	449,5	1068,5	10,69	100,0
20	Иловато-болотная (Ленкорань)	0—10	373,0	Нет	Нет	545,0	918,0	9,18	60,19
		10—20	48,0	„	„	244,0	292,0	2,92	19,16
		20—30	13,0	„	„	160,0	173,7	1,73	11,34
		30—40	8,0	„	„	58,0	66,0	0,66	4,33
		40—50	6,0	„	„	35,0	41,0	0,41	2,69
		50—75	6,0	„	„	18,0	24,0	0,24	1,57
		75—100	3,0	„	„	8,0	11,0	0,11	0,72
		0—100	457,0	„	„	1068,0	1525,0	15,25	100,0

Растительность чальная с преобладанием свинороя (Cyhodon Rich). Встречаются осоки (Carex L.), солодки (Glycyrrhiza L.) и др. Общие запасы растительной массы выражаются величиной в 4428 *г/м²*, из этого количества на долю корней приходится более 98%. Надземная масса незначительна — 68 *г/м²*. В почве большое количество мертвых частично разложившихся остатков, меньше живых корней травянистой растительности (1851 *г/м²*), немного корневищ (455 *г/м²*). В верхних слоях почвы содержится более 75% корневых масс, глубже содержание их резко убывает.

Луговые коркующиеся почвы (разрез 7 и 46) Геокчайского и Агдашского районов отличаются крайне неблагоприятными водно-физическими свойствами, обусловленными тяжелым механическим составом, солонцеватостью и образованием уплотненного слоя за счет длительного использования почв под культуру риса. В связи с этим наблюдается образование корки, трещиноватость на поверхности почвы.

Луговая растительность состоит из прибрежницы (Aeuropus Trin.), мортука (Eremopyrum J. et Sp.), полыни (Artemisia L.), верблюжей колючки (Alhagi Tourn. ex Adans), канареечника (Phalaris L.), крессы (Lepidium L.), бескильницы (Puccinellia Parl) и др. Надземная масса достигает 231—399 *г/м²*. Корни составляют незначительную массу — 1409—1565 *г/м²*. В их составе живых травянистых корней мало, преобладают мертвые частично разложившиеся остатки. В верхней (0—10 *см*) слое почвы находится до 34%, а в слое — 10—20 *см* — до 50% общей массы корней (живых и отмерших).

Аллювиально-луговые почвы (разрез 44, Варташен) формируются в речных долинах и террасах рек на молодых аллювиальных и пролювиальных наносах. Надземная масса луговой разнотравной растительности составляет 412 *г/м²*. Запасы корней (живых и отмерших) составляют 1069 *г/м²*.

Иловато-болотные почвы Ленкоранского района (разрез 20). Растительность представлена костром (Bromis L.), свинороем (Cynodon Rich), клевером (Trifolium L.), папоротником (Filicales) и редкими кустами ежевики (Rubus L.).

Надземная масса составляет 136 *г/м²* и представлена живой растительностью. Запасы корней достигают 1525 *г/м²*, представлены преимущественно (до 70%) мертвыми частично разложившимися остатками.

Лугово-лесные почвы занимают значительную площадь в северо-восточной части Азербайджана. Высокая увлажненность почвы под низменными лесами создает благоприятные условия для пышного развития луговой растительности. Примером может служить разрез 52 (Хачмас). На поверхности почвы накапливается мощная лесная подстилка 839 *г/м²*. Ка-

пиллярное увлажнение почвы от грунтовых вод благоприятствует мощному развитию корневой массы растительности. Деревянистые корни лесной растительности распространены преимущественно на глубине 50—75 *см*. Общие запасы корней составляют 3637 *г/м²* с преобладанием живых деревянистых корней (табл. 11).

Таблица 11

Содержание и состав корневой массы растительности в светло-коричневых и лугово-лесных почвах

№ разреза	Почва	Глубина, *см*	Живые корни, *г/м²*			Корни, частично разложившиеся, *г/м²*	Сумма		
			травянистые	корневищные	деревянистые		*г/м²*	*т/га*	% от общей суммы корней
25	Светло-коричневая, аридное редколесье (сел. Султанбуд)	0—10	249,0	Нет	679,0	774,0	1702,0	17,02	25,98
		10—20	152,0	„	464,0	462,0	1078,0	10,78	16,45
		20—30	80,0	„	542,0	437,0	1059,0	10,59	16,15
		30—40	55,0	„	707,0	461,0	1223,0	12,23	18,66
		40—50	45,0	„	544,0	363,0	952,0	9,52	14,52
		50—75	158,0	„	67,0	148,0	373,0	3,73	5,69
		75—100	70,0	„	35,0	62,0	167,0	1,67	2,55
		0—100	809,0	„	3038,0	2707,0	6554,0	65,54	100,0
26	Аллювиальная сероземная под полынью вблизи аридного редколесья (сел. Султанбуд)	0—10	154,0	„	—	52,0	206,0	2,06	69,84
		10—20	22,0	„	—	17,0	39,0	0,39	13,22
		20—30	13,0	„	—	12,0	25,0	0,25	8,47
		30—40	7,0	„	—	10,0	17,0	0,17	5,76
		40—50	3,0	„	—	4,0	7,0	0,07	2,37
		50—75	Нет	„	—	1,0	1,0	0,01	0,34
		75—100	„	„	—	Нет	Нет	Нет	Нет
		0—100	199,0	„	—	96,0	295,0	2,95	100,0
52	Лугово-лесная (Хачмас)	0—10	179,2	23,2	81,2	650,7	934,0	9,34	25,69
		10—20	93,5	Нет	35,2	151,7	280,4	2,80	7,72
		20—30	53,7	„	19,0	86,2	158,9	1,59	4,38
		30—40	38,0	„	125,0	138,7	301,7	3,02	8,29
		40—50	32,5	„	64,5	127,5	224,5	2,24	6,17
		50—75	52,7	„	1328,2	356,2	1737,1	17,37	47,2
		0—75	449,6	23,2	1653,1	1511,0	3636,9	36,37	100,0

Почвы фисташковых лесов представляет собой один из видов аридного редколесья. «Под аридным редколесьем

мы подразумеваем, — писал А. А. Гроссгейм, — открытые светлые леса, образованные ксерофильными древесными породами, никогда не образующими сомкнутого лесного полога и развивающимися на фоне ксерофильного травяного покрова» (1948). Эти почвы лесного типа почвообразования встречаются среди аллювиальных сероземных почв Кура-Араксинской низменности. По В. Р. Волобуеву (1953), аридное редколесье в виде фисташковых лесов Кура-Араксинской низменности такой же «правомерный» компонент полупустыни, как и полынно-карганная группировка, в эволюционной смене замещающая луговую растительность. Объект наших исследований находился в Карабахской степи, в районе кургана Султанбуд. Главным компонентом этих лесов является фисташник (Pistacia L.), встречается дуб (Quercus L.). Деревья стоят отдельными экземплярами на расстоянии 10—15 *м* друг от друга или образуют группы, тесно смыкающиеся своими кронами.

Под сравнительно густой кроной фисташника создаются особые условия местообитания, значительно отличающиеся от условий, имеющихся вне проекции кроны. Такое различие условий в проекции и вне проекции кроны фисташникового дерева отчетливо отражается на характере растительности. Непосредственно под кронами деревьев развивается группировка травянистой растительности из кермека, люцерны, тысячелистника, пырея и др. Вне затененных крон развивается типичная полупустынная полынная группировка с единичными растениями полыни (Artemisia L.). Поверхность почвы между кустами полыни покрыта дернинкой мятлика и лишайником. Для характеристики запасов растительной массы этих почв заложены разрезы под кроной фисташника (разрез 25) и на почве с полынной группировкой (разрез 26), отстоящие друг от друга на 15—20 *м*. Почва под фисташником имеет коричневый оттенок на поверхности — подстилка содержит корневые остатки эфемеров и древесных пород. В. Р. Волобуев считает целесообразным присвоить им название светло-коричневых субтропических почв.

В этих почвах общие запасы надземной и корневой массы растительности достигают больших величин — 6804 *г/м²*, из которых на долю корней приходится более 96% (6554 *г/м²*). Растительная масса на поверхности почвы состоит преимущественно из травянистых и деревянистых остатков, значительного количества измельченной фракции. В составе корневых масс преобладают живые корни деревянистой растительности (4038 *г/м²*) и полуразложившиеся остатки (2707 *г/м²*), количество живых травянистых корней незначительно. Корни древесной растительности до 50% распределены равномерно, ниже наблюдается их резкое уменьшение.

Под полынной группировкой почва (разрез 26) имеет свойства, характерные для сероземных почв Кура-Араксинской низменности. Общая масса растительности незначительна (415 *г/м²*), на долю корней приходится более 71% всей массы (295 *г/м²*). Корни преимущественно живые, травянистые, мало мертвых остатков (33%). В верхнем (0—10) слое сосредоточено около 70% корневой массы.

Полученный нами материал по запасам растительности в основных почвах Азербайджанской ССР позволяет сделать следующие выводы. Травянистая растительность Азербайджана ежегодно оставляет на поверхности почвы от 0,2 до 9,0 *т/га* свежей массы. Подстилка в лесах может достигать 11,5 *т/га*. Подстилка наиболее значительна на светло-коричневых (почвы аридного редколесья), коричневых лесных, горно-луговых, желтоземных горно-послелесных и темно-бурых горных послелесных почвах. По нашим наблюдениям, в природе растительные остатки на поверхности почвы разлагаются с чрезвычайной быстротой.

Растительность оставляет в почве значительную массу корней. Во многих случаях масса корней травянистой растительности в несколько (до 64 раз) превосходит массу надземных органов.

В зональном ряду дерновых почв запасы корневых масс постепенно возрастают от почв горно-луговой зоны (горно-луговые торфянистые, горно-луговые дерновые, горно-луговые черноземновидные) к почвам лесной зоны (темно-бурые горные послелесные). Затем запасы корневых остатков уменьшаются от почв лесной зоны к почвам степной, сухо-степной и полупустынной (горные черноземы, каштановые и сероземы) зон. В луговых почвах Кура-Араксинской низменности (сероземно-луговые, культурно-луговые, луговые сазовые солонцеватые) запасы корней несколько возрастают.

В зональном ряду почв лесного типа почвообразования запасы корневых масс последовательно возрастают от высокогорных бурых лесных почв к желтоземам и коричневым лесным почвам, расположенным в полосе средних и низких гор. Наибольшее количество корневых масс накапливается в светло-коричневых почвах (аридное редколесье). Такое закономерное увеличение массы корней от высокогорных бурых лесных почв к светло-коричневым почвам Кура-Араксинской низменности связано с последовательным нарастанием недостатка влаги в почвах, вследствие чего под лесными насаждениями «в погоне» за влагой корневая система развивается интенсивно.

Сводные материалы по запасам надземной и корневой массы в изученных почвах приведены в табл. 12. Обратим внимание на относительное содержание мертвых корней.

М. М. Кононова (1951) и Н. А. Панкова (1952) отмечают, что в условиях, задерживающих процесс гумификации растительных остатков (например, в засушливых зонах Заволжья), в почве наблюдается накопление мертвых, неполностью гумифицированных корней. Эту же закономерность отмечает Г. В. Глотова (1956). По нашим материалам (см. табл. 12), относительно высокое содержание мертвых частично полуразложившихся корней (50—70% от общей массы) наблюдается в горно-луговых, горных черноземах, темно-каштановых почвах и сероземах, что может являться показателем замедленного разложения растительных остатков в этих почвах.

Таблица 12

Запасы надземной и корневой массы растительности в почвах Азербайджанской ССР

Почва	Надземная масса	Живые корни	Мертвые корни	Сумма	Мертвые корни, % от суммы	Отношение корней к надземной массе
	г/м²					
Горно-луговая торфянистая	132	1364	689	2053	33,56	15,5
Горно-луговая дерновая	176	2628	566	3194	17,62	18,1
Горно-луговая черноземовидная	381	2921	1241	4162	29,81	10,9
Бурая послелесная	422	2511	3663	6174	59,33	14,6
Горный чернозем выщелоченный	455	1494	1304	2798	48,60	6,2
Горный чернозем карбонатный	292	500	656	1211	54,17	4,1
Темно-каштановая	253	215	507	722	70,22	2,8
Сероземная	119	153	295	448	65,84	3,7
Солонцево-солончаковая	26	306	625	931	67,13	35,1
Лугово-сероземная	189	1150	647	1797	36,00	9,5
Культурно-луговая (коруховая)	190	1578	1238	2816	43,96	14,8
Луговая сазовая солонцеватая	68	2306	2054	4360	47,11	64,1
Бурая горно-лесная	723	735	609	1344	45,31	1,7
Желтоземная горно-лесная	511	1670	1231	2901	42,44	5,6
Коричневая лесная	1151	2987	1991	4978	40,00	4,3
Светло-коричневая	250	3847	2707	6554	41,30	26,2

В лугово-сероземных, культурно-поливных и луговых сазовых почвах благоприятный режим увлажнения способствует интенсивной гумификации корней, что подтверждается малым содержанием мертвых корней по отношению к их общей массе. Интенсивно этот процесс протекает также в коричневых лесных, светло-коричневых и бурых послелесных почвах.

Годичный прирост растительной массы

Для выяснения значения растительности в гумусообразовании необходимо изучить динамику баланса корневой массы растительности. Поскольку почва в течение года претерпевает ряд сложных сезонно-ритмичных изменений, наряду с данными, полученными при однократных определениях запаса корней растений, которые имеются в почве ко времени взятия образца для анализа, необходимо иметь представление о величине годичного прироста корневых систем растений. В годичный прирост может быть включена та масса корней, которая ежегодно продуцируется растительностью и принимает активное участие в почвообразовательных процессах, в частности в гумусообразовании. Данные по величине годичного прироста корней растений в литературе почти совершенно отсутствуют. Это объясняется сложностью взаимосвязанных процессов накопления и разложения растительных остатков в почве, что создает затруднения при исследовании прироста и разложения корней растений.

Эти данные можно получить путем специальных стационарных исследований динамики растительной массы. Такие исследования выполнены в 1955—1960 гг. на следующих типах почв Азербайджана: горный чернозем выщелоченный Кедабекского района; коричневая послелесная черноземовидная Ахсуинского перевала; темно-каштановая почва Карамарьянского плато; сероземная почва Апшерона. Методика определения годичного прироста корней растений дается в главе XII.

Как видно из рис. 2, в весенний период растительность при благоприятных гидротермических условиях накапливает в почве значительные запасы корневой массы. Процесс ее накопления в почве продолжается до наступления периода летнего иссушения, когда растительность начинает постепенно отмирать. Отмершие корни растительности интенсивно разлагаются в результате жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. Следовательно, в отношении живых органов растений мы можем говорить лишь о скорости и о времени их отмирания. Мы предполагаем, что темп разложения растительной массы характеризуется в основном мертвыми растительными остатками.

К зимнему периоду количество мертвых частично разложившихся корней уменьшается до определенного минимального уровня, который переходит в баланс общей растительной массы следующего года. По уменьшению запасов корней от весенне-летнего максимума к зимнему периоду можно рассчитать среднюю ежемесячную скорость разложения, которая в изучаемых нами почвах составляет 6,2—6,8% от общего за-

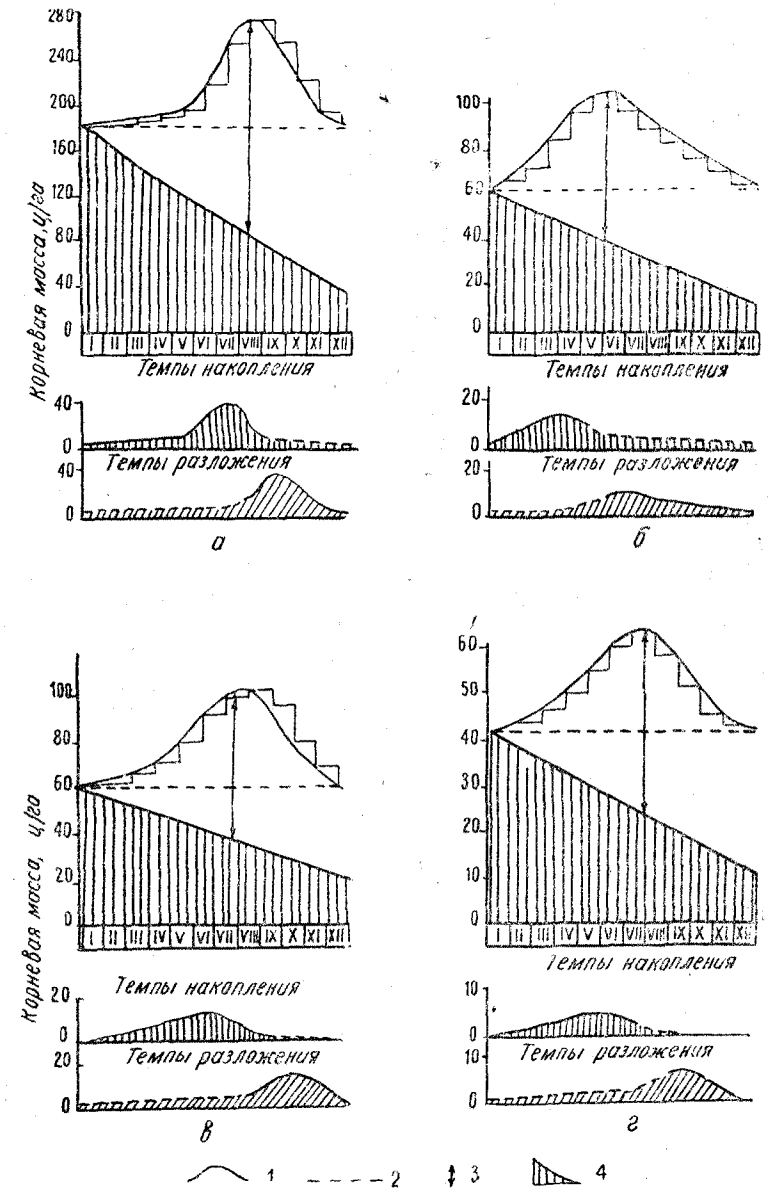


Рис. 2. Динамика накопления и разложения растительных остатков в почвах Азербайджана: *1* — запасы корней; *2* — минимальный уровень запасов; *3* — годичный прирост корней; *4* — запасы прошлогодних корней

Почва: *а* — горный чернозем, *б* — коричневая послелесная черноземовидная, *в* — темнокаштановая, *г* — серозем

паса корней. Предполагаем, что с подобной же скоростью может разлагаться и масса отмерших корневых остатков, переходящая от данного года к следующему году. Средняя скорость разложения (табл. 13) последовательно уменьшается от горных черноземов и коричневых послелесных черноземовидных почв (в которых составляет 6,8%) к темно-каштановым (6,5%) и сероземам (6,2%). Последовательное уменьшение запаса перешедших от прошлых лет корней показано на рис. 2 площадью с вертикальной заштриховкой.

Само собою разумеется, что скорость накопления и разложения растительных остатков подвергается в течение года значительным колебаниям, вызванным изменениями гидротермических условий. Кривая содержания корней (характеризующая в левой части рисунка накопление корневых остатков, а в правой их разложение) разбита нами на ежемесячные отметки. Снимая перпендикуляры месячных отметок накопления и разложения корней в нижнюю часть рисунка в отдельности, мы получим кривые, характеризующие ежемесячные размеры накопления и разложения корневых остатков.

Из рис. 2 видно, что ежемесячные размеры накопления корней последовательно возрастают до середины лета и снижаются начиная с конца летнего периода. Причиной последнего служит увеличение ежемесячных размеров разложения отмерших корней, которые достигают максимума к осени, когда наступают благоприятные гидротермические условия для активизации биологической деятельности в почвах; к зиме же темпы разложения уменьшаются.

Из анализа всего материала мы приходим к выводу, что растительность в период вегетации накапливает некоторую корневую массу (достигающую максимума в весенне-летний период). Одновременно в почве происходят процессы разложения мертвых корневых остатков, перешедших в баланс текущего года от прошлых лет. Отсюда величина *годичного прироста подземных органов растений* соответствует разности между общими запасами корней в период максимума вегетации и запасом корней, сохранившихся в почве от прошлых лет.

Соответственно в общий запас корневой массы растительности входит, с одной стороны, корневая масса, образовавшаяся в почве за период вегетации растительного сообщества (годичный прирост), а с другой — отмершая и неполностью разложившаяся масса корней от прошлых лет (табл. 13). Конечно, принятый нами прием расчетов схематичен, но мы полагаем, что этот прием дает возможность хотя бы приблизительно судить о величине годичного прироста корневой массы, участвующей в разложении и гумусообразовании.

В степных и полупустынных растительных сообществах исследуемых почв почти весь надземный растительный покров ежегодно отмирает и поэтому для годичного прироста и для общего запаса надземной растительной массы нами приняты одинаковые показатели.

Таблица 13

Годичный прирост и общие запасы растительной массы в почвах Азербайджанской ССР, *ц/га*

Почва	Время взятия образца	Надземная масса	Запасы корней прошлых лет	Общие запасы корней в период вегетации	Годичный прирост корней	Средняя ежемесячная скорость разложения корней, %
Горный чернозем	1	—	180	—	—	—
	VIII	30	92	273	181	6,8
Коричневая послелесная черноземовидная	1	—	62	—	—	—
	VI	45	41	118	77	6,8
Темно-каштановая	1	—	61	—	—	—
	VII	35	35	100	65	6,5
Серозем	1	—	44	—	—	—
	VII	15	25	64	39	6,2

Интенсивность разложения растительных остатков в почве

На процессы разложения органического вещества в природных условиях оказывает влияние сложный комплекс разнообразных факторов. Одним из главнейших условий, определяющих скорость и характер разложения органического вещества, является режим увлажнения и температуры. Экспериментальные опыты по влиянию температуры и влажности на разложение растительных остатков произведены Вольни (Wollny, 1886) и П. А. Костычевым (1886). Эти опыты выполненные ими с исключительной тщательностью при различных сочетаниях гидротермических условий, не утратили до настоящего времени своего значения, но, к сожалению, не нашли должной оценки и дальнейшего развития в среде почвоведов и агрономов.

На основании опытов Вольни (табл. 14) по разложению торфа, компостной земли можно сделать следующие выводы:

1. Интенсивность разложения растительных остатков, учитываемая по количеству CO_2 в почвенном воздухе, возрастает как с увеличением температуры, так и с увеличением влажности почвы. При наиболее высокой температуре (50° С)

и наибольшем содержании воды (влажность 46,79%) выделяется в 40 раз больше CO_2, чем при температуре 10° С и влажности 6,76%.

Таблица 14

Влияние температуры и влажности на выделение CO_2 из компостной земли (*мг* на 1 *л* почвенного воздуха)

Влажность, %	Температура, °С				
	10	20	30	40	50
6,76	2,03	3,92	6,86	14,69	25,17
26,79	18,38	54,24	63,50	80,06	81,52
46,79	35,07	61,49	82,12	91,86	97,48

2. При возрастании температуры и уменьшении влажности интенсивность разложения растительных остатков имеет оптимальное значение при температуре около 30° С и влажности около 30% от веса почвы. При увеличении влажности и одновременном уменьшении температуры и наоборот при увеличении температуры и одновременном уменьшении влажности по отношению к оптимальным условиям интенсивность разложения ослабевает, т. е. находится под влиянием фактора, который находится в минимуме.

Исследования зависимости интенсивности разложения растительной массы от температуры и увлажнения выполнены П. Петровым (1911) и В. Аболенским (1911).

Резюмируя экспериментальные исследования прежних авторов (особенно Костычева, Дегерена и Демуси и др.) П. С. Коссович (1916) приходит к выводу, что в пределах обычных температур, наблюдаемых на земной поверхности, скорость разложения повышается с повышением температуры. Биологические процессы, начиная с температуры около 0° значительно усиливаются при повышении температуры до известной оптимальной величины, которая может быть различной для разных групп микроорганизмов. Дальнейшее повышение температуры действует уже угнетающим образом на большинство микроорганизмов. Этим объясняется уменьшение скорости разложения при повышении температуры за пределы оптимальных значений для микроорганизмов. Но одновременно с биологическими процессами разложения идут и чисто химические процессы окисления, которые будучи незначительными при низких температурах, усиливаются при повышении температуры и могут приводить к выделению значительных количеств CO_2 уже после того, как биологические процессы прекращаются.

Сильное химическое окисление органического вещества почвы в результате повышения температуры за пределами микробиологической деятельности отмечаются также в работах П. Дегерена и Э. Демуси (Deherain et Demoussi, 1896), В. Гробси (Grosby, 1911), Ф. Ю. Гельцер (1930), М. М. Хлустиковой (1934) и др.

М. М. Хлустикова (1934) высокую энергию минерализации органического вещества в южных почвах объясняет взаимосвязанностью химических процессов в результате температурных воздействий и микробиологической деятельности, развивающей высокую интенсивность в благоприятных условиях влаги, тепла и питания. Ф. Ю. Гельцер (1930) отмечает увеличение количества водорастворимого гумуса и углекислоты в летний период, когда поверхность почвы в условиях Средней Азии нагревается до 60—70° С.

Влияние иссушения и повышения температуры на возрастание подвижности органического вещества и переход его в формы более доступные биологическому населению почвы отмечаются и в более ранних работах ряда исследователей (Гедройц, 1908; Лебедянцев, 1926; Петров, 1925; Ахромейко, 1930; Логвинова, 1933; Waksman, Gerretsen, 1931 и др.).

Для изучения влияния различного сочетания режима увлажнения и температуры на характер протекающих в почвах Азербайджана биохимических процессов нами выполнены специальные лабораторные эксперименты со следующими почвами: горный чернозем, темно-каштановая, сероземно-бурая, желтоземно-подзолистая, болотная. Методика постановки лабораторных экспериментов описана в главе XII.

В наших опытах (табл. 15) интенсивность разложения гумуса значительно возрастает с повышением температуры от 5 до 38° С. Однако особенно быстрая минерализация гумуса наблюдается при температуре 65° С. Так, в течение одного месяца при температуре 65° С минерализуется от 9 до 33% первоначального содержания гумуса. Наиболее высокая интенсивность его разложения отмечается в желтоземно-подзолистых почвах и наименьшая — в горных черноземах.

При разложении гумуса закономерно возрастает подвижность органических веществ. Содержание водорастворимого гумуса в почве при изменении температуры от 5 до 38° С и особенно при температуре 65° С увеличивается в пять раз при одновременном снижении количества гумуса (наглядно это видно на рис. 3). Высокую подвижность органического вещества при повышенных температурах М. М. Дикуссар (1945) и Е. С. Кудрина (1951) объясняют расшатыванием мо-

лекул гумусовых веществ, которые становятся более доступными для питания микробов-минерализаторов этих веществ.

Описанными лабораторными опытами установлено, что повышение температуры от 5 до 38° С сопровождается не только увеличением в почве воднорастворимых органических

Таблица 15

Изменение содержания общего и воднорастворимого гумуса в почвах при различных температурах

Почва	Температура почвы, °С	Общий гумус по Тюрину, %	Разложившийся гумус, % от исходного количества	Водорастворимый гумус, *мг* на 1 *кг* почвы
Горный чернозем выщелоченный	5	8,26	0,0	13,7
	25	8,20	0,7	18,1
	38	8,17	1,9	18,9
	65	7,51	9,1	117,6
Темно-каштановая	5	5,34	0,0	9,6
	25	5,29	1,0	13,5
	38	5,16	3,4	15,3
	65	3,97	25,6	39,9
Сероземно-бурая	5	3,10	0,0	13,7
	25	2,99	3,6	15,0
	38	2,89	6,8	16,3
	65	2,48	20,0	61,4
Желтоземно-подзолистая	5	2,24	0,0	6,5
	25	2,11	5,8	8,5
	38	2,08	6,3	9,8
	65	1,50	33,0	30,3
Болотная	5	6,11	0,0	16,8
	25	6,01	1,6	19,7
	38	5,98	2,1	20,5
	65	4,68	23,4	93,7

веществ, но и одновременно возрастанием содержания воднорастворимого фосфора. Однако содержание воднорастворимого гумуса и воднорастворимого фосфора наиболее резко возрастает при температуре 65° С, т. е в условиях, препятствующих деятельности микроорганизмов и способствующих химическому окислению гумуса (см. рис. 3).

Наибольшее накопление нитратов (рис. 4) отмечается в оптимальных для микроорганизмов гидротермических условиях — в капиллярно-увлажненной почве и при температуре 25—38° С. Интенсивность накопления нитратов уменьшается при температуре 5° С и особенно резко при температуре 65° С. Нитраты содержатся в незначительном количестве в избыточно-увлажненной почве и резко уменьшаются в воздушно-сухой

почве, в которой микробиологические процессы ослаблены. Эти данные согласуются с исследованиями М. М. Кононовой (1929), где показано, что в условиях Средней Азии высокая интенсивность нитрификационного процесса наблюдается при благоприятных режимах температуры и увлажнения, особенно, если почвы были предварительно подвержены высушиванию.

Таким образом, если в наших опытах при высоких температурах разложение гумуса с образованием воднорастворимых форм носит характер преимущественно химического окисления и осуществляется в условиях, препятствующих биологической деятельности, то процесс нитрификации — чисто биологический, протекающий в оптимальных для микроорганизмов условиях почвенной среды. Наибольшее количество воднорастворимого гумуса и нитратов образуется в горной черноземной почве, которая по сравнению с сероземно-бурой почвой содержит больше гумуса.

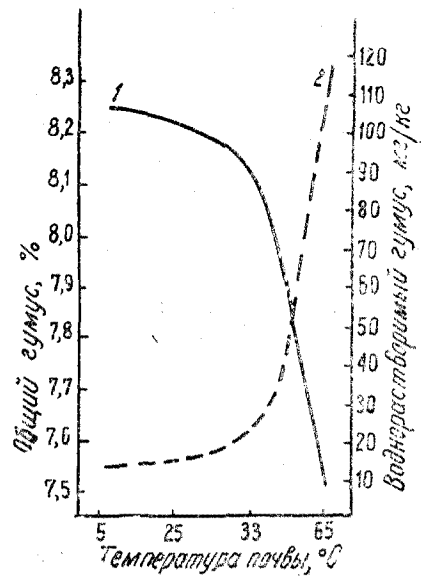


Рис. 3. Изменение содержания общего *(1)* и воднорастворимого *(2)* гумуса в выщелоченной черноземной почве при различных температурах

О зависимости процесса разложения свежего органического вещества от температурных условий говорят наблюдения Л. П. Беляковой (1957). Она указывает, что корни люцерны и хлопчатника в почве Вакшской долины при низкой температуре почвы (10—12° С) разлагаются медленно, при температуре 15—17° С процесс заканчивается через 3—4 месяца, при 25° С — через 20—30 дней, при 35° С — через 5—10 дней.

Деятельность микроорганизмов, участвующих в процессах превращения органических веществ, находится в определенной зависимости от гидротермических условий, т. е. сочетания режима увлажнения и температуры. М. М. Кононова (1951) характеризует возможную интенсивность разложения органического вещества следующими качественными градациями:

Температура	Возможная интенсивность микробиологической деятельности	Влажность, % от полной влагоемкости
>30	Слабая	>80
30—20	Весьма интенсивная	80—60
20—10	Довольно интенсивная	60—40
10—5	Слабая	40—20
<5	Очень слабая (ничтожная)	<20

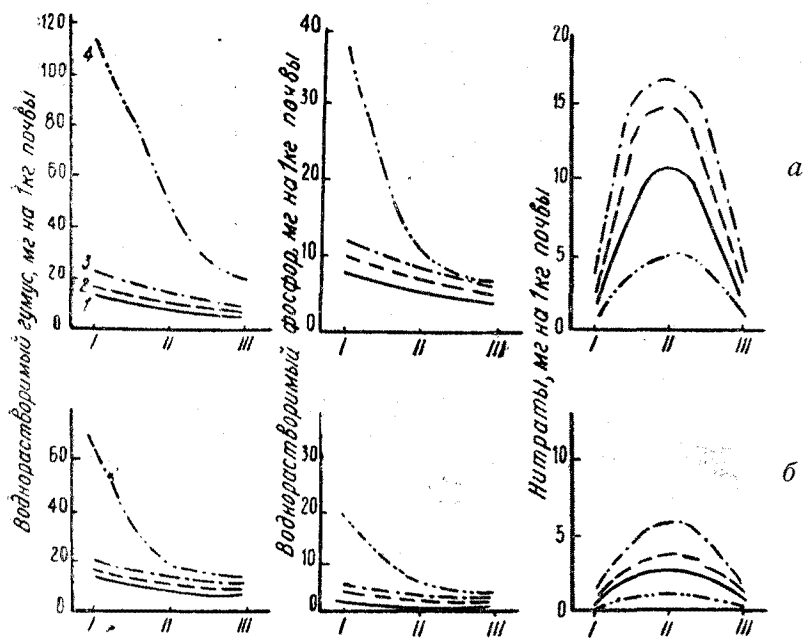


Рис. 4. Изменение содержания нитратов, водорастворимого фосфора и гумуса при различном сочетании режима увлажнения и температуры: *а* — чернозем выщелоченный; *б* — сероземно-бурая почва

Влажность: *I* — воздушно-сухая, *II* — капиллярно-увлажненная, *III* — переувлажненная.

Температура: *1* — 5°; *2* — 25°; *3* — 38°; *4* — 65°

Р. Е. Ковалев (1938), опираясь на результаты лабораторных опытов, приходит к заключению, что в сероземной почве Азербайджана при температуре 20° С корни люцерны наиболее интенсивно разлагаются в условиях оптимального увлажнения (60% от полной влагоемкости), несколько слабее — в условиях недостаточного увлажнения (25% от полной влагоемкости) и медленно — при избыточном увлажнении.

Одним из существенных факторов, определяющих энергию разложения органических остатков в почве, является аэрация, зависящая от условий увлажнения. Наряду с ти-

пичными формами аэробного и анаэробного разложения, в природе большое распространение имеют промежуточные формы неполного аэробиозиса или частичного анаэробиоза.

Природные типы разложения и накопления органического вещества в зависимости от условий аэрации по классификации Г. Потонье (Potonié, 1910; 1920) разделяются на процессы: тления (в присутствии кислорода и влаги); перегнивания (при меньшем доступе кислорода и наличии влаги) и торфообразования (вначале при доступе кислорода и в присутствии атмосферной влаги, а затем при отсутствии кислорода и в условиях застойной воды). Характеристика этих процессов дополнена И. В. Тюриным (1937) в следующем виде. Тление — почти полное окисление, в результате остается очень мало продуктов микробного синтеза и гумификации. Перегнивание — неполное окисление при наличии микробного синтеза и гумификации, умеренное накопление гумуса. Торфообразование — брожение, битуминизация и консервация трудно разлагающихся, бедных кислородом соединений, медленная гумификация. Накопление органического вещества в виде торфа.

Рассмотрение вышеизложенных материалов ряда исследователей позволяет нам дополнить характеристику процессов разложения следующими положениями:

1. Химический (термический) процесс полной минерализации (сгорания) растительных остатков и продуктов микробного синтеза (гумуса) под воздействием высоких температур и при большой иссушенности почвы.

2. Процесс глубокого анаэробиозиса при весьма слабом доступе кислорода вызывает гидролиз продуктов микробного синтеза (гумуса) и брожение растительных остатков с образованием промежуточных продуктов распада и неполного окисления.

В. Э. Понтович (1939) показала, что разложение растительных остатков в анаэробных условиях протекает менее интенсивно, чем в аэробных. Предварительное разложение растительных остатков в аэробных условиях обусловило более быстрое их разложение в анаэробных условиях, что следует объяснить обогащением разлагающихся растительных остатков кислородом, облегчающим их дальнейший распад при анаэробиозисе. Как видно, на процессы накопления и разложения органического вещества оказывает влияние сложный комплекс разнообразных факторов. Большое значение имеет состояние растительного материала. В этой связи считаем полезным остановиться более подробно на анализе результатов одиннадцати опытов П. А. Костычева (1886) по разложению свежих и полуразложившихся березовых листьев, сена и еловой хвои, которые представлены нами в обоб-

щенном виде на рис. 5. Это позволило сделать ряд интересных заключений о характере и темпах разложения свежей и полуразложившейся растительной массы при различных температурных уровнях (от 0 до 80° С) и влажности (от 0 до 80%).

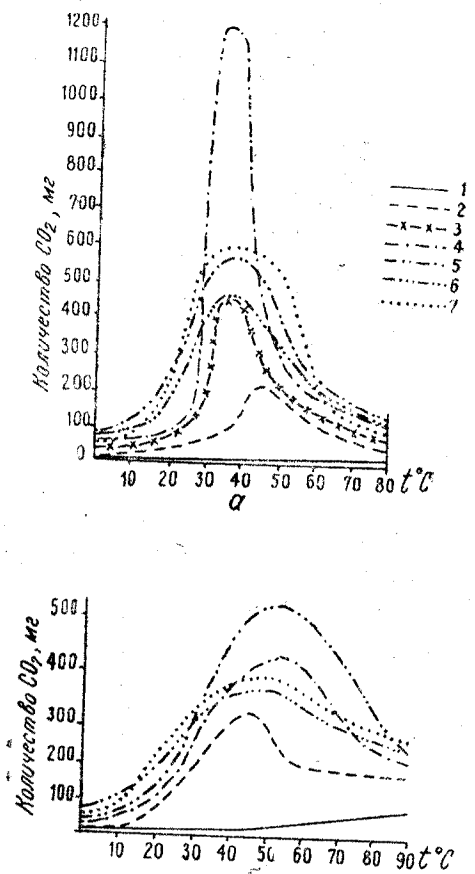


Рис. 5. Количество CO_2, выделившейся из 100 г разложившегося растительного вещества: *а* — свежие растительные остатки, *б* — полуразложившиеся растительные остатки

Влажность, % от веса почвы: *1* — 10—20; *2* — 20—30; *3* — 30—40; *4* — 40—50; *5* — 50—60; *6* — 60—70; *7* — 70—80

Скорость разложения растительной массы определялась П. А. Костычевым по интенсивности выделения углекислоты из разлагающегося органического вещества. Как видно из рис. 5, свежая растительная масса разлагается весьма интенсивно, особенно при достаточной влажности (40—50%) и температуре в пределах 35—37%. Поскольку подобные условия весьма благоприятны для жизнедеятельности микроорганизмов значительное количество свежей растительной массы разлагается в течение непродолжительного времени.

Далее опыты П. А. Костычева показывают, что полуразложившиеся растительные остатки разлагаются с меньшей скоростью. Наиболее быстро процессы их разложения протекают при более высоких температурах (50—60° С) и влажности (50—60%). В разложении этих отмерших растительных остатков по-видимому активное участие принимают термофильные микроорганизмы. Таким образом, органическое вещество интенсивно разлагается при некоторых оптимальных условиях увлажнения и температуры, которые для свежих и разложившихся остатков не одинаковы.

При достаточном увлажнении растительные остатки могут разлагаться и при низкой температуре (0—10° С), но интенсивность их разложения последовательно увеличивается с повышением температуры. Сильновысушенные остатки подвергаются медленному разложению, причем интенсивность минерализации также последовательно возрастает по мере повышения температуры и при очень высоких температурах становится довольно высокой. В условиях низкой влажности среды и высокой температуры возможно происходит термический процесс окисления растительного вещества до конечных продуктов минерализации.

Математическую обработку опытов П. А. Костычева провел Г. Г. Бирштейн (1911), применив к процессам разложения растительных остатков уравнение, характеризующее скорость необратимых мономолекулярных реакций:

$$K = \frac{1}{T} \cdot 2{,}303 \cdot \frac{a}{a-x} \text{ где,}$$

a — концентрация реагируемых молекул ко времени 0;
$a-x$ концентрация реагируемых молекул ко времени T;
T — время; K — постоянная скорость.

Убыль растительных остатков в разлагающемся веществе по истечении равных периодов времени П. А. Костычев представляет рядом членов убывающей геометрической прогрессии. Если «a» выражает дробь меньше единицы, представляющую количество органического вещества, разложившегося в течение известного периода (отношение к исходной весовой единице этого вещества), «A» выражает начальное количество этого вещества, то количество разлагающегося вещества в первый и последующие равные периоды выражается величинами:

по истечении первого периода		Aa
второго	»	Aa^2 или $Aa \cdot a$
третьего	»	Aa^3 или $Aa^2 \cdot a$
n	»	Aa^n

Правило П. А. Костычева не выявляет закономерностей разложения растительных остатков по следующим причинам. Со второго периода оно не характеризует разложение исходной растительной массы «A» в каждый отдельный период, а указывает на то, что в текущем периоде разлагается некоторая часть уже разложившихся в предыдущий период растительных остатков. Так, если «a» будет соответствовать 0,05 (П. А. Костычев считает, что «быстрота разложения с течением времени мало изменяется» и ежемесячная скорост разложения равна $\approx 5\%$), то получим, что во второй период может минерализоваться 0,05-ая часть массы расти-

тельных остатков, разложившихся в предыдущий период (Aa); а в третий период минерализуется 0,05-ая часть растительной массы, разложившейся во второй период (Aa^2). Таким образом, по формуле П. А. Костычева учитывается разложение уже разложившейся растительной массы, но не той массы растительных остатков, которая имеется в наличии в каждый отдельный период. Это приводит П. А. Костычева к неправильному выводу, что при справедливости этого правила для бесконечного ряда периодов «органическое вещество, раз начавшее гнить, никогда не исчезнет совершенно» (1886, стр. 35).

Поскольку в каждый отдельный период в почве имеется определенная масса растительных остатков, подвергающаяся разложению, то количество вещества, разлагающееся в первый и последующий периоды, мы представляем в следующем виде: по истечении первого периода $Aa = в_1$.

» второго » $(A - в_1)\ a = в_2$

» третьего » $(A - в_1 - в_2)\ a = в_3$

Подставляя в эти уравнения значения $в_2$ и $в_1$, получим:

$$(A - Aa)\ a = Aa\ (1 - a) = в_2$$

$$[A - Aa - Aa\ (1 - a)\ [a = Aa\ (1 - 2a + a^2) = Aa\ (1 - a)^2 = в_3,$$

тогда количество растительных остатков, разложившихся за «n» периода времени, можно представить следующей формулой:

$$Aa\ (1 - a)^{n-1} = в_n,$$

аналогичной формуле бинома Ньютона, где

A — количество исходной растительной массы;

a — скорость разложения растительных остатков, выраженная дробью меньше единицы;

n — биноминальный коэффициент, указывающий на число периодов времени.

Эта формула применима при постоянстве гидротермических условий и скорости разложения органического вещества «a», чего можно добиться лишь в лабораторных экспериментах.

Однако растительные остатки в почве вследствие динамичности гидротермических условий и жизнедеятельности почвенных организмов разлагаются с различной интенсивностью.

В нашей работе предпринята попытка математически обработать результаты стационарных данных по динамике разложения растительных остатков в почвах Азербайджана. Скорость разложения (т. е. количество растительной массы, разложившейся за определенный промежуток времени) мы

выражаем в процентах от имеющейся в почве растительной массы в каждый отдельный период времени.

Нам представляется неправильным вычислять скорость разложения в процентах от первоначальной (исходной) массы растительного вещества, не учитывая при этом изменения объема растительной массы, так как при подобном подсчете полученные результаты не характеризуют природные закономерности разложения растительной массы в почве. Эти положения подтверждаются фактическими данными, приведенными в работе. Если скорость разложения растительных остатков «a» в каждый период времени выразить через дробь меньше единицы (приняв 10% за 1,0), а исходную массу растительного вещества через «A», то количество растительной массы, разложившейся в первый и последующие периоды (B_1, B_2, B_3 и т. д.) можно представить в следующем виде:

I период $B_1 = Aa_1$

II период $B_2 = (A - B_1)a_2 = Aa_2\ (1 - a_1)$

III период $B_3 = (A - B_1 - B_2)\ a_3 = Aa_3\ (1 - a_1 - a_2 + a_1\ a_2 = Aa_3\ (1 - a_1)\ (1 - a_2)$

IV период $B_4 = (A - B_1 - B_2 - B_3)a_4 = Aa_4\ (1 - a_1 - a_2 + a_1a_2 - a_3 + a_1a_3 + a_2a_3 - a_1a_2a_3) = Aa_4(1 - a_1)\ (1 - a_2)\ (1 - a_3)$,

отсюда количество растительных остатков, разложившихся за «n» период времени, можно представить следующей формулой:

$$B_n = Aa_n\ (1 - a_1)\ (1 - a_2)\ (1 - a_3)\ .\ .\ .\ (1a_{n-1}),$$

которая аналогична формуле бинома Ньютона с различающимися вторыми членами, где «n» — биноминальный коэффициент, указывающий на число периодов времени.

Таким образом, если нам известна величина исходной растительной массы (например, к периоду запашки пласта трав, распашки целинных и залежных земель и т. д.), то, определив путем стационарных исследований скорость ее разложения в течение года, мы можем для этих условий вычислить по формуле ход разложения растительных остатков по состоянию на любой период времени.

Для подтверждения достоверности формулы фактические данные по динамике разложения растительных остатков, полученные нами в опытах, заложенных в полевых условиях, сравнивались с вычисленными по формуле (табл. 16 и 17).

Как видно из таблиц, величины, характеризующие количество разложившихся растительных остатков («$в$»), полученные опытным путем в светло-каштановой (разлагался пласт люцерны) и сероземной почве (разлагались корневые остатки растительности на целине), по своему количественному выражению полностью совпадают с данными, вычислен-

ными по формуле по тем же объектам исследования. Данные, полученные на основе математической зависимости, показывают, что как в целинных, так и в культурных почвах Азер-

Таблица 16

Динамика разложения пласта люцерны в светло-каштановой почве Азербайджана (АзНИИЗ, 1947, 1948)

Сроки взятия образцов		Вес массы пласта в почве, г/м²	Скорость разложения пласта, *a*		Колич. разложившейся растительной массы, в г/м²	Колич. разложившейся растительной массы, рассчитанное по формуле, в, г/м²
месяцы	период времени		%	при 100 % = 1		
X 1947	1	220,0	6,00	0,0600	13,2	13,2
XI 1947	2	206,8	8,50	0,0850	17,5	17,5
XII 1947	3	188,5	9,26	0,0926	17,5	17,5
1948	4	171,0	9,24	0,0994	17,0	17,0
II 1948	5	158,0	11,39	0,1139	18,0	18,0
III 1948	6	140,0	17,57	0,1757	26,0	26,0
IV 1948	7	114,0	24,12	0,2412	27,5	27,5

байджана отмечается общий закономерный ход процессов разложения растительных остатков. Следовательно предложенная формула достоверно отражает природные закономер-

Таблица 17

Динамика разложения корневых остатков растительности в сероземной почве Апшерона

Сроки взятия образца		Содержание корней в почве, г/м²	Скорость разложения корней, *a*		Колич. разложившихся корней, г/м²	Колич. разложившихся корней, рассчитанное по формуле, в г/м²
месяцы,	периоды времени		%	при 100 % = 1		
VIII 1955	1	64А	6,25	0,0623	4,0	4,0
X	2	60	11,66	0,1166	7,0	7,0
IX	3	53	9,43	0,0943	5,0	5,0
XI	4	48	6,66	0,0666	3,2	3,2
XII	5	44,8	2,23	0,0223	1,0	1,0

ности процессов разложения растительных остатков в почве. В связи с этим полагаем, что она может быть использована и для практических целей при уточнении и разработке агро-

технических приемов рационального использования органических веществ для повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Накопление гумуса в почвах под различными растительными ассоциациями

В настоящее время признано, что главным источником гумусовых веществ в почве являются корневые системы растений. Надземная масса в значительной мере уничтожается животными, скашивается, быстро разлагается и поэтому не играет в гумусообразовании существенной роли.

П. А. Костычев писал (1886): «Накопление в почве органических веществ может зависеть только от растительных корней; просачивание и снос органических веществ в глубокие слои может иметь сравнительно с корнями ничтожное значение и притом чисто местное, а не всеобщее.

Если признавать, что корни составляют источник образования перегноя, то распределение последнего в почвах должно соответствовать распределению корней» (стр. 38).

Этот вывод подтверждается при сравнении характера распределения корней и гумуса по почвенному профилю. Только там, где корни травянистой растительности идут глубоко, почва обогащается гумусом до значительной глубины; в разных слоях почвы содержание гумуса соответствует количеству корней, находящихся в этих слоях.

При оценке растительности как источника органического вещества в почве важно выяснить соотношение между ее надземной и корневой массой. Как видно из табл. 12, масса корней в 64 раза может превосходить надземную массу растительности.

В луговых почвах горных районов и луговых почвах низменности, распределенных в условиях высокого атмосферного или грунтового увлажнения, растения по сравнению с надземной массой развивают более мощную корневую систему, чем в черноземах, каштановых и сероземных почвах, развитых в условиях неустойчивого и недостаточного увлажнения.

А. Н. Розанов (1951), основываясь на материалах по Средней Азии, отмечает, что по количеству надземной растительной массы целинные серозёмы уступают каштановым и черноземным почвам, а по содержанию корневых остатков могут быть приравнены или даже превышают последние два типа почв. Однако, по результатам наших исследований в Азербайджанской ССР, целинные серозёмы уступают черноземам и каштановым почвам не только по продукции надземной массы, но и по запасам корневых остатков.

Большое значение имеет не только запас, но и природа

корневых масс. Следует отметить, что в сероземных и каштановых почвах полынная растительность имеет преимущественно многолетнюю деревянистую корневую систему, значение которой в гумусообразовании ограничено.

Сказанное о преимущественном значении корневых систем в гумусообразовании не относится к почвам, развивающимся под лесной растительностью.

По сравнению с травянистой растительностью корни древесных пород как более грубые и долговечные образуют небольшие количества гумуса. Главный его источник в лесных почвах — подстилка. Поступление органических веществ в нижние слои этих почв происходит в виде растворов, вымываемых из подстилки.

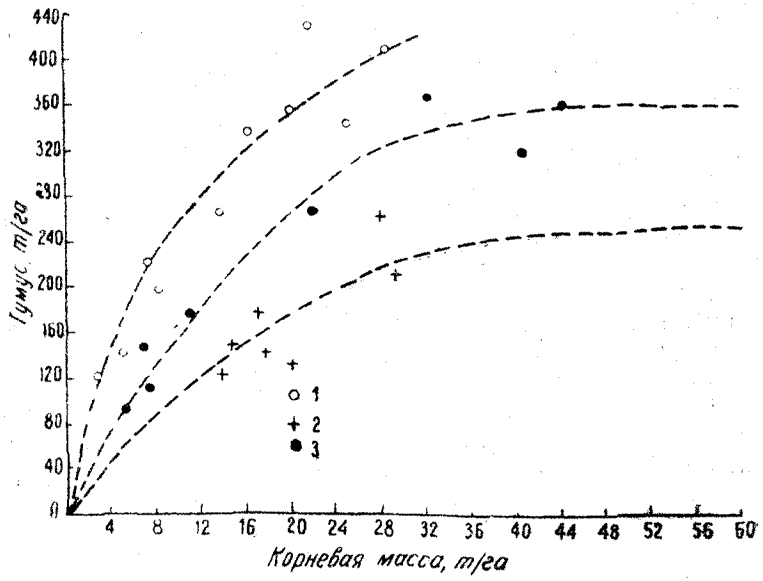


Рис. 6. Изменение запаса гумуса в зависимости от массы корней (слой 0—100 *см*) в почвах Азербайджанской ССР

Почвы: *1* — дерновые; *2* — лесные; *3* — послелесные

Сопоставление данных по запасам гумуса и корней приводит к выводу о наличии между ними прямой зависимости (рис. 6). Однако увеличение содержания гумуса идет лишь до некоторого предела, после чего дальнейшее увеличение запасов корней не отражается на количестве гумуса. Причиной, вероятно, является консервация корней.

В почвах дернового ряда почвообразования по сравнению с лесными почвами наблюдаются более высокие запасы почвенного гумуса. Промежуточное положение занимают послелесные и лугово-лесные почвы.

2. МИКРОФЛОРА ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА И ЕЕ РОЛЬ В ПРОЦЕССАХ ГУМУСООБРАЗОВАНИЯ

В результате совокупной деятельности ассоциаций микроорганизмов, обладающих разносторонними биохимическими функциями, в почве происходит беспрерывная смена процессов синтеза и разложения органического вещества.

В. Р. Вильямс развил оригинальное учение о природе почвенного гумуса. В его представлении «главная масса почвенного перегноя представляет так называемые экзоэнзимы трех типов микроорганизмов: бактерий аэробных и анаэробных и грибов, которыми эти названные микроорганизмы действуют на мертвое органическое вещество, разрушая его для получения энергии и пищи» (1939, стр. 69).

В разложении растительных остатков и в синтезе гумусоподобных соединений весьма активно участвуют различные группы микроорганизмов — как и грибы (Мишустин и Тимофеева, 1944; Частухин, 1953; Красильников, 1958; Рыбалкина и Кононенко, 1959; Пошон и Баржак, 1960 и др.).

При изучении условий образования гумуса Е. Н. Мишустин (1947) рассматривает гумусообразование как ферментативно-химический процесс, имеющий место при известном подавлении деятельности микроорганизмов, когда сохраняют свою активность лишь ферменты микробного происхождения, приобретающие синтезирующую направленность. Разделяя мнение Е. Н. Мишустина о том, что синтез гумусовых веществ происходит при участии ферментов микроорганизмов, М. М. Кононова (1951) в то же время не согласна с ним, что ферменты микробного происхождения могут длительно сохранять свою активность в почве, будучи изолированными от бактериальной клетки, поскольку в почве они быстро инактивируются.

Сравнительный анализ материалов, характеризующих условия гумусообразования в почвах СССР, привел М. М. Кононову к выводу, что наиболее благоприятна для накопления гумуса ритмичность биологической деятельности. По ее мнению, в периоды увлажнения почвы (периоды активизации микробиологических процессов) происходит новообразование гумусовых веществ, а периоды последующего усыхания почвы, вызывающие депрессию деятельности микроорганизмов, предохраняют гумусовые вещества от быстрого вовлечения в новые биохимические процессы. Вступая в эти периоды во взаимодействие с минеральной частью почвы, гумусовые вещества закрепляются в виде органо-минеральных соединений.

Наши собственные материалы по биодинамике органического вещества в почвах Азербайджанской ССР, которые

излагаются в последующих главах (VII и IX), подтверждают точку зрения М. М. Кононовой.

Разные типы почв существенно отличаются по характеру растительности, которая обогащает почву отмирающими корневыми остатками, различающимися по химическому составу. Это, естественно, отражается на групповом и видовом составе микробного населения почв, деятельность которого в свою очередь существенно влияет на процессы гумусообразования. В этой связи мы считаем полезным дать для различных типов почв Азербайджана общую характеристику микробного населения (бактерии, актиномицеты и грибы).

Использовав материалы микробиологических исследований по почвам республики, полученные рядом авторов (Касимова, 1958, 1959; Пакусин, 1955, 1960; Гаджиева 1958; Буяновский, 1959; Мелкумова, 1961 а, б), мы в обобщенном виде приводим средние показатели количественных определений микроорганизмов для горизонта *А* целинных почв и пахотного слоя окультуренных почв (табл. 18). Авторы указанных работ пользовались чашечным методом с высевом почвенных взвесей на различные питательные среды.

Хотя известно (Мишустин, 1958), что сезонные колебания численности микрофлоры в различных почвах весьма существенны, однако в каждой почве эти колебания укладываются в определенные границы и поэтому могут характеризовать особенности почвенного типа и его культурного состояния. Поэтому средние данные за длительный период наблюдений вполне определяют биогенность того или иного почвенного типа, богатство его определенными группами микроорганизмов.

В почвах Азербайджана общая численность микробного населения в 1 *г* почвы, начиная с высокогорных альпийских и субальпийских горно-луговых почв к черноземам и далее к каштановым, последовательно возрастает. Она несколько снижается в сероземной и серо-бурой почве полупустынной зоны и особенно в солонцах и солончаках. Луговые почвы Кура-Араксинской низменности характеризуются высокой численностью микроорганизмов.

Значительной обсемененностью микроорганизмами отличаются коричневые лесные почвы. Количество микроорганизмов в бурых лесных почвах, распространенных в горной зоне, незначительное, вероятно, вследствие сравнительно холодного климата. В почвах желтоземного ряда, несмотря на относительно благоприятные условия температуры и влажности, численность микроорганизмов невысокая благодаря повышенной кислотности почвы и периодическому накоплению угнетающих их токсических соединений (Пакусин, 1960).

Н. М. Лазарев (1939) применил прием вычисления количества микроорганизмов на 1 *мг* азота. Поскольку основная масса азота почвы содержится в перегное, полученные при этом данные являются показателем энергии превращения гумуса. Такой прием расчета является полезным при сопоставлении характера микрофлоры разных почвенных типов, связанных с процессами превращения органических веществ почвы.

В табл. 18 мы приводим расчет количества микроорганизмов на 1 *г* гумуса почвы.

При переходе от высокогорных горно-луговых почв к черноземам и каштановым почвам и далее к сероземным и серобурым почвам Кура-Араксинской низменности биогенность почв существенно возрастает. Наиболее высокой биогенностью отличаются сероземные и серо-бурые почвы, а также луговые почвы низменности. Резко уменьшается биогенность в солонцеватых и солончаковых почвах.

При довольно высокой обсемененности микроорганизмами почвы лесной формации являются менее биогенными, чем почвы под дерновой растительностью. Особенно малое количество микроорганизмов приходится на 1 *г* гумуса в бурых лесных почвах и желтоземах. В освоенных вариантах всех типов почв содержится большое количество микроорганизмов как на 1 *г* почвы, так и на 1 *г* гумуса, нежели в целинных. Следовательно можно ожидать, что освоение почв способствует повышению интенсивности биологического круговорота веществ.

Вертикальная зональность существенно проявляется в групповом составе микроорганизмов. От высокогорных горно-луговых последовательно к каштановым и сероземным почвам более теплого климата в составе микрофлоры устойчиво возрастает численность спорообразующих бактерий и актиномицетов и уменьшается относительное количество неспороносных форм. По мнению Е. Н. Мишустина (1947), неспоровые бактерии являются пионерами освоения органических остатков; богатство этими формами горно-луговых почв может быть объяснено наличием в последних органических остатков с высоким содержанием легкодоступных микроорганизмам растительных веществ.

Каштановые, сероземы и серо-бурые почвы богаты споровыми бактериями и актиномицетами, деятельность которых связана с трансформацией относительно стабильных форм органического вещества.

Споровые бактерии благодаря мощному ферментативному аппарату используют недоступные для неспоровых бактерий вещества и обогащают среду белком за счет микробного синтеза. Также установлено, что многие представители актиномицетов принимают активное участие в минерализации

Таблица 18

Количество и состав микрофлоры в различных типах почв Азербайджана

(в тысячах на 1 *г* абсолютно сухой почвы и на 1 *г* гумуса)

Почва	Состояние почвы	Горизонт	Микроорганизмы в 1 *г* почвы: общее колич. микробов	общее колич. бактерий	споровые бактерии	актиномицеты	грибы	% бактерий	% споровых бактерий	% актиномицетов	% грибов	Примерное число микроорганизмов на 1 *г* гумуса: общее колич. микробов	общее колич. бактерий	колич. споровых бактерий	актиномицеты	грибы
Горно-луговая	Целинная	А	2722	2227	360	460	35	82,0	16,2	16,8	1,2	22593	18484	2988	3818	290
	Освоенная	Ап	3356	2803	470	530	23	83,5	16,8	15,9	0,6	27856	23265	3901	4399	191
Чернозем	Целинная	А	3507	2507	407	990	10	81,5	16,2	18,2	0,3	58216	41616	6756	16434	166
	Освоенная	Ап	3821	2553	529	1260	8	76,8	20,7	23,0	0,2	63429	42215	8781	20416	133
Каштановая	Целинная	А	4331	3350	720	933	48	77,8	21,5	21,6	0,6	108275	33750	18000	2332	1120
	Освоенная	Ап	6813	5411	1386	1326	16	79,4	25,6	20,3	0,3	170325	135275	35750	33150	410
Серозем и серо-бурая	Целинная	А	3025	2168	556	841	16	71,3	25,6	27,8	0,8	151250	108400	27800	42050	800
	Освоенная	Ап	5478	4422	1630	1039	17	73,4	25,6	26,3	0,3	273900	221100	81500	51950	850
Луговая	Целинная	А	4801	3530	344	1246	25	73,5	9,7	25,9	0,6	120025	88250	8600	31150	625
	Освоенная	Ап	9186	6716	780	2430	40	73,1	11,6	26,5	0,4	229650	167900	19500	60750	1000
Солонцы и солончаки	Целинная	А	812	482	68	317	13	59,3	9,3	39,0	1,7	56840	33740	4760	22190	910
Бурая лесная	Целинная	А	2036	1603	407	445	18	77,6	21,6	21,6	0,8	20360	16030	4070	4450	180
	Освоенная	Ап	3792	3280	527	554	8	85,2	16,1	14,6	0,2	37920	32300	5270	5540	80
Коричневая лесная	Целинная	А	3510	2592	278	889	29	73,8	10,7	25,3	0,9	70200	51840	4560	17780	580
	Освоенная	Ап	5382	3784	712	1579	19	70,3	18,8	29,3	0,4	107640	75680	14240	31580	380
Желтозем	Целинная	А	2077	1261	174	760	56	60,7	13,9	36,6	2,7	41540	25220	3480	15200	1120
	Освоенная	Ап	2910	1800	276	1067	43	61,8	15,3	36,6	1,6	58200	36000	5520	21340	860

почвенного гумуса и продуктов его распада. (Кудрина, 1951; Виноградский, 1952).

Обращает внимание высокое содержание актиномицетов в луговых почвах и солонцах (солончаках), причина чего остается неясной. Достаточно высокое содержание микроорганизмов отмечается в почвах под лесной растительностью, однако в соотношении отдельных групп в различных типах лесных почв четких закономерностей установить нам не удалось.

По литературным данным (Тюрин, 1946; Мишустин 1956), количественное участие массы микроорганизмов в составе почвенного гумуса незначительное и выражается от 0,1 до 3% от его запаса (табл. 19). Заметно повышаются запасы микробной плазмы в окультуренных почвах.

По данным Пошона и Баржака (1960), биомасса бактерий в среднем составляет 500 *кг/га,* актиномицетов до 700 *кг/га* и грибов от 1000 до 1500 *кг/га.* Более высокие цифры приводит Н. А. Красильников (1944, 1958); он считает, что в окультуренных почвах микробная масса достигает: в сероземах 7—9 *т/га,* в подзолистых почвах 2,5—4 *т/га.* Из приведенных данных (Тюрин, Мишустин, Красильников), следует,

что общая масса микробной плазмы в почве имеет менее существенное значение в накоплении гумуса, чем растительные остатки.

Таблица 19

Количество биомассы микроорганизмов в почве

Почва	Вес сухой массы микроорганизмов, *т/га*: по Мишустину (1956)	по Тюрину (1946)
Подзол	0,1	0,15—0,28
Дерново-подзолистая	0,2—0,9	—
Чернозем	0,9—1,3	0,36—0,49
Серозем	0,5—1,2	0,24

Поскольку численность микроорганизмов в почвах Азербайджана в общем не выходит за пределы таковой для аналогичных типов почв Союза, можно думать, что и в изучаемых нами почвах ферментативная активность микроорганизмов имеет огромное значение в круговороте веществ и в

частности в превращении органического вещества почвы. Судя по приведенным данным, наиболее высокой биологической активностью характеризуются сероземные и серо-бурые почвы, а также луговые почвы низменности. Наименее биогенными оказываются солонцы, солончаки и бурые лесные почвы.

3. РОЛЬ ПОЧВЕННОЙ ФАУНЫ В ПРЕВРАЩЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Известно, что обитающие в почве беспозвоночные, масса которых во многих случаях измеряется центнерами и даже тоннами на 1 *га*, представляют один из существенных факторов почвообразовательного процесса. Почвенные животные оказывают большое влияние на процессы изменения и превращения растительных остатков. Они измельчают растительные остатки, способствуя более быстрому их разложению, перемешивают их с минеральной частью почвы.

Растительные остатки, являющиеся пищей для растительноядных животных, частично разлагаются до CO_2 и H_2O при дыхательном процессе, частично идут на построение животного организма, а переработанная часть выбрасывается в виде экскрементов, обогащенных микробиальной флорой кишечника, его выделениями и захваченными минеральными частицами.

Биологическая активность населяющих почву животных организмов зависит не только от их численности, но главным образом от их массы, являющейся накопителем в почве богатых азотом органических соединений.

Исследования М. М. Кононовой (1944) иллюстрируют огромное значение деятельности животных в переработке гумифицированного материала. В ее опытах гумифицированные корни люцерны и клевера в течение нескольких лет сохранили свое строение, но лишь только на них поселялись мушки Sciara и появлялись ее личинки, как гумифицированный материал за несколько дней превращался в аморфную массу-мулль.

Мы не ставим задачей изложение обзора литературы по вопросу о роли почвенной фауны в превращении органических веществ в почвах СССР (см. об этом работы Гилярова, 1947, 1949, 1953; Кононовой, 1963). Но считаем полезным обратить внимание на фауну почв Азербайджана (и лишь для сравнения на фауну почв Средней Азии), о которой имеются очень скудные данные.

Важная роль в сероземах принадлежит дождевым червям. Напомним, что, по данным Дарвина (1882), количество земли, проходящей через организм дождевых червей достигает очень значительных количеств (более 40 *т* в год). Н. А. Димо (1938) в мощных культурнополивных почвах Средней Азии под люцерной установил высокую заселенность дождевыми червями, среднее количество которых на 1 *га* более 5 млн. Деятельность червей исключительно велика: она определяется громадным количеством ходов, проделываемых в почве до глубины более 1,5 *м*. Поверхность почвы в 1 *га* под люцерной содержит весной около 15 млн отверстий диаметром от 1 до 6 *мм*. Выброшенная из ходов червей измененная почва составляет 122,6 *т/га*. Только за весенний период жизнедеятельности выбросы земляных червей на поверхность почвы составляют 15—20 *т/га*. В неорошаемых почвах жизнедеятельность червей протекает в короткий весенний период продолжительностью в 50—60 дней, тогда как в орошаемых почвах она охватывает более длительный период (6—7 месяцев).

Лунт и Якобсон (Lunt, Jacobson, 1944), исследуя экскременты дождевых червей, показали, что по сравнению с почвой они обладают более высоким pH, более высокой обменной способностью, более богаты органическим веществом и содержат больше общего азота, NO_3, Ca, Mg и фосфора. Своими экскрементами дождевые черви непосредственно способствуют улучшению плодородия почвы. Однако нет оснований ограничивать роль почвенной фауны только измельчением растительного материала и перемешиванием его с почвой.

Многие исследователи (Buchner, 1928, Синица, 1941; Tracey, 1951; Deschamps, 1953; Мамаев и Соколов, 1960; Соколов, 1962 и др.) показали, что растительные вещества (целлюлоза, гемицеллюлозы, хитин) в кишечнике беспозвоночных подвергаются частичному гидролизу, вызываемому деятельностью кишечной микрофлоры и выделяемыми эпителием кишечника ферментами. Не лишено оснований мнение некоторых исследователей (Laatsch, 1948; Mason, 1955; Whitehead et al., 1960) о возможности образования гумусовых веществ в кишечнике животных при взаимодействии продуктов распада лигнина и азотосодержащих органических соединений, входящих в состав перевариваемых животными растительных остатков. Конденсации этих компонентов способствуют ферменты типа фенолоксидаз, выделяемые эпителием кишечника.

Огромное количество дождевых червей весной (до 3,5 млн на 1 *га*) обитает в горных желтоземных почвах Ленкоранской зоны Азербайджана. По нашим подсчетам, это примерно соответствует накоплению сухой массы до 104 *кг* (а сырой массы до 1200 *кг*) на 1 *га*. Значительно меньшее количество дождевых червей отмечается в желтоземно-подзолисто-гле-

евых почвах под лесными насаждениями и особенно в желтоземно-подзолистых почвах, занятых культурой чая. Промежуточное положение занимают болотные почвы.

В плотных такыровых и других глинистых засоленных почвах Апшеронского полуострова, Юго-восточной Ширвани, Сальянской степи и Северной Мугани Азербайджанской ССР установлено значительное распространение пустынных мокриц (Димо, 1955).

Полупустыни с весенней эфемерной рано выгорающей растительностью (к середине мая) не заселены мокрицами. Там же, где возможно достаточное развитие в растительном покрове многолетних и однолетних растений, вегетирующих летом и осенью (особенно солянок), мокриц очень много. Мокрицы на поверхности почвы образуют большое количество круглых норок (до глубины 10—15 *см*), закупоривая их спинными щитками, загрязненными почвой. В ненастное время и зимой мокрицы уходят в норки, глубина которых достигает 80—100 *см*. Активная работа мокриц по пробуриванию почвы и грунта до глубины 80—100 *см*, по изменению физических их свойств, созданию значительного количества крупных некапиллярных промежутков (скважин) и по переработке растительных тканей и соков растений с вовлечением их через извержения в цикл почвообразования, представляет большой интерес для понимания особенностей пустынного почвообразования.

Исключительно важную роль мокриц в процессах почвообразования на подгорных равнинах Копетдага показали специальные исследования Т. А. Лащак (1954). Она пишет: «Мокрицы, наподобие дождевых червей и некоторых других почвенных животных, заглатывают почву. Их экскременты состоят из частичек почвы и непереваренных остатков пищи. Вся эта масса сцементирована в определенные прочные агрегаты. Поэтому нужно считать, что водоустойчивость и прочность экскрементов обусловливается цементирующей деятельностью органических коллоидов и слизью кишечного тракта мокриц» (стр. 115). Автором установлено, что на 1 *га* приходится 1 230 000 особей мокриц, биомасса их составляет 2,04 *ц/га*. Помимо мокриц в почве подгорных равнин обитают паукообразные и другие беспозвоночные (тарантулы, фаланги, скорпионы, муравьи, жуки, клещи, цикады и др.), общая биомасса которых равна 0,9 *ц/га*. Т. А. Лащак отмечает, что ежегодно в почву поступает по крайней мере 2,94 *ц/га* органической массы за счет трупов названных животных. Мокрицы роют вертикальные норки на глубину 70—100 *см* и выносят на поверхность за три месяца (т. е. за период их наиболее активной деятельности) до 15 *ц/га* частичек почвы и экскрементов. Анализ экскрементов мокриц (являющихся фитофагами и сапрофагами) показал, что содержание гумуса в четыре раза превышает таковое в почве, не затронутой деятельностью мокриц.

В восточной части Алазанской долины интенсивно выражена деятельность мелких землероев, и особенно полевых мышей. По наблюдениям Н. А. Димо (1941), полевые мыши только в течение осени 1939 г. на каждом гектаре в среднем прорыли 11 415 отверстий с выбросами почвы и растительных остатков. Количество свежевыброшенной почвы составляло несколько более 24 *т/га*. Мыши в течение года выбрасывают более 50 *т/га* почвы; вполне допустимо, что при такой интенсивной работе за 100 лет они могут переработать 30-сантиметровый слой почвы. Холмики мышиных колоний на солонцово-солончаковых почвах, возвышающиеся на 10—25 *см* над поверхностью почвы и занимающие 40% площади, дали массу 620 *т/га*. Такая интенсивная работа мышей объясняется их высокой численностью (до 60 тыс. на 1 *га*).

Кроме перечисленных представителей почвенной фауны в почве в большом количестве распространены микроскопические животные. К ним относятся энхитреиды, которые являются непосредственными участниками разложения органических веществ и накопления гумуса в почве.

Численность простейших колеблется в широких пределах. По данным Пошона и Баржака (1960), число жгутиковых в 1 *г* почвы составляет 500 тыс. — 1 млн, число амеб 100—500 тыс. Установлено, что биомасса простейших составляет 100—300 *кг/га*. В результате деятельности простейших стимулируются бактериальные процессы.

Таким образом деятельность почвенной фауны в почвообразовательных процессах способствует не только изменению физических свойств и химизма почвы, но и повышению за счет размножения микроорганизмов общей активности.

4. ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРОЦЕССЫ ГУМУСООБРАЗОВАНИЯ

Закономерности гумусообразования, определяемые климатическими условиями, изучались В. В. Докучаевым (1883), П. А. Костычевым (1886), В. Р. Вильямсом (1939), Н. П. Ремезовым (1933), И. В. Тюриным (1937, 1949), М. М. Кононовой (1951) и В. Р. Волобуевым (1948, 1953, 1958).

Почвообразование в Азербайджанской ССР происходит в весьма различных климатических условиях. При нанесении климатических характеристик почв республики точечными отметками на график, в котором по оси абсцисс отложено годовое количество осадков, а по оси ординат — средняя годовая температура, выявляется, что климатические отметки по каж-

дому почвенному типу располагаются в определенных климатических условиях (рис. 7). При этом по мере уменьшения годовых температур и увеличения атмосферных осадков оп-

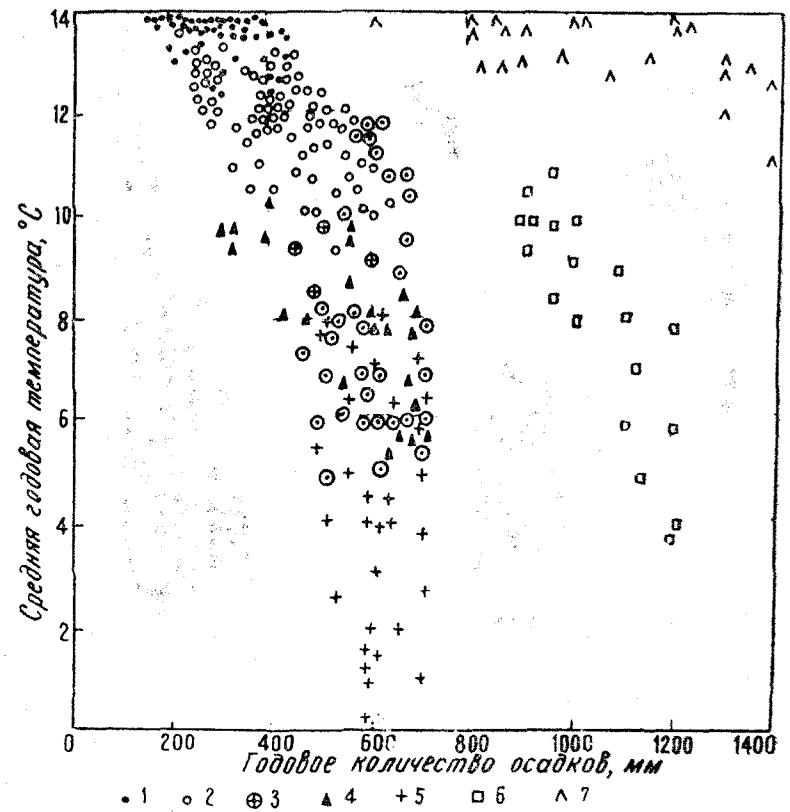


Рис. 7. Распределение основных типов почв Азербайджана в зависимости от средней годовой температуры и годового количества осадков

Почва: *1* — серозем, *2* — каштановая, *3* — чернозем, *4* — коричневая, *5* — горно-луговая, *6* — бурая лесная, *7* — желтозем

ределяется последовательный ряд дерновых почв (сероземы, каштановые, черноземные и горно-луговые почвы). Как показали исследования, коричневые почвы, в которых сильно выражены элементы дернового процесса на рисунке размещаются рядом с дерновыми почвами.

При исследовании условий гумусообразования в качестве основных элементов нами приняты годовое количество осадков (P) и средняя годовая температура (t), с которы-

ми обнаруживают явную связь наиболее существенные черты гидротермического режима почв.

Запасы гумуса в почвах Азербайджана находятся в достаточно тесной связи со средней годовой температурой и го-

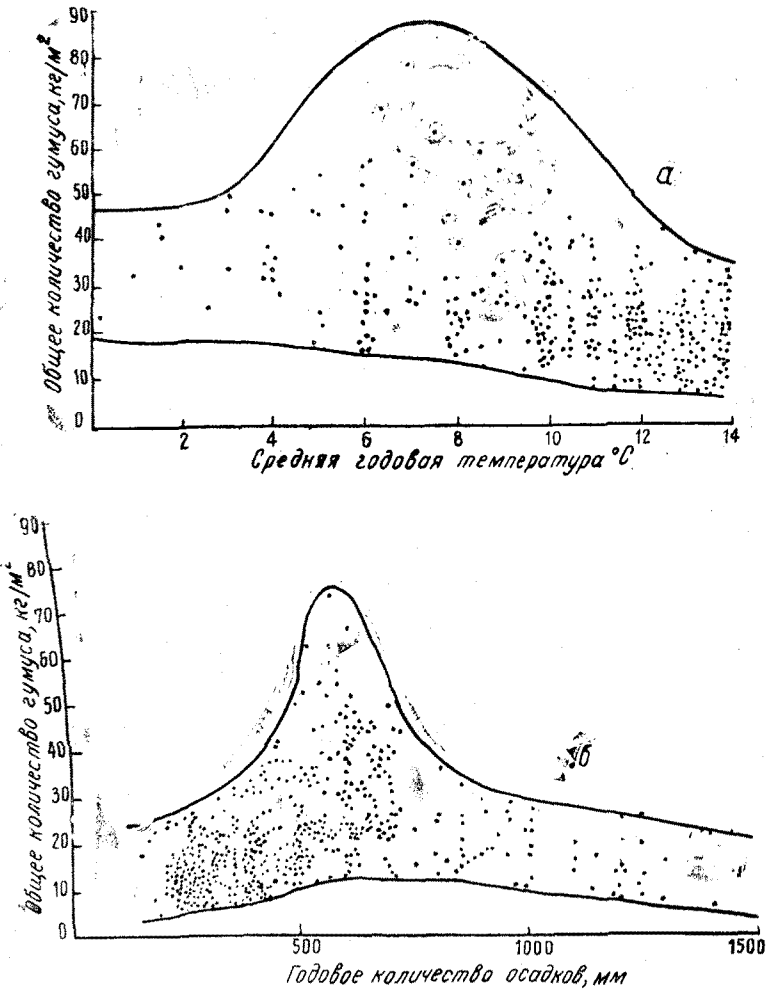


Рис. 8. Изменение общего количества гумуса в основных типах почв Азербайджана в зависимости от средней годовой температуры *(а)* и годового количества осадков *(б)*

довым количеством осадков, взятыми в отдельности (рис. 8 а, б). При этом более четко обнаруживается связь между содержанием гумуса и количеством годовых осадков.

В связи с тем, что условия гумусообразования определяются сочетанием водно-тепловых элементов климата, нами сделана попытка увязать запасы гумуса со значением «дождевого фактора» Ланга, который определяется как отношение среднего годового количества осадков (P) к средней годовой температуре воздуха (t).

Между коэффициентами Ланга (RF) и запасами гумуса существует определенная зависимость (рис. 9). С увеличением коэффициента увлажнения (RF) последовательно увеличиваются запасы гумуса в почвах, но избыточное увлажнение несколько снижает эти запасы.

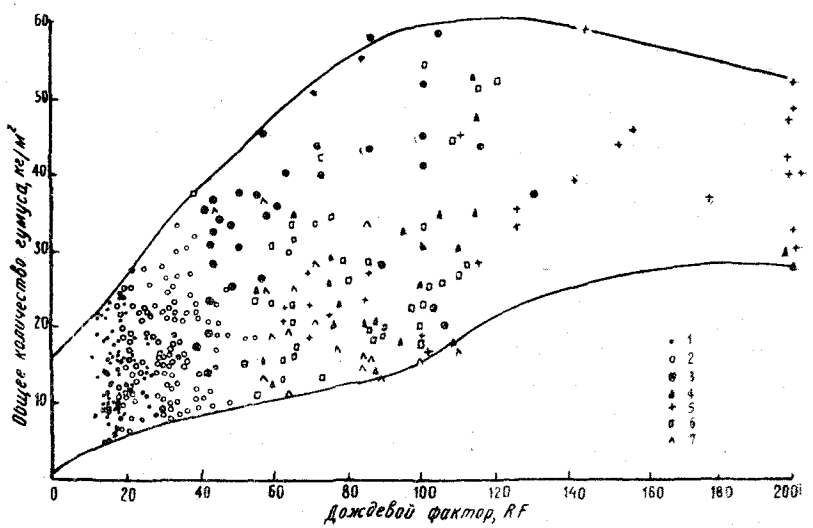


Рис. 9. Изменение запасов гумуса в основных типах почв Азербайджана в зависимости от «дождевого фактора»

Почва: *1* — серозем, *2* — каштановая, *3* — чернозем, *4* — коричневая, *5* — горно-луговая, *6* — бурая лесная, *7* — желтозем

Почвы при низких величинах (RF) располагаются в закономерной последовательности (сероземы, каштановые, черноземы, горно-луговые почвы), но при дальнейшем увеличении увлажнения отмечается большая разбросанность и расплывчатость точечных отметок значений гумуса. Коэффициент увлажнения Ланга не раскрывает влияния типов растительности на накопление органического вещества.

Для исследования закономерностей изменения запасов гумуса в связи с климатом нами использована гидротермическая система В. Р. Волобуева (1948, 1953) с индексом H_f, характеризующим изменение увлажнения при различных соотношениях осадков (P) и средней годовой температуры (t). Сопоставление вычисленного индекса с запасами гумуса в почве (рис. 10) обнаружило ясную коррелятивную связь между содержанием гумуса и величиной H_f. Наиболее богаты гумусом почвы, расположенные в климатических условиях, характеризуемых значениями H_f от 105 до 115, то есть почвы черноземного гидроряда (*Д*) и ряда, переходного к лесостепному (*ДЕ*). При значениях менее 105 или более 115 запасы гумуса резко снижаются. Полученные кривые запасов гумуса указывают на тесную связь процесса почвообразования с климатическими условиями.

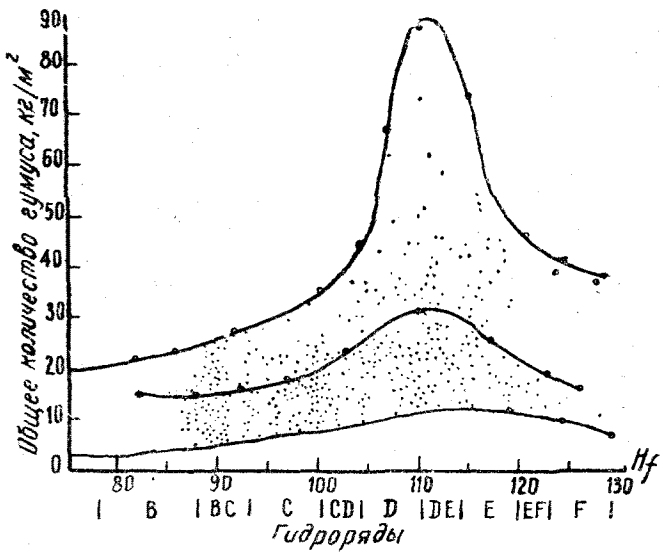


Рис. 10. Изменение запасов гумуса в основных типах почв Азербайджана в зависимости от гидрофактора. Жирной кривой отмечаются значения среднего запаса гумуса в интервалах, указанных на оси абсцисс

В целях изучения влияния типа растительности на накопление гумуса точечные отметки в графике коррелятивной связи гумус — H_f были нанесены дифференцированно по каждому типу почв (рис. 11). При этом основные почвенные типы под дерновой растительностью — сероземы, каштановые, черноземы, горно-луговые — расположились в виде последовательного закономерного ряда в направлении, соответствующему возрастанию величины гидрофактора. В этом же порядке возрастают запасы гумуса в почвах Азербайджана (рис. 11 а). Максимальное количество гумуса отмечается при H_f — 110 (мощные черноземы).

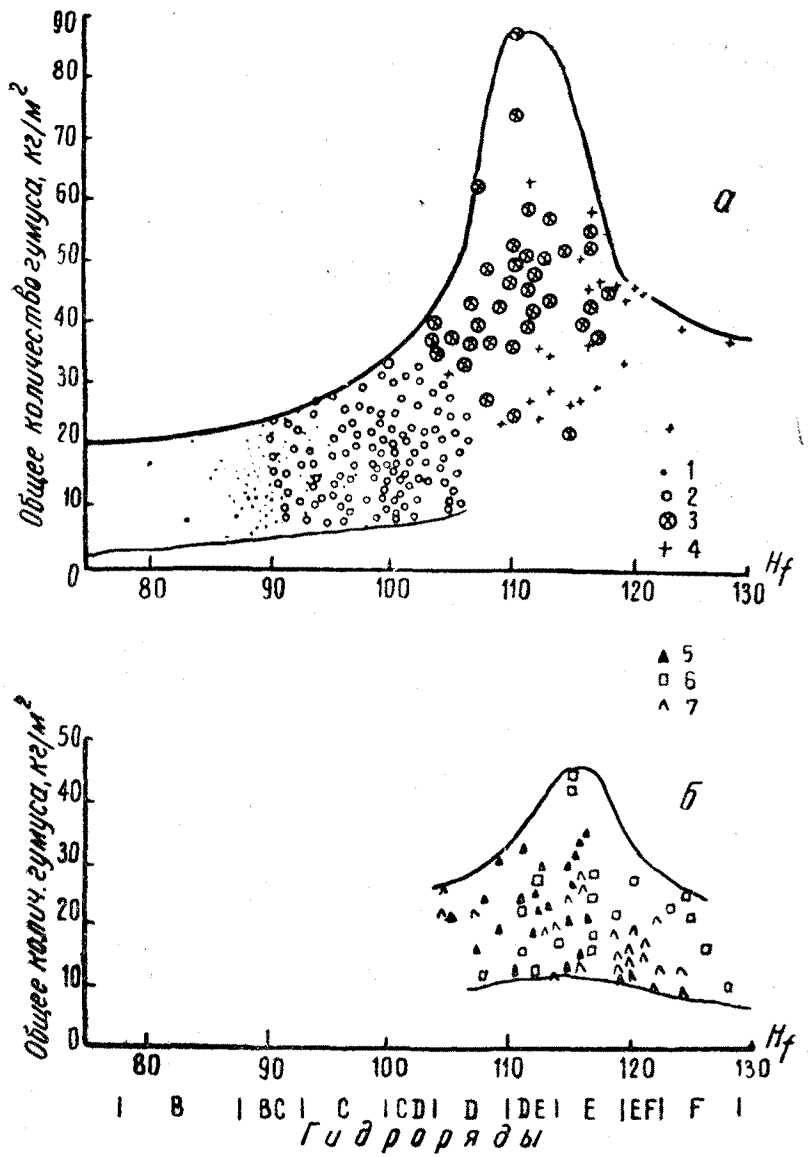


Рис. 11. Изменение запасов гумуса в дерновых *(а)* и лесных почвах *(б)* Азербайджанской ССР в зависимости от гидрофактора

Почва: *1* — серозем, *2* — каштановая, *3* — чернозем, *4* — горно-луговая, *5* — коричневая, *6* — бурая лесная, *7* — желтозем

Рассеяние отметок гумуса на рис. 9 генетически закономерно. Оно отражает многообразие местных особенностей почвообразования, которые складываются главным образом под влиянием эволюции растительности и различий условий залегания по рельефу.

Почвы лесного типа почвообразования — бурые лесные, коричневые лесные, желтоземы — расположены в более влажных условиях, при более высоких значениях индекса по сравнению с дерновыми почвами. Максимальное количество гумуса в лесных почвах содержится при значениях индекса H_f 110—115, то есть в тех же пределах, при которых в дерновых почвах отмечаются наибольшие запасы органического вещества. Следовательно почвы под дерновой и лесной растительностью дают в общем наибольшие количества гумуса при одних и тех же значениях гидрофактора H_f, но запасы гумуса в дерновых почвах значительно выше, чем в лесных почвах.

Подобные различия в запасах гумуса обусловлены, по-видимому, характером поступления и распределения остатков в почве, а также физическими свойствами почвы и химическим составом опада под дерновой и лесной растительностью; характер растительного сообщества накладывает определенный отпечаток на интенсивность протекания биологических процессов в почве.

Большой интерес представляют исследования В. Р. Волобуева (1953) по характеристике изменения запаса гумуса в связи с величиной H_f, выполненные в южной части Азербайджанской ССР, на территории которой при совершенно равной средней годовой температуре (14° С), отвечающей субтропическому климату, количество выпадающих осадков изменяется в очень широких пределах от 150 до 1400 *мм*. Эта территория однотипна по геоморфологическому устройству. Здесь представлены следующие субтропические гидротермотипы: *В* — крайне сухой; *ВС* — сухой; *С* — умеренно-сухой; *СД* — засушливый; *Д* — уравновешенно-увлажненный; *ДЕ* — умеренно-влажный; *Е* — и *ЕF* — влажные.

Мы провели работу по принципу В. Р. Волобуева на большем числе объектов (102 разреза). Результаты исследований В. Р. Волобуева полностью подтвердились, нами были внесены лишь незначительные поправки.

Как видно из рис. 12, при постоянной среднегодовой температуре 14° С максимальное накопление почвенного гумуса наблюдалось при выпадении годовой суммы осадков в пределах 600—800 *мм*, то есть при величине H_f — 110.

Снижение или возрастание суммы осадков (за пределами 600—800 *мм*) сопровождается резким уменьшением запасов гумуса в почве. Этот факт подтверждает вывод

И. В. Тюрина (1937), что размеры накопления гумуса обусловливаются в природе определенными сочетаниями (или комбинациями) климатических факторов, которым соответствует тот или иной характер поступления в почву органических остатков, процесса их разложения и гумификации, накопления и разложения гумуса.

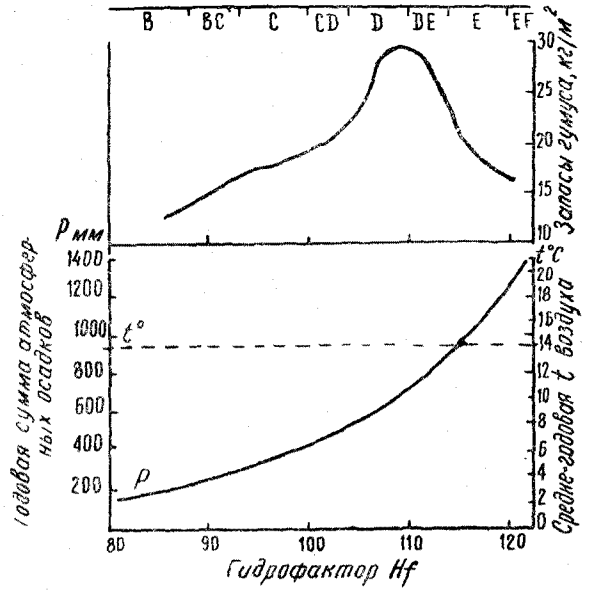


Рис. 12. Изменение запаса гумуса в почвах субтропического ряда Азербайджанской ССР в связи с гидрофактором

При исследовании изменения содержания гумуса в связи с климатическими условиями и растительностью мы средние данные по запасам гумуса выставляли в клетках координатного графика с координатами *P* и t. Используя фактические данные по запасам гумуса и анализируя весь материал по почвенно-климатическим соотношениям, мы имели возможность нарисовать изолинии гумусосодержания в координатной климатической системе. Рис. 13 дает более полное представление об условиях гумусообразования и может быть принят в качестве некоторой рабочей схемы.

Наибольшие запасы гумуса содержатся в почвах дернового типа почвообразования (мощные черноземы и горно-луговые почвы). С увеличением температур запасы гумуса постепенно уменьшаются в каштановых и сероземных почвах.

Не меньшее значение в гумусонакоплении имеют водные свойства почв, с чем связано наличие на большой площади Кура-Араксинской низменности почв лугово-болотного и лугово-дернового почвообразования. Располагая почвы по степени ослабления интенсивности увлажнения, получим следующий ряд почв, который характеризуется и определенным

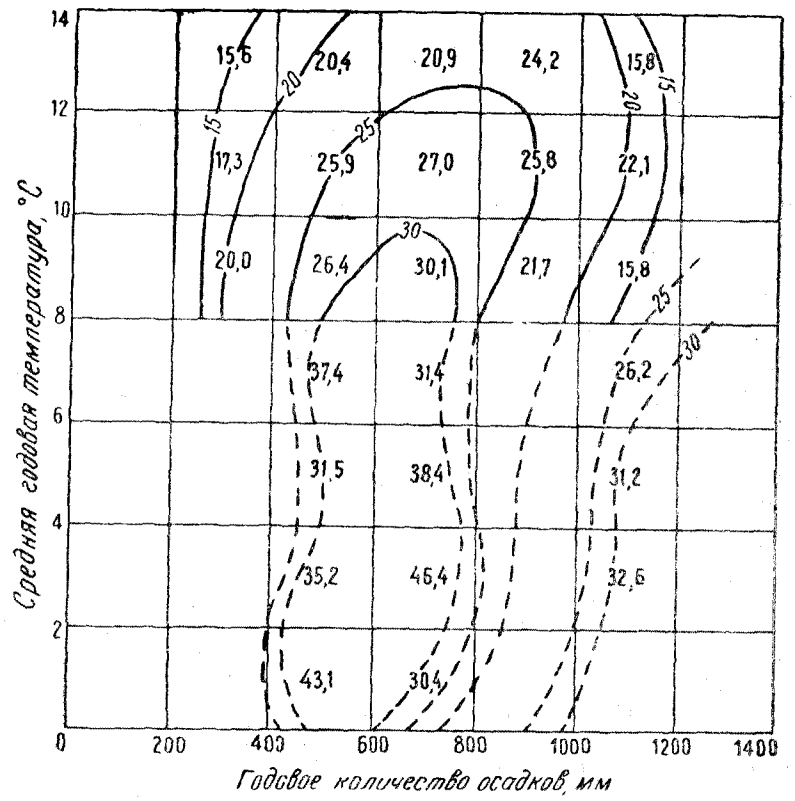


Рис. 13. Изменение запасов гумуса в почвах Азербайджана в связи с гидротермическими условиями

изменением запасов гумуса: болотные (212,0 *т/га*) — лугово-болотные (192,1 *т/га*) — темно-луговые (386,4 *т/га*) — луговые (162,7 *т/га*) — светлые луговые (159,9 *т/га*). При рассмотрении этого ряда почв можно предположить, что наиболее благоприятные условия для процесса гумусонакопления отмечаются в луговых темных почвах, которые формируются в условиях относительно устойчивого капиллярного увлажне-

ния. Благоприятный режим увлажнения в этих почвах способствует мощному развитию растительности, накоплению в почве большого количества органических остатков и их гумификации.

Болотные и лугово-болотные почвы приурочены к депрессиям и долгое время оказываются затопленными. Депрессии в силу особенностей отложения насосов при аллювиальной аккумуляции обладают более тяжелым механическим составом, чем повышенные элементы рельефа, что способствует их переувлажнению. На этих почвах развивается обильная гидрофильная растительность, оставляющая в почве значительную массу органических остатков, но избыточное увлажнение способствует не гумификации, а консервации этих остатков, и запасы гумуса в лугово-болотных почвах по сравнению с луговыми темными почвами значительно ниже — около 200 *т/га*. Увлажнение луговых и светлых луговых почв умеренное, они обладают относительно легким механическим составом и потому содержание в них гумуса незначительное — около 160 *т/га*.

В целях выяснения условий накопления гумуса в почвах Кура-Араксинской низменности существенно важно выявить влияние на процессы гумусообразования последовательного остепнения почв. При расположении почвенных групп в порядке увеличивающейся остепненности получаем следующий ряд почв: сероземно-луговые высокогумусные (209,6 *т/га*) — сероземно-луговые (170 *т/га*) — лугово-сероземные (169,4 *т/га*) — сероземы (124,6 *т/га*).

В исследуемом ряде почв наибольшие запасы гумуса отмечаются в сероземно-луговых высокогумусных почвах (209,6 *т/га*). Значительно меньше гумуса в сероземно-луговых и лугово-сероземных почвах (около 170 *т/га*), являющихся луговыми почвами, переживающими стадию осушения и формирующимися в настоящее время по степному сероземному типу. Сероземные почвы содержат незначительное количество гумуса (124,6 *т/га*), так как подвергнуты значительному осушению и формируются под полупустынной полынной растительностью, оставляющей в почве мало органических остатков, которые быстро минерализуются. Очевидно при угасании увлажнения и при развитии процесса остепнения количество гумуса в почвах уменьшается.

В этом разделе работы приводятся материалы характеризующие лишь общие черты связи между климатическими условиями и запасами гумуса. Направление процесса гумусообразования в различных почвенно-климатических условиях нами изучалось в сезонной динамике, результаты приводятся в главе IX.

5. ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ НА НАКОПЛЕНИЕ ГУМУСА

Физические и химические свойства почвы оказывают большое влияние на характер деятельности микроорганизмов и следовательно на процессы превращения органических остатков. Не меньшее значение имеют физические и химические свойства почв для закрепления гумусовых веществ в различных формах органо-минеральных соединений и тем самым для сохранения их в почве. Многие авторы отмечают положительное влияние кальция на процессы разложения свежих растительных остатков и почвенного гумуса, что повидимому связано с повышением pH почвы. Вместе с тем некоторые исследования показывают, что известь (и обменный Ca) образует гуматы Ca и другие формы органо-минеральных соединений, способствующие закреплению гумусовых веществ в почве.

О сложной и многообразной роли извести в процессах превращения органических веществ говорят опыты П. С. Коссовича (1916). Автор пришел к выводу, что углекислый кальций ускоряет разложение свежих растительных остатков и замедляет дальнейший процесс разложения на поздних стадиях их гумификации. Многие исследователи (Леваковский, 1888; Слезкин, 1900; Кравков, 1911; Гедройц, 1933 и др.) показали значение кальция для закрепления в почве водорастворимых органических веществ, извлекаемых из растительных остатков. Однако, по мнению А. Ф. Тюлина (1937), известь увеличивает количество вымываемых из почвы органических веществ. Более прочным закрепителем органических веществ в почве он считал полуторные окислы.

К. Н. Кинзерская (1935) указала, что процессы гумусообразования и разложения органических веществ в присутствии сернокислого железа и алюминия задерживаются. Большое значение для процессов гумусообразования имеет обменный натрий. Согласно работам М. Г. Чижевского (1933) и М. М. Кононовой (1940) незначительное количество натрия повышает интенсивность процесса разложения органических веществ, что объясняется повышением реакции почвы, частичным переходом гумусовых веществ в более дисперсное (а следовательно, более доступное микробам) состояние, а также десорбцией микроорганизмов, ранее находящихся в почве в поглощенном состоянии. Высокое же количество обменного натрия ухудшает физические свойства почв и угнетает микробиологическую деятельность.

Вопрос о формах связи гумусовых веществ с минеральной частью почвы в настоящее время далеко еще не ясен.

И. В. Тюрин (1937) наметил следующие характерные формы связи гумусовых веществ с минеральной частью почвы:

1. Гумусовые вещества в свободном или почти в свободном состоянии.

2. Гумусовые вещества в форме гуматов сильных оснований:

а) с кальцием и отчасти с магнием;

б) с натрием и с магнием;

3. Гумусовые вещества в форме «гуматов» и смешанных гелей с гидроокисями алюминия и железа.

4. Гумусовые вещества, прочно связанные с глиной («аргиллогумины»).

5. Гумусовые вещества в форме комплексных органо-минеральных соединений (с Al, Fe, P и Si).

В общей форме эта схема сохраняет свое значение до настоящего времени. Однако учитывая современные представления о химической природе и составе минеральных коллоидов, Л. Н. Александрова (1953, 1960, 1962) показала, что органо-минеральные соединения являются комплексом переменного состава из высокодисперсных минералов, гумусовых веществ, алюмо-железо-гуминовых производных, агрегированных между собой. Формирование их в почве является результатом: а) обменных реакций гумусовых веществ с обменными катионами, в которых образуются различные гуматы, не связанные с поверхностью кристаллической решетки минералов; б) комплексообразования гумусовых веществ с несиликатными формами полуторaокисей, которое также носит обменный характер и приводит к образованию алюмо- и железо-гуминовых соединений и в) склеивания гумусовых веществ и их производных с поверхностью кристаллической решетки минералов за счет Вандервальных и водородных связей.

Важнейшими условиями для накопления органических веществ в почве являются значительное содержание минеральных коллоидов, интенсивное новообразование и закрепление конденсированных форм гумусовых веществ при благоприятных сочетаниях и ритмичности гидротермических условий. О значении коллоидов в закреплении гумусовых веществ говорят данные, обобщенные Н. И. Горбуновым (1947). Они свидетельствуют о наличии прямой зависимости между минеральной коллоидной частью почвы и размером накопления в ней гумуса.

Рассмотрение материалов по почвам Азербайджанской ССР указывает на явную связь между величиной емкости обмена и содержанием гумуса: с увеличением емкости обмена наблюдается (табл. 20, рис. 14) явное возрастание в почве

количества гумуса. Наиболее высокой емкости обмена в горно-луговых почвах соответствует наиболее высокое содержание гумуса. Прямое соответствие между емкостью обмена и содержанием гумуса наблюдается в бурых горно-лесных, черноземах и коричневых лесных почвах.

Таблица 20

Содержание гумуса и емкость обмена в почвах Азербайджанской ССР

Почва	Горизонт	Гумус по Тюрину, %	Емкость обмена, *м-э* в на 100 *г* абсолютно сухой почвы	% от емкости обмена				Число случаев
				$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$H^{\cdot}$	$Na^{\cdot}$	
Горно-луговая	A	8,41	50,03	84,1	11,1	4,8	—	34
Бурая горно-лесная	„	8,23	37,37	80,8	14,8	4,4	—	25
Чернозем	„	4,65	34,51	84,6	13,4	—	—	8
Коричневая лесная	„	6,89	36,51	86,6	10,6	—	—	26
Серо-коричневая	„	3,38	32,84	83,8	17,8	—	5,6	13
Каштановая	„	2,26	27,48	73,7	27,6	—	8,5	78
Серозем и сероземно-бурая	„	1,84	21,92	68,6	30,0	—	3,8	15
Желтозем	„	4,70	22,32	67,0	21,4	3,0	—	14
Луговая	„	3,21	29,85	72,6	21,4	—	6,0	38
Солончак	„	1,52	18,90	67,6	6,0	—	26,4	10

Большое значение имеет также и состав обменных оснований; в частности наличие в серо-коричневых и каштановых почвах довольно большого количества обменного натрия, способствующего переходу гумусовых веществ в дисперсное состояние, является одной из причин снижения содержания гумуса.

В сероземах и сероземно-бурых почвах малое содержание гумуса объясняется как высокой интенсивностью его разложения, так и незначительным закреплением гумусовых веществ в форме органо-минеральных соединений вследствие малой емкости обмена почвы.

Наименьшее количество гумуса, соответствующее малой емкости обмена и высокому содержанию обменного натрия, имеет место в солончаках.

Весьма существенное влияние на содержание гумуса в почвах оказывает их механический состав. Как видно из табл. 21, в которой данные по механическому составу и гумусу получены при усреднении большого материала, с увеличе-

нием содержания частиц менее 0,01 *мм* количество гумуса в почвах значительно возрастает.

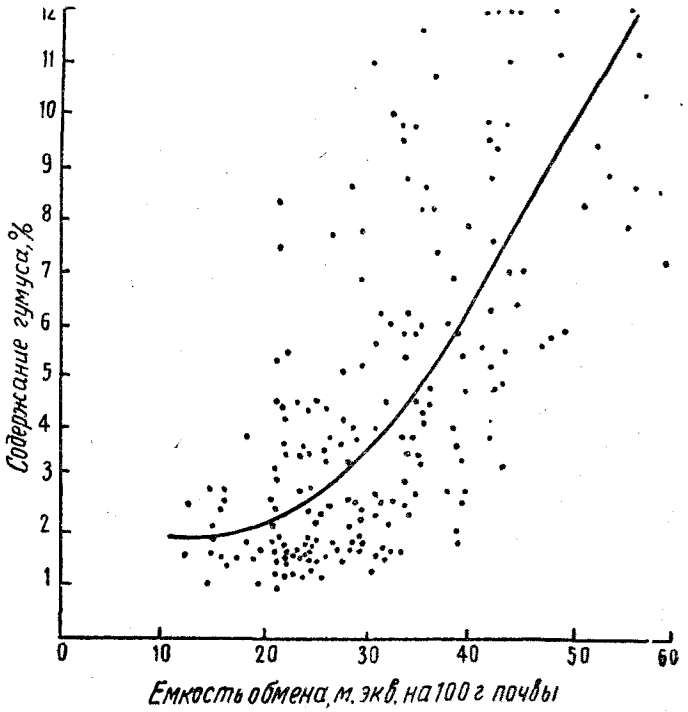


Рис. 14. Изменение содержания гумуса в зависимости от емкости обмена

Причиной столь четкой связи между содержанием гумуса и механическим составом является, во-первых, закрепление гумусовых веществ минеральными коллоидами, во-вторых, влияние механического состава на условия аэрации. При легком механическом составе, благодаря хорошей аэрации, процессы разложения идут более интенсивно; кроме того, в песчанных почвах часть органического вещества может теряться вследствие вымывания. Важным фактором, влияющим на процессы гумусообразования в почвах Кура-Араксинской низменности, является также засоление почвы, что объясняется воздействием его на растительность, на деятельность микроорганизмов и на физические свойства почвы.

О неблагоприятном действии засоления на содержание гумуса можно судить по следующим данным: запасы гумуса в метровом слое солончаков составляют 93,9 *т/га*, в сероземно-солонцеватых 110,9 *т/га*, в сероземно-бурых 125,4 *т/га*. Следовательно, возрастающее засоление вызывает уменьше-

ние содержания гумуса в почвах. Солончаки, отличающиеся наличием большого количества солей в верхнем горизонте, почти полностью лишены высшей растительности и соответст-

Таблица 21

Содержание гумуса (% к весу почвы) и механический состав почв Кура-Араксинской низменности

Слои почвы, *см*	Содержание частиц <0,01 *мм*									
	<10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90	90—100
0—10	—	—	—	1,60	2,31	2,33	2,50	2,54	2 61	2,91
10 20	—	—	—	1,09	1,40	1,42	1,39	1,40	1,88	1,82
20—50	—	0,60	0,79	0,80	1,20	1,23	1,25	1,38	1,49	1,74
50—10	—	0,46	0,70	0,77	0,92	0,90	0,99	1,02	1,23	—

венно имеют крайне незначительные запасы гумуса. Так же мало содержат гумуса солонцы, причиной чего является их сильное засоление и неблагоприятные для растений физические свойства. Сероземно-солонцеватые почвы в прошлом пережили более или менее продолжительную стадию луговосолончакового режима, сменившуюся в дальнейшем стадией осушения и рассоления. Они менее засолены, чем солонцы, и более высокогумусны. Значительно выше запасы гумуса в сероземно-бурых почвах (125,4 *т/га*).

Мы считаем полезным остановиться подробнее на вопросе о влиянии степени засоления и химического состава солей на запасы растительной массы и содержание в почвах Азербайджана почвенного гумуса, этот вопрос до последнего времени изучен мало.

Мы использовали многочисленные анализы водных вытяжек и гумуса почв Кура-Араксинской низменности, содержащиеся в опубликованных и рукописных трудах исследователей (Волобуев, Салаев, Зейналов, Мамедов и др).

Как видно из табл. 22, с увеличением засоления содержание гумуса последовательно снижается. Наиболее значительное снижение содержания гумуса отмечается при относительно низком засолении, а при более высоком засолении количество гумуса снижается в незначительных пределах.

Выяснилось, что в зависимости от режима увлажнения засоление оказывает на процессы гумусообразования различное воздействие. Рассмотрим влияние засоления на накопление почвенного гумуса для слабоувлажненных и достаточно увлажненных почв в отдельности.

Таблица 22

Изменение содержания гумуса в почвах Азербайджана в зависимости от засоления

	Почвы слабоувлажненные с глубоким залеганием грунтовых вод																
Плотный остаток, %	0,0—0,1	0,1—0,2	0,2—0,3	0,3—0,4	0,4—0,5	0,5—0,6	0,6—0,7	0,7—0,8	0,8—0,9	0,9—1,0	1,0—1,1	1,1—1,2	1,2—1,3	1,3—1,4	1,4—1,5	1,5—2,0	
Гумус, %	3,16	2,73	2,04	1,73	1,30	1,27	1,02	1,00	0,95	0,85	—	0,70	0,66	0,66	0,65	0,65	
Число случаев	64	89	34	12	14	11	10	5	6	4	—	5	4	3	2	6	
	Почвы достаточно увлажненные с близким залеганием грунтовых вод																
Плотный остаток	0,0—0,5	0,5—1,0	1,0—1,5	1,5—2,0	2,0—2,5	2,5—3,0	3,0—3,5	3,5—4,0	4,0—4,5	4,5—5,0	>5,0						
Гумус, %	5,41	4,28	2,44	1,89	1,52	1,42	1,40	1,32	1,13	1,10	1,01						
Число случаев	16	18	8	11	4	10	10	8	3	3	4						

В слабоувлажненных почвах с глубоким залеганием грунтовых вод отрицательное влияние засоления на содержание гумуса наблюдается при относительно низком содержании солей, равном примерно 0,2% по плотному остатку. Произрастающая в этих условиях ксерофильная растительность (сухие солянки, полыни, злаки и др.) оставляет в почве мало растительных остатков.

В достаточно увлажненных почвах с близким залеганием грунтовых вод при наличии солей до 1% содержание гумуса относительно высокое (4—5%). По-видимому, в этих условиях токсическое действие засоления на процессы накопления почвенного гумуса и развитие растительности ослаблено. Произрастающая здесь луговая растительность выносит присутствие большого количества солей. В этих случаях в растениях увеличивается гидрофильность протоплазмы. Это играет защитную роль для плазмы от коагулирующего действия повышенных концентраций солей. Луговая растительность при засолении в 0,2—0,5% по плотному остатку накапливает большую массу растительных корней (рис. 15), которая достигает 30—40 *т/га* и служит главным источником образования почвенного гумуса.

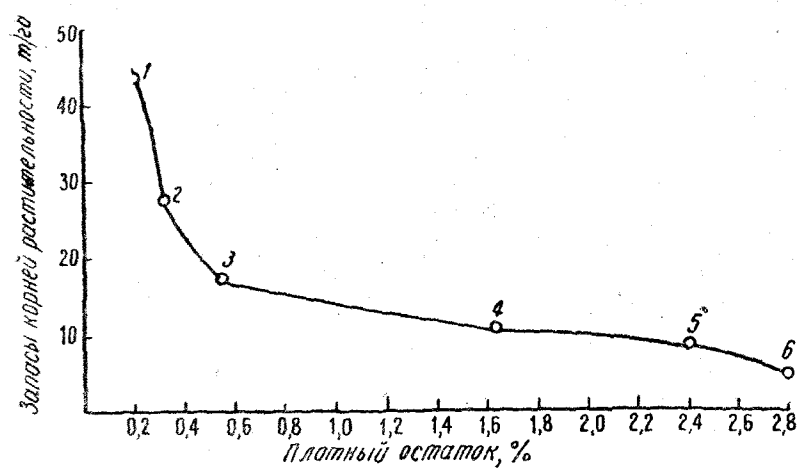


Рис. 15. Изменение запасов корней растительности в зависимости от засоления

Почва: *1* — луговая сазовая, *2* — культурно-луговая, *3* — лугово-сероземная; *4* — солонец, *5* — солончаково-солонцовая, *6* — солончак

Однако при засолении, превышающим 1% (по плотному остатку) количество гумуса резко снижается. В этих условиях развиваются типичные галофиты (мясистые и мокрые солянки), которые накапливают в почве крайне незначительную

массу растительных корней (меньше 5 *т/га*). Скопление солей в почве, повышаяя осмотическое давление почвенного раствора, сильно снижает доступность воды для корней, а также действует как специфические яды. Корневая система растений при избытке засоления теряет тургор, отмирает и ослизняясь приобретает темную окраску.

Как мы уже отмечали, на процессы гумусообразования влияет не только степень засоления, но также и химический состав солей. Из табл. 23 видно, что в почвах с преобладающим хлоридным засолением накапливается меньше гумуса (в среднем 1,37%), чем в почвах с преобладающим сульфатным засолением (2,17%). Относительно высокое содержание гумуса в почвах, подверженных сульфатному засолению, объясняется, по-видимому, меньшей токсичностью этих солей к растению и микроорганизмам.

Таблица 23

Изменение количества гумуса в зависимости от содержания Cl′ в почвах Азербайджана

Тип засоления почв	Cl′	Гумус	Число случаев	Взвешенное среднее арифметическое содержание гумуса, %
	% на абсолютно-сухую почву			
Преобладающее хлоридное	<0,02	2,26	18	
	0,02—0,06	1,96	12	
	0,06—0,10	1,35	8	
	0,10—0,15	1,11	4	
	0,15—0,20	0,96	6	
	0,20—0,30	0,91	7	1,37
	0,30—0,50	0,90	5	
	0,50—0,70	0,88	8	
	0,70—1,00	0,86	7	
	>1,00	0,83	13	
Преобладающее сульфатное	<0,02	2,37	173	
	0,02—0,06	2,00	42	
	0,06—0,10	1,91	15	
	0,10—0,15	1,67	6	2,17
	0,15—0,20	1,25	3	
	0,20—0,30	1,09	9	
	0,30—0,50	1,04	3	
	>0,50	1,01	5	

Сильное ослабление интенсивности процессов гумусонакопления отмечается также с увеличением в почве ионов Na, особенно на фоне хлоридного засоления (табл. 24). Главной причиной этого явления, очевидно, служит отрицательное

действие NaCl на накопление корневой массы, служащей основным источником гумусовых веществ.

Поскольку засоленные почвы содержат незначительные запасы гумуса (особенно почвы с хлоридным засолением), приемы мелиорации (ставящие задачу удаление солей из почвы) должны сочетаться с приемами обогащения их органическим веществом путем посева трав, внесения органических удобрений.

Таблица 24

Изменение количества гумуса в зависимости от содержания натрия в почвах Азербайджана

Тип засоления почв	Na⁺	Гумус	Число случаев	Взвешенное среднее арифметическое содержание гумуса, %
	% на абсолютно-сухую почву			
Преобладающее хлоридное	<0,05	2,38	15	
	0,05—0,10	2,03	10	
	0,10—0,20	1,63	13	
	0,20—0,50	1,22	7	
	0,50—1,00	1,21	12	1,65
	1,00—1,50	1,16	5	
	1,50—2,00	1,14	5	
	>2,00	1,11	3	
Преобладающее сульфатное	<0,05	2,78	122	
	0,05—0,10	2,09	22	
	0,10—0,20	1,92	13	
	0,20—0,50	1,83	12	2,48
	0,50—1,00	1,43	9	
	>1,00	1,35	3	

Изложенные в настоящей главе материалы иллюстрируют многостороннее влияние природных условий (растительность, микрофлора и фауна, гидротермические условия, химические и физические свойства почвы) на процессы гумусообразования и накопление в почвах гумуса. Тем не менее, несмотря на большое разнообразие условий и их сочетаний, полученные данные позволили выявить особенности состояния гумуса, отражающие характерный для Азербайджана закон вертикальной зональности.

Глава IV

ЗАПАСЫ ГУМУСА И АЗОТА В ПОЧВАХ АЗЕРБАЙДЖАНА

В Азербайджане не проводилось систематических исследований по выявлению запасов гумуса и азота, однако при большом разнообразии типов Азербайджана важно выявить закономерности накопления в них гумуса и азота в целях правильного освоения земель под сельскохозяйственные культуры.

Многочисленные данные по содержанию гумуса и азота, накопленные в результате обширных почвенно-географических исследований Азербайджанской ССР, позволили обобщить их в целях выявления запасов гумуса и азота. Нами использованы и обработаны данные по 850 почвенным разрезам, содержащиеся в опубликованных и рукописных отчетах исследователей В. В. Акимцева, К. А. Алекперова, Г. А. Алиева, А. С. Вознесенского, В. Р. Волобуева, Н. А. Димо, А. А. Завалишина, С. А. Захарова, А. К. Зейналова А. Н. Изюмова, И. З. Имшенецкого, Б. А. Клопотовского, Р. В. Ковалева, Е. Л. Ковалевой, Р. Г. Мамедова, А. С. Преображенского, Э. М. Салаева, В. П. Смирнова-Логинова, С. И. Тюремнова и др. На основе этих данных мы вычислили запасы гумуса и азота в почвах Азербайджанской ССР в тоннах на гектар для 20- и 100-сантиметрового слоя, с учетом объемного веса почвы. Средние величины запасов гумуса и азота (табл. 25) не выявляют различий почв, обязанных истории развития растительности и культурной деятельности человека, но они представляют определенный интерес для сравнительной характеристики почв.

Запасы гумуса и азота в почвах в географическом распространении на территории республики совершенно определенно подчиняются закону вертикальной зональности. В высокогорных горно-луговых торфянистых и горно-луговых черноземовидных почвах запасы гумуса достигают 518—600 *т*, азота 39,5—47,7 *т* и несколько уменьшаются в горных черноземах (470,9 *т* гумуса и 31,3 *т* азота). От горных черноземов к почвам Кура-Араксинской низменности наблюдается последовательное уменьшение этих запасов. В сероземах, светло-

Таблица 25

Запасы гумуса и азота в почвах Азербайджанской ССР, *т/га*

Почва	Гумус		Азот		C : N, слой 0—20 *см*	Число разрезов
	Слой 0—100 *см*	Слой 0—20 *см*	Слой 0—100 *см*	Слой 0—20 *см*		
Горно-луговая торфянистая	599,9	276,3	47,7	15,7	10,2	33
Горно-луговая черноземовидная	518,9	203,2	39,5	9,4	12,5	25
Горно-луговая дерновая	443,4	175,1	29,5	10,1	10,1	18
Бурая горно-лесная типичная	499,1	217,6	23,3	10,3	12,2	27
Горный чернозем	470,9	126,5	31,3	7,3	9,4	43
Горно-лесная перегнойно-карбонатная	304,9	146,5	20,2	7,2	11,9	23
Темно-коричневая лесная	290,6	136,7	19,9	7,8	10,1	21
Бурая горно-лесная оподзоленная	263,6	96,9	15,5	6,1	9,3	73
Коричневая лесная	258,1	103,7	17,8	6,3	9,5	36
Темно-каштановая	241,8	76,4	16,5	4,8	8,9	36
Лугово-каштановая	237,8	93,7	14,5	6,0	9,5	35
Болотная	212,0	98,6	17,5	6,4	7,1	29
Серо-каштановая	207,2	72,6	15,6	4,0	10,5	28
Горно-каштановая	187,4	84,7	16,2	5,9	8,3	10
Желтозем	185,1	87,1	14,8	5,5	9,2	46
Каштановая	176,5	53,7	11,7	3,7	8,4	87
Лугово-лесная (тугайная)	175,7	71,2	13,8	8,4	7,7	20
Сероземно-луговая	171,0	48,2	17,4	5,4	5,1	61
Серо-бурая	125,4	38,6	11.7	2,9	7,7	62
Серозем	124,6	39,0	12,3	3,6	6,3	75
Светло-каштановая	116,0	43,9	8,7	3,0	8,3	37
Солонцы	100,4	31,2	12,0	3,1	5,8	22
Солончак	93,3	30,0	12,9	3,5	5,0	35

каштановых почвах запасы гумуса и азота уменьшаются по сравнению с горно-луговыми торфянистыми в 4—5 раз. Отношение C :N последовательно становится более узким от горно-луговых торфянистых к сероземным, солонцовым и солончаковым почвам полупустыни.

Запасы гумуса в предгорной равнинной части Нахичеванской АССР определены Р. Г. Мамедовым (1960). Он показал, что запасы гумуса в предгорной засушливой полосе незначительны и последовательно возрастают к полосе Приараксинской низменности (табл. 26). Для наглядного пред-

Таблица 26

Содержание гумуса в почвах Нахичеванской АССР, *т/га*
(данные Р. Г. Мамедова)

Место расположения	Почва	0—20 *см*	0—100 *см*
Предгорная полоса	Сероземно-примитивная, Нахичеванская равнина	30,4	129,0
	Сероземно-примитивная, Шарурская равнина	37,7	124,5
	Сероземно-слитая, Нахичеванская равнина	30,3	133,6
	Сероземно-сильноскелетная Беюк-Дюза	42,6	136,0
Переходная полоса	Сероземно-орошаемая, Шарурская равнина	50,2	188,6
	Светло-каштановая давно орошаемая, Шарурская равнина	51,5	181,5
	Сероземно-орошаемая, Садаракская равнина	45,6	196,7
	Сероземно-давно орошаемая, Шарурская равнина	56,5	175,1
	Светло-каштановая давно орошаемая, Нахичеванская равнина	40,2	183,1
	Сероземно-орошаемая, Нахичеванская равнина	45,0	177,2
	Сероземно-луговая солонцеватая, Нахичеванская равнина	39,4	186,5
	Лугово-сероземная слитая, Нахичеванская равнина	41,9	187,8
Приараксинская полоса	Лугово-каштановая орошаемая, Шарурская равнина	43,6	207,9
	Сероземно-луговая орошаемая, Нахичеванская равнина	49,2	208,7
	Луговая маломощная, Шарурская равнина	88,8	221,8
	Сероземно-луговая, Садаракская равнина	84,2	308,2
	Луговая мощная, Шарурская равнина	54,0	311,3
Низменная полоса	Лугово-болотная, Садаракская равнина	148,4	492,8

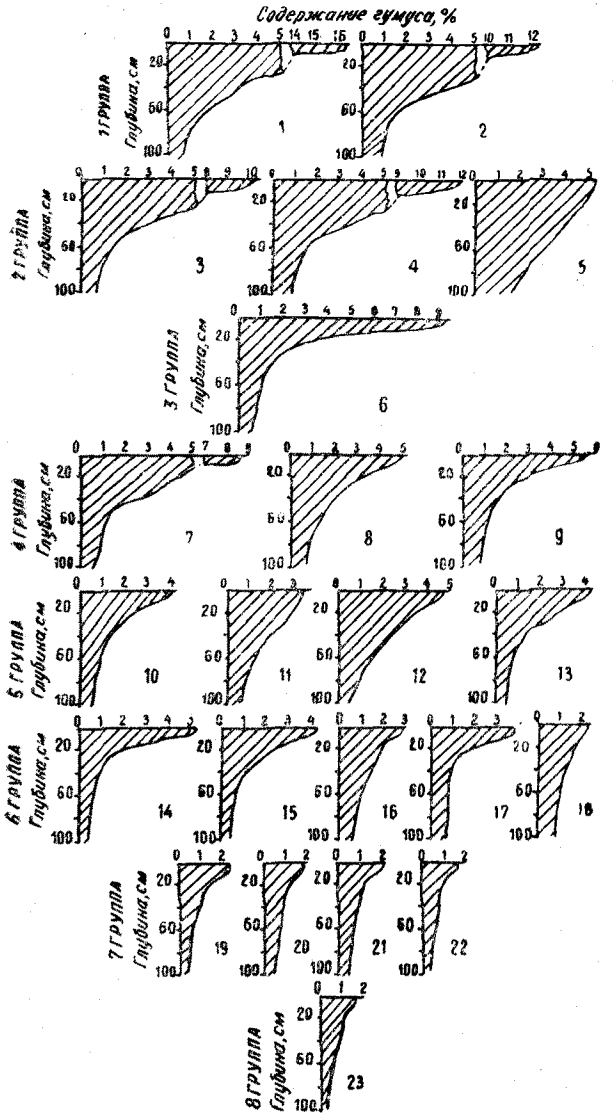


Рис. 16. Профили гумусности основных типов почв Азербайджанской ССР

Почва: *1* — горно-луговая торфянистая, *2* — горно-луговая черноземовидная, *3* — горно-луговая дерновая, *4* — бурая горно-лесная типичная, *5* — горный чернозем, *6* — темно-коричневая лесная, *7* — горно-лесная перегнойно-карбонатная, *8* — бурая лесная оподзоленная, *9* — коричневая лесная, *10* — серо-каштановая, *11* — темно-каштановая, *12* — лугово-каштановая, *13* — болотная, *14* — желтозем, *15* — горно-каштановая, *16* — каштановая, *17*—лугово-лесная, *18* — сероземно-луговая, *19* — светло-каштановая, *20* — серо-бурая, *21* — серозем, *22* — солонец, *23* — солончак

ставления количественного распределения гумуса по профилю почв на рис. 16 приводятся кривые распределения по профилю процентного содержания гумуса.

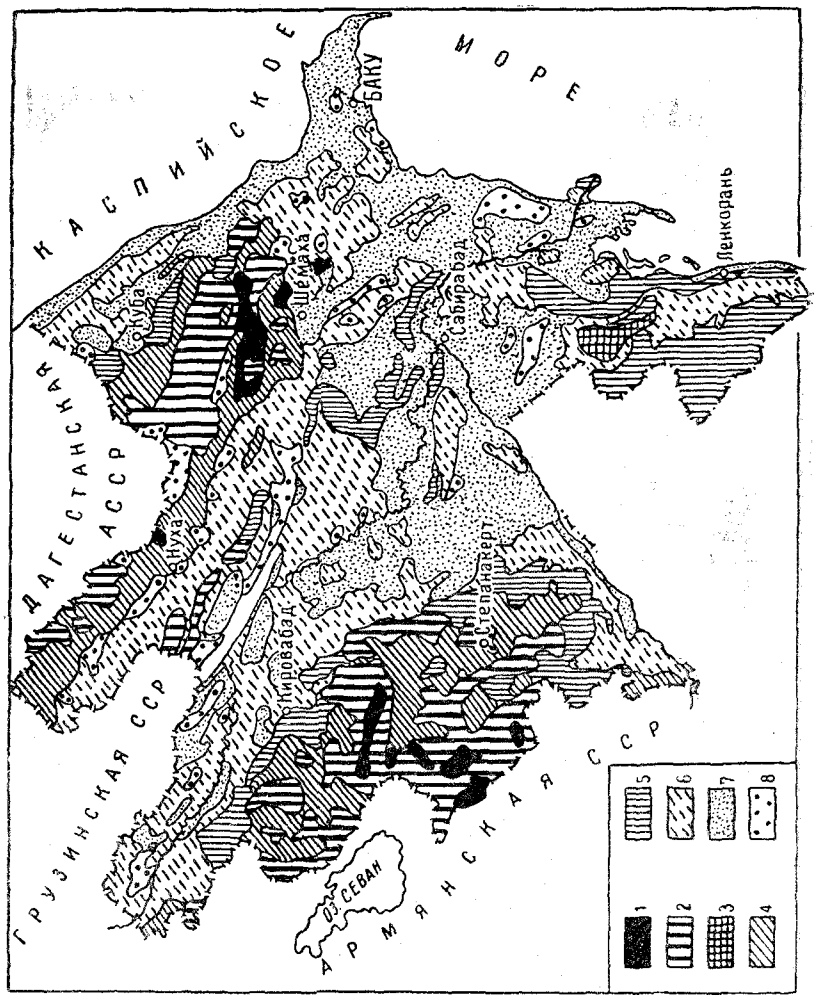


Рис. 17. Карта запасов гумуса в метровом слое почв Азербайджанской ССР (без Нахичеванской АССР)

Градации запасов гумуса: 1 — 500—600, 2 — 400—500; 3 — 300—400; 4 — 250—300; 5 — 200—250; 6 — 150—200, 7 — 100—150; 8 — меньше 100 *т/га*

По абсолютным запасам гумуса почвы Азербайджана могут быть объединены в 8 групп (рис. 17). Характеристика почв дана в главе II.

Первая группа представлена горно-луговыми торфянистыми и горно-луговыми черноземовидными почвами. Содержание гумуса в верхних горизонтах составляет 16,5%, благодаря наличию нежного торфянистого слоя, напоминающего войлок. В слое 80—100 *см* содержание гумуса снижается до 0,7%, то есть более чем в 20 раз. В горно-луговых торфянистых почвах в метровом слое накапливаются значительные запасы гумуса, в среднем 599,9 *т/га*, азота в них 47,7 *т/га*. Это объясняется наличием мощной наземной растительной массы, разложение которой происходит медленно вследствие подавления микробиологических процессов низкими температурами и высокой влажностью почвы. В нижней половине субальпийской полосы формируются горно-луговые черноземовидные почвы. Содержание гумуса в их поверхностных слоях — 12,3%, а в слое 70—80 *см* — 1,0%. Запасы гумуса в метровом слое значительны — 518,9 *т/га*, азота — 39,5 *т/га*, отношение C : N — 12,5.

Вторая группа представлена горно-луговыми дерновыми, горными черноземами и бурыми горно-лесными типичными почвами. В горно-луговой дерновой почве под субальпийской луговой растительностью наблюдается быстрое снижение гумуса с глубиной. В слое 0—10 *см* гумуса содержится 10,0%, в глубоких слоях количество его уменьшается до 1,0%. Запасы гумуса и азота значительны и составляют в метровом слое — 443,4 *т* гумуса и 29,5 *т* азота; отношение C : N — 10,1. Горные черноземы, развивающиеся под богарным разнотравием со злаками, отличаются относительно высокой гумусностью и большой мощностью гумусовых горизонтов. Профиль гумусности приближается к прямой, постепенно падающей с глубиной. В поверхностном слое содержится 5,6% гумуса, а на глубине 80—100 *см* — 2%. Такой профиль гумусности обусловливает значительные абсолютные запасы гумуса в метровом слое — 470,9 *т*, азота — 31,8 *т*; отношение C : N — 9,4. В бурых горно-лесных типичных почвах, развивающихся под лесной растительностью (бук, граб, дуб и др), запасы гумуса, достигающие в метровом слое 499,1 *т*, несколько превосходят запасы гумуса в черноземах, но азота в этих почвах значительно меньше — 23,3 *т*; отношение C : N широкое и составляет 12,2. Поверхностные горизонты содержат много гумуса — 11,8%, но количество его резко снижается с глубиной.

Третья группа представлена темно-коричневыми горно-лесными почвами, развитыми в горно-лесной зоне. Почвы характеризуются значительными запасами гумуса, составляющими в метровом слое — 304,9 *т*, запасы азота составляют 20,2 *т*; отношение C : N — 11,9. В верхнем слое почвы содержится 9,2% гумуса. Наблюдается резкое снижение количества гумуса от поверхностного слоя до глубины 30—40 *см*; ниже содержание гумуса изменяется незначительно.

Четвертая группа представлена бурыми горно-лесными оподзоленными, коричневыми горно-лесными и горно-лесными перегнойно-карбонатными почвами. Бурые горно-лесные и коричневые лесные почвы по абсолютным запасам гумуса и азота мало отличаются друг от друга и содержат в метровом слое гумуса 258,1—263,6 *т*, азота 15,9—17,8 *т*; отношение C : N — 9,3—9,4. Профиль гумусности представлен плавно спадающей вогнутой кривой. Перегнойно-карбонатные почвы встречаются отдельными островками среди лесных почв и характеризуются большими запасами гумуса в метровом слое — 290,6 *т* и карбонатностью, запасы азота незначительны. Содержание гумуса резко уменьшается до глубины 50 *см*. В верхних слоях почвы оно составляет 8,5%, а на глубине 50 *см* — 1,5%.

Пятая группа представлена серо-каштановыми, темно-каштановыми, лугово-каштановыми и болотными почвами. Серо-каштановые почвы формируются под кустарниковой и травянистой растительностью, приуроченной к нижней границе лесов, что дает возможность рассматривать их как находящиеся в переходной лесостепной зоне. Запасы гумуса в метровом слое почвы составляют — 207,2 *т*, азота — 15,6 *т*, отношение C : N широкое — 10,5. Серо-каштановые почвы характеризуются значительным содержанием гумуса в верхнем горизонте, что обусловлено накоплением в большом количестве органических остатков травянистой и кустарниковой растительности. Мощность верхнего гумусового горизонта не превышает 10—15 *см*. В верхнем гумусовом горизонте содержится 4% гумуса, а на глубине 15 *см* — 2,5%. Темно-каштановые почвы, развитые под степной растительностью, сравнительно богаты гумусом, запасы которого в метровом слое составляют 241,8 *т*, запасы азота 16,5 *т*, отношение C : N — 10,9. В верхнем слое содержится 3,4% гумуса, а на глубине 60—80 *см* — 1,0%. Лугово-каштановые почвы по запасам гумуса и азота мало отличаются от темно-каштановых почв. На болотных почвах Кура-Араксинской и Ленкоранской низменности развивается обильная гидрофильная растительность, дающая большие массы органических остатков. Разложение последних происходит в условиях анаэробиозиса, благодаря чему накапливается относительно большое количество гумуса и полуразложившихся органических остатков. Запасы гумуса в метровом слое составляют — 212 *т*, азота — 17,5 *т*, отношение C : N — 7,1. Профиль гумусности указывает на неравномерность распределения гумуса.

Шестая группа включает весьма различные почвы: каштановые, желтоземные, лугово-сероземные и лугово-лесные. Климатические условия для каштановых почв характеризуются жарким летом с малым количеством атмосферных осадков. Растительный покров, представленный полупустынной растительностью, образует слабую дернину. Это обусловливает незначительное накопление гумуса — 176,5 *т* в метровом слое. Особенно незначительны запасы азота — 11,7 *т*; отношение C : N — 8,4. Содержание гумуса по профилю падает постепенно. Горно-лесные желтоземные почвы развиваются в условиях влажного субтропического климата. Основной растительной формацией в полосе низких гор является железняково-грабовый лес со значительной примесью дзельквы, каштанолистного дуба и хурмы, с хорошо развитым подлеском и травяным покровом. Благодаря тому, что растительные остатки поступают преимущественно на поверхность почвы и их минерализация происходит очень быстро, в горно-лесных желтоземных почвах не происходит накопления больших количеств гумуса и образования мощных гумусовых горизонтов. При концентрации гумуса в поверхностном слое характерно резкое падение гумуса с глубиной. Запасы гумуса составляют в мертвом слое 185 *т*, азота — 14,8 *т*; отношение C : N — 9,2. Лугово-лесные (тугайные) почвы имеют малую мощность гумусового слоя, наблюдается падение гумуса — резкое до глубины 25 *см*, а затем более плавное. Запасы гумуса и азота незначительны. Сероземно-луговые почвы содержат мало гумуса. Уменьшение гумуса по профилю незначительное. В этих почвах обращает на себя внимание довольно высокий запас азота (17,4 *т*) и узкое отношение C : N — 5,1.

Седьмая группа представлена светло-каштановыми, сероземными, серо-бурыми почвами и солонцами. Светло-каштановые, сероземные и серо-бурые почвы по запасам гумуса различаются очень незначительно, лишь в солонцах содержание гумуса меньше, чем в перечисленных выше почвах. В сероземных почвах наблюдается постепенное падение гумуса по профилю. Одинаковые профили гумусности имеют серо-бурые почвы и солонцы. В этих почвах наблюдается резкое падение гумусности от поверхностного к слою 10—15 *см*. В светло-каштановых почвах профиль гумусности указывает на постепенное уменьшение содержания гумуса с глубиной.

Восьмая группа представлена солончаками. Растительность (преимущественно солянка) изрежена. Эти почвы содержат наименьшие запасы гумуса равные в метровом слое 93,3 *т*, азота — 12,9 *т*; отношение C : N — 5,0. Содержание гумуса с глубиной изменяется постепенно. Как можно видеть из приведенных данных, запасы гумуса и азота в почвах Азербайджана варьируют в широких пределах. При этом с ростом запасов азота увеличиваются запасы гумуса (табл. 25). И. В. Тюрин (1956) отметил, что «аккумуляция в почве

углерода в форме гумусовых веществ находится в прямой зависимости от наличия органического азота, участвующего в образовании этих веществ».

По данным ряда авторов, нами вычислено среднее значение C : N, которое в условиях Азербайджана оказалось равным 10,1. Отклонение в сторону относительного увеличения отношения C : N наблюдается во влажных районах и в лесных почвах, а уменьшение — в сухих областях. Но даже в горно-луговых и горно-лесных почвах отношение C : N не превышает 12,2—12,5.

Таким образом, величина отношения C : N в почвах Азербайджана говорит о высокой степени гумифицированности органического вещества и относительной обогащенности гумуса этих почв азотом.

Глава V

СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ГУМУСА В ПОЧВАХ АЗЕРБАЙДЖАНА

В настоящее время накоплены достаточно обширные материалы, характеризующие состав гумуса основных типов почв. Эти материалы обобщены И. В. Тюриным (1949) и М. М. Кононовой (1951, 1956, 1963). Данные по составу гумуса почв вертикальной зональности значительно менее полны. Между тем даже отдельные работы по почвам Кавказа и Тянь-Шаня (Ассинг, 1956, 1960; И. Александрова, 1951, 1953), по горно-лесным почвам Кавказа и Крыма (Зонн, 1950, 1959; Рубилин и Суслова, 1953, Рубилин 1956; Ромашкевич, 1959; Долгилевич, 1957, 1959), по почвам Таджикистана (Иловайская, 1959), по почвам Малого Кавказа (Дегтярева, 1960, 1961) и другие говорят о некоторых своеобразных чертах, присущих гумусу почв горных районов.

Мы определили состав гумуса всех основных типов почв вертикальной зональности Азербайджана. Определение состава гумуса проводили по ускоренному методу М. М. Кононовой и Н. П Бельчиковой (1961), основанному на применении смеси пирофосфата натрия + NaOH для извлечения из почвы гумусовых веществ. Дополнительно определили количество органических веществ, извлекаемых 0,1*N* H_2SO_4. Методика определения состава гумуса описана в главе XII.

Приводим результаты определений содержания и состава гумуса изучаемых нами почв. Их краткая характеристика изложена в главе II.

Горно-луговые почвы

Выпадение значительного количества осадков, развитие почв на плотных коренных породах, короткий в течение лета вегетационный период — все это обусловливает образование почв с примитивным профилем.

Богатая альпийская плотно-дерновая осоко-типчаковая и осочниковая растительность оставляет в верхнем слое почвы огромную массу растительных остатков (см. главу III).

Горно-луговые дерновые почвы залегают ниже горно-луговых торфянистых почв в зоне субальпийских злаковых и злаково-разнотравных лугов. В нижней половине субальпийской полосы в условиях равнинного рельефа и более сухого высокогорного климата почвы подвергаются остепнению и приобретают черноземный облик, но положение этих почв в субальпийской зоне позволяет отнести их к горно-луговым черноземовидным почвам. Эти особенности объясняют тот факт, что содержание гумуса в верхнем слое почв высокое (% С равен 11—12) и резко снижается по почвенному профилю (табл. 27).

Таблица 27

Содержание и состав гумуса в горно-луговых почвах (% от общего С почвы)

Почва	Глубина, *см*	% С в исход. почве	С органического вещества, извлекаемых 0,1 N H_2SO_4	Гуминовые кислоты	Фульвокислоты	$Сг^{к=г}$ / $Сф^{к=т}$	Из общего количества гуминовых кислот: свободные и связанные с R_2O_3	Из общего количества гуминовых кислот: связанные с *Ca*	С остатка почвы
Р. 34. Горно-луговая торфянистая. Целина. Истису	0—6	12,63	2,4	9,5	16,4	0,6	100,0	Нет	74,1
	6—15	5,70	3,7	12,4	16,1	0,7	100,0	„	71,5
	25—60	1,38	7,5	24,9	46,3	0,5	100,0	„	28,8
Р. 35. Горно-луговая дерновая. Целина. Кельбаджары	0—16	5,46	3,0	15,9	24,0	0,6	87,4	12,6	59,1
	16—27	4,85	2,8	14,2	28,6	0,6	73,0	27,0	63,2
	27—48	0,99	6,9	25,7	50,5	0,5	55,9	44,1	23,8
Р. 36. Горно-луговая черноземовидная (луговолесная). Целина. Кельбаджары	0—10	11,78	1,6	11,7	10,7	1,0	17,0	83,0	77 6
	10—22	4,95	2,1	14,4	18,0	0,8	14,1	85,9	67,6
	22—36	2,94	2,3	19,6	14,5	1,3	9,2	90,8	66,9
	36—53	1,64	2,2	20,2	23,0	0,9	8,6	91,4	56,8

Обратим внимание, что в составе гумуса количество гуминовых кислот незначительно и колеблется в пределах 9,5—17%. При этом количество гуминовых кислот несколько возрастает от горно-луговых торфянистых почв к горно-луговым черноземовидным. В последних отношение Сг:Сф превышает единицу, в то время как в горно-луговых торфянистых и дерновых почвах оно меньше единицы

Закономерно изменяется содержание фракции свободных и связанных с несиликатными формами R_2O_3 гуминовых кислот, *извлекаемых однократной обработкой почвы 0,1N NaOH*. В горно-луговых торфянистых и дерновых почвах эта фракция, обозначаемая *И. В. Тюриным как* бурые гуминовые кислоты (их полимерные комплексы с фульвокислотами), составляет 100% от общего количества гуминовых кислот.

В горно-луговых черноземовидных почвах преобладает фракция гуминовых кислот, связанных с кальцием, и почти совершенно исчезает фракция свободных и связанных R_2O_3 форм. По этому признаку горно-луговые дерновые почвы занимают промежуточное положение между горно-луговыми торфянистыми и горно-луговыми черноземовидными почвами.

Содержание в почвах связанных с кальцием гуминовых кислот зависит как от степени насыщенности поглощающего комплекса кальцием, которая, как мы видели (см. табл. 19), возрастает от горно-луговых торфянистых и дерновых почв к горно-луговым черноземовидным почвам, так и от природы этих кислот. На последнем вопросе мы остановимся далее (см. главу V).

В горно-луговых торфянистых и дерновых почвах увеличение с *глубиной по профилю почвы «скелетности» — обломков* почвообразующей породы (представленной в основном кварцевыми порфирами и доломитизированными известняками) обусловливает слабую связанность гумусовых веществ с минеральной частью почвы. По этой причине в глубоких слоях почвы (особенно глубже 25 *см*) удается выделить значительно большее количество гуминовых кислот, и соответственно содержание углерода в остатке уменьшается.

Достаточно устойчивое высокое увлажнение и отсутствие периодов иссушения почвы, а также наличие в поверхностном слое почвы огромной массы растительных остатков, по-видимому, обусловливают в горно-луговых торфянистых и дерновых почвах наличие процессов гидролитического распада новообразованных гумусовых веществ. Этим, по нашему мнению, объясняется тот факт, что преобладающей группой гумусовых веществ в данных почвах являются фульвокислоты. По нашим данным отношение Сг : Сф в горно-луговых торфянистых и дерновых почвах изменяется в пределах 0,5—0,7. Однако в горно-луговых черноземовидных почвах, формирующихся в условиях более теплого и сухого климата, отношение Сг : Сф становится более широким (0,8—1,3).

Последовательно возрастающая стабильность гумуса в ряду почв от горно-луговых торфянистых к горно-луговым черноземовидным сказывается и на количестве веществ извлекаемых 0,1 *N* H_2SO_4; в горно-луговых черноземовидных почвах эта группа веществ несколько меньше, чем в горно-луговой торфянистой и горно-луговой дерновой почвах.

Исследованные нами горно-луговые почвы по составу гумуса обладают теми же характерными свойствами, что и горно-луговые почвы Северного Кавказа (И. Александрова,

1953), Северного Тянь-Шаня (Ассинг, 1950), Таджикистана (Иловайская, 1959) и Кедабекского района Азерб. ССР (Дегтярева, 1960), а именно — высоким содержанием гумуса, большой подвижностью гуминовых кислот, преобладанием группы фульвокислот над гуминовыми кислотами.

Бурые горно-лесные почвы

Бурые горно-лесные почвы развиты под лесной растительностью, представленной буковыми, грабовыми, дубовыми и смешанными насаждениями.

Источником гумусовых веществ являются лиственный опад и травянистая растительность, разложение которых протекает в условиях нейтральной или слабокислой реакции.

Характером поступления растительных остатков объясняется высокое содержание гумуса в верхнем слое почвы и резкое его снижение с глубиной по почвенному профилю.

Состав гумуса горно-лесных бурых почв характеризуется сравнительно низким содержанием гуминовых кислот (16—20%) и преобладанием фульвокислот (до 40%), соотношение Сг : Сф колеблется от 0,4 до единицы (табл. 28).

Таблица 28

Содержание и состав гумуса в бурых горно-лесных почвах (% от общего С почвы)

Почва	Глубина, *см*	% С в исходной почве	С органических веществ, извлекаемых 0,1 N H_2SO_4	Гуминовые кислоты	Фульвокислоты	$\frac{Сг_{к=т}}{Сф_{к=т}}$	Из общего количества гуминовых кислот: свободные и связанные с R_2O_3	Из общего количества гуминовых кислот: связанные с Са	С остатка почвы
Р. 34. Горная бурая лесная типичная. Буково-грабовый лес. Закаталы	0—10	2,49	3,6	16,7	24,9	0,7	100,0	Нет	57,4
	10—36	0,82	6,3	17,0	40,3	0,4	80,9	19,1	42,7
	36—50	0,81	6,3	20,2	39,8	0,5	81,0	19,0	40,0
Р. 45. Горная бурая лесная. Дубово-грабовый лес. Варташен.	0—4	5,89	1,4	16,8	16,8	1,0	23,4	76,6	66,4
	4—10	2,86	2,8	19,6	21,8	0,9	19,3	80,7	58,6
	10—30	1,96	2,2	19,1	26,3	0,8	10,9	89,1	54,6

В. В. Пономарева (1962) указывает, что специфическая особенность биохимизма бурых лесных почв состоит в том, что свойства образующихся в них фракций гуминовых кислот и фульвокислот в значительной степени сближаются.

Вследствие высокой степени дисперсности и химической активности гумусовые вещества бурых лесных почв энергично разлагают алюмосиликатные минералы, отщепляя от них полуторные окислы и связываются с ними в комплексные соединения.

Более высоким содержанием гумуса и гуминовых кислот характеризуются бурые горно-лесные почвы Варташенского района. В этой почве соотношение Сг : Сф достигает 0,9—1,0.

Гумус этих почв характеризуется большой стабильностью: количество органических веществ, растворимых в слабых кислотах, невелико (1,4—2,9%); подвижные формы гуминовых кислот содержатся в малом количестве, большая же часть связана с кальцием.

Менее благоприятные условия для накопления гумуса имеют место в бурых горно-лесных почвах Закатальского района, где процент гумуса ниже и его количество резко снижается вниз по профилю.

В этих почвах гумус обладает более высокой подвижностью: 0,1 *N* H_2SO_4 извлекается значительное количество органических веществ (до 6,3%), гуминовые кислоты представлены преимущественно фракциями подвижных (свободных и связанных с R_2O_3) форм. Полученные нами материалы близки к данным С. В. Зонна (1950), Е. В.Рубилина (1956), А. И. Ромашкевич (1959) и М. И. Долгилевич (1957, 1959), изучавших гумус подобных почв Кавказа.

Горно-лесные желтоземные и желтоземно-подзолистые почвы

Как уже указывалось (см. главу II), эти почвы формируются в условиях влажного субтропического климата средиземноморского типа. Растительность представлена широколиственными железняковыми, дубово-грабовыми и дубовыми гирканными лесами с довольно хорошо развитым травянистым покровом.

Характерной чертой является относительно малая гумусность этих почв, а в составе гумуса фульвокислоты преобладают над гуминовыми кислотами; отношение С гуминовых кислот к С фульвокислот ниже единицы (табл. 29).

Особенности состава гумуса определяются специфическими условиями почвообразования. Высокая влажность почвы при высокой температуре способствует гидролитическим процессам распада органических веществ. Избыточное увлажнение ленкоранских почв в осенне-весеннее время приводит к образованию гумусовых веществ с малой величиной молекул (материалы по этому вопросу изложены в главе VI).

Наибольшее количество гуминовых кислот образуется в

перегнойно-аккумулятивном горизонте. Вглубь по почвенному профилю содержание гуминовых кислот резко падает.

Таблица 29

Содержание и состав гумуса в желтоземных почвах (% от общего С почвы)

Почва	Глубина, *см*	% С в исходной почве	С органических веществ, извлекаемых 0,1 *N* H_2SO_4	Гуминовые кислоты	Фульвокислоты	$\frac{Сг_{к=г}}{Сф_{к=т}}$	Из общего количества гуминовых кислот: свободные и связанные с R_2O_3	Из общего количества гуминовых кислот: связанные с Са	С остатка почвы
Р. 9. Горно-желтоземная. Лес. Масаллы	0—8	2,38	2,8	10,6	28,0	0,3	Нет	100,0	61,4
	8—20	1,24	3,5	5,6	36,4	0,2	Нет	100,0	58,0
	20—50	0,40	6,2	4,2	19,2	0,2	48,3	51,7	77,6
Р. 10 Желтоземно-подзолистая. Пшеничное поле. Масаллы	0—14	1,22	2,9	21,4	22,0	0,9	57,7	42,3	56,6
	14—30	0,91	3,7	20,2	30,3	0,7	26,0	74,0	49,5
	30—50	0,47	6,6	12,3	38,7	0,3	Нет	100,0	49,0

Гумус желтоземно-подзолистой почвы отличается от гумуса горно-желтоземной почвы более высоким содержанием, что мы объясняем более тяжелым механическим составом и использованием под посевы сельскохозяйственных культур, в частности пшеницы, сопровождающимся внесением минеральных удобрений.

Однако в желтоземно-подзолистой почве имеет место переувлажнение, сопровождающееся развитием процесса оглеения, обеднением почвы обменным кальцием и соответственно этому падением количества гуминовых кислот, связанных с кальцием.

По составу гумуса горно-лесные желтоземные и желтоземно-подзолистые почвы отличаются от красноземных почв Грузии (Бзиава, 1949; Сабашвили, 1954) и подзолистых почв Европейской равнины (Тюрин, 1944 и 1949; Кононова, 1951) большим содержанием фракции гуминовых кислот, преимущественно связанной с кальцием, содержание которого в желтоземных почвах составляет 67% при общей емкости обмена (около 22 *мэкв* на 100 *г* абсолютно сухой почвы, см. табл. 19).

По этому признаку наши данные совпадают с данными С. В. Зонна (1959), который показал, что в желтоземных почвах по сравнению с красноземом гуминовые кислоты обладают меньшей подвижностью и больше закрепляются в верхних горизонтах. Отличительным признаком желтоземных почв по

сравнению с краноземами и подзолистыми почвами является также меньшая растворимость органических веществ в 0,1 *N* H_2SO_4. Эта закономерность отмечена как для горных желтоземов, так и для желтоземно-подзолистых почв.

Полученные нами данные (табл. 28) совпадают также с результатами исследований Р. В. Ковалева (1958), который показал, что в верхней части почвенного профиля желтоземных почв органические вещества, извлекаемые при декальцировании, отсутствуют и лишь в небольших количествах обнаруживаются в средней и нижней части профиля.

Данные С. В. Зонна, Р. В. Ковалева и наши не подтверждают положения А. И. Кульчицкой (1959), которая отметила для желтоземно-подзолистых почв высокую растворимость органических веществ в слабых минеральных кислотах, достигающую 30—32% от общего их содержания в почве.

Коричневые лесные почвы

Эти почвы распространены в наиболее засушливых условиях лесной зоны. Растительность представлена грабо-дубовыми и дубовыми лесами с хорошо развитым травяным покровом.

По составу гумуса коричневые лесные почвы существенно различаются между собой и обладают значительной пестротой, что можно объяснить тем обстоятельством, что к типу коричневых почв в отдельных случаях относят почвы разного генезиса. Генетические особенности, в том числе природа и состав гумуса, коричневых лесных почв в настоящее время недостаточно выяснены, что требует дальнейших исследований.

Во всех исследуемых почвах, за исключением верхнего (0—3 *см*) слоя перегнойно-карбонатной почвы (р. 70), в составе гумуса преобладают фульвокислоты, причем отношение Сг : Сф колеблется в пределах — от 0,4 до 0,8 (табл. 30). Содержание гуминовых кислот в составе гумуса колеблется от 11,2 до 19,3%, а в отдельном случае в нижних горизонтах (р. 54, 26) падает до 4—5%.

Смена лесной растительности на степную сопровождается некоторым увеличением в составе гумуса гуминовых кислот; примером может служить разрез 32.

Характерным для гумуса коричневых почв является то, что гуминовые кислоты в них связаны с кальцием, а также малое количество органических веществ, извлекаемых 0,1 *N* H_2SO_4. Высокое содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, незначительное количество органических веществ, извлекаемых 0,1 *N* H_2SO_4 объясняется, по-видимому, остепнением этих почв.

Таблица 30

Содержание и состав гумуса в коричневых лесных и послелесных почвах (% от общего С почвы)

Почва	Глубина, *см*	% С в исходной почве	С органических веществ, извлекаемых 0,1 *N* H_2SO_4	Гуминовые кислоты	Фульвокислоты	$\frac{Сг_{к=т}}{Сф_{к=т}}$	Из общего количества гуминовых кислот: свободные и связанные с R_2O_3	Из общего количества гуминовых кислот: связанные с Ca	С остатка почвы
Р. 54. Коричневая лесная. Целина. Кусары	0—12	3,31	2,7	13,3	16,2	0,8	27,8	72,2	70,5
	12—30	1,08	3,7	5,2	16,5	0,3	Нет	100,0	78,3
Р. 26. Горно-коричневая послелесная. Целина. Ханлар	0—20	4,12	2,4	11,2	29,1	0,4	38,7	61,3	59,7
	20—30	2,09	2,5	12,1	16,6	0,7	8,7	91,3	71,3
	30—60	0,98	1,7	4,5	24,1	0,2	Нет	100,0	71,4
Р. 32. Коричневая послелесная. Шемаха	0—10	2,49	3,8	19,3	21,7	0,8	40,3	59,7	59,0
	10—36	0,81	4,8	16,5	29,1	0,6	8,6	91,4	54,4
	36—50	0,82	3,9	20,4	31,8	0,6	7,4	92,6	47,8
Р. 70. Перегнойно-карбонатная. Шуша	0—3	3,44	3,8	16,2	13,8	1,1	Нет	100,0	70,1
	3—20	1,37	5,5	15,0	25,4	0,6	„	100,0	59,6
	20—50	0,79	5,4	15,6	22,5	0,6	„	100,0	61,9

Горные черноземы

Горные черноземы приурочены к пологим элементам рельефа. Растительность представлена богатым разнотравием со злаками, встречается ковыль. В результате остепнения горных черноземов отмечается хорошее развитие задернованного слоя. Горные черноземы отличаются довольно большим содержанием гумуса, углерод которого в верхнем горизонте составляет 2,2—4,6% и медленно убывает с глубиной. Высоким содержанием гумуса характеризуются карбонатные черноземы, развитые преимущественно на карбонатной коре выветривания порфиритов и на известняковых породах (табл. 31).

В выщелоченных черноземах количество гумуса составляет 4,8%. Особенно низкое содержание гумуса наблюдается в слитых черноземах (р. 49). Накопление гумуса в черноземах связано с тем, что в условиях оптимального увлажнения при ограниченном сквозном промачивании гумусовых горизонтов в результате гумификации большой массы корневых остатков протекают процессы новообразования гумусовых веществ, которые в последующий относительно засушливый летний период конденсируются и закрепляются в почве в более сложных формах.

В исследованных почвах устойчиво высокое содержание гуминовых кислот колеблется в пределах 26—30% от общего органического углерода почвы. В связи с высоким содержанием гуминовых кислот и относительно низким количеством фульвокислот, соотношение Сг : Сф высокое — 1,2—2,8.

Гуминовые кислоты преимущественно связаны с кальцием и лишь в незначительном количестве являются свободными или связанными с подвижными гидратами полуторакисей. Относительно высокое содержание подвижных гуминовых кислот в нижних горизонтах (р. 38), нам кажется закономерным; оно вероятно обусловлено процессом выщелачивания.

Гумус горных черноземов отличается значительной устойчивостью, о чем свидетельствует небольшое количество в его составе растворимых в 0,1*N* H_2SO_4 органических веществ.

Каштановые почвы

Зона каштановых почв приурочена к условиям недостаточного и неустойчивого увлажнения. Растительность темно-каштановых почв представлена злаково-разнотравной группировкой с единичными кустами ковыля, а каштановых и светло-каштановых почв — доминирующей полынно-эфемеровой группировкой. Растительный покров, несмотря на изреженность, образует сплошную дернину. Относительно ма-

Таблица 31

Содержание и состав гумуса в горных черноземных почвах (% от общего С почвы)

Почва	Глубина, см	% С в исходной почве	С органических веществ, извлекаемых 0,1 N H_2SO_4	Гуминовые кислоты	Фульвокислоты	$\frac{Cг_{к=г}}{Сф_{к=г}}$	Из общего количества гуминовых кислот: свободные и связанные с R_2O_3	Из общего количества гуминовых кислот: связанные с Ca	С остатка почвы
Р. 38. Горный чернозем выщелоченный. Целина. Кедабек	0—10	2,77	4,3	26,7	21,7	1,2	8,4	91,6	51,6
	10—21	2,58	2,4	28,6	12,0	2,4	8,1	91,9	59,4
	21—34	2,05	2,9	28,2	10,5	2,8	27,4	72,6	61,3
	35—50	2,04	2,9	29,6	21,4	1,4	26,4	73,6	49,0
Р. 37. Горный чернозем карбонатный. Целина. Кедабек	0—10	4,58	3,0	31,3	18,4	1,7	8,1	91,9	50,3
	10—28	4,18	2,7	26,0	15,0	1,7	12,1	87,9	59,0
	28—40	2,37	3,2	26,4	21,5	1,2	9,8	90,2	52,1
Р. 49. Горный чернозем слитой. Залежь. Исмаиллы	0—10	2,22	2,9	29,5	20,7	1,4	13,7	86,3	49,7
	10—22	2,17	3,1	36,2	16,7	2,1	8,4	91,6	47,1
	22—40	1,96	1,9	36,6	17,4	2,1	5,0	95,0	46,0

лые запасы растительных масс, незначительное количество осадков, высокая температура препятствуют интенсивной гумификации растительных осадков.

Наибольшее количество гумуса (% С составляет 2,14) отмечается в темно-каштановой почве (р. 30). Содержание гумуса от темно-каштановых к каштановым почвам (разрезы 33, 50) и затем к каштановым солонцеватым почвам (р. 23, 20) последовательно снижается (табл. 32).

В этом же направлении изменяется в составе гумуса относительное содержание гуминовых кислот. Углерод гуминовых кислот в верхних горизонтах исследуемых почв составляет: в темно-каштановых примерно—23%, а в каштановых—15—17%, в каштановых солонцеватых — 8—12% от общего С почвы.

Таким образом в каштановых почвах по сравнению с черноземными почвами в составе гумуса содержится меньше гуминовых кислот. Это вызвано тем, что в почву поступает меньшее количество растительных остатков, и, возможно, гуминовые кислоты при высоких температурах подвергаются процессам окислительного распада.

Резко выделяются низким содержанием гумуса и в его составе гуминовых кислот каштановые солонцеватые почвы (р. 28 и 20), что обусловлено меньшими размерами поступления растительных остатков, а также физико-химическими свойствами этих почв, объясняемыми наличием обменного натрия, который способствует пептизации гуминовых кислот, переводу его в формы более подвижные (подверженные вымыванию) и доступные для микроорганизмов. О высокой подвижности гумусовых веществ в солонцеватых почвах свидетельствует также относительно большое количество веществ, извлекаемых 0,1 N H_2SO_4 кислотой: оно достигает 6,7%.

Наконец, обратим внимание, что в каштановых почвах *гуминовые кислоты связаны с кальцием.*

Сероземные и серо-бурые почвы

Сероземы являются зональным почвенным типом равнинной части Кура-Араксинской низменности.

Климат очень сухой, полупустынный. Полупустынная полынно-эфемеровая и эфемеровая растительность накапливает в почве незначительную массу растительных остатков (см. главу III).

В сероземных и серо-бурых почвах весной в течение короткого времени наблюдается вспышка биологической деятельности. В это время протекают не только процессы новообразования гумусовых веществ, но и одновременно интенсивно минерализуется поступающая в почву небольшая

Таблица 32

Содержание и состав гумуса в каштановых почвах (% от общего С почвы)

Почва	Глубина, *см*	% С в исходной почве	С органических веществ, извлекаемых 0,1 *N* H_2SO_4	Гуминовые кислоты	Фульвокислоты	$\frac{Сг_{к=т}}{Сф_{к=т}}$	Из общего количества гуминовых кислот: свободные и связанные с R_2O_3	Из общего количества гуминовых кислот: связанные с Ca	С остатка почвы
Р. 30. Темно-каштановая. Целина. Карамарьяны	0—13	2,14	4,4	23,6	16,1	1,6	16,4	83,6	60,2
	13—33	1,58	2,8	23,0	23,5	1,0	Нет	100,0	53,5
	33—46	0,80	5,4	15,1	22,9	0,7	„	100,0	62,0
Р. 33. Каштановая. Перелог. Халдан	0—8	1,17	3,4	14,9	10,5	1,4	Нет	100,0	74,6
	8—21	1,14	2,7	16,8	13,9	1,2	„	100,0	69,3
	21—38	0,82	3,3	10,8	17,6	0,6	„	100,0	71,6
Р. 50. Каштановая. Целина. Шемаха	0—12	1,49	0,8	17,6	12,6	1,4	Нет	100,0	69,8
	12—26	1,29	2,5	15,9	10,6	1,5	„	100,0	73,5
	26—38	0,82	0,7	6,8	19,9	0,4	„	100,0	73,3
Р. 28. Каштаново-солонцевато-солончаковая. Целина. Касум-Исмаиллинский район	0—10	0,69	6,7	8,3	21,8	0,4	Нет	100,0	69,8
	10—24	0,73	3,4	7,4	20,1	0,4	„	100,0	72,5
Р. 20. Каштановая орошаемая, солонцеватая. Хлопковое поле. Мардакерт	0—8	0,98	4,6	11,7	20,9	0,5	Нет	100,0	67,4
	8—40	0,98	5,5	12,8	17,8	0,7	„	100,0	69,4

масса растительных остатков. В последующий продолжительный период летнего иссушения гумусовые вещества очевидно подвергаются химическому окислению и распаду. В результате в этих почвах содержится значительно меньшее количество гумуса (% С не превышает 1).

Условия гумусообразования сказываются и на составе гумуса, в котором содержание гуминовых кислот крайне незначительно и составляет (в углероде): в сероземных и серо-бурых почвах 10—17, в сероземно-осолоделых 6—10 и в лугово-сероземных почвах — 9% от общего С почвы (табл. 33).

Данные по сероземным и серо-бурым почвам Ширванской степи Азербайджана (Едигарова, 1955), Казахстана (Емельянов, 1953, 1956), подгорной пустыни Джунгарии (Ассинг, 1956), Туркмении (Лобова, 1960), Таджикистана (Иловайская, 1959) и Самаркандского оазиса (Лагунова, 1959) также показывают, что в этих почвах процентное содержание гуминовых кислот колеблется в пределах 10—17, при некотором преобладании количества фульвокислот.

В сероземных и серо-бурых почвах одновременно с понижением в составе гумуса содержания гуминовых кислот возрастает относительное количество фульвокислот. Так, если в верхних горизонтах сероземных и серо-бурых почв отношение Сг : Сф составляет 0,8—1,3, то в сероземно-осолоделых почвах оно уменьшается до 0,6.

Повышенное содержание фульвокислот в составе гумуса солонцеватых почв мы объясняем присутствием обменного натрия, который способствует пептизации гуминовых кислот и переходу их в более растворимые формы.

Осолодение сероземно-солонцевых почв, по-видимому, сопровождается разрушением гуминовых кислот, переходом их в более подвижные формы. Обратим внимание, что в верхнем (0—5 *см*) слое сероземно-осолоделой солонцеватой почвы гуминовые кислоты представлены фракцией свободных или связанных с R_2O_3 форм, составляющих 80% от общего содержания этих кислот; нам такое явление кажется закономерным, так как именно этот горизонт подвергается наиболее сильному изменению под влиянием поглощенного натрия, который разрушает органо-минеральные соединения почвы.

В лугово-сероземных почвах обнаруживаются черты пережитой в прошлом гидрогенной стадии почвообразования. Характерным для этих почв является высокое содержание прочно связанных с минеральной частью почвы органических веществ. Эта особенность гумуса свойственна также сероземным и серо-бурым почвам Средней Азии (Кононова, 1951; Лагунова, 1958; Лобова, 1960), что можно объяснить их тяжелым механическим составом. В исследованной нами луго-

Таблица 33

Содержание и состав гумуса в сероземных и серо-бурых почвах (% от общего С почвы)

Почва	Глубина, см	% С в исходной почве	С органических веществ, извлекаемых 0,1 N H_2SO_4	Гуминовые кислоты	Фульвокислоты	$\frac{Cг_{к=т}}{Сф_{к=т}}$	Из общего количества гуминовых кислот: свободные и связанные с K_2O_3	Из общего количества гуминовых кислот: связанные с Ca	С остатка почвы
Р. 33. Серозем. Целина. Апшерон	0—9	0,59	7,8	17,2	13,2	1,3	Нет	100,0	69,6
	9—20	0,43	6,7	10,5	18,3	0,6	„	100,0	71,2
Р. 24. Сероземно-осолоделая солонцеватая. Целина. Ю-В Ширвань	0—5	0,81	3,9	10,9	17,0	0,6	80,7	19,3	72,1
	5—19	0,77	3,2	6,1	32,5	0,2	Нет	100,0	61,4
	19—42	0,43	2,8	5,3	20,9	0,2	„	100,0	73,8
Р. 43. Серо-бурая. Целина. Халдан	0—10	1,08	3,1	17,5	18,4	0,9	14,7	85,3	63,1
	10—28	0,90	2,6	10,3	12,6	0,8	Нет	100,0	68,1
	28—50	0,69	3,6	7,6	36,1	0,2	„	100,0	56,3
Р. 92. Лугово-серозем. Целина. ст. Керрар	0—8	1,39	2,9	8,8	14,2	0,6	Нет	100,0	77,0
	8—24	0,96	2,6	9,9	10,8	0,9	„	100,0	79,3
	24—34	0,88	2,4	9,5	8,7	1,1	„	100,0	81,8

во-сероземной почве удалось выделить лишь незначительное количество гуминовых кислот (9—10% к общему содержанию углерода почвы) и фульвокислот.

Сероземно-луговые и луговые почвы

Особенностью почвенного покрова Кура-Араксинской низменности является широкое распространение почв, развивающихся в условиях повышенного пойменно-дельтового увлажнения. Под влиянием различий в интенсивности увлажнения в аллювиальном ряде луговых почв формируются почвы от сероземно-луговых до лугово-болотных.

Сероземно-луговые почвы (разрез 2), развитые на недавно отложенных аллювиальных наносах, при отсутствии длительного застоя поверхностных вод характеризуются монотонным профилем и малой гумусностью (табл. 34).

В аллювиальном комплексе широко распространены более гумусные луговые почвы (разрез 7) с довольно постепенным убыванием гумуса книзу.

В луговых сазовых почвах (разрез 25) достаточное грунтовое увлажнение благоприятствует мощному развитию растительности, накоплению в почве большой массы корневых остатков и огромного количества гумуса (% С равен — 7,5). Большое количество гумуса накапливается в культурно-луговых «коруховых» почвах (разрез 40), которые в результате культурных воздействий многократно удобрялись местными удобрениями и обильно орошались.

Вследствие избыточного грунтового увлажнения лугово-болотные почвы в верхнем горизонте приобретают свойства, характерные для луговых почв, тогда как нижние горизонты подвергаются длительному заболачиванию. При избыточном увлажнении в нижних горизонтах сильно выражены восстановительные процессы, в частности процессы глееобразования. Разложение растительных остатков в этих условиях сопровождается накоплением низкомолекулярных органических веществ и продуктов их распада. В лугово-болотных почвах по сравнению с луговыми среднегумусными и луговыми сазовыми содержание гумуса снижается.

В исследованных почвах, кроме культурно-луговых «коруховых» почв, содержание гуминовых кислот в составе гумуса колеблется в пределах 13—17% от общего углерода почвы. В культурно-поливных почвах наблюдаются наиболее благоприятные условия для накопления гумуса и в его составе гуминовых кислот (до 22,1%), соотношение Сг : Сф в этих почвах составляет 1,2. Гуминовые кислоты преимущественно связаны с кальцием и обладают значительной устойчивостью.

Таблица 34

Содержание и состав гумуса в сероземно-луговых и луговых почвах
(% от общего С почвы)

Почва	Глубина, см	% С в исходной почве	С органических веществ, извлекаемых 0,1 N H_2SO_4	Гуминовые кислоты	Фульвокислоты	$\frac{Сг_{к=т}}{Сф_{к=т}}$	Из общего количества гуминовых кислот: свободные и связанные с R_2O_3	Из общего количества гуминовых кислот: связанные с Ca	С остатка почвы
Р. 2. Сероземно-луговая малогумусная. Перелог из-под хлопчатника. Сабирабад	0—14	1,05	4,0	17,5	15,7	1,1	Нет	100,0	66,8
	14—28	0,99	3,7	16,2	13,3	1,2	„	100,0	70,4
	28—44	0,50	5,2	4,2	33,0	0,2	„	100,0	62,8
Р. 7. Луговая, среднегумусная. Перелог из-под хлопчатника. Сальяны	0—20	1,80	0,6	14,2	14,8	1,0	17,9	82,1	71,1
	20—36	1,54	0,3	13,4	11,7	1,1	Нет	100,0	74,9
	36—50	0,84	2,0	8,5	20,1	0,4	„	100,0	71,4
Р. 40. Культурно-поливная «коруховая». Целина. Геокчай	0—12	1,47	0,6	22,1	18,7	1,2	11,3	88,7	59,2
	12—32	0,69	3,0	12,1	8,2	1,4	Нет	100,0	70,7
Р. 11. Лугово-болотная. Целина. Астрахан-Базар	0—15	1,16	9,2	16,5	22,0	0,7	60,7	39,3	61,5
	15—35	0,50	12,2	6,6	12,8	0,4	30,1	69,9	70,6
Р. 25. Луговая сазовая. Целина. Барда	0—6	7,53	5,3	13,6	11,5	1,2	28,8	71,2	74,9
	6—20	1,86	7,8	12,2	9,0	1,3	28,4	70,6	78,8
	35—53	0,83	4,2	10,0	20,3	0,5	0,2	99,8	69,7

В луговых и лугово-сазовых почвах повышенное грунтовое увлажнение в условиях продолжительного теплого периода (от весны до осени) благоприятствует интенсивной гумификации мощной растительной массы и накоплению большого количества новообразованных гуминовых кислот. Значительная часть последних находится в свободном состоянии или связана с R_2O_3. Заметно выше в этих почвах содержание органических веществ, извлекаемых 0,1 N H_2SO_4.

Выделяется по составу гумуса лугово-болотная почва, где отмечается явное преобладание фульвокислот: соотношение Сг : Сф снижается до 0,4—0,7. Гуминовые кислоты в значительной степени представлены либо свободными формами, либо связаны с подвижными гидратами полуторакисей. Выраженные восстановительные условия способствуют, вероятно, и образованию подвижных органо-минеральных соединений.

Сероземно-луговые почвы в результате угасания режима повышенного увлажнения формируются по степному, сероземному типу, что сказывается и на составе гумуса. В нем возрастает содержание гуминовых кислот и соотношение Сг : Сф даже превышает единицу.

Полученные нами данные о влиянии лугового процесса на природу гумуса в общем сходны с данными Н. Н. Едигаровой (1955, 1961), изучавшей луговые почвы Ширванской степи.

Солончаки

Солончаки в Карабахской степи развиваются на фоне луговых почв, где высокоминерализованные грунтовые воды залегают близко к поверхности почвы. На фоне луговых почв они распространены отдельными пятнами или большими площадями.

В засушливый летний период грунтовые воды поднимаются вверх по профилю и откладывают в поверхностном слое почвы большое количество легкорастворимых солей.

Солончаки довольно гумусированы, вероятно, это объясняется их луговым происхождением. Содержание гумуса с глубиной по профилю почвы резко снижается (табл. 35).

В составе гумуса содержание гуминовых кислот очень низкое (5—7%), тогда как содержание фульвокислот резко преобладает (13—30%). В составе гумуса представлено некоторое количество (примерно 5—11%) органических веществ, извлекаемых 0,1 N H_2SO_4. Учитывая высокое содержание фульвокислот в этих почвах можно предположить, что частично в эту фракцию переходят свободные формы и ком-

плексные соединения фульвокислот с подвижными гидратами полуторaокисей.

Передвижение органических веществ в профиле солончака, по предположению Л. Н. Александровой (1944), происходит в форме фульвокислот, дающих растворимые соли со

Таблица 35

Содержание и состав гумуса в солончаках (% от общего С почвы)

Почва	Глубина, *см*	% с исходной почве	С органических веществ, извлекаемых 0,1 *N* H_2SO_4	Гуминовые кислоты	Фульвокислоты	$\frac{Сг_{к=т}}{Сф_{к=т}}$	Из общего количества гуминовых кислот: свободные и связанные с R_2O_3	связанные с Ca	С остатка почвы
Р. 17. Солончак. Целина. Агджабеды	0—8	1,71	4,8	7,5	29,5	0,3	39,3	60,7	63,0
	8—24	0,65	6,1	2,3	16,5	0,3	85,6	14,4	78,3
	24—36	0,40	11,5	7,2	29,5	0,3	56,6	43,4	63,3
Р. Б-2. Солончак. Целина. Барда	0—12	1,20	6,0	7,2	12,8	0,5	46,5	53,5	78,0
	12—32	0,93	5,2	5,4	16,8	0,3	59,6	40,4	77,8

щелочными и щелочноземельными металлами. Гуминовые кислоты фиксируются на месте своего образования и могут выноситься по профилю только в виде продуктов дальнейшего разложения.

Об относительной подвижности гумуса в солончаках можно судить по высокому содержанию фракции гуминовых кислот, извлекаемых 0,1 *N* NaOH из недекальцированной почвы; в некоторых случаях эта фракция составляет 50% и выше от всего количества гуминовых кислот.

Глава VI

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗЛИЧИЙ В СОСТАВЕ ГУМУСА И ПРИРОДЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА

Как следует из материалов, изложенных в предыдущей главе, в составе гумуса почв Азербайджанской ССР обнаруживаются значительные различия, отражающие вертикальную зональность распространения почв. В ряду почв — горные черноземы — темно-каштановые — каштановые — серозёмы и серо-бурые — уменьшение содержания гумуса сопровождается последовательным значительным падением в его составе гуминовых кислот и одновременно увеличением относительного содержания фульвокислот. Благоприятные условия для накопления гумуса и в его составе гуминовых кислот наблюдаются в луговых почвах Кура-Араксинской низменности. Установленные И. В. Тюриным (1949) географические закономерности изменения состава гумуса (когда условия, способствующие образованию гуминовых кислот, являются одновременно благоприятными и для накопления гумуса) для этого ряда полностью подтверждается. Однако отмеченные закономерности нарушаются при переходе от горных черноземов к горно-луговым почвам. Так, при высоком содержании гумуса в горно-луговых почвах, превышающем 10—15%, отмечается сравнительно низкое содержание гуминовых кислот, которое уступает количеству фульвокислот; соотношение между гуминовыми кислотами и фульвокислотами становится меньше единицы.

Это явление, по-видимому, обусловлено в данных почвах интенсивным новообразованием гумусовых веществ, наличием большой массы растительных остатков, а также преобладанием гидролитического распада гумусовых веществ вследствие высокого увлажнения и отсутствия периодов иссушения.

Таблица 36

Состав гумуса основных типов почв Азербайджанской ССР в 0—20 сантиметровом слое (средние данные выражены в % к общему углероду)

Почва	% гумуса	Гуминовые кислоты	Фульвокислоты	Отношение гуминовых кислот к фульвокислотам	Форма связи гуминовых кислот	
					свободные и связанные с R_2O_3	связанные с Ca
Горно-луговая	10,0	13,3	17,6	0,7	62,4	38,6
Горный чернозем	5,2	30,0	16,2	1,9	9,7	90,3
Темно-каштановая	3,5	23,3	16,8	1,4	8,6	91,4
Каштановая	2,8	15,6	14,4	1,1	Нет	100,0
Каштановая солонцеватая	2,1	8,6	17,5	0,5	Нет	100,0
Сероземная и серо-бурая	1,8	11,2	18,2	0,6	10,7	89,3
Луговая	2,4	16,4	12,9	1,2	12,8	87,2
Солончак	2,0	6,3	18,9	0,3	73,0	27,0
Бурая горно-лесная	5,8	16,6	23,5	0,7	49,4	50,6
Коричневая лесная	5,2	15,5	18,9	0,8	26,4	73,6
Горный лесной желтозем	5,0	14,4	29,2	0,5	40,3	59,7

Весьма показательно изменение соотношения между количеством гуминовых кислот и фульвокислот, которое в горно-луговых почвах составляет 0,7; в черноземах — 1,9; в каштановых — 1,1—1,4; в сероземах и серо-бурых — 0,6 и в луговых почвах — 1,2 (табл. 36).

В ряду лесных почв — бурые лесные — коричневые лесные — горно-лесные желтоземы — содержание гумуса и в его составе гуминовых кислот уменьшается. Гумус лесного типа почвообразования характеризуется высоким содержанием фульвокислот и низким количеством гуминовых кислот, вследствие чего сотношение Сг:Сф становится меньше единицы и изменяется в пределах от 0,5 до 0,8.

Для выяснения характера закономерностей в изменении состава гумуса основных типов почв Азербайджанской ССР нами использован графический метод координатного треугольника, предложенный В. Р. Волобуевым (1962). При графическом анализе для выявления наиболее существенных осо-

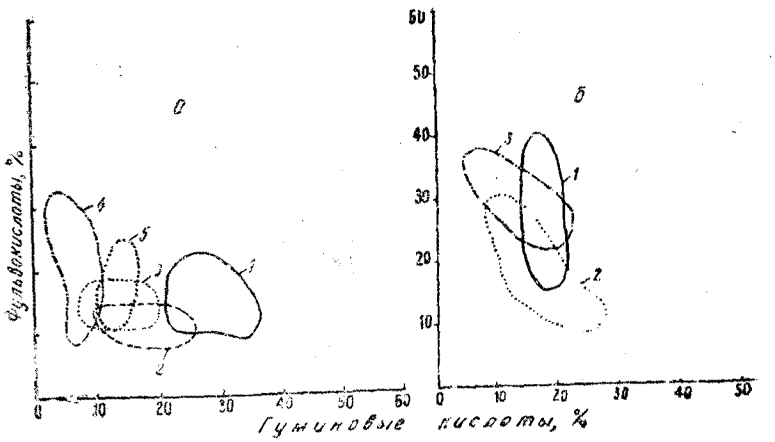


Рис. 18. Пределы варьирования группового состава гумуса различных почв Азербайджанской ССР:

а — состав гумуса дерновых почв. *1* — горный чернозем; *2* — каштановая, *3* — серозем и серо-бурая, *4* — солонцеватая почва и солончак, *5* — горно-луговая; *б* — состав гумуса лесных почв: *1* — бурая горно-лесная, *2* — коричневая лесная, *3* — желтозем

бенностей группового состава гумуса почв принимаются во внимание три показателя: содержание гуминовых кислот и фульвокислот, а также величина, приходящаяся на долю остальных компонентов гумуса. Эти показатели взяты в относительных процентах к общему углероду гумуса и представлены в треугольной системе координат, для которой принята более удобная форма прямоугольного треугольника.

Данные анализов состава гумуса мы нанесли на график (рис. 18). Распределение отметок на графике выявило ха-

рактерные поля для каждого из рассматриваемых типов почв — гумусовые ареалы, которые позволяют произвести сравнительный анализ группового состава гумуса почв.

Гумусовый ареал черноземных почв характеризуется наиболее высоким содержанием гуминовых кислот при сравнительно пониженном количестве фульвокислот. Состав гумуса каштановых почв характеризуется значительно меньшим количеством гуминовых кислот, которое варьирует в более широких пределах, чем фульвокислоты. В сероземах и серо-бурых почвах содержание гуминовых кислот еще более низкое, чем в каштановых почвах, при одновременном несколько более высоком содержании фульвокислот. В составе гумуса солонцеватых почв и солончаков гуминовые кислоты, содержащиеся в незначительном количестве, варьируют в узких пределах, тогда как варьируемость и количество фульвокислот резко возрастает.

Для гумусовых ареалов лесных почв характерно преобладание фульвокислот. В бурых лесных почвах содержание гуминовых кислот изменяется незначительно, но возрастает варьируемость содержания фульвокислот. В желтоземных и коричневых лесных почвах с понижением относительного содержания гуминовых кислот наблюдается последовательное увеличение количества фульвокислот.

В почвах лесной формации отмечается высокое содержание гуминовых кислот, свободных и связанных с полуторакислями (табл. 35). В почвах же дерновой формации, характеризующихся высоким содержанием обменного кальция, гуминовые кислоты преимущественно находятся в формах связи с кальцием. Исключением являются горно-луговые почвы, где высокое содержание гуминовых кислот, извлекаемых однократной обработкой 0,1 *N* NaOH, обязано присутствию свободных (новообразованных) форм гуминовых кислот.

Комплекс условий почвообразования влияет не только на состав гумуса, но и на природу гуминовых кислот. Для доказательства этого мы определяли оптическую плоскость по соотношению показателей оптической плотности при длине волн 465 и 665 *mμ* (т. е. по отношению $E_4 : E_6$) и степень дисперсности гуминовых кислот (по устойчивости к коагулирующему действию электролита $CaCl_2$).

Методика выделения гуминовых кислот и определения их оптической плотности и степени дисперсности изложена в главе XII. Результаты определений отношений E_4:E_6 приведены в табл. 37.

Согласно исследованиям (Кухаренко, 1955; Kumada, 1955; Кононова, 1956; Ларина и Касаточкин, 1957; Орлов, 1959, 1960), оптические плотности гуминовых кислот характеризуют отношение углерода, организованного в ароматические

углеродные сетки, к углероду боковых радикалов. Наиболее конденсированным ароматическим ядром обладают гуминовые кислоты черноземов, где соотношение E_4:E_6 характеризуется низкой величиной 3,2. Это вызвано тем, что в черноземах периоды достаточного увлажнения, когда протекают процессы новообразования гумусовых веществ, чередуются с засушливыми периодами, способствующими конденсации ароматического ядра гуминовых кислот.

Таблица 37

Соотношение E_4:E_6 гуминовых кислот в основных типах почв Азербайджанской ССР

Формация	Почва	$E_4 : E_6$
Дерновая	Горно-луговая	3,8
	Горный чернозем	3,2
	Темно-каштановая	3,6
	Каштановая	3,8
	Каштановая солонцеватая	4,0
	Сероземная и сероземно-бурая	4,2
	Луговая	4,1
	Солончак	4,9
Лесная	Бурая горно-лесная	4,4
	Коричневая лесная	4,3
	Горный лесной желтозем	4,8

Несколько менее конденсировано ароматическое ядро гуминовых кислот в горно-луговых почвах; отношение $E_4 : E_6$ равно 3,8, что вероятно, объясняется присутствием новообразованных форм гуминовых кислот. При изучении химической природы гуминовых кислот горно-луговых почв И. В. Александрова (1951) отметила, что они по природным особенностям близки к новообразованным гуминовым кислотам, выделенным из гумифицированных растительных остатков.

Слабой конденсированностью сеток ароматического углерода обладают гуминовые кислоты в сероземах и серо-бурых почвах, в которых отношение $E_4 : E_6$ возрастает до 4,2. Это, по нашему мнению, объясняется энергичной деятельностью микроорганизмов, способствующих интенсивному разложению гумуса и накоплению в его составе новообразованных гуминовых кислот с недостаточно выраженным ароматическим ядром.

Промежуточное положение между черноземами и сероземами по оптическим свойствам занимают гуминовые кислоты каштановых почв.

В солонцеватых почвах и солончаках вследствие насыщенности поглощающего комплекса натрием гуминовые кис-

лоты подвергаются пептизации, в результате чего их углеродная сетка становится менее конденсированной и преобладают боковые цепи. Отношение E_4:E_6 гуминовых кислот в этих почвах возрастает до 5.

Таким образом, в ряду почв — горные черноземы — каштановые—сероземы и серо-бурые—солончаки—в гуминовых кислотах менее четко проявляется сетка ароматического углерода при одновременном увеличении количества боковых радикалов. Подобное явление отмечается также при переходе от горных черноземов к горно-луговым почвам.

Поскольку сетка ароматического углерода составляет гидрофобную часть молекулы, а гидрофильные свойства определяются наличием атомных группировок в боковых радикалах, соотношение в молекуле ароматических и алифатических структур определяет гидрофильные свойства гуминовых кислот в целом, проявляющиеся в способности к набуханию, степени дисперсности, а также в отношении к электролитам.

Явление коагуляции гуминовых кислот особенно отчетливо выражено в черноземах и каштановых почвах (табл. 38). Образование геля происходит при добавлении уже незначительного количества $CaCl_2$, что говорит о малом содержании в молекулах гуминовых кислот этих почв боковых радикалов, несущих гидрофильные группы. Более дисперсными оказались гуминовые кислоты сероземов и серо-бурых почв.

В горно-луговых почвах гуминовые кислоты, содержащие в боковых радикалах гидрофильные группы, не подвергались полной коагуляции даже при прибавлении значительных количеств электролита. Также и гуминовые кислоты горно-лесных почв, за исключением коричневых лесных почв, оказались настолько высокодисперсными (вследствие преобладания в их молекулах боковых радикалов), что не коагулировали даже при прибавлении больших количеств электролита.

Мы сочли нужным выявить закономерности в изменении элементарного состава гуминовых кислот почв Азербайджана в связи с вертикальной зональностью их распространения. Определение углерода и водорода нами производилось методом микроанализа, азота — по Кьельдалю, кислород рассчитывался по разности. Расчеты произведены на абсолютно сухое беззольное вещество; процент золы в гуминовых кислотах равнялся 3—5.

Закономерные изменения в элементарном составе гуминовых кислот в ряду почв от подзолистых к черноземам и далее к каштановым почвам впервые показаны В. В. Тищенко и М. Д. Рыдалевской (1936). В дальнейшем материалы по элементарному составу гуминовых кислот почв СССР пополнены работами других исследователей (Наткина, 1940; Геммерлинг, 1946; Драгунов, 1949; Кононова, 1951, 1963 и др). Систематическими и наиболее полными являются данные элементарного состава гуминовых кислот и фульвокислот главнейших почв СССР.

Таблица 38

Порог коагуляции гуминовых кислот и фульвокислот в почвах Азербайджана

Препарат	Почва	Начало коагуляции		Полная коагуляция		Примечание
		Время, часы	$CaCl_2$, *мгэкв* на 1 *л* гумата	Время, часы	$CaCl_2$, *мгэкв* на 1 *л* гумата	
Гуминовые кислоты	Горно-луговая	2	13	24	12	Коагуляция неполная
	Горный чернозем	Сразу	5	2	4	
	Каштановая	„	7	2	6	Порог коагуляции выражен отчетливо
	Сероземная	„	10	2	9	
	Бурая горно-лесная	2	16	24	16	
	Коричневая лесная	Сразу	14	2	13	Коагуляция неполная
	Горно-лесной желтозем	2	Нет	24	Нет	
Фульвокислоты	Коагуляция отсутствует					

М. М. Кононова (1963) показала, что в почвах СССР процент углерода в гуминовых кислотах закономерно возрастает от подзолистых почв к темно-серой лесной почве и к чернозему; падение этой величины наблюдается в гуминовых кислотах из каштановой почвы и серозема. Обратная зависимость отмечается в процентном содержании водорода. По изменению отношения C : H в элементарном составе гуминовых кислот М. М. Кононова приходит к выводу о возрастающей доле участия сеток ароматического углерода в молекулах гуминовых кислот в ряду почв от подзолистых к темно-серой лесной и далее к чернозему и о снижении его в гуминовых кислотах каштановой почвы и серозема.

Как видно из табл. 39, элементарный состав гуминовых кислот в почвах Азербайджана сильно меняется: процентное содержание углерода в гуминовых кислотах от высокогорных горно-луговых почв возрастает к горным черноземам, тогда

как процент водорода и кислорода снижается. От горных черноземов к каштановым почвам предгорий и далее к сероземно-бурным и к луговым почвам Кура-Араксинской низменности наблюдается последовательное снижение процента углерода и одновременно увеличение процента водорода и кислорода. Соответственно четко изменяется отношение C : H в гуминовых кислотах.

Таблица 39

Элементарный состав гуминовых кислот (% на абсолютно сухое беззольное вещество)

Почва	C	H	N	O	C : N	C : H
Горно-луговая дерновая	56,51	6,68	4,02	32,61	14,0	8,2
Горный чернозем	59,71	4,61	3,77	31,91	16,1	12,9
Каштановая	58,96	4,81	4,56	31,67	12,9	12,2
Сероземно-бурая	57,60	4,87	5,88	31,65	9,8	11,8
Сероземно-луговая	55,95	5,19	5,82	33,04	9,6	10,7
Луговая сазовая	53,25	5,83	5,40	35,52	9,9	9,1
Горно-лесной желтозем	54,30	6,10	4,39	35,31	12,3	8,9

Из опыта исследователей в области гуминовых кислот ископаемых углей и торфов (Касаточкин, 1951, 1953; Кухаренко, 1955) следует, что отношение C : H возрастает в процессе углеобразования и отражает степень конденсированности сеток ароматического углерода в молекуле.

В соответствии с этим характер изменений отношения C : H указывает, что при переходе от горно-луговых почв к горным черноземам степень конденсированности сеток ароматического углерода молекул гуминовых кислот возрастает, тогда как в ряду почв от горных черноземов к каштановым, сероземам и луговым почвам доля участия углерода, организованного в ароматические сетки, последовательно снижается.

Элементарный состав гуминовых кислот в горно-лесных желтоземных почвах отличается низким процентом углерода, а также узким отношением C : H. Последнее свидетельствует о слабой выраженности ароматической углеродной сетки гуминовых кислот и о высоком содержании гидрофильных групп.

Интересны также данные соотношения C : H. В горных черноземах гуминовые кислоты характеризуются более широким отношением C : N. В каштановых и особенно в сероземно-бурых и луговых почвах отношение C : N становится более узким. Обогащенность азотом гуминовых кислот каштановых, сероземно-бурых и луговых почв обусловлена, по нашему мнению, высокой их биогенностью, что совпадает с ранее приведенными данными, характеризующими микробное население изучаемых нами почв (см. табл. 18).

По сравнению с сероземными и луговыми почвами, для гуминовых кислот горно-лесных желтоземных почв характерен более низкий процент азота.

При составлении данных элементарного состава гуминовых кислот горных черноземных почв Азербайджана и черноземов Европейской части СССР видно, что первые характеризуются более низким процентом углерода и кислорода и высоким водорода; это указывает на несколько меньшую конденсированность ароматического углерода их молекул. Вероятно, причиной данного факта является формирование изучаемых черноземных почв после сведения леса, причем в условиях более смягченного режима увлажнения по сравнению с черноземами Европейской части СССР.

Д. В. Хан и Т. А. Руднева (1961) считают, что почвы Кура-Араксинской низменности по элементарному составу гуминовых кислот резко отличаются от сероземных, бурых и каштановых почв Заволжья, Прикаспийской низменности, Средней Азии (табл. 40).

Таблица 40

Элементарный состав гуминовых кислот различных почв, % к абсолютно сухому беззольному веществу (по данным Хана и Рудневой, 1962)

Почва	C	H	N	O	C : N	C : H	O : H
Серо-коричневая, Мильская степь (Азерб. ССР)	54,03	4,67	5,00	36,34	10,8	11,6	7,8
Сазово-луговая, Ширванская степь (Азерб. ССР)	54,02	4,76	5,10	36,12	10,6	11,3	7,6
Лугово-серо-коричневая, Муганская степь (Азерб. ССР)	53,15	5,50	4,96	36,40	10,7	9,7	6,6
Светлый серозем (совхоз Пахта-Арал, Казах. ССР)	58,03	4,82	5,48	31,67	10,5	12,0	6,6
Бурая пустынно-степная, Прикаспийская низменность (Богданский опорный пункт)	57,65	4,49	4,15	33,71	13,8	12,8	7,5
Каштановая Заволжья (Малоузенский стационар)	58,00	3,40	4,00	34,60	14,5	17,1	10,2

Однако приведенные в табл. 39 данные позволяют сделать вывод, что элементарный состав гуминовых кислот каш-

тановых и сероземно-бурых почв в общем близок к таковому в одноименных типах почв Прикаспийской низменности и Средней Азии (табл. 40).

Известно, что гуминовые кислоты и фульвокислоты не являются химически индивидуальными веществами, а представляют систему высокомолекулярных соединений, имеющих общие черты строения молекул, но обладающих неоднородностью. Последним объясняется тот факт, что гуминовые кислоты и фульвокислоты могут быть разделены на несколько фракций. М. М. Кононова и Н. П. Бельчикова приемами круговой хроматографии на бумаге и методом колонок с крахмалом и окисью алюминия разделили гуминовые кислоты и фульвокислоты из обыкновенного чернозема и дерново-подзолистой почвы на 3 фракции. Они показали, что группы гуминовых кислот и фульвокислот тесно ассоциированы друг с другом.

В работах Шеффера (Sheffer, 1954), Флайга, Шеффера и Кламрота (Flaig, Scheffer, Klamroth, 1955) по изучению природы гуминовых кислот приемами их фракционирования показано, что гуминовые кислоты черноземов и подзолистых почв содержат по две фракции — бурую *B* и серую — G, различающиеся по химическим свойствам. При этом в гуминовой кислоте черноземов несколько преобладает G-фракция, а в подзолистой почве — *B*-фракция, что придает этим кислотам специфический характер и обусловливает их различия.

Для характеристики фракций гуминовых кислот Вельте (Welte, 1955) использовал ассорбционный спектроскопический анализ. Для определения гуминовых кислот он определил оптическую плотность при длинах волн 474 мμ 664 мμ и полученные при этих длинах волн значения E_4 и E_6 использовал для расчетов коэффициента окраски $E_4 : E_6$. Он указывает, что для бурых гуминовых кислот характерно колебание $E_4 : E_6$ в пределах 5,0—5,5, в то время, как для серых гуминовых кислот — в пределах 2,2—2,8.

Для фракционирования гумусовых веществ применяют метод электрофореза. Шефферу, Зихману и Шлютеру (Scheffer, Ziechmann, Schlüter, 1959) этим методом удалось разделить гуминовую кислоту на 10—15 фракций, которые, как считают эти авторы, представляют собой постепенный переход от серых гуминовых кислот к бурым.

И. С. Кауричев, Е. А. Федоров и И. А. Шнабель (1960) методом непрерывного электрофореза получили фракции гуминовых кислот, выделенных из различных типов почв. При этом в ряду почв — чернозем, солонец, дерново-подзолистая, подзол и красноземовидная — фракция серых (т. е. более сложных по природе) гуминовых кислот постепенно уменьшается при соответственном увеличении фракций коричевых (менее сложных) гуминовых кислот. В том же ряду почв в составе гуминовых кислот возрастает количество флуоресцирующих фракций. Особенно интенсивно флуоресцируют фульвокислоты.

Применив метод электрофореза на бумаге для фракционирования гумусовых веществ и для изучения их комплексов с железом, М. М. Кононова и Н. А. Титова (1961) разделили гуминовые кислоты (из обыкновенного чернозема, дерновоподзолистой почвы и гумусо-илювиального горизонта сильноподзолистой почвы) и фульвокислоты (из краснозема) на три фракции: остающуюся на страте (зона *А*) и передвигающиеся к аноду (зона *Б* и *В*), из которых последняя флуоресцирует в ультрафиолетовом свете.

Для фракционирования гуминовых кислот из различных почв Азербайджанской ССР мы воспользовались методом электрофореза на бумаге (описание методики см. в главе XII). Исследования проведены с гуминовыми кислотами, выделенными из верхнего (0—20 *см*) слоя горно-луговой (Истису), горной черноземной (Кедабек), темно-каштановой (Карамарьянское плато), сероземно-бурой (Ю-В Ширвань) и желтоземной (Ленкоранская зона) почв.

При электрофорезе гуминовые кислоты передвигались от старта в сторону анода, на фореграммах при дневном свете были обнаружены две зоны: первая (зона *А*), образуемая фракцией веществ, остающейся на старте, вторая (зона *Б*), образуемая подвижной фракцией, имеет буро-ржавый цвет и располагается на некотором расстоянии от старта. Под ультрафиолетовым светом непосредственно за зоной *Б* проявляется зона (*В*), флуоресцирующая зеленовато-желтым светом (рис. 19). Выявленные различия в характере распределения

Рис. 19. Характер распределения гуминовых кислот на фореграммах. Почва: *а* — горно-луговая; *б* — черноземная, *в* — темно-каштановая, *г* — сероземно-бурая, *д* — желтоземная

Зона *А* — на старте, *Б* — бурая подвижная

веществ по зонам наглядно иллюстрируются кривыми, записанными при помощи денситометра (рис. 20).

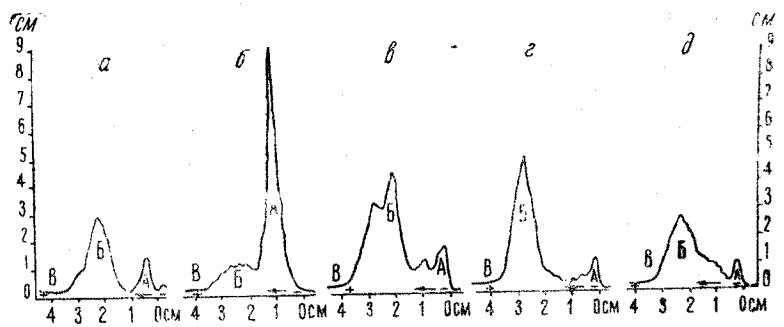


Рис. 20. Характер распределения гуминовых кислот на фореграммах (кривые записаны при помощи денситометра)

Почва: *а* — горно-луговая, *б* — черноземная, *в* — темно-каштановая, *г* — сероземно-бурая, *д* — желтоземная. Зона: *А* — на старте, *Б* — бурая подвижная, *В* — флуоресцирующая

В горно-луговых почвах гумусовые вещества представлены преимущественно новообразованными гуминовыми кислотами. На фореграммах наблюдается передвижение гуминовой кислоты и преобладание в ней отрицательно заряженной подвижной фракции, расположенной в зоне *Б*.

В горной черноземной почве гуминовые кислоты обладают слабой подвижностью, большая часть этих кислот остается на старте (зона *А*) и только незначительная часть передвигается в сторону анода. В этой почве в малом количестве представлена флуоресцирующая фракция, располагающаяся в зоне *В*. В темно-каштановой почве наблюдается более интенсивное передвижение гуминовых кислот к аноду; уменьшается количество остающейся на старте фракции (зона *А*) и существенно возрастает количество подвижной фракции (зона *Б*). В этих почвах фракция в зоне *А*, отличающаяся темно-серой окраской и высокой оптической плотностью, по-видимому, соответствует серым гуминовым кислотам.

В сероземно-бурой и особенно в желтоземной почвах фракция гуминовых кислот в зоне *А* почти совсем исчезает и одновременно резко преобладают подвижные (зона *В*) и флуоресцирующие (зона *В*) фракции. Характер распределения веществ на фореграммах наглядно иллюстрируется денситометрической кривой.

Вполне допустимо, что фракция в зоне *Б*, обладающая выраженной подвижностью и буро-ржавой окраской, соответствует бурым гуминовым кислотам. В желтоземной почве гуминовые кислоты характеризуются высокой подвижностью и преобладанием флуоресцирующей фракции.

При сравнении фореграмм и кривых гуминовых кислот из желтоземной почвы и фульвокислот выявилась однотипность характера их распределения на фореграммах. Это подтверждает представление о том, что фульвокислоты могут рассматриваться как начальные формы гуминовых кислот или продукты их деструкции.

Изложенные в настоящей главе материалы, характеризующие различия в составе гумуса и природе гумусовых веществ, определяются комплексом условий почвообразования — характером растительного покрова, деятельностью микроорганизмов, вызывающих распад исходных органических остатков и синтез гумусовых веществ, а также гидротермическими условиями и физико-химическими свойствами почвы.

Сущность влияния условий почвообразования на характер процесса гумусообразования и механизм образования гумусовых веществ пока остаются неясными, и потому мы при рассмотрении материалов были вынуждены ограничиться лишь констатацией характера закономерностей. Можно однако отметить, что травянистая растительность при умеренном режиме увлажнения, нейтральной реакции среды и высокой емкости обмена, насыщенности ее (емкости) кальцием способствует образованию гумусовых веществ типа гуминовых кислот, притом обладающих высокой конденсированностью ароматического ядра. Эти гуминовые кислоты ограниченно гидрофильны, малоподвижны, что способствует накоплению их в почве.

В условиях достаточного и избыточного увлажнения, под лесной растительностью, особенно при кислой реакции среды, образуются гумусовые вещества преимущественно типа фульвокислот. Гуминовые кислоты в этих почвах имеют слабоконденсированное ядро. Они дисперсны и по ряду признаков близки к фульвокислотам.

Все изложенное говорит о том, что гумусовые вещества в почвах лесной формации более активно участвуют в процессе почвообразования и в частности в разложении и перемещении минеральных элементов почвы, нежели в почвах дерновой формации.

Глава VII

ОБРАЗОВАНИЕ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ ГУМИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВАХ АЗЕРБАЙДЖАНА

Настоящую главу начнем с краткого обзора представлений о роли в гумусообразовании растительных веществ, что позволит более правильно обсудить результаты наших опытов по гумификации растительных остатков в различных почвенно-климатических условиях Азербайджанской ССР.

В многочисленных опытах П. А. Костычев (1886) установил, что разложение растительных остатков сопровождается синтезом белковых веществ бактерий и грибов, развивающихся в огромных количествах на разлагающемся материале. В его представлении перегнойные вещества состоят не только из продуктов распада растительных остатков, но и из веществ вновь синтезированных микробами, в частности — белковых соединений микробной плазмы.

С. П. Кравков (1906, 1908, 1911) на основании опытов по разложению растительных остатков пришел к выводу о несомненном участии в гумусообразовании водорастворимых органических соединений растительных тканей. Этой же точки зрения придерживались И. Леваковский (1888) и П. Слезкин (1900). Впоследствии А. Г. Трусов (1916) уточнил, что источниками гумусовых веществ могут являться различные растительные вещества.

П. А. Костычев и С. П. Кравков опыты по изучению синтеза гумусовых веществ проводили на целых растительных остатках, в которых возможные источники гумусовых веществ (растительные вещества) находятся в сложном природном сочетании.

Позднее Фишер и Шрадер (Fischer, Schrader, , 1921—1922) подвергали лигнин щелочному окислению в автоклаве. Получив темноокрашенные продукты окисления, они рассматривали результаты своих опытов как доказательство лигнинного происхождения гуминовых кислот. Ваксман (Waksman 1935) делает вывод, что лигнин (более устойчивый к разложению компонент растительных остатков), подвергаясь физико-химическим изменениям, превращается в конечном итоге в гуминовые кислоты. Он считает, что углеводная часть растительных тканей (в частности целлюлоза) не имеет существенного значения в образовании гумусовых веществ вследствие быстрого разложения микроорганизмами до конечных продуктов минерализации (CO_2 и H_2O) и до некоторого количества низкомолекулярных кислот.

В свете исследований последних лет представление о лигнине как об универсальном весьма устойчивом веществе оказывается несостоятельным. В процессе биологического воздействия лигнин подвергается упрощению, с образованием простых ароматических соединений, которые либо вступают в реакцию конденсации с другими веществами, образуя первичную молекулу гумусового вещества, либо вовлекаются в дальнейшие микробиологические процессы и могут разлагаться при разрыве кольца до соединений алифатического ряда (низкомолекулярные кислоты). В этом случае роль лигнина в образовании гумусовых веществ практически исключена.

Источником перегнойных веществ являются, по мнению Трусова (1917), белковые вещества микробных тел. Взгляды Трусова развиты Майвальдом (Maiwald, 1939). Гуминовые вещества, как писал Майвальд, образуются за счет циклических продуктов распада белков растительных остатков, а также микробных тел.

В последние десятилетия появились работы, посвященные изучению аэробного процесса разложения целлюлозы миксобактериями. В связи с тем, что большинство миксобактерий, помимо целлюлозы, используют в качестве источника энергии разнообразные углеводы, их роль в превращении углеводных компонентов растительных остатков несомненно велика. Рассматривая вопрос о возможном участии целлюлозы в образовании гумусовых веществ, С. Н. Виноградский (1929), М. Лойцянская (1937), Уолкер и Уоррен (Walker, Warren , 1938), придерживаются точки зрения, что первой фазой является окисление целлюлозы с образованием оксицеллюлозы. В этом случае целлюлозу следует рассматривать как прямой источник гумусовых веществ. Однако А. А. Имшенецкий (1938), Норман (Norman a Bartholomew, 1940) и Стайнер (Stanier , 1942), говоря о гидролитическом распаде целлюлозы на первой стадии процесса, рассматривают ее как косвенный источник гумусовых веществ через продукты ресинтеза бактерий.

Присоединяясь к точке зрения А. А. Имшенецкого и других исследователей М. М. Кононова (1951) считает, что окисцеллюлозы (уроновые кислоты) являются продуктами не окисления целлюлозы, а продуктами ресинтеза (слизью) микроорганизмов, участвующих в этом процессе. Разложение же целлюлозы имеет характер не окисления, а глубокого гидролиза, продукты которого используются различными бактериями в качестве источника энергии.

М. М. Кононовой (1943) удалось показать возможность образования гумусовых веществ на ранних стадиях гумификации, когда лигнифицированные ткани (водопроводящие сосуды корней, жилки листьев) оставались еще без изменений. Новообразование гумусовых веществ в эти стадии совпадало с разложением целлюлозных тканей, происходящим под влиянием миксобактерий.

При компостировании корней люцерны в сероземной почве из совхоза Пахта-Арал Е. Н. Мишустин и А. Г. Тимофеева (1944) наблюдали, что некоторые бактерии развиваются на растительных остатках в первые фазы их распада, когда разлагающиеся остатки содержат весьма мобильные формы органических веществ. Споровые бактерии усиленно размножаются во вторую фазу распада люцерны и в значительной степени используют для своего питания вещества, заключенные в отмерших клетках микроорганизмов, размножающихся в первую фазу распада корней. Актиномицеты размножаются в более поздние фазы опыта. Рост плесневых грибов авторы установили в опытах в первые 2—3 недели.

Н. А. Красильников и А. И. Никитина (1945) показали, что микрофлора разлагающихся корней в зависимости от видового состава растений подвергается значительным изменениям. В начальной стадии разложения на поверхности корней растений обильно разрастаются грибы. Однако относительное количество их значительно меньше бактерий, которые преобладают на всех стадиях распада корней. Качественный состав микроорганизмов меняется: сначала развиваются неспоровые бактерии, затем спороносные, а в конце разложения корневой массы в изобилии развиваются актиномицеты.

Изучая активную микрофлору травосмеси и целинной растительности, А. В. Рыбалкина и Е. В. Кононенко (1957, 1959) отмечали, что для первого месяца разложения характерно абсолютное доминирование неспоровых бактерий, в дальнейшем они оставались в большом количестве, но начинали развиваться споровые бактерии. В первую неделю разложения появляется большое количество дрожжей, которые затем исчезают. Разлагающиеся растительные остатки оказывают влияние на количественный и видовой состав микрофлоры почвы.

Различные этапы аэробного разложения овсяной соломы, как показала Е. З. Теппер (1949), сопровождаются последовательной сменой отдельных групп микроорганизмов, способных выполнять в процессе разложения определенные функции.

Быстрота гумификации, четкость смены отдельных стадий разложения зависят от природы растительных остатков. Так, по данным М. М. Кононовой (1951), первая и вторая стадии гумификации листьев клевера обычно заканчиваются за 15—20 дней, корней трехлетней люцерны — через 1,5—2 месяца, а корней пырея и тимофеевки — через 6—8 месяцев.

В составе разлагающихся корней люцерны в сероземах Р. В. Ковалевым (1938) и М. М. Кононовой и Е. П. Лагуновой (1940) установлены быстрое разложение клетчатки и веществ, извлекаемых спирто-бензолом, слабая способность к разложению групп гемицеллюлозы и способность лигнина к относительному накоплению вследствие слабой его способности к разложению.

В настоящем кратком литературном обзоре мы преследовали цель показать, что вопрос о происхождении гумусовых веществ остается не вполне ясным. Нам казалось полезным провести наблюдения над гумификацией растительных остатков в природных условиях.

Методика постановки опытов по гумификации растительных остатков в полевых условиях

Опыты проводились в различных природных условиях Азербайджана: на коричневых послелесных черноземовидных, темно-каштановых, сероземных и луговых сазовых почвах с корнями люцерны и целинных растительных группировок в следующие сроки: 1. XII, 17. XII 1960 г., 20. I, 20. II, 20. III, 15. V, 30. VIII и 1. XII 1961 г.

Постановка опытов была такова — высушенные корни люцерны и целинной растительности одинакового веса (по 100 *г*) закладывались в пакеты из тонкой бесщелочной стеклянной ткани. Пакеты в пятикратной повторности закладывались в почву (на глубину 20 *см*). В определенные периоды пакеты выкапывались из почвы и в них учитывалось изменение веса корней, их влажность. Это позволяло определить интенсивность разложения корней с учетом гидротермических условий (одновременно проводилось определение влажности и температуры почвы). Методика более подробно изложена в главе XII.

Поскольку формирование гумусовых веществ протекает в системе тканей гумифицирующихся растительных остатков мы, наряду с процессами разложения растительных тканей,

изучали также изменение их анатомического строения. С этой целью применен метод микроскопирования тканей гумифицирующихся растений. Такой прием использовала М. М. Кононова (1943), получившая с его помощью важные выводы о возможном участии в образовании гумусовых веществ различных компонентов растительных тканей.

Для суждения о возможном участии в образовании гумусовых веществ тех или иных растительных веществ мы проводили сопряженное изучение изменения в процессе гумификации химического состава растительных остатков. С целью выяснения роли микроорганизмов в этом процессе микробиологами Н. А. Мехтиевой и М. А. Гаджиевой изучались также микрофлора разлагающихся растительных остатков.

Характер гумификации корневых остатков люцерны

При учете интенсивности разложения корневых остатков выяснилось (табл. 41), что в начальный период они разлагаются весьма интенсивно. Так, за период с 1. XII по 17. XII 1960 г. в коричневых послелесных черноземовидных, темно-каштановых почвах и сероземах разложилось от 11,9 до 13,4% корней люцерны. В этот период сравнительно высокая температура (от 8 до 14° С) и достаточное увлажнение почв способствовали развитию на корнях люцерны сложного комплекса микроорганизмов. На корнях люцерны по сравнению с почвой наблюдается резкое увеличение общего количества микроорганизмов, особенно грибов и неспоровых бактерий (табл. 42).

В луговых сазовых почвах при более благоприятных гидротермических условиях (температура почвы от 9 до 14° С, влажность почвы 23%) на корнях люцерны поселяется огромная масса микрофлоры, повышающая интенсивность разложения растительных остатков. За период с 1. XII по 17. XII разложилось до 31,6% массы корней люцерны. На корнях люцерны отмечается обильное разрастание мицелия грибов.

В последующий период (с 17. XII 1960 г. по 20. I 1961 г.), несмотря на низкую температуру почвы (от 2 до 6° С), разложение корневых остатков люцерны проходило также интенсивно, очевидно благодаря наличию в остатках доступных для микроорганизмов растительных веществ. К концу этого периода в исследуемых почвах разложилось от 31,8% до 43,5% исходной массы люцерны.

При дальнейшем понижении температуры почвы и высокой влажности в период от 20. I по 20. II 1961 г. наблюдается уменьшение на разлагающейся растительной массе общего количества микроорганизмов и особенно резко споровых бактерий и актиномицетов, что приводит к ослаблению интен-

Таблица 41

Разложение корневых остатков люцерны и целинной растительности в различных почвенно-климатических условиях Азербайджанской ССР

Почва	Корневые остатки	Количество разложившихся корней, % от исходной массы								
		1960 г.		1961 г.						
		1. XII	17. XII	20. I	20. II	20. III	20. IV	15. V	20. VIII	1. XII
Коричневая послелесная черноземовидная	Корни люцерны	0	12,3	33,6	38,4	38,8	52,5	63,5	68,6	73,2
	Свежие корни целинной растительности	0	8,4	12,9	13,8	14,0	16,7	24,2	37,0	39,2
Ахсуинский перевал	Полуразложившиеся корни целинной растительности	0	10,6	15,9	17,0	17,5	18,6	20,0	20,6	21,5
Темно-каштановая Карамарьяны	Корни люцерны	0	13,4	35,0	35,6	36,9	61,9	62,7	67,7	69,3
	Свежие корни целинной растительности	0	9,9	12,5	14,6	—	—	—	—	37,4
	Полуразложившиеся корни целинной растительности	0	10,7	13,5	14,5	16,0	16,9	18,1	19,5	20,0
Сероземная Апшерон	Корни люцерны	0	11,9	30,8	32,2	33,7	55,7	58,2	64,3	65,1
	Свежие корни целинной растительности	0	4,0	8,2	10,5	11,9	13,2	23,4	36,2	36,8
	Полуразложившиеся корни целинной растительности	0	7,3	7,5	8,5	10,7	13,4	15,5	20,8	21,2
Луговая сазовая Барда	Корни люцерны	0	31,6	43,5	45,5	50,0	67,3	76,8	84,7	86,7
	Свежие корни целинной растительности	0	6,7	8,4	9,5	14,9	17,7	25,2	38,1	41,0
	Полуразложившиеся корни целинной растительности	0	3,8	8,6	9,0	10,9	11,6	19,8	21,8	23,4

Таблица 4

Динамика развития микроорганизмов на корнях люцерны в различных почвах Азербайджанской ССР (млн. на 1 г абсолютно сухой почвы)

Почва	Дата анализа	Общее число	Неспороносные	Споровые	Актиномицеты	Грибы	Целлюлозоразрушающие, тыс. на 1 кг абсолютно сухой почвы
Коричневая послелесная черноземовидная	17. XII 1960	926,1	878	13,4	12,5	32,2	9,8
	20. I 1961	56174,1	55900	127,2	107,0	40,2	7,9
	20. II 1961	11100,5	10900	24,0	72,0	104,5	19,6
	20. III 1961	64452,3	64300	69,4	14,6	68,3	23,0
	20. IV 1961	29291,0	28600	400,0	127,0	164,0	10,4
	15. V 1961	7124,9	6230	56,3	748,0	90,6	99,0
Темно-каштановая	17. XII 1960	793,0	725	19,9	20,1	28,0	25,7
	20. I 1961	7444,2	7110	185,1	86,0	63,1	27,4
	20. II 1961	5857,4	5730	10,8	40,3	76,3	6,1
	20. III 1961	36906,8	36300	20,0	14,8	572,0	6,3
	20. IV 1961	23402,7	23100	50,2	126,0	136,5	22,7
	15. V 1961	9157,4	8200	48,4	562,0	347,0	120,0
Сероземная	17. XII 1960	478,5	457	2,4	2,8	19,3	6,3
	20. I 1961	3530,8	3140	18,8	248,0	124,0	20,6
	20. II 1961	7270,9	7000	2,1	228,0	40,7	26,8
	20. III 1961	10299,4	9640	6,4	218,0	435,0	72,0
	20. IV 1961	15102,3	14550	5,3	420,0	127,0	176,0
	15. V 1961	2575,9	1770	8,9	665,0	132,0	33,5
Луговая сазовая	17. XII 1960	3571,9	3390	106,0	68	7,9	112,0
	20. I 1961	122932,8	122000	176,5	752	4,3	526,0
	20. II 1961	103624,3	103000	47,2	550	27,1	141,0
	20. III 1961	109218,7	108500	247,0	437	34,7	127,0
	20. IV 1961	44739,0	42600	400,0	1630	109,0	79,6
	15. V 1961	13484,5	12000	752,0	650	82,5	253,0

сивности разложения. Весьма резко возрастают темпы разложения растительных остатков в весенний период (с 20 марта по 20 апреля) при оптимальных для жизнедеятельности микроорганизмов температуре (от 10 до 17° С) и режиме влажности (от 15 до 39%). К 20 апреля в коричневых послелесных черноземовидных, темно-каштановых и луговых сазовых почвах разложилось от 61,5 до 67,2% исходной массы корневых остатков люцерны, а в сероземах — 55,7%. На этой стадии разложения в составе микрофлоры на корнях люцерны возрастает количество споровых бактерий и актиномицетов, тогда как число неспоровых бактерий уменьшается. В этот же период, особенно в мае, на разлагающихся корнях люцерны увеличивается количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов, интенсивное развитие которых наблюдается к моменту ослабления развития неспоровых бактерий.

В последующие периоды процесс разложения корней в почвах (за исключением луговой сазовой) замедляется из-за использования микроорганизмами легкодоступного материала остатков, а также из-за недостатка влаги в почве (особенно в июне, июле и августе).

Более интенсивно процесс разложения корней люцерны протекает в луговой сазовой почве, чему способствует более благоприятный режим увлажнения.

Изменения в составе микрофлоры разлагающихся корней люцерны наглядно изображены в виде графика на примере коричневой послелесной черноземовидной почвы (рис. 21). На первых стадиях процесса наблюдается интенсивное развитие всех групп микроорганизмов, а на последующих стадиях отмечается уменьшение количества неспоровых бактерий при явном возрастании сначала споровых бактерий, а затем актиномицетов.

Характер гумификации корневых остатков целинной растительности

При освоении целинных почв под сельскохозяйственные культуры важно иметь представление об интенсивности процесса разложения остатков запахиваемой растительности. Опыты были поставлены в двух вариантах: со свежими и с частично разложившимися остатками целинной растительности.

Как следует из данных табл. 41, свежие и полуразложившиеся корни целинной растительности разлагаются наиболее интенсивно в начальный период закладки корней в почву. Так, начиная с 17. XII 1960 г. по 20. I 1961 г. разложилось от 3,8% до 15,9% заложенной в почву массы корней. В дальнейший период (с 20. I по 20. III) вследствие понижения температуры почвы темпы разложения корневых остатков замедляются и количество разложившихся корней составляет 8,2—17,6% от исходной массы.

Скорость разложения свежих корневых остатков существенно возрастает в весенне-летние и в летние месяцы. С 20 апреля по 30 августа разложилось от 13,2 до 38,1%, заложенных в почву свежих корней целинной растительности. Однако все же корни целинной растительности, особенно полуразложившиеся, минерализуются медленнее, чем корни люцерны. Причиной вероятно является различный биохимический состав растительного материала. За период с 20 апреля по 30 августа разложилось от 11,7 до 21,8% исходной массы частично разложившейся массы корней.

Следует отметить, что наиболее интенсивная минерализация свежих корневых остатков наблюдается летом, несмотря на высокую температуру и сильную иссушенность почвы. Это вызвано, во-первых, тем, что по сравнению с почвой растительные корни имеют большую влажность и служат средой для развития микроорганизмов; во-вторых, при высокой температуре и увлажненности корней создаются благоприятные условия для развития термофильных микроорганизмов, которые активно участвуют в процессе разложения. Е. Н. Мишустин (1947) отмечает, что при благоприятных условиях бактериальная масса термофилов нарастает значительно быстрее, чем бактерий, развивающихся при обычных температурах. Так как биохимические процессы в почве находятся в прямой зависимости от количества микробных клеток, в зоне повышенных температур возможные трансформации органических соединений осуществляются чрезвычайно быстро. Интенсивность разложения свежих корней целинной растительности, также как корней люцерны, последовательно снижается, начиная с коричневых послелесных черноземовидных почв к темно-каштановым и далее к сероземным почвам. Наиболее высокая интенсивность разложения корней целинной растительной группировки наблюдается в луговой сазовой почве, находящейся в условиях повышенного грунтового увлажнения.

Изменение биохимического состава растительных остатков при гумификации

Для представления об изменении биохимического состава растительных остатков при гумификации мы в динамике (по срокам 1. XII 1960 г., 20. I, 20. III, 15. V и 1. XII 1961 г.) определяли состав растительных веществ в корнях люцерны и целинной растительности, разлагавшихся в природных условиях в коричневых послелесных черноземовидных, темно-каштановых, сероземных и луговых сазовых почвах. Методика биохимического анализа описана в главе XII.

Взятые для опыта растительные остатки люцерны по биохимическому составу были однородными, а корни целинных растительных группировок несколько различались.

Корни люцерны по сравнению с корнями целинной растительности содержат значительное количество протеинов (12,5%), крахмала (12,0%) и мало лигнина (15,7%). Корни целинной растительности в различных почвах по биохимическому составу мало отличались и содержат большое количество протеинов (от 6,9 до 10,5%) и много лигнина (23—28%). Они совсем не имеют в своем составе крахмала. Корни люцерны также более обогащены водорастворимыми и извлекаемыми спирто-бензолом веществами. По содержанию гемицеллюлоз и целлюлозы корневые остатки люцерны и целинной растительности мало отличаются.

В разлагающейся в течение года корневой массе люцерны резко снижается процентное содержание крахмала, водорастворимых и извлекаемых спирто-бензолом веществ, менее заметно — гемицеллюлоз и целлюлозы, возрастает относительное количество протеинов (благодаря ресинтезу в виде бактериальной плазмы) и лигнина (благодаря устойчивости к разложению). Подобные закономерности в изменении химического состава наблюдается также при гумификации корневых остатков целинной растительности.

Эти данные позволяют установить, что растительные остатки гумифицируются тем быстрее, чем больше в них легкоусвояемых для микроорганизмов веществ (крахмал, водорастворимые и извлекаемые спирто-бензолом вещества) и меньше лигнина. Во всех исследуемых почвах выявилось интенсивное разложение корней люцерны и замедленное — корней целинной растительности.

Для более правильного представления об интенсивности разложения различных групп химических веществ в почвах нами произведен сравнительный расчет количества их в свежей корневой массе и в оставшихся в почве (после разложения) гумифицированных корнях растительности. Сопоставление данных по содержанию отдельных групп растительных веществ в свежих и гумифицированных (после годичного разложения) корневых остатках показывает, что в различных почвах республики характер и интенсивность разложения растительных веществ были разными (табл. 43).

Начиная с коричневых послелесных черноземовидных почв степной зоны к темно-каштановым почвам сухостепной зоны и далее к сероземным почвам полупустыни (т. е. с повышением засушливости, вследствие уменьшения выпадающих атмосферных осадков и повышения температуры воздуха и почвы) потери растительных веществ в гумифицирующихся корнях последовательно снижаются.

Таблица 43

Интенсивность разложения растительных веществ корней люцерны в почвах Азербайджана

Почва	Показатели и периоды определений	Спирто-бензольная фракция	Водорастворимая фракция	Крахмал	Гемицеллюлоза	Целлюлоза	Протеины	Лигнин
	Свежие корни 1. XII-1960							
	Содержание, %	5,75	7,30	12,00	13,73	20,54	12,52	15,70
	Содержание, 1000 г	57,5	73,0	120,0	137,3	205,4	125,2	157,0
	Гумифицированные корни							
Коричневая послелесная черноземовидная	Осталось, % от первоначального количества							
	17.XII 1960	67,47	85,34	9,66	60,58	84,66	100,0	100,0
	20.I 1961	44,86	43,83	Нет	45,23	59,78	100,0	100,0
	20.I 1961	37,21	30,82	„	41,51	49,28	100,0	100,0
	15.V 1961	10,59	1270	„	43.87	15,54	78,56	74,81
	1.XII 1961	6,95	4,93	„	18,64	10,37	67,01	60,70
Темно-каштановая	Осталось, % от первоначального количества							
	17.XII 1960	70,08	82,19	10,75	73,34	71,90	100,0	100,0
	20.I 1961	50,08	33,42	Нет	52,51	51,56	100,0	100,0
	20.III 1961	39,48	29,31	„	50,11	49,46	100,0	96,79
	15.V 1961	14,71	8,22	„	24,18	14,23	80,51	71,12
Сероземная	Осталось % от первоначального количества							
	17.XII 1960	77,04	79,55	Нет	67,37	88,46	88,09	100,0
	20.I 1961	46,61	65,54	„	45,88	53,31	78,15	100,0
	20.III 1961	40,69	33,28	„	42,97	47,76	79,09	100,0
	15.V 1961	2,25	8,49	„	25,35	18,45	57,47	100,0
	1.XII 1961	11,33	6,98	„	21,12	14,41	56,35	80,20
Луговая сазовая	Осталось, % от первоначального количества							
	17.XII 1960	62,08	53,83	Нет	54,26	67,70	68,27	100,0
	20.I 1961	34,60	39,58	„	40,71	52,38	57,24	100,0
	20.III 1961	21,73	24,38	„	38,87	84,06	50,35	84,70
	15.V 1961	8,36	5,34	„	14,23	10,75	45,27	49,04
	1.XII 1961	4,87	2,05	„	7,79	4,19	28,44	29,60

Наиболее интенсивные потери растительных веществ наблюдаются в луговых почвах полупустынной зоны, распространенных в условиях повышенного грунтового увлажнения. В исследуемых почвах в корнях люцерны почти все группы растительных веществ подвергаются весьма значительным потерям в первоначальный период разложения. В последующие сроки темпы разложения растительных веществ снижаются.

В течение годичного периода в корнях люцерны почти полностью разложились водорастворимые и извлекаемые спиртобензолом вещества. Содержание этих веществ с 1. XII 1960 г. в корневых остатках уменьшилось до 2,05—11,3% от первоначального количества. Интенсивно разлагаются также целлюлоза и гемицеллюлозы. Разложение протеинов и лигнина протекает весьма замедленно. Потери лигнина в разлагающейся массе корней люцерны наблюдаются в коричневых послелесных темно-каштановых почвах с 15. V 1961 г., в сероземных почвах с 1. XII 1961 г. и в луговых сазовых почвах с 20. III 1961 г.

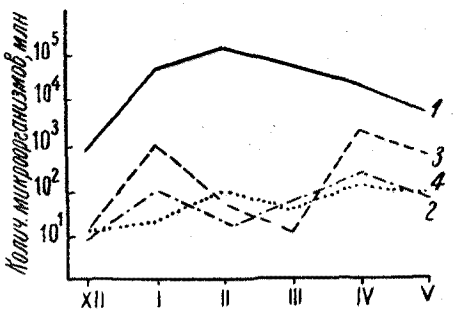


Рис. 21. Изменение состава микрофлоры при разложении корневой массы люцерны в коричневой послелесной черноземовидной почве: *1*—неспоровые бактерии, *2*—споровые бактерии, *3* — актиномицеты, *4* — грибы

В коричневых послелесных черноземовидных и темно-каштановых почвах потери протеинов в разлагающихся растительных остатках незначительны, что объясняется вторичным синтезом этих веществ в виде элементов микробной плазмы. В сероземных и особенно в луговых сазовых почвах разложение протеинов протекает более интенсивно. Это, возможно, вызвано тем, что в данных почвах, наряду с синтезом бактериальной плазмы, активно протекают процессы ее разложения.

В целинных почвах заслуживают внимания закономерные изменения количества протеинов и лигнина в составе разлагающихся корней. Начиная от коричневых послелесных черноземовидных к темно-каштановым, сероземным и луговым сазовым почвам последовательно возрастают темпы разложения лигнина и одновременно в гумифицированных корнях увеличивается количество протеинов. Это объясняется тем, что разлагающиеся белковые вещества растительных остатков заменяются новообразованными белковыми веществами микробной плазмы.

Изменение анатомического строения растительных остатков при гумификации

Изучение анатомического строения и процессов новообразования гумусовых веществ при гумификации корней люцерны мы приводили путем микроскопирования отдельных участков тканей корня. Излагаемые данные получены путем многократных наблюдений за гумификацией корней люцерны, разлагающихся в полевых условиях в коричневых послелесных черноземовидных, темно-каштановых, сероземных и луговых сазовых почвах.

Исходным материалом при изучении гумификации растительных остатков в почвах Азербайджана служил свежий корень двухлетней люцерны. Свежий корень люцерны снаружи покрыт пробковой тканью (пр.), состоящей из нескольких рядов мертвых клеток, под которой расположена первичная кора (п. к.), представленная рыхлой паренхимой, внутри некоторых клеток находятся крахмальные зерна. За первичной корой расположена флоэма (фл.) с ситовидными сосудами, служащими для передвижения пластических веществ от стебля к корню. В состав флоэмы входят также лубяная паренхима и лубяные волокна (л. в.) со слегкаодревесневшими стенками. С внутренней стороны флоэмы расположен камбий (кмб.), образующий к периферии флоэму, а внутрь — ксилему (кс.).

В древесине хорошо различимы сердцевидные лучи (с. л.) с крахмальными зернами, древесинные волокна (др. в.), водопроводящие сосуды (в. с.) ксилемы с ясно выраженными лигнифицированными стенками.

Отдельные участки свежеизготовленного среза корня люцерны при микрохимическом анализе дают следующие реакции: первичная кора и флоэма дают реакцию на целлюлозу (ClZnJ); камбий — биуретовую реакцию на белковые вещества; древесинные волокна и водопроводящие сосуды — реакцию на лигнин (флороглюцином и HCl); серцевидные лучи с крахмальными зернами дают реакцию на крахмал J в KJ).

При гумификации корней люцерны наблюдаются следующие характерные периоды разложения и образования гумусовых веществ (рис. 22 и 23; табл. 44).

В первый период интенсивно до конечных продуктов минерализации разлагаются серцевидные лучи и рыхлая паренхима первичной коры с крахмальными зернами. Легкомобильные растительные вещества — моно- и дисахара, крахмал и частично целлюлоза — служат хорошим субстратом для интенсивного развития всех групп микроорганизмов, особенно грибов и неспоровых бактерий. Эти вещества разлагаются до конечных продуктов минерализации, в результате чего гумусовые вещества не образуются.

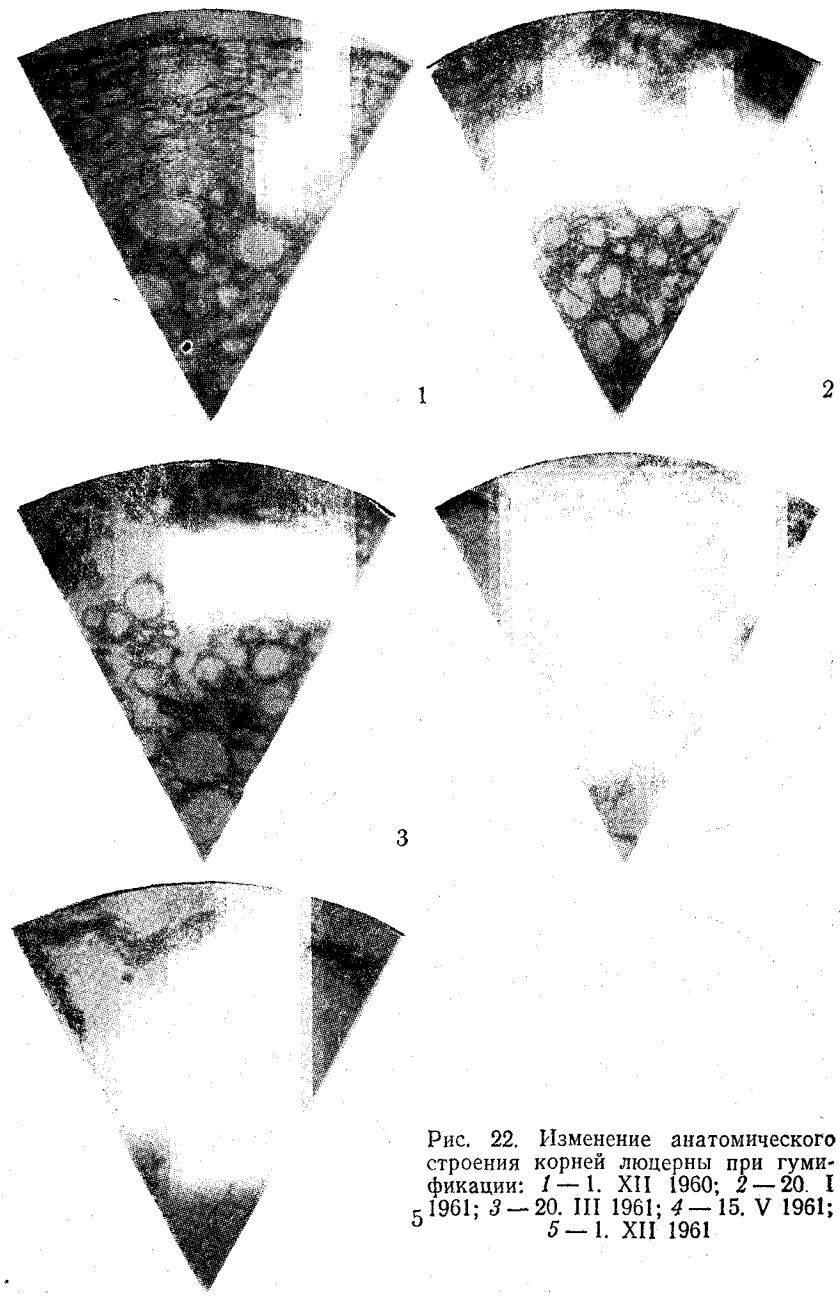
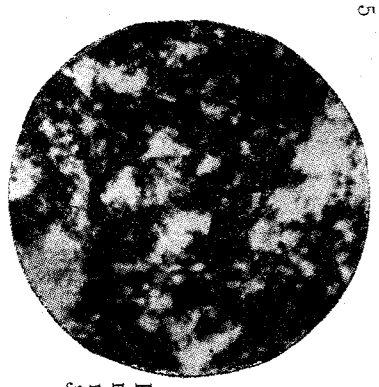
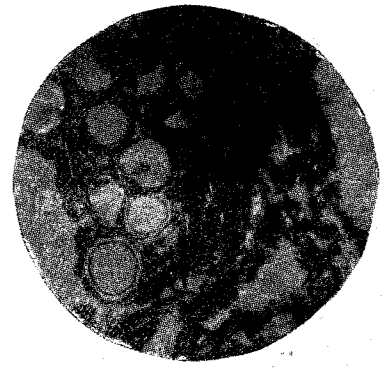


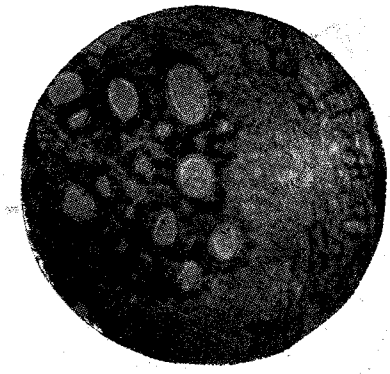
Рис. 22. Изменение анатомического строения корней люцерны при гумификации: *1* — 1. XII 1960; *2* — 20. I 1961; *3* — 20. III 1961; *4* — 15. V 1961; *5* — 1. XII 1961



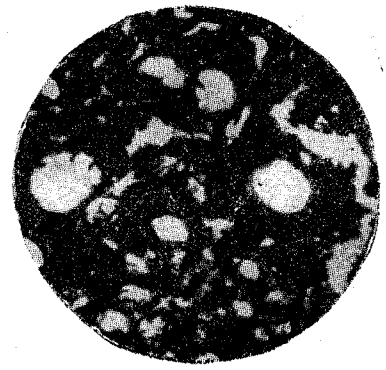
5



4



2



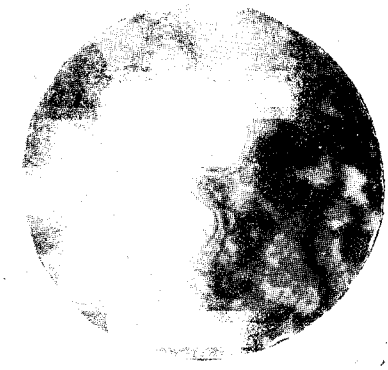


Рис. 23. Новообразование гумусовых веществ при гумификации корней люцерны: *1* — 1. XII 1960; *2* — 20. I 1961; *3* — 20. III 1961; *4* — 15. V 1961; *5* — 1. XII 1961

Таблица 44

Характер изменения анатомического строения корней люцерны при гумификации в почвах Азербайджана

Число дней	Почва			
	коричневая послелесная черноземовидная	каштановая	сероземная	луговая сазовая
15	Полное разложение серцевинных лучей с крахмальными зернами до конечных продуктов минерализации. Образования гумусовых веществ не наблюдается	Полное разложение серцевинных лучей до конечных продуктов минерализации. Гумусовые вещества не образуются	Частичное разложение серцевинных лучей. Гумусовые вещества не образуются	Полное разложение серцевинных лучей, частичное разрушение флоэмы и камбия. Образования гумусовых веществ не наблюдается
50	Полное разложение рыхлой паренхимы первичной коры и значительное разложение флоэмы и камбия	Значительное разложение первичной коры и слабое разложение флоэмы и камбия. Образования гумусовых веществ не наблюдается	Частичное разложение рыхлой паренхимы первичной коры. Образования гумусовых веществ не наблюдается	Почти полное разложение флоэмы и камбия с образованием на их месте сплошной аморфной гумусовой массы. Частичное разложение первичной коры
80	Разложение сплошной аморфной гумусовой массы вокруг сохранившихся древесинных волокон и лигнифицированных водопроводящих сосудов ксилемы	Образование сплошной гумусовой массы вокруг сохранивших строение водопроводящих сосудов и древесных волокон	Полное разложение первичной коры, начало гумификации флоэмы и камбия. Гумусовые вещества не образуются	Разложение гумусовой массы вокруг сохранившихся древесинных волокон и водопроводящих сосудов

Окончание табл. 44

Число дней	Почва			
	коричневая послелесная черноземовидная	каштановая	сероземная	луговая сазовая
140	Лизируются гумифицированные древесинные волокна с полным сохранением лигнифицированных стенок. Наблюдается на месте древесинных волокон образование гумусовых веществ	Частичное разложение древесинных волокон при целости стенок водопроводящих сосудов. Гумусовые вещества не образуются	Образование сплошной гумусовой массы на месте флоэмы и камбия при сохранившихся от разложения древесинных волокнах и водопроводящих сосудов	Образование сплошной массы гумусовых веществ на месте древесинных волокон при полном сохранении лигнифицированных стенок водопроводящих сосудов ксилемы
170	Частичное разложение гумусовых веществ при потерявших строение водопроводящих сосудах	Образование гумусовой массы на месте древесинных волокон между целыми водопроводящими сосудами	Частичный распад древесинных волокон без образования гумусовых веществ. Не разложились водопроводящие сосуды и пробковая ткань	Полное разложение гумусовых веществ. Сохранились от разложения лишь отдельные стенки водопроводящих сосудов и пробковая ткань
365	Сохранилась разрушенная пробковая ткань	На месте древесинных волокон и водопроводящих сосудов образовалась рассеяная аморфная масса гумусовых веществ. Сохранилась пробковая ткань.	Сохранилась от разложения значительно разрушенная пробковая ткань и водопроводящие сосуды ксилемы. Образования гумусовых веществ не наблюдается	Сохранилась только значительно разрушенная пробковая ткань. Гумусовые вещества отсутствуют

Во второй период разлагаются флоэма и камбий, тогда как лигнинофицированные ткани водопроводящих сосудов и древесинные волокна остаются незатронутыми разложением. Разложение белковых веществ камбия и целлюлозы флоэмы сопровождается вторичным синтезом органических веществ в форме микробной плазмы. В этот период образуются аморфные гумусовые вещества, которые представляют собой сложные соединения из продуктов окисления целлюлозы и продуктов распада плазмы аэробных целлюлозных бактерий.

В третий период лизируются и затем разлагаются древесинные волокна, сохраняются неразложившимися лишь стенки водопроводящих сосудов. Лигнинофицированные ткани древесинного волокна при гумификации подвергаются сложным превращениям. При их распаде высвобождаются более простые компоненты ароматической природы, которые далее конденсируются с протеинами или с более простыми органическими азотосодержащими соединениями. Этим процессам обязано формирование аморфных гумусовых веществ.

В четвертый период разрушаются лигнинофицированные стенки водопроводящих сосудов и пробковая ткань. Образования гумусовых веществ не наблюдается.

В исследуемых почвах эти характерные периоды разложения и образования гумусовых веществ наступают в следующие промежутки времени (дни):

	Коричневая послелесная черноземовидная	Темнокаштановая	Сероземная	Луговая сазовая
I период	7	10	15	5
II период	40—50	60—70	100—120	30—40
III период	130—140	150—160	180—190	120—130
IV период	200—220	300—320	360—370	170—180

Во всех исследованных почвах корни люцерны, которые богаты протеинами и бедны лигнином, гумифицируются значительно быстрее, чем корни целинной растительности, содержащие мало протеинов и относительно большое количество лигнина.

Как видно из приведенных данных, интенсивность гумификации растительных остатков (корни люцерны и целинной растительности) постепенно снижается в ряду почв от коричневых послелесных черноземовидных к темно-каштановым и далее к сероземным почвам.

Данные, полученные при наблюдении над анатомическим строением корней, показывают, что в формировании гумусовых веществ могут участвовать разнообразные компоненты растительных веществ и продукты ресинтеза микроорганиз-

мов. Образование гумусоподобных веществ нами наблюдалось до начала процесса разложения лигнифицированных тканей корней люцерны, очевидно за счет участия продуктов разложения веществ углеводной природы (целлюлоза и гемицеллюлозы), которые в процессах обмена веществ и ресинтеза микроорганизмов подвергаются многообразным изменениям. Легкомобильные растительные вещества (моно- и дисахара) служат субстратом для развития микроорганизмов и быстро разлагаются до конечных продуктов в начальный период гумификации. Нам не удалось наблюдать накопление гумусовых веществ в поздний период гумификации, когда разлагались лигнифицированные и пробковые ткани.

Наиболее благоприятные условия для формирования гумусовых веществ в тканях гумифицирующихся растительных остатков наблюдаются в коричневых послелесных черноземовидных и темно-каштановых почвах. В сероземах процессы гумификации растительных остатков и новообразования гумусовых веществ задерживаются из-за длительного летнего иссушения. В луговых сазовых почвах повышенная увлажненность почвы в летний период благоприятствует весьма интенсивной жизнедеятельности микроорганизмов, которые быстро разлагают не только растительные вещества, но и новообразованные гумусовые соединения.

Глава VIII

ЭНЕРГЕТИКА ПРОЦЕССА ГУМУСОНАКОПЛЕНИЯ

Биологические процессы в почве протекают в сложных и взаимосвязанных условиях обмена вещества и энергии.

Изучение обмена энергии не только не исключает необходимость исследования биологического процесса с биохимической стороны, но, наоборот, вопросы превращения энергии могут быть разрешены лишь при изучении обоих процессов: биохимических и энергетических. Однако внимание почвоведов еще недостаточно направлено на исследование закономерностей обмена вещества и энергии между различными компонентами биоценоза.

В. Р. Волобуевым впервые начата специальная разработка вопросов энергетики почвообразования (1958, 1959).

Определение возможных размеров затрат энергии на почвообразование в биогеоценозе позволили В. Р. Волобуеву (1958, 1958а) выявить ряд важных соотношений в суммарных показателях энергетики почвообразования. В дальнейшем В. Р. Волобуевым (1959) проведены исследования динамики возможных затрат энергии в биоценозе в наиболее важных процессах — в образовании растительной массы, в биологическом разрушении органического вещества и суммарном испарении. Характер энергетики биологических процессов в тропических лесных почвах изучался С. В. Зонном и Ли Чен-Куем (1960).

В области изучения органического вещества почвы отметим работу Е. М. Мовсисяна (1959), который попытался рассчитать количество энергии в гумусе почвы, пользуясь данными И. В. Тюрина (1937) о степени окисленности органического вещества.

Приведенные в главе VII материалы (табл. 42) показывают, что при гумификации корней люцерны происходит изменение биохимического состава — снижается количество водорастворимых и извлекаемых спирто-бензолом веществ,

крахмала, гемицеллюлозы и целлюлозы (т. е. веществ со сравнительно пониженной теплотой сгорания) и возрастет относительное количество протеинов и лигнина (с высокой теплотой сгорания).

Имея в своем распоряжении данные по биохимическому составу свежих и гумифицированных корней люцерны и показатели теплоты сгорания отдельных растительных веществ, мы можем рассчитать количество энергии (*кал/г*) аккумулированное в свежем и гумифицированном материалах (табл. 45).

Таблица 45

Изменение баланса энергии в процессе гумификации корней люцерны в почвах Азербайджана (*кал/г*)

Почва	Энергия аккумулированная в корнях: свежие (1. XII 1960) Q	Энергия аккумулированная в корнях: гумифицированные (1. XII 1961 г.) $Q_г$	Энергия накопленная в гумифицированных корнях $Q^1 = Q_г - Q$	Энергия в сохранившихся от разложения корнях люцерны в конце опыта Q_R	Потеря энергии в процессе разложения корней $Q - Q_R$	Коэффициент использования энергии корней люцерны на новообразование гумусовых веществ, % $\frac{Q^1 \cdot 100}{Q - Q_R}$
Коричневая послелесная черноземовидная	3990	4749	759	1485	2505	30,2
Темно-каштановая	„	4763	773	1539	2451	31,5
Сероземная	„	4785	795	1683	2307	34,5
Луговая сазовая	„	4905	915	669	3321	27,5

Проведенные расчеты показали, что в гумифицированных корнях люцерны потенциальная энергия выше, чем в свежих корнях (превышение составляет 795—915 *кал/г*). Эти данные согласуются с результатами исследования В. Э. Понтович (1939), которая показала, что гумификация растительных остатков сопровождается увеличением процентного содержания углерода и повышением их теплоты сгорания. Однако эти расчеты произведены на 1 *г* свежего и на 1 *г* гумифицированного материала без учета потерь последнего в процессе гумификации. Поэтому превышение энергии может быть обязано высокой потере компонентов (главным образом — углеводов) с меньшей теплотой сгорания, чем в устойчивых к разложению лигнинах и ресинтезированных протеинах.

Пользуясь данными опыта с корнями люцерны (табл. 42), характеризующими изменения абсолютного содержания отдельных растительных веществ, мы подсчитали количество энергии, аккумулированной в свежем (в начале опыта — 1. XII 1960) и в полуразложившемся растительном (в конце опыта — 1. XII 1961) материале. По разнице определяли потери энергии в результате разложения, которые в нашем опыте составляли 2451—3321 *кал/г* (табл. 45).

Представляет определенный интерес определить коэффициент использования энергии растительных компонентов в процессе новообразования гумусовых веществ.

Для определения валовой энергетической производительности (или коэффициента использования энергии) Терруан и Вюрмсер (Terroine, et Wurmser, 1922) предлагают следующую формулу:

$$\text{Валовая энергетическая производительность} = \frac{\text{Все количество энергии, накопленной организмом}}{\text{Все количество энергии в исходных растительных остатках} - \text{Все количество энергии в растительных остатках в конце опыта}} = \frac{Q'}{Q - Q_R}$$

Основываясь на принципе Терруана, коэффициент использования энергии растительных остатков на новообразование гумусовых веществ можно представить отношением энергии, накопленной в виде гумусоподобных веществ в гумифицированных тканях растений (759—915 *кал/г*), к потере энергии в процессе разложения растительных остатков (2451—3321 *кал/г*).

Коэффициент использования энергии в гумусообразовании достигает наибольших величин в сероземах (34,5%) и несколько снижается в темно-каштановых и черноземных почвах (30,2—31,5%). Он значительно уменьшается в луговых сазовых почвах вследствие интенсивного разложения самих гумусовых веществ.

Для изучения природы гумусовых соединений с энергетической точки зрения нами, по рекомендации В. Р. Волобуева, из различных почв Азербайджана (горно-луговая, горный чернозем, темно-каштановая, серозем) выделялись гуминовые кислоты, которые после тщательного очищения от примесей (допустимое содержание золы 5—7%) сжигались в самоуправляющейся калориметрической бомбе СКБ-52. Это позволило определить теплоту сгорания гуминовых кислот и выразить ее в малых калориях на грамм вещества.

На описании методики калориметрического определения теплоты сгорания подробно не останавливаемся, поскольку оно приведено в руководстве Б. Н. Дроздова (1959).

Полученные данные показывают, что теплота сгорания гуминовых кислот в горно-луговых почвах составляет 4640 *кал/г* и снижается в черноземах до 4510 *кал/г*. В темно-каштановых, особенно в сероземных почвах, теплота сгорания достигает максимальных величин 5100—5290 *кал/г*. Теплота сгорания гумусовых соединений в почвах, как мы видим из табл. 46, возрастает с увеличением в их составе содержания азота.

По сравнению с другими почвами, гуминовые кислоты в сероземах содержат в своем составе больше азота и одновременно обладают более высокими запасами потенциальной энергии. Этот вывод подтверждается результатами ряда исследователей.

Таблица 46

Теплота сгорания и элементарный состав гуминовых кислот в почвах Азербайджана

Почва	Теплота сгорания (*кал/г*) гуминовых кислот		Элементарный состав гуминовых кислот			
	определено на калориметрической установке	вычислено по данным элементарного анализа	C	H	N	O
Горно-луговая	4640	4708	56,61	6,76	4,02	32,61
Горно-черноземная	4510	4898	59,71	4,61	3,77	31,91
Темно-каштановая	5110	5005	58,96	4,81	4,56	31,67
Сероземная	5290	5151	57,60	4,87	5,88	31,65
Новообразованные гуминовые кислоты из гумифицированных корней люцерны	—	4584	53,94	5,46	5,05	34,55

По наблюдениям М. М. Кононовой (1943), гумины серозема представлены устойчивыми формами протеинов, источником которых является плазма микроорганизмов, в изобилии присутствующая в этих почвах. Микробная плазма, по данным Е. Н. Мишустина (1947), в % к гумусу составляет в черноземах 0,3—0,7%, а в сероземах возрастает до 1,6—3,4%.

Исследованиями органического вещества почв Кура-Араксинской низменности Р. В. Ковалева и Е. Л. Ковалевой (1950) показано, что содержание протеинов (представленных преимущественно трудногидролизуемыми и негидролизуемыми формами) составляет в сероземах 51,5% и уменьшается в темно-каштановых до 38,5%. Теплота сгорания органических веществ может быть рассчитана по данным их элементарного анализа.

Для вычисления теплоты сгорания топлива по данным элементарного анализа наиболее широкое распространение получила формула Менделеева:

$$Q_в = 81C + 300H - 26\,(O - S),$$ где

$Q_в$ — теплота сгорания топлива *кал/г*, C, H, O и S — количество углерода, водорода, кислорода и серы, %.

Эта формула применима для расчета теплоты сгорания топлива, бедного азотом. Но при вычислении по этой формуле теплоты сгорания высокомолекулярных, содержащих азот соединений (в частности гуминовых кислот) получаем результаты, не совпадающие по величине с опытными данными, полученными при сжигании топлива в калориметрической бомбе.

Для расчетов теплоты сгорания гуминовых кислот по данным элементарного анализа нами предложена следующая математическая зависимость:

$Q_б = 90C + 34{,}4H - 50\,(0{,}870 - 4\,N)$, где $Q_б$ — теплота сгорания гуминовых кислот, *кал/г*, C, H, O, N — %-ное содержание углерода, водорода, кислорода и азота в элементарном составе.

Принятые в формуле коэффициенты по своей величине соответствуют теплотам сгорания элементарных частиц и примерно составляют (см. Лазарев, 1959): для углерода — 90 — *кал/г*, водорода — 34,4 *кал/г*, азота — 200 *кал/г*. Потеря энергии при окислении органического вещества кислородом 43,6 *кал/г*.

Полученные при вычислении по нашей формуле показатели теплоты сгорания гуминовых кислот показывают вполне удовлетворительные совпадения с экспериментальными калориметрическими данными. Величины, полученные расчетным путем и экспериментально, отличаются между собой не более чем на 5—7%.

Важной проблемой почвоведения является разработка приемов повышения степени использования растениями солнечной энергии и питательных веществ почвы в целях значительного увеличения их продуктивности.

Глава IX

ПРОЦЕССЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР ПО ДАННЫМ РЕЖИМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Поскольку почва является динамической системой, наряду с изучением ее статистики, необходимы режимные наблюдения над жизнью почвы и в частности над динамикой накопления и разложения органических веществ.

Имеется немало работ по характеристике процессов почвообразования в отдельных областях, характеризующихся особенностями, обусловленными различными погодными условиями в течение года.

Характерные черты некоторых сезонных периодов почвообразования указаны С. П. Ярковым (1961), В. Р. Волобуевым (1959), П. Фагелером (1935), З. Ю. Шокальской (1948) и др. Особенности сезонных периодов почвообразования в Азербайджане в связи с гидротермическим режимом в общем плане рассмотрены С. А. Захаровым (1927) и в несколько дополненном виде В. Р. Волобуевым (1953). Сезонная ритмичность биологических процессов в основных типах почв Азербайджанской ССР изучена С. А. Алиевым (1960), в луговых сазовых почвах Г. А. Буяновским (1962).

Изучение динамики нами проводилось в выщелоченных черноземах, коричневых послелесных черноземовидных, коричневых послелесных, темно-каштановых, светло-каштановых, сероземно-луговых, культурно-луговых «коруховых» и луговых сазовых почвах. В течение 1955—1960 гг. нами проведены стационарные исследования динамики водного и температурного режима почвы, CO_2 почвенного воздуха, микробиологической деятельности, динамики накопления и разложения растительной массы, воднорастворимого гумуса, динамики нитратного и аммиачного азота. Все определения, за исключением динамики накопления и разложения корней, которая

изучена для 0—50-сантиметрового слоя почвы, выполнены для метровой толщи почвы.

Полученные результаты обобщены и представлены в виде сезонных фаз биологических процессов. К ним даны климатические показатели — относительной влажности и температуры воздуха, количества атмосферных осадков и коэффициенты увлажнения.

Режимные наблюдения за процессами превращения органических веществ проведены в исследуемые годы с охватом всех сезонов. Методика проведения полевых наблюдений и почвенных анализов описывается в главе XII

1. ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ НАКОПЛЕНИЯ И РАЗЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Горный чернозем выщелоченный

Исследования проведены в 1955 и 1956 гг.

Режим температуры и влажности (см. рис. 24 и 36). В начале весны (апрель) в результате размерзания почвы и дополнительного поступления влаги в виде обильных атмосферных осадков (более 80 *мм*) при низкой положительной температуре воздуха наблюдается перенасыщение верхних горизонтов почвы влагой. Запасы почвенной воды достигают 3330 *м³/га*. Избыток влаги частично стекает по уклону местности и большей частью просачивается в почву нисходящими потоками воды, создавая промывной режим. В этот период коэффициент увлажнения увеличивается до 1,5.

Весеннее переувлажнение верхних горизонтов создает анаэробные условия.

К концу весны с нарастанием положительной температуры до 9—11° С почва равномерно прогревается, увеличивается испарение влаги из почвы и прекращается нисходящий ток почвенной воды.

В первой половине лета (конец мая, июнь) выпадает много атмосферных осадков (от 70 до 165 *мм* при сравнительно высокой температуре воздуха 14—15° С.

В июле и августе температура воздуха достигает 18° С, а атмосферных осадков выпадает значительно меньше (40—70 *мм*). Поверхностные слои сильно прогреваются, температура поверхности почвы достигает 33° С. Выпадающие осадки в значительной мере испаряются и верхние слои почвы значительно иссушаются, коэффициент увлажнения уменьшается до 0,45.

Осенью выпадает еще меньше атмосферных осадков, чем летом, но благодаря некоторому снижению температуры воз-

духа и уменьшению испарения почва увлажняется и запасы почвенной влаги достигают 3300—3600 *м³/га*.

В зимнее время выпадает мало атмосферных осадков (18—32 *мм*) температура воздуха резко снижается до —2.4° С, а температура поверхности уменьшается до —3,7° С. Минимальная температура поверхности почвы доходит до —20° С, что приводит к замерзанию почвенной воды. В замерзших верхних слоях почвенная влага переходит в твердое состояние, увеличивая запасы почвенной воды до больших величин 3750 *м³/га*. Наиболее резкие колебания температуры наблюдаются на поверхности почвенного покрова, в глубоких слоях почвы сохраняются положительные температуры, амплитуда колебаний которых затухает.

По климатическим условиям 1955 г. по сравнению с 1956 г. отличается выпадением большего количества атмосферных осадков, более высокими запасами почвенной влаги при относительно высокой температуре воздуха и почвы.

Динамика растительной массы (табл. 47). Весной с наступлением потепления (апрель) начинается вегетация злаково-разнотравной растительности, которая к концу весны успевает благодаря обильным атмосферным осадкам и прогретости почвы накопить значительную надземную (1,9 *т/га*) и корневую массы (до 19,5 *т/га*). Растительность в черноземных почвах при наличии достаточных запасов почвенной воды продолжает вегетацию до середины лета. К началу августа (см. данные 1955 и 1956 гг.) растительность накапливает в почве огромную массу корней (до 27 *т/га*). Продуктивность надземной массы также высокая — 3,1—4,4 *т/га*.

Далее наступает засушливый период, растительность заканчивает цикл своего развития и выгорает. Надземная и корневая массы растительности отмирают и подвергаются интенсивному разложению.

В результате разложения запасы надземной и корневой массы растительности последовательно уменьшаются и к осени запасы надземной массы составляют 2,2—3,0 *т/га*, корней — 23,5—24,7 *т/га*.

В течение зимы растительные остатки подвергаются медленному анаэробному разложению.

В 1955 г. климатические условия благоприятствовали мощному развитию растительности, которая продуцировала более значительную надземную и корневую массу, чем в 1956 г.

Интенсивность биологических процессов. (рис. 24, 25, 36). В начале весны микробиологические процессы, как это видно из схемы возможной биологической деятельности (рис. 25), выражены слабо, однако к концу весны их активность усиливается. Подтверждением слабой напряженности биологических процессов в почве служат низкая концентрация CO_2 в

Таблица 47

Динамика содержания и состава растительной массы в горных черноземных почвах

Дата	Горизонт	Корни: живые: травянистые	Корни: живые: деревянистые	Корни: живые: корневищные	Корни: мертвые	Корни: всего	Надземная масса
1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
VII 1955	0—10	727,4	138,7	128,3	1156,8	2151,2	445
	10—25	285,6	Нет	Нет	88,8	374,4	
	25—50	135,2	Нет	Нет	29,1	164,3	
	0—50	1148,2	138,7	128,3	1274,7	2689,9	
				т/га			
	0—50	11,482	1,387	1,283	12,747	26,899	4,45
				г/м²			
XI 1955	0—10	788,8	51,2	105,1	1089,4	2034,5	296
	10—25	154,4	22,4	3,1	63,7	243,7	
	25—50	110,4	35,2	Нет	51,2	196,8	
	0—50	1053,6	108,8	108,3	1204,3	2475,0	
				т/га			
	0—50	10,536	1,088	1,083	12,043	24,750	2,96
				г/м²			
II 1956	0—10	628,8	64,2	42,4	330,7	1064,3	109
	10—20	295,2	38,1	34,4	146,4	514,1	
	20—30	69,3	5,6	Нет	73,3	148,2	
	30—40	33,6	7,2	Нет	24,8	65,2	
	40—50	23,7	5,3	Нет	17,3	46,3	
	0—50	1050,6	118,6	76,8	598,5	1838,5	
				т/га			
	0—50	10,506	1,186	0,768	5,925	18,385	1,09

373—11

Окончание табл. 47

1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
V 1956	0—10	833,1	36,8	85,6	640,0	1595,5	190
	10—20	139,2	10,4	2,4	43,2	195,2	
	20—30	70,2	2,6	нет	34,4	107,2	
	30—40	20,0	нет	нет	12,3	32,3	
	40—50	12,8	нет	нет	8,8	21,6	
	0—50	1075,3	49,8	88,0	738,7	1951,8	
				т/га			
	0—50	10,753	0,498	0,880	7,387	19,518	1,90
				г/м²			
VIII 1956	0—10	915,0	107,4	199,7	1015,8	2238,9	313
	10—20	128,0	13,3	36,8	156,3	334,4	
	20—30	56,0	нет	нет	44,0	100,0	
	30—40	40,8	нет	нет	24,0	64,8	
	40—50	21,6	нет	нет	8,0	29,6	
	0—50	1161,4	120,7	236,5	1249,1	2767,6	
				т/га			
	0—50	11,614	1,207	2,365	12,491	27,676	3,13
				г/м²			
XI 1956	0—10	814,4	85,9	64,5	998,4	1963,2	220
	10—20	100,0	8,8	4,8	140,8	254,4	
	20—30	30,4	7,2	нет	28,8	66,4	
	30—40	12,8	5,6	нет	25,6	44,0	
	40—50	11,2	нет	нет	12,8	24,0	
	0—50	968,8	107,5	69,3	1205,4	2354,0	
				т/га			
	0—50	9,688	1,075	0,693	12,054	23,540	2,20

почвенном воздухе (рис. 24). Содержание CO_2 в почвенном воздухе с повышением температуры почвы последовательно возрастает. По имеющимся у нас данным, воднорастворимые вещества весьма интенсивно вымываются промывными потоками почвенной воды в более глубокие слои почвы, вследствие этого в нижних горизонтах почвы они накапливаются в значительно большем количестве, чем в верхних слоях почвы.

В первой половине лета в почве можно ожидать, что биологическая деятельность будет довольно интенсивной. Гидро-

термические условия благоприятствуют интенсивному разложению растительных остатков и новообразованию гумусовых веществ. Концентрация CO_2 в почвенном воздухе возрастает до оптимальных величин (до 0,70 об. %). Это обусловлено не только активной жизнедеятельностью микроорганизмов, но и в значительной мере зависит от дыхания корней растительности.

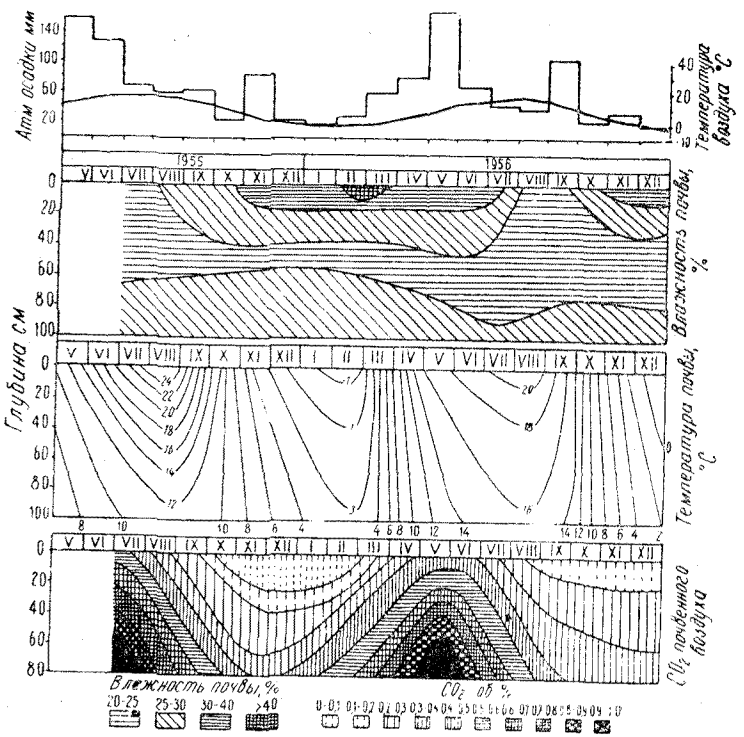


Рис. 24. Динамика влажности, температуры и CO_2 почвенного воздуха в горной черноземной выщелоченной почве

К августу почва сильно иссушается. В результате этого микробиологические процессы угнетаются, в почве происходит усиленный газообмен между почвенным воздухом и атмосферой, приводящими к резкому снижению концентрации CO_2 в почвенном воздухе до 0,25—0,50 об. %. Растительные остатки в почве подвергаются минерализации, при которой образуется большое количество воднорастворимого гумуса — около 2—2,5 *т/га*.

На накопление воднорастворимого гумуса оказывает влияние также летнее иссушение почвы (см. глава III).

Ранней осенью режим температуры и влажности благоприятствуют активизации биологических процессов, но в осенне-зимний период (ноябрь) отмечаются резкое снижение температуры воздуха и ослабление биологической деятельности в почве. Концентрация CO_2 в почвенном воздухе уменьшается

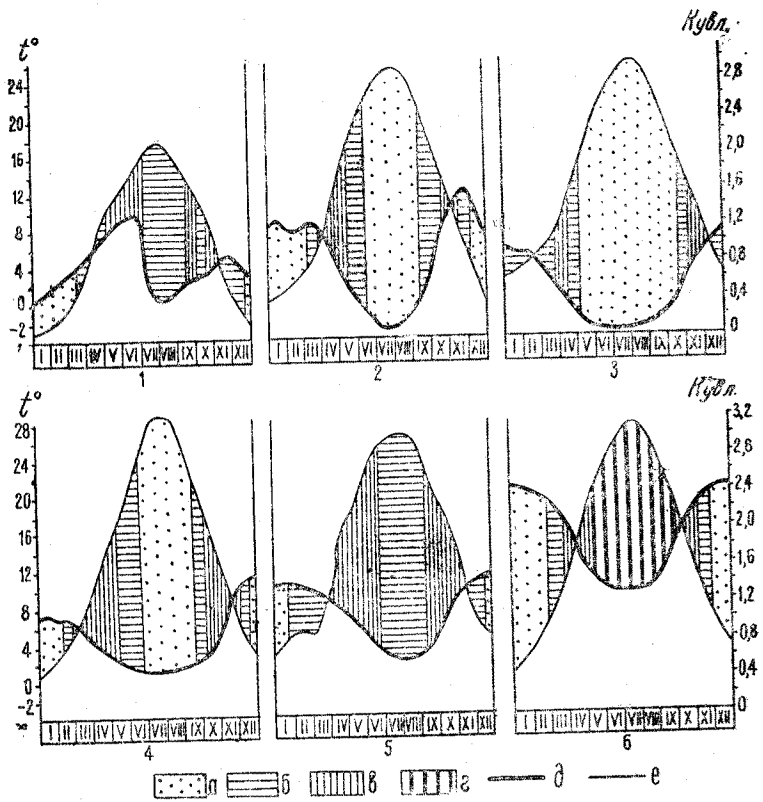


Рис. 25. Схемы возможной интенсивности биологической деятельности в почвах Азербайджанской ССР

1 — чернозем, *2* — каштановая, *3* — серозем и сероземно-бурая, *4* — аллювиальные сероземы, *5* — сероземно-луговая, *6* — луговая

Интенсивность: *а* — очень слабая; *б* — слабая; *в* — довольно интенсивная; *г* — весьма интенсивная; *д* — кривая коэффициента увлажнения; *е* — кривая температуры

до 0,16—0,25 об. %. Водорастворимые органические вещества накапливаются в незначительном количестве — 1,76—2,30 *т/га*.

Зимой весьма слабая биологическая деятельность. Вследствие медленного разложения растительных остатков в почве накапливается небольшое количество водорастворимых органических веществ — 1,77 *т/га*. Концентрация CO_2 в почвенном воздухе верхних горизонтов почвы весьма незначительна

вследствие низких температур и весьма слабой жизнедеятельности микроорганизмов. Концентрация CO_2 в глубоких слоях почвы, в которых сохраняются положительные температуры, увеличивается вследствие меньшей газопроницаемости нижних слоев, а также отсутствия газообмена между почвенным воздухом и атмосферой при наличии непроницаемого мерзлого поверхностного слоя почвы.

В выщелоченных горных черноземах наблюдается ярко выраженная ритмичность биологической деятельности. В 1955 г. биологические процессы в почве протекали более интенсивно, чем в 1956 г.

Коричневая послелесная черноземовидная

Режим температуры и влажности почвы (рис. 26, 36). Исследования проведены в 1955, 1959 и 1960 гг. Наиболее благоприятные гидротермические условия для биологической

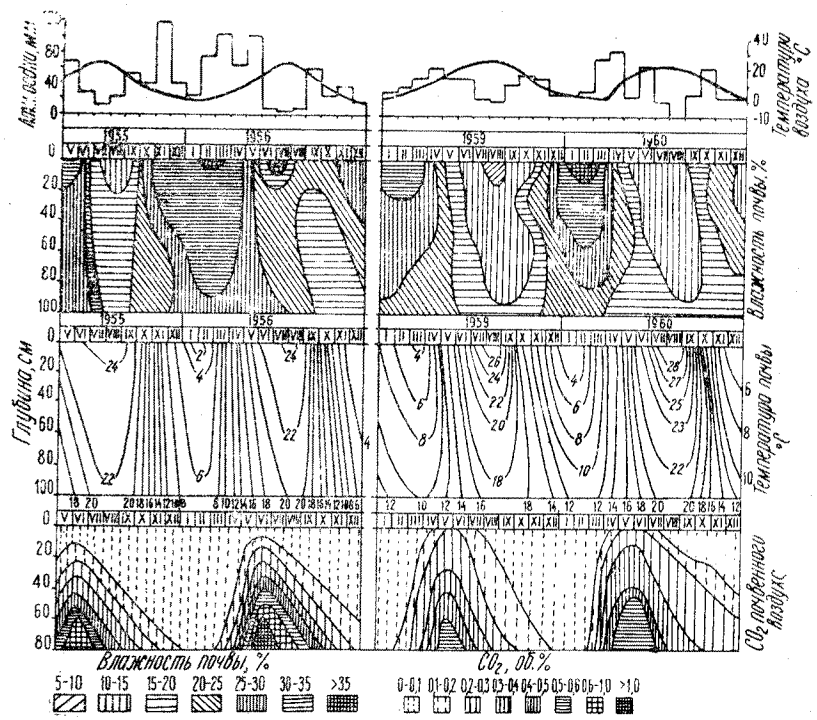


Рис. 26. Динамика влажности, температуры и CO_2 почвенного воздуха в коричневой послелесной черноземовидной почве

деятельности создаются в этой почве весной. В это время выпадает значительное количество осадков (50—100 *мм*) при

повышенной температуре воздуха 10—16° С. Почва достаточно хорошо увлажняется, запасы почвенной влаги достигают 2500—4000 *м³/га*.

Почва равномерно прогревается по всему профилю, и температура поверхностного слоя достигает 22° С.

Летом выпадает крайне мало осадков (5—20 *мм*), температура воздуха повышается до 26° С. Почва сильно иссушается, запасы почвенной влаги уменьшаются до 1800—2400 *м³/га*. Влажность верхних слоев почвы составляет 10—15% и с глубиной возрастает. Почва значительно прогревается, температура поверхностных слоев почвы повышается до 28° С.

Осенью выпадающие атмосферные осадки хорошо увлажняют почву, запасы почвенной влаги возрастают до 2300—3400 *м³/га*. Температура почвы понижается до 12—16° С.

В зимнее время биологическая деятельность почвы подавляется низкими температурами почвы (от —0,5 до +0,4° С). Зимой большое количество атмосферных осадков сильно увлажняет почву, запасы почвенной влаги возрастают до 4200 *м³/га*. Под снежным покровом почва сохраняет положительную температуру +4,7°.

Наибольшее количество атмосферных осадков и оптимальный температурный режим в исследуемой почве отмечались в 1955—1956 гг.

В 1959—1960 гг. наблюдалась некоторая засушливость вследствие выпадения меньшего количества осадков и более повышенной температуры воздуха и почвы.

Динамика растительной массы (табл. 48). Весной богатая злаково-разнотравная растительность находится в разгаре вегетации и оставляет в почве большое количество корней (10—12 *т/га*), отмирающие части которых интенсивно разлагаются активной микрофлорой.

В летний период наблюдается выгорание растительности в почве, ее остатки подвергаются минерализации, запасы уменьшаются до 8—9 *т/га*. Процесс разложения растительных остатков протекает со значительной скоростью в осенний период.

В течение зимы растительные остатки продолжают разлагаться в относительно анаэробных условиях и запасы их снижаются до 6,5 *т/га*.

По продуктивности надземной и корневой массы исследуемые годы (1955—1956, 1959—1960) мало отличаются.

Продукция надземной массы по сезонам года изменяется в следующих пределах: весной 3,7—4 *т/га*, летом 4,2—6,5 *т/га*, осенью 3,7—5,7 *т/га*, зимой 2 *т/га*.

Интенсивность биологических процессов (рис. 25 и 36). В весенний период в почве имеют место условия для актив-

Таблица 48

Динамика содержания и состава растительной массы в коричневых послелесных черноземовидных почвах

Дата	Горизонт, *см*	Корни: живые: травянистые	Корни: живые: деревянистые	Корни: живые: корневищные	Корни: мертвые	Корни: всего	Надземная масса
1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
V 1955	0—10	215,2	Нет	Нет	574,4	789,6	447
	10—25	25,4	„	„	114,4	139,8	
	25—50	24,8	„	„	88,0	112,8	
	0—50	265,4	„	„	776,8	1042,2	
				т/га			
	0—50	2,654	Нет	Нет	7,768	10,422	4,47
				г/м²			
VIII 1955	0—10	147,6	7,2	9,4	434,0	598,2	649
	10—25	37,6	Нет	Нет	161,6	199,2	
	25—50	34,4	„	„	98,7	133,1	
	0—50	219,4	7,2	9,4	694,3	930,5	
				т/га			
	0—50	2,196	0,072	0,094	6,943	9,305	6,49
				г/м²			
XI 1955	0—10	167,5	10,4	Нет	383,4	561,3	572
	10—25	57,1	40,0	„	104,8	201,9	
	25—50	8,3	2,9	„	18,7	29,9	
	0—50	232,9	53,3	„	560,9	793,1	
				т/га			
	0—50	2,329	0,0533	Нет	5,069	7,931	5,72
				г/м²			
II 1956	0—10	175,7	38,7	Нет	155,5	469,4	198
	10—20	83,7	16,0	„	25,6	125,3	
	20—30	8,0	4,3	„	23,2	35,5	
	30—40	1,4	Нет	„	12,6	14,0	
	40—50	Нет	„	„	8,0	8,0	
	0—50	368,3	59,0	„	224,9	652,2	

1	2	3	4	5	6	7	8
				т/га			
II 1956	0—50	3,683	0,590	Нет	2,249	6,522	1,98
				г/м²			
V 1956	0—10	137,9	4,0	14,7	460,8	617,4	410
	10—20	40,0	7,4	7,2	171,5	226,1	
	20—30	37,3	24,3	Нет	91,2	152,8	
	30—40	11,2	4,5	„	28,8	44,5	
	40—50	10,4	3,2	„	21,6	35,2	
	0—50	236,8	43,4	21,9	773,9	1076,0	
				т/га			
	0—50	2,368	0,434	0,219	7,739	10,760	4,10
				г/м²			
VIII 1956	0—10	92,2	Нет	78,6	399,0	569,8	463
	10—20	32,3	„	Нет	84,8	117,1	
	20—30	21,9	„	„	44,8	66,7	
	30—40	18,1	„	„	29,9	48,0	
	40—50	7,2	„	„	26,7	33,9	
	0—50	171,7	Нет	78,6	585,2	835,5	
				т/га			
	0—50	1,717	Нет	0,786	5,852	8,355	4,63
				г/м²			
XI 1956	0—10	177,6	8,0	51,2	300,2	537,0	435
	10—20	24,8	Нет	Нет	91,2	116,0	
	20—30	8,0	„	„	51,2	59,2	
	30—40	6,4	„	„	17,0	22,4	
	40—50	5,6	„	„	18,4	24,0	
	0—50	222,4	8,0	51,2	477,0	758,6	
				т/га			
	0—50	2,224	0,080	0,512	4,770	7,586	4,35
				г/м²			
V 1959	0—10	282,5	Нет	10,0	258,8	551,3	366
	10—20	125,0	„	7,5	190,0	322,5	
	20—30	70,4	„	Нет	86,0	156,4	
	30—40	30,3	„	„	30,8	61,1	
	40—50	12,4	„	„	24,5	36,9	
	0—50	520,6	„	17,5	590,1	1128,2	

1	2	3	4	5	6	7	8
				т/га			
	0—50	5,206	Нет	0,175	5,901	11,282	3,66
				г/м²			
VIII 1959	0—10	235,0	7,5	Нет	170,0	412,5	462
	10—20	100,0	Нет	„	115,0	215,0	
	20—30	54,0	„	„	62,5	116,5	
	30—40	20,5	„	„	25,4	45,9	
	40—50	7,3	„	„	10,3	17,6	
	0—50	416,8	7,5	Нет	383,2	807,5	
				т/га			
	0—50	4,168	0,075	Нет	3,832	8,075	4,62
				г/м²			
X 1959	0—10	160,0	Нет	Нет	140,4	300,4	365
	10—20	83,0	„	„	80,5	163,5	
	20—30	32,8	„	„	43,0	75,8	
	30—40	10,5	„	„	15,0	25,5	
	40—50	5,0	„	„	6,4	11,4	
	0—50	291,3	„	„	285,3	576,6	
				т/га			
	0—50	2,913	Нет	Нет	2,853	5,766	3,65
				г/м²			
V 1960	0—10	284,5	Нет	Нет	240,5	525,0	380
	10—20	102,0	„	„	220,0	322,0	
	20—30	64,6	„	„	130,0	194,6	
	30—40	30,5	„	„	60,5	91,0	
	40—50	16,0	„	„	20,3	36,3	
	0—50	497,6	„	„	671,3	1168,9	
				т/га			
	0—50	4,976	Нет	Нет	6,713	11,689	3,80
				г/м²			
VIII 1960	0—10	216,2	Нет	41,5	166,2	423,9	420
	10—20	92,5	42,5	2,5	146,3	283,8	
	20—30	57,5	Нет	Нет	82,4	139,9	
	30—40	21,3	„	„	50,3	71,6	
	40—50	13,5	„	„	15,9	29,4	
	0—50	401,0	42,5	44,0	461,1	948,6	

Окончание табл. 48

1	2	3	4	5	6	7	8
				т/га			
	0—50	4,01	0,425	0,440	4,611	9,486	4,2
				г/м²			
X 1960	0—10	135,0	Нет	112,5	177,5	425,0	373
	10—20	53,0	16,5	23,7	143,7	206,9	
	20—30	40,5	Нет	Нет	62,5	133,0	
	30—40	11,4	„	„	34,3	45,7	
	40—50	6,0	„	„	10,5	16,5	
	0—50	245,9	16,5	136,2	425,0	827,1	
				т/га			
	0—50	2,459	0,165	1,362	4,25	8,271	3,73

ной деятельности микроорганизмов. В это время растительные остатки интенсивно разлагаются и в почве протекают процессы новообразования гумусовых веществ. Показателем интенсивности биологических процессов в почве является также концентрация CO_2 в почвенном воздухе, которая достигает оптимальных величин (0,33—0,63 об. %). Количество CO_2 в почвенном воздухе глубоких слоев почвы резко повышается (рис. 26).

Количество воднорастворимых органических веществ уменьшается до 1,2—1,5 *т/га*, вероятно из-за потребления микроорганизмами.

Летом, особенно в июле и августе, наступает депрессия деятельности микроорганизмов. За счет минерализации растительных остатков в почве отмечается увеличение количества воднорастворимых органических веществ. Концентрация CO_2 в почвенном воздухе вследствие усиленного газообмена между почвенным воздухом и атмосферой резко снижается до 0,10—0,25 об. %.

Осенью биологические процессы протекают замедленными темпами и концентрация CO_2 в почвенном воздухе уменьшается в связи с последовательным снижением температуры.

Зимой под влиянием пониженных температур деятельность почвенной микрофлоры подавляется и концентрация CO_2 в почвенном воздухе снижается до 0,02 об. %. Воднорастворимые органические вещества накапливаются в большом количестве.

Интенсивность биологической деятельности в почве в исследуемые годы (1955—1956, 1959—1960) значительно варьирует и находится в тесной зависимости от выраженности водного и температурного режима. Как можно судить по данным концентрации CO_2 в почвенном воздухе, биологические процессы весьма интенсивно протекали в достаточно увлажненные 1955—1956 гг. и замедлялись в умеренно увлажненные 1959—1960 гг.

Наиболее высокая активность биологических процессов (развитие микроорганизмов, скорость гумификации растительных остатков и т. д.) наблюдались в 1955 и 1956 гг., т. е. в годы с благоприятным гидротермическим режимом.

Коричневая послелесная почва

Исследования проведены в 1955 и 1956 гг.

Режим температуры и влажности почвы (рис. 27, рис. 36). В весенний период выпадает большое количество атмосферных осадков (от 75 до 110 *мм*), температура воздуха повыша-

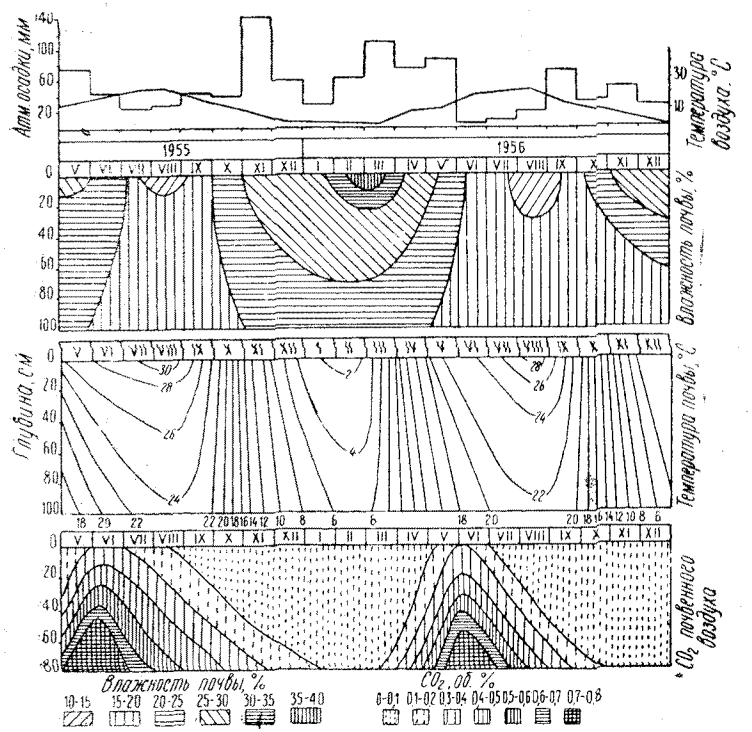


Рис. 27. Динамика влажности, температуры и CO_2 почвенного воздуха в коричневой послелесной почве

ется от 9,8 до 20° С. В связи с этим почва достаточно хорошо увлажняется, запасы почвенной влаги изменяются в пределах 2210—3170 *м³/га*. К маю температура верхних слоев почвы поднимается до 27° С. Влажность и температура почвы с глубиной последовательно уменьшаются.

Летом выпадает мало атмосферных осадков (5,2—28,7 *мм*), температура воздуха достигает 24,4° С и увеличивается испарение. Поверхностные слои почвы нагреваются до 27,5—29,5° С и в продолжении трех месяцев (от конца июня до начала октября) иссушаются. Запасы почвенной влаги уменьшаются до 1980—2190 *м³/га*.

Осенью количество атмосферных осадков возрастает от 32 до 141 *мм*, температура воздуха снижается от 18,3 до 5,9° С. В этот период температура почвы изменяется в пределах 7,8—11° С.

Зимой выпадает значительно меньше осадков (от 32 до 62 *мм*), но в связи с пониженной температурой воздуха (от —0,5 до +2,2° С), а также с ослаблением испарения почва глубоко увлажняется. Почва особенно сильно увлажняется при таянии снежного покрова, когда запасы почвенной влаги повышаются до 3660 *м³/га*. В этот период влажность верхнего слоя почвы достигает 36%.

Климатические условия 1955 г., по сравнению с 1956 г. отличались более обильными атмосферными осадками и высокой температурой. В результате этого почва в 1955 г. была более прогретой и содержала более высокие запасы почвенной влаги, чем в 1956 г.

Динамика растительной массы и биологических процессов. В коричневых послелесных почвах можно рассчитывать на активную биологическую деятельность в мае, подтверждением чего являются данные по концентрации CO_2 в почвенном воздухе (рис. 27).

В это время растительность накапливает огромное количество массы корней (10,1—12,9 *т/га*) и значительную надземную массу — 3,1—3,6 *т/га* (табл. 49). Отмирающие части растительности разлагаются микрофлорой интенсивно, показателем чего является высокая концентрация CO_2 в почвенном воздухе (0,43—0,52 об. %). Содержание CO_2 в почвенном воздухе с глубиной резко возрастает, что обусловлено меньшей газопроницаемостью нижних горизонтов почвы. В почве накапливается небольшое количество водорастворимых органических соединений 1,04—1,18 *т/га*, которые возможно частично потребляются активной микрофлорой.

Летом, когда почва пересыхает и пронизывается трещинами деятельность микроорганизмов угнетается. Вследствие усиления газообмена между почвенным воздухом и атмос-

Таблица 49

Динамика содержания и состава растительной массы в коричневых послелесных почвах

Дата	Горизонт, *см*	Корни: живые: травянистые	Корни: живые: деревянистые	Корни: живые: корневищные	Корни: мертвые	Корни: всего	Надземная масса
1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
V 1955	0—10	493,9	16,0	5,6	479,4	994,9	315
	10—20	83,2	Нет	Нет	64,0	147,2	
	20—30	37,6	„	„	43,0	80,6	
	30—40	25,6	„	„	19,4	45,0	
	40—50	22,4	„	„	4,0	26,4	
	0—50	662,7	16,0	5,6	609,8	1294,1	
				т/га			
	0—50	6,627	0,160	0,056	6,098	12,941	3,15
				г/м²			
VIII 1955	0—10	321,1	57,0	57,0	585,3	1020,4	196
	10—20	40,0	39,7	152,6	226,1	458,4	
	20—30	33,6	4,8	3,2	48,0	89,6	
	30—40	18,4	Нет	Нет	34,0	52,4	
	40—50	12,8	Нет	Нет	14,0	26,8	
	0—50	425,9	101,5	212,8	907,4	1647,6	
				т/га			
	0—50	4,259	1,015	2,128	9,074	16,476	1,96
				г/м²			
XI 1955	0—10	77,3	229,6	Нет	365,9	673,1	94
	10—25	17,4	12,6	„	70,4	100,4	
	25—50	9,1	Нет	„	32,8	41,9	
	0—50	103,8	242,2	„	469,1	815,1	
				т/га			
	0—50	1,038	2,422	Нет	4,691	8,151	0,94

Окончание табл. 49

1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
II 1956	0—10	78,7	120,0	Нет	220,3	419,0	
	10—20	9,3	1,6	„	100,5	111,4	
	20—30	12,8	7,2	„	63,7	83,7	
	30—40	7,2	9,9	„	76,8	93,9	68
	40—50	Нет	5,8	„	20,5	86,3	
	0—50	108,0	144,5	„	481,8	734,3	
				т/га			
	0—50	1,08	1,445	Нет	4,818	7,343	0,68
				г/м²			
V 1956	0—10	244,8	18,2	Нет	539,4	802,4	
	10—25	82,7	Нет	„	64,3	147,0	
	25—50	35,2	„	„	27,2	62,4	363
	0—50	362,7	18,2	„	630,9	1011,8	
				т/га			
	0—50	3,627	0,182	Нет	6,309	10,118	3,63
				г/м²			
VIII 1956	0—10	267,2	142,4	Нет	621,6	1031,2	
	10—25	59,2	Нет	„	168,3	227,5	
	25—50	14,4	„	„	31,7	46,1	195
	0—50	340,8	142,4	„	821,7	1304,8	
				т/га			
	0—50	3,408	1,424	Нет	8,217	13,048	1,95
				г/м²			
XI 1956	0—10	123,2	31,2	Нет	445,6	600,0	
	10—20	20,0	9,6	„	82,4	112,0	
	20—30	4,8	3,2	„	29,6	37,6	
	30—40	3,2	2,4	„	12,8	18,4	120
	40—50	1,6	Нет	„	10,4	12,0	
	0—50	152,8	46,4	„	580,8	780,0	
				т/га			
	0—50	1,528	0,464	Нет	5,808	7,800	1,20

ферой концентрации CO_2 в почвенном воздухе резко снижается до 0,09—0,19 об. %.

К периоду наступления засухи (конец мая), которая длится более двух месяцев, растительность продуцирует наибольшие запасы корневых остатков (от 13,0 до 16,5 *т/га*). Растительность быстро выгорает и ее масса уменьшается до 1,98 *т/га*. При минерализации растительных остатков в почве накапливается несколько больше чем весной водорастворимого гумуса — 1,24—1,40 *т/га*.

Осенью деятельность микроорганизмов активизируется в течение короткого времени. Масса корневых остатков, подвергаясь разложению, уменьшается до 7,8—8,1 *т/га*. Надземная масса составляет 0,94—1,20 *т/га*. Непродолжительность периода интенсивной биологической деятельности (один месяц) и небольшая масса живых корней растительности не способствуют повышению концентрации CO_2 в почвенном воздухе, которая составляет 0,02—0,09 об. %. Содержание водорастворимых органических веществ в почве уменьшается до 0,77—1,08 *т/га*.

В связи с понижением температуры в зимнее время интенсивность биологической деятельности становится весьма слабой, концентрация CO_2 в почвенном воздухе снижается до 0,14 об. %. Растительные остатки в почве подвергаются медленному анаэробному разложению. Запасы корневых остатков за зимний период уменьшаются крайне мало и в феврале составляют 7,3 *т/га*.

В почве возрастает количество водорастворимых органических веществ до 1,36 *т/га*, которые частично вымываются обильными атмосферными осадками в более глубокие слои почвы.

Темно-каштановая почва

Исследования проведены в 1955, 1956, 1959 и 1960 гг.

Режим температуры и влажности почвы (рис. 28 и 36). Весной выпадает много атмосферных осадков (от 20 до 80 *мм*) и почва хорошо увлажняется. Запасы почвенной влаги достигают 2000—2600 *м³/га*. При температуре воздуха 10—17° С почва равномерно прогревается на значительную глубину.

Летом выпадает менее 20 *мм* атмосферных осадков при высокой температуре воздуха +25° С. Наступает сильное иссушение почвы, запасы почвенной влаги уменьшаются до 1400 *м³/га*. Коэффициент увлажнения снижается до 0,1. Особенно сильно высыхают верхние слои почвы, влажность которых составляет 7—11%, а температура 29—34° С.

Осенью количество выпадающих осадков возрастает, температура воздуха снижается. Почва значительно увлажняет-

ся, запасы почвенной влаги составляет 1700—2400 $м^3/га$. Температура почвы снижается до 11—14° С.

В зимнее время выпадает мало атмосферных осадков, однако благодаря пониженной температуре воздуха (0,6—3,0° С) и слабому испарению почва увлажняется и запасы почвенной влаги возрастают до 3500 $м^3/га$. Влажность верхних слоев доходит до 32%. Температура поверхности почвы снижается до +4° С, а в более глубоких слоях возрастает до +7,2° С.

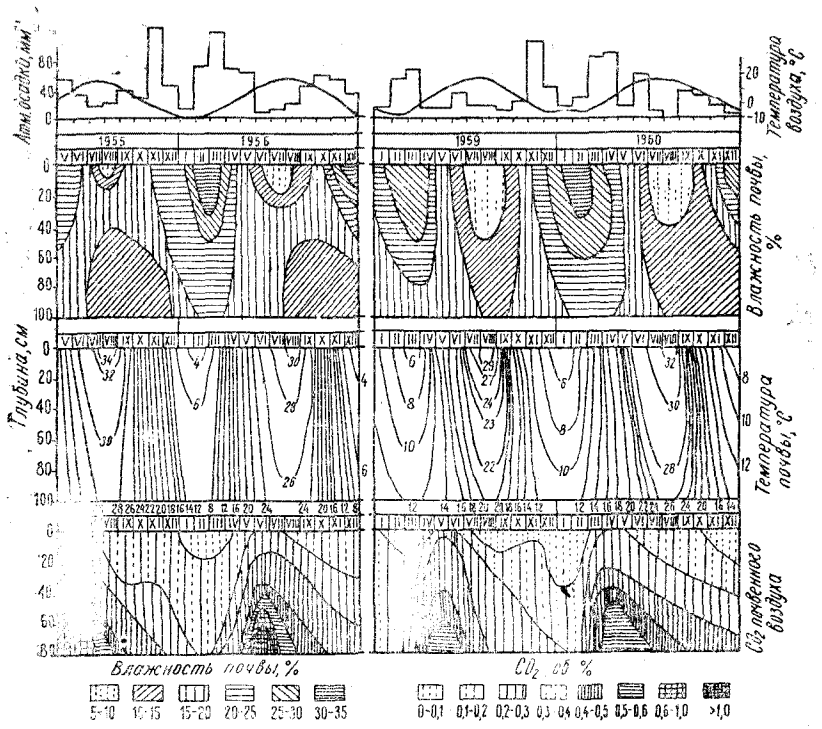


Рис 28. Динамика влажности, температуры и CO_2 почвенного воздуха в темно-каштановой почве

В 1959 и 1960 гг. в связи с выпадением меньшего количества атмосферных осадков и более повышенной температурой воздуха почва была менее увлажненной, чем в 1955 и 1956 гг.

Динамика растительной массы (табл. 50). Ранней весной с наступлением потепления начинается вегетация степной растительности. Запасы корней изменяются в пределах 6—10 $т/га$.

Таблица 50

Динамика содержания и состава растительной массы в темно-каштановых почвах

Дата	Горизонт, *см*	Корни: живые: травянистые	Корни: живые: деревянистые	Корни: живые: корневищные	Корни: мертвые	Корни: всего	Надземная масса
1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
V 1955	0—10	55,7	40,0	—	246,7	342,4	253
	10—25	31,2	29,8	—	84,0	145,0	
	25—50	18,1	14,6	—	92,0	124,7	
	0—50	105,0	84,4	—	422,7	612,1	
				т/га			
	0—50	1,050	0,844	—	4,227	6,121	2,53
				г/м²			
VIII 1955	0—10	47,2	78,4	—	385,6	511,2	351
	10—25	56,3	Нет	—	285,6	341,9	
	25—50	53,9	„	—	85,3	139,2	
	0—50	157,4	78,4	—	756,5	992,3	
				т/га			
	0—50	1,574	0,784	—	7,565	9,923	3,51
				г/м²			
XI 1955	0—10	63,5	23,5	—	321,9	418,9	295
	10—25	8,2	3,5	—	137,6	149,3	
	25—50	10,6	6,2	—	100,0	116,8	
	0—50	82,3	33,2	—	559,5	685,0	
				т/га			
	0—50	0,823	0,332	—	5,595	6,850	2,95

1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
II 1956	0—10	42,4	18,1	—	322,1	382,6	165
	10—20	17,0	5,6	—	88,5	111,1	
	20—30	10,7	3,5	—	20,0	34,2	
	30—40	6,7	10,7	—	31,2	48,6	
	40—50	4,6	16,6	—	19,2	40,4	
	0—50	81,4	54,5	—	481,0	616,9	
				т/га			
	0—50	0,814	0,545	—	4,810	6,169	1,65
				г/м²			
V 1956	0—10	111,7	9,1	—	288,0	408,8	269
	10—20	25,3	5,1	—	51,5	81,9	
	20—30	33,6	12,8	—	11,2	57,6	
	30—40	12,8	11,2	—	13,6	37,6	
	40—50	3,8	3,8	—	13,1	20,7	
	0—50	187,2	42,0	—	377,4	606,6	
				т/га			
	0—50	1,872	0,420	—	3,774	6,066	2,69
				г/м²			
VIII 1956	0—10	93,6	79,5	—	188,3	461,4	399
	10—20	32,8	54,4	—	146,4	233,6	
	20—30	30,4	156,8	—	76,8	264,0	
	30—40	17,1	70,4	—	41,6	129,1	
	40—50	12,8	18,4	—	28,0	59,2	
	0—50	186,7	379,5	—	481,1	1047,3	
				т/га			
	0—50	1,867	3,795	—	4,811	10,473	3,99
				г/м²			
XI 1956	0—10	20,0	113,6	—	235,2	368,8	237
	10—20	14,4	38,1	—	80,0	132,5	
	20—30	8,0	30,4	—	41,6	80,0	
	30—40	1,6	16,0	—	25,6	43,2	
	40—50	Нет	21,6	—	27,2	48,8	
	0—50	44,0	219,7	—	409,6	673,3	

1	2	3	4	5	6	7	8
				т/га			
	0—50	0,440	2,197	—	4,096	6,733	2,37
				г/м²			
V 1959	0—10	68,0	Нет	50,0	345,0	463,0	225
	10—20	30,0	„	35,0	92,5	157,0	
	20—30	17,5	„	Нет	75,0	94,5	
	30—40	8,0	„	„	26,4	34,4	
	40—50	Нет	„	„	13,3	13,3	
	0—50	123,5	„	85,0	552,2	762,7	
				т/га			
	0—50	1,235	Нет	0,850	5,522	7,627	2,25
				г/м²			
X 1959	0—10	92,5	43,7	55,0	325,0	516,2	318
	10—20	70,0	48,8	Нет	73,0	191,8	
	20—30	60,0	Нет	„	60,0	120,0	
	30—40	31,0	„	„	21,3	52,3	
	40—50	9,6	„	„	7,0	16,6	
	0—50	263,1	92,5	55,0	486,3	896,9	
				т/га			
	0—50	2,631	0,925	0,550	4,863	8,969	3,18
				г/м²			
	0—10	25,0	45,0	60,0	227,5	357,5	290
	10—20	20,0	18,8	Нет	102,5	141,3	
	20—30	17,0	Нет	„	65,0	82,0	
	30—40	13,0	„	„	12,0	25,0	
	40—50	5,0	„	„	6,0	11,0	
	0—50	80,0	63,8	60,0	413,0	616,8	
				т/га			
	0—50	0,800	0,638	0,600	4,130	6,168	2,90

Окончание табл. 50

1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
V 1960	0—10	55,3	89,2	60,7	277,0	482,2	283
	10—20	39,5	47,5	Нет	101,2	188,2	
	20—30	12,7	Нет	„	85,0	97,7	
	30—40	11,2	„	„	33,0	44,2	
	40—50	8,0	„	„	20,0	28,0	
	0—50	126,7	136,7	60,7	516,2	840,3	
				т/га			
	0—50	1,267	1,367	0,607	5,162	8,403	2,83
				г/м²			
VIII 1960	0—10	98,5	Нет	80,6	360,0	539,1	363
	10—20	72,0	78,6	Нет	87,4	238,0	
	20—30	40,4	21,4	„	58,6	120,4	
	30—40	15,6	Нет	„	29,4	45,0	
	40—50	10,3	„	„	15,6	25,9	
	0—50	236,8	100,0	80,6	551,0	968,4	
				т/га			
	0—50	2,368	1,00	0,806	5,510	9,684	3,63
				г/м²			
X 1960	0—10	47,5	Нет	50,0	282,5	380,0	302
	10—20	29,5	73,7	7,5	122,5	233,2	
	20—30	17,4	53,7	Нет	50,0	121,1	
	30—40	6,3	Нет	„	20,0	26,3	
	40—50	5,0	„	„	10,3	15,3	
	0—50	105,7	127,4	57,5	485,3	775,9	
				т/га			
	0—50	1,057	1,274	0,575	4,853	7,759	3,02

Летом запасы корней продолжают возрастать до 9—11 *т/га*. К осени растительность заканчивает цикл развития и отмирает. Корневые остатки разлагаются со значительной скоростью и масса корней уменьшается до 6—8 *т/га*.

В зимний период корневые остатки медленно разлагаются в анаэробных условиях.

Продуктивность надземной растительной массы изменяется по сезонам года в следующих пределах: весной — 2,2—

2,8 *т/га*, летом — 3,2—3,9 *т/га*, осенью — 2,4—3,0 *т/га*, зимой — 1,7 *т/га*.

В исследуемый период наиболее высокая продуктивность растительной массы наблюдалась в 1955 и 1956 гг., в 1959 и 1960 гг. она была более низкой.

Динамика биологических процессов (рис. 25, 28, 36). Весной отмирающие части корней растительности интенсивно разлагаются активной микрофлорой. В результате этого концентрация CO_2 в почвенном воздухе резко увеличивается до 0,30—0,48 об.%. Концентрация CO_2 в почвенном воздухе с глубиной возрастает вследствие незначительной газопроницаемости нижних слоев почвы. В почве накапливается незначительное количество водорастворимых органических веществ (0,7—1,3 *т/га*).

С наступлением летнего иссушения почвы жизнедеятельность микроорганизмов затухает, растительные остатки подвергаются минерализации и в почве накапливаются водорастворимые органические вещества в количестве 0,9—1,3 *т/га*. С падением биологической активности почвы отмечается снижение концентрации CO_2 в почвенном воздухе до 0,15—0,25 об.%. Последнее также объясняется усиленным газообменом между почвенным и атмосферным воздухом вследствие пронизанности почвы трещинами.

В осенний период можно ожидать некоторого повышения активности биологических процессов и разложения растительных остатков. В процессе разложения корней в почве образуются водорастворимые органические вещества в количестве до 1,5 *т/га*. В зимнее время в верхних слоях почвы биологическая деятельность под влиянием пониженных температур угнетается, но в глубоких теплых слоях она сохраняется. В связи с этим концентрация CO_2 в почвенном воздухе глубоких слоев возрастает. В почве накапливается максимальное количество водорастворимого гумуса (1,6 *т/га*). Водорастворимые органические вещества вымываются осадками, вследствие чего количество гумуса на некоторой глубине увеличивается за счет верхних слоев.

В темно-каштановой почве в 1955 и 1956 гг. наблюдалась более высокая активность биологической деятельности, чем в 1959 и 1960 гг., что наглядно видно по изменениям концентрации CO_2 в почвенном воздухе (рис. 28).

Светло-каштановая почва

Исследования проведены в 1959 г.

Режим температуры и влажности почвы (рис. 29 и 36). Весной оптимальная температура воздуха (21° С) и почвы

(19° С), способствующая активизации биологической деятельности, наступает в апреле. В мае температура поверхности почвы повышается до 24° С, тогда как в глубоких слоях температура почвы бывает более пониженной. Выпадающие атмосферные осадки (до 35 *мм*) достаточно хорошо увлажняют почву, запасы почвенной влаги изменяются в пределах 2200—2900 *м³/га*.

Летом температура верхних слоев возрастает до 27° С, а в более глубоких горизонтах постепенно понижается. По сравнению с весенним периодом в летнее время запасы почвенной влаги снижаются мало и составляют более 1800 *м³/га*. Это объясняется тем, что летом выпадает значительное количество осадков (от 21 до 43 *мм*).

Осенью (сентябрь и октябрь) температура воздуха и почвы понижаются, *а запасы почвенной* влаги возрастают до 2900 *м³/га*.

Динамика растительной массы (табл. 51). Запасы растительной массы в почве в ранне-весенний период составляют 8,2 *т/га* и представлены в основном полуразложившимися остатками.

В период весеннего разгара вегетации растительности запасы корней достигают максимальных величин (15,7 *т/га*), причем корневые остатки подвергаются минерализации особенно быстро в летний период.

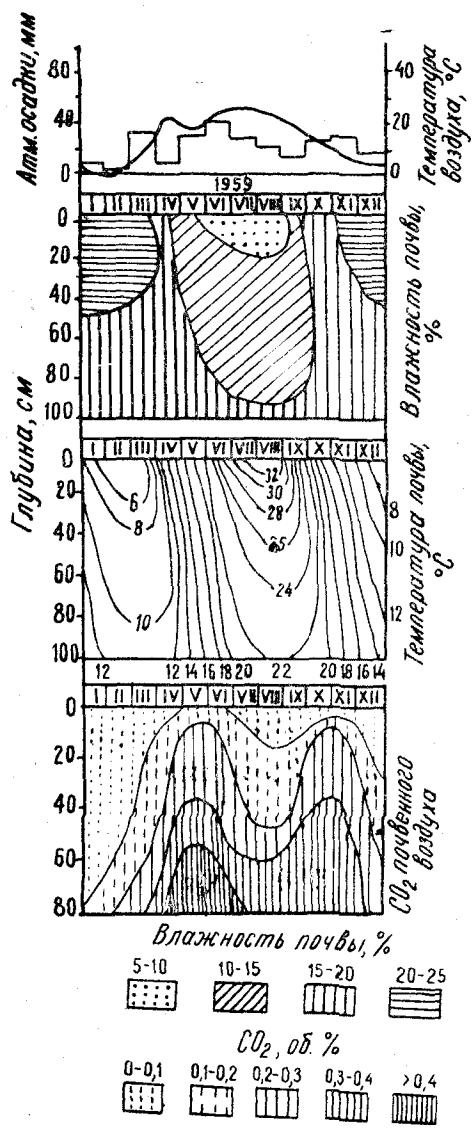


Рис. 29. Динамика влажности, температуры и CO_2 почвенного воздуха в светло-каштановой почве

Таблица 51

Динамика содержания и состава растительной массы в светло-каштановых почвах

Дата	Горизонт, *см*	Корни: живые: травянистые	Корни: живые: деревянистые	Корни: живые: корневищные	Корни: мертвые	Корни: всего	Надземная масса
1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
III 1959	0—10	Нет	Нет	257,0	313,2	570,2	12
	10—20	„	„	56,2	94,2	150,4	
	20—30	„	„	5,2	87,5	92,7	
	30—40	„	„	Нет	15,0	15,0	
	40—50	„	„	„	Нет	Нет	
				т/га			
	0—50	Нет	Нет	3,184	5,099	8,283	0,12
				г/м²			
V 1959	0—10	Нет	Нет	640,0	470,0	1110,0	150
	10—20	„	„	166,7	137,2	303,9	
	20—30	„	„	30,5	82,5	113,0	
	30—40	„	„	12,6	18,2	30,8	
	40—50	„	„	Нет	12,0	12,0	
				т/га			
	0—50	Нет	Нет	8,498	7,199	15,697	1,50
				г/м²			
VIII 1959	0—10	Нет	Нет	616,7	420,0	1036,7	278
	10—20	„	„	189,0	47,5	236,5	
	20—30	„	„	25,3	42,3	67,6	
	30—40	„	„	6,2	15,7	21,9	
	40—50	„	„	Нет	Нет	Нет	
				т/га			
	0—50	Нет	Нет	8,372	5,255	13,627	2,78

Окончание табл. 51

1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
X 1959	0—10	Нет	Нет	473,5	340,0	813,5	134
	10—20	„	„	102,7	39,6	142,3	
	20—30	„	„	12,3	32,0	44,3	
	30—40	„	„	5,0	12,7	17,7	
	40—50	„	„	Нет	Нет	Нет	
				т/га			
	0—50	Нет	Нет	5,935	4,243	10,178	1,34

Продуктивность надземной массы растительности от весны последовательно возрастает к лету (до 2,8 *т/га*) и резко уменьшается к осени.

Интенсивность биологических процессов (рис. 25, 29, 36). В весенний и осенний периоды гидротермические условия благоприятствуют активизации биологической деятельности в почве. В эти периоды количество водорастворимых органических веществ в почве резко уменьшается до 0,80—1,25 *т/га*, а концентрация CO_2 в почвенном воздухе повышается до 0,3 об. %. В летний период биологическая деятельность немного ослабляется лишь в верхних иссушенных слоях почвы.

В светло-каштановой почве мы имели возможность провести определения в динамике нитратов и аммиака (табл. 52).

Таблица 52

Динамика нитратов и аммиака в светло-каштановой почве (*мг* на 1 *кг* абсолютно сухой почвы), 1959

Слой почвы, *см*	III	V	VIII	X
		Нитраты		
0—15	1,9	4,6	8,8	2,3
15—30	2,3	2,9	1,6	2,8
30—45	2,2	4,0	Следы	Следы
45—60	1,7	2,9	Нет	Нет
60—100	1,7	Нет	„	„
Ср. 0—100	1,89	2,16	1,56	0,77
		Аммиак		
0—15	0,5	4,0	1,1	1,4
15—30	0,5	2,7	0,5	1,6
30—45	0,4	2,8	0,5	0,3
45—60	0,7	3,2	0,4	0,3
60—100	0,8	3,0	0,4	0,3
Ср. 0—100	0,65	3,12	0,55	0,70

В ранне-весенний и весенний периоды в почве накапливается некоторое количество нитратов (1,9—2,2 *мг/кг* почвы). К осени содержание нитратов уменьшается. Увеличение нитратов, отмечаемое в летнее время в верхнем горизонте почв, вызывается передвижением их из нижних слоев под влиянием высыхания почвы.

Наибольшее количество аммиака наблюдается в переходный весенне-летний период (более 3 *мг/кг* почвы). Летом количество его резко уменьшается и немного возрастает осенью, когда усиливается деятельность аммонифицирующих бактерий.

Сероземно-бурая осолоделая почва

Исследования проведены в 1955 и 1956 гг.

Режим температуры и влажности почвы (рис. 30 и 36). В сероземно-бурых осолоделых почвах наиболее благоприятные для биологических процессов гидротермические условия складываются весной (апрель и май), когда температура воздуха достигает 12,5—16,6° С, почва равномерно прогревается до 15—21° С. В этот период выпадает 26—37 *мм* атмосферных осадков, которые увлажняют почву, создавая запасы почвенной влаги в количестве 2130 *м³/га*.

В летнее время температура воздуха поднимается до 27° С, а верхние слои почвы нагреваются до 39° С, иногда температура поверхности почвы достигает 65° С. В это время выпадает крайне мало атмосферных осадков, а в некоторые годы в течение июля и августа отмечается полное отсутствие осадков. Благодаря быстрому испарению осадки не производят сколько-нибудь значительного увлажнения почвы. Коэффициент увлажнения снижается до 0,2. В этих условиях почва сильно иссушается, запасы почвенной влаги уменьшаются до 1650—1730 *м³/га*, а влажность верхнего слоя почвы составляет 4,8%. Почва пронизывается трещинами, что способствует иссушению ее более глубоких горизонтов. Аэрация почвы сильно возрастает. Наибольшая амплитуда колебания температуры и влажности отмечается в верхних слоях почвы, книзу она уменьшается.

Осенью выпадает 25—52 *мм* осадков, а температура воздуха снижается с 25 до 9° С. Температура верхнего слоя почвы снижается до 8,5—11,5° С, но в глубоких слоях почвы остается высокой.

Осенние осадки промачивают лишь верхние слои почвы, нижние слои остаются по-прежнему иссушенными, запасы почвенной влаги крайне незначительны — 1510—1880 *м³/га*.

В зимний период наблюдается увеличение количества атмосферных осадков от 18 до 71 *мм*. Эти осадки при темпера-

туре воздуха 2,9—5,2° С хорошо увлажняют только верхние слои почвы, влажность которых в феврале составляет 22,9%. Нижние слои почвы являются недостаточно увлажненными и успевают пропитаться почвенной влагой только к весне. Температура поверхности почвы низкая: 3,9—5,7° С.

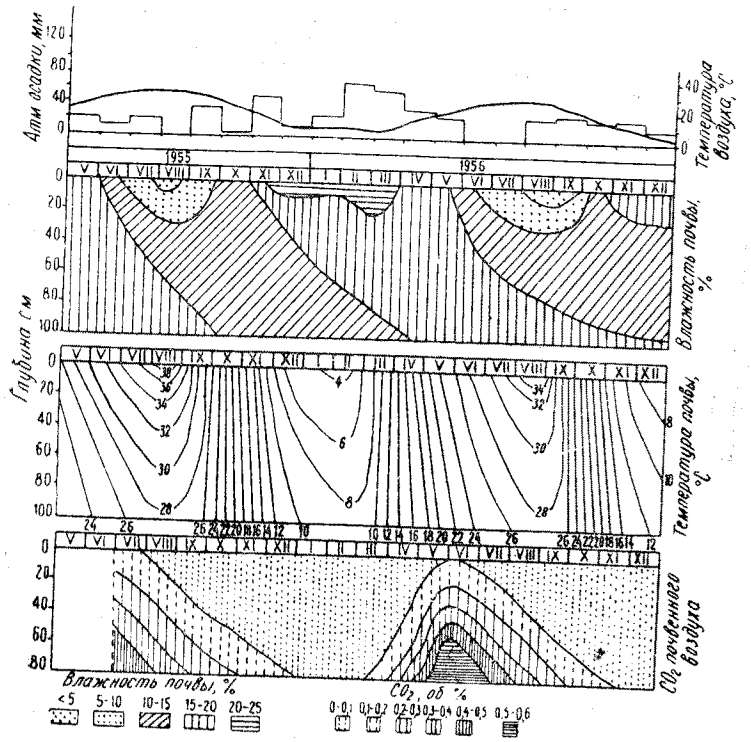


Рис. 30. Динамика влажности, температуры и CO_2 почвенного воздуха в сероземно-бурой осолоделой почве

По климатическим условиям 1955 и 1956 гг. между собою мало различаются.

Динамика растительной массы (табл. 53). Весной (в апреле) начинается отрастание полынно-эфемеровой растительности. Бурное нарастание растительной массы продолжается до конца мая, когда запасы корней в почве достигают 14,8—17,8 *т/га*, а продуктивность надземной массы — 1,90—2,20 *т/га*.

Чрезмерная иссушенность почвы в начале лета приводит к полному выгоранию растительности. Период засухи начинается с середины мая и продолжается до конца октября. В этот период надземная масса представлена лишь голыми стеблями полыни с небольшим количеством веточек на верхушке, эфемеры полностью высыхают. Надземная масса умень-

Таблица 53

Динамика содержания и состава растительной массы в сероземно-бурых осолоделых почвах

Дата	Горизонт, см	Корни: живые: травянистые	Корни: живые: деревянистые	Корни: живые: корневищные	Корни: мертвые	Корни: всего	Надземная масса
1	2	3	4	5	6	7	8
		г/м²					
V 1955	0—10	160,0	122,6	—	1153,6	1436,2	190
	10—25	33,6	11,5	—	246,4	291,5	
	25—50	11,2	5,0	—	35,0	52,8	
	0—50	204,8	139,7	—	1436,0	1780,5	
		т/га					
	0—50	2,048	1,397	—	14,360	17,805	1,90
		г/м²					
VIII 1955	0—10	146,4	61,8	—	793,8	1002,0	151
	10—25	Нет	20,8	—	243,2	264,0	
	25—50	„	23,2	—	74,6	97,8	
	0—50	146,4	105,8	—	1111,6	1363,8	
		т/га					
	0—50	1,464	1,058	—	11,116	13,638	1,51
		г/м²					
XI 1955	0—10	150,4	61,1	—	732,6	944,1	172
	10—25	94,4	1,6	—	184,6	280,6	
	25—50	9,9	Нет	—	109,6	119,5	
	0—50	254,7	62,7	—	1026,8	1344,2	
		т/га					
	0—50	2,547	0,627	—	10,268	13,442	1,72

Окончание табл. 53

1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
II 1956	0—10	261,1	95,8	—	204,4	651,3	157
	10—20	28,8	Нет	—	68,8	97,6	
	20—30	9,4	„	—	70,4	79,8	
	30—40	Нет	„	—	14,4	14,4	
	40—50	„	„	—	5,6	5,6	
	0—50	299,3	95,8	—	453,6	848,7	
				т/га			
	0—50	2,993	0,958	—	4,356	8,487	1,57
				г/м²			
V 1956	0—10	183,4	44,2	—	1024,9	1252,5	220
	10—20	31,5	3,2	—	98,4	133,1	
	20—30	23,5	1,6	—	41,1	66,2	
	30—40	Нет	Нет	—	28,8	28,8	
	40—50	„	„	—	1,6	1,6	
	0—50	238,4	49,0	—	1194,8	1482,2	
				т/га			
	0—50	2,384	0,490	—	11,948	14,822	2,20
				г/м²			
VIII 1956	0—10	70,4	83,2	—	664,8	818,4	168
	10—20	22,4	25,9	—	129,6	177,9	
	20—30	12,5	21,1	—	67,2	100,8	
	30—40	Нет	20,3	—	50,4	70,7	
	40—50	„	19,2	—	32,0	51,2	
	0—50	105,3	169,7	—	944,0	1219,0	
				т/га			
	0—50	1,053	1,697	—	9,440	12,190	1,68
				г/м²			
XI 1956	0—10	44,8	95,2	—	547,2	687,2	200
	10—20	19,2	23,2	—	192,8	235,2	
	20—30	42,4	Нет	—	51,2	93,6	
	30—40	7,2	„	—	8,8	16,0	
	40—50	Нет	„	—	3,2	3,2	
	0—50	113,6	118,4	—	803,2	1035,2	
				т/га			
	0—50	1,136	1,184	—	8,032	10,352	2,00

шается до 1,5—1,7 *т/га*, а запасы корней снижаются до 12,2—13,6 *т/га*. Возможно, резкое снижение содержания корней в почве за летний период вызвано химическим окислением их при высоких температурах и глубоким распадом.

Осенью продуктивность надземной массы повышается до 1,7—2,0 *т/га*, вследствие развития у полыни генеративных органов. Полынь в это время достигает полной зрелости, цветет и плодоносит. Однако запасы корней продолжают снижаться, так как происходит интенсивное разложение активной микрофлорой.

Зимой, в условиях некоторой увлажненности и положительной температуры почвы, корневые остатки растительности в значительной мере разлагаются и общий запас корней в почве к февралю снижается до 8,5 *т/га*. Резко уменьшается также масса надземной части растений.

Интенсивность биологических процессов (рис. 25, 30 и 36). Весной гидротермические условия благоприятствуют активизации жизнедеятельности микроорганизмов. Наряду с накоплением в почве корней растительности, интенсивно протекают процессы их отмирания и последующего разложения. Вследствие этого концентрация CO_2 в почвенном воздухе возрастает до 0,31 об. %. Количество CO_2 в почвенном воздухе с глубиной увеличивается. В этот период водорастворимые органические вещества используются активной микрофлорой в качестве источника питания, их количество в почве уменьшается до 0,79—1,27 *т/га*.

Летом при сильной иссушенности и высокой температуре почвы жизнедеятельность микроорганизмов выражена весьма слабо, концентрация CO_2 в почвенном воздухе уменьшается до 0,14—0,22 об. %. Содержание углекислоты снижается также в связи с усиленным газообменом между почвенным и атмосферным воздухом благодаря пронизанности почвы глубокими трещинами.

В условиях юга, где поверхностные горизонты почвы нагреваются в летний период до температуры 60—70° С, при которой основная масса микроорганизмов погибает, имеет место частичная стерилизация почв, после которой возможно остаются отдельные виды термофилов, энергично разлагающих органическое вещество.

В результате минерализации растительных остатков при высокой температуре и свободном доступе кислорода в почве образуется большое количество водорастворимого гумуса — около 1,4 *т/га*.

В осенний период биологическая деятельность активизируется в течение непродолжительного времени (ноябрь) и притом лишь в верхних слоях почвы, которые несколько увлажняются осенними осадками. Нижние горизонты почв оста-

ются иссушенными и почти безжизненными. Вследствие этого концентрация CO_2 в почвенном воздухе, особенно в нижних слоях почвы, невелика и составляет 0,07—0,08 об.%. Содержание водорастворимых веществ в почве повышается до 1,6—1,7 *т/га*.

Зимой биологическая деятельность значительно ослаблена и концентрация CO_2 в почвенном воздухе продолжает последовательно уменьшаться до 0,03 об.%. Однако благодаря положительной температуре и достаточной увлажненности почвы корневые остатки растительности в зимний период разлагаются в условиях временного слабого анаэробиозиса. Это приводит к накоплению в почве в течение зимы большого количества водорастворимых органических веществ — до 1,8 *т/га*.

В течение исследуемых 1955 и 1956 гг. биологическая деятельность в почве протекала примерно одинаково.

Сероземная почва

Исследования проведены в 1955 и 1956 гг.

Режим температуры и влажности почвы (рис. 31, 37). Весной выпадает сравнительно большое количество атмосферных осадков (20—51 *мм*). Температура воздуха поднимается с 3,8 до 15,3° С, а температура поверхности почвы с 4,6 до 22,4° С. При повышенных температурах выпадающие атмосферные осадки в значительной мере испаряются. Вследствие этого почва недостаточно увлажнена и запасы почвенной влаги составляют 1580—1760 *м³/га*.

Летом вследствие выпадения крайне незначительного количества осадков (0,6—8,0 *мм*) при высокой температуре воздуха (от 20,0 до 26,2° С) почва сильно иссушается и запасы почвенной влаги снижаются до минимальных величин — 1270—1350 *м³/га*. С мая по октябрь почва сильно нагревается. Максимальная температура почвы в августе достигает 67°. Средняя температура метрового слоя почвы очень высокая от +28,4 до +30,4° С). Выпадающие осадки вследствие засушливости полностью испаряются с поверхности почвы. Влажность поверхностных слоев почвы колеблется в пределах 3,4—5,9%. В почве образуются глубокие трещины.

Осенью выпадает значительное количество атмосферных осадков (12—65 *мм*), температура воздуха снижается от 22,2 до 11,2° С. Хорошо увлажняются верхние слои почвы, тогда как нижние горизонты остаются иссушенными. Запасы почвенной влаги по сравнению с летним периодом возрастают до 1770—1830 *м³/га*.

В зимнее время выпадает незначительное количество атмосферных осадков — от 7,5 до 25,0 *мм*. Однако из-за пониженных температур воздуха (2,6—6,7° С) они увлажняют почву, увеличивая запасы почвенной влаги до 2210 *м³/га*. Особенно хорошо промачиваются верхние слои почвы, их влажность в феврале достигает 25,4%. Глубокие горизонты достаточно увлажняются только весной, когда выпадает большое количество осадков. Температура поверхности почвы снижается в феврале до +4,6° С, но в глубинных горизонтах повышается до +7,8° С.

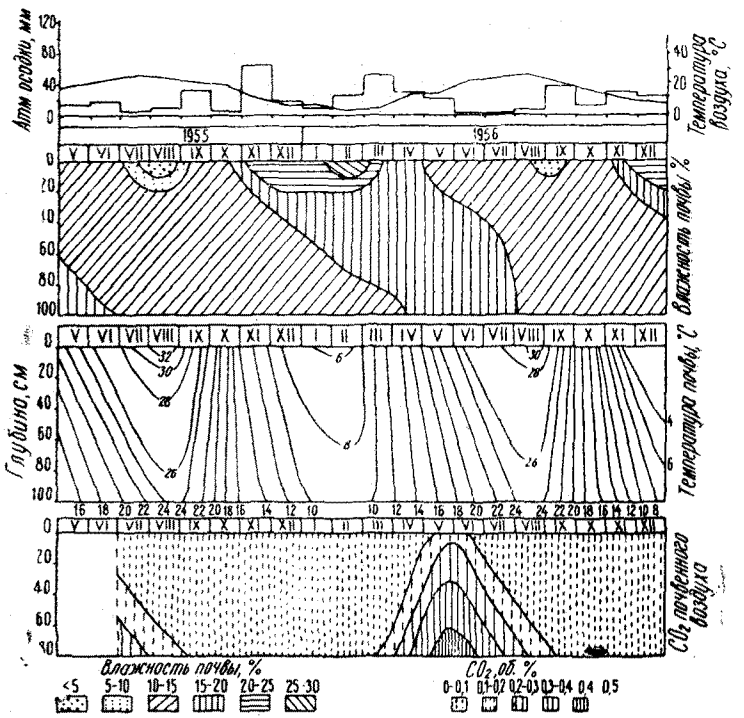


Рис. 31. Динамика влажности, температуры и CO_2 почвенного воздуха в сероземной почве

1955 г. по сравнению с 1956 г. является более засушливым. В течение 1955 г. температура воздуха была сравнительно более высокой, а атмосферных осадков выпало меньше (за исключением ноября), чем в 1956 г.

Динамика растительной массы (табл. 54). Развивающаяся весной эфемеровая растительность продуцирует к концу весны 0,75—0,95 *т/га* надземной массы и 4,5—6,5 *т/га* корней. Заканчивающая вегетацию в начале лета растительность выгорает, значительная часть сухих остатков сносится ветром, в почве сохраняются до осени лишь семена эфемеров. Надзем-

Таблица 54

Динамика содержания и состава растительной массы в сероземных почвах

Дата	Горизонт, *см*	Корни: живые: травянистые	Корни: живые: деревянистые	Корни: живые: корневищные	Корни: мертвые	Корни: всего	Надземная масса
1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
V 1955	0—10	62,9	13,6	—	190,5	267,0	95,4
	10—25	52,6	Нет	—	89,9	142,5	
	25—50	17,1	„	—	25,6	42,7	
	0—50	132,6	13,6	—	306,0	452,2	
				т/га			
	0—50	1,326	0,136	—	3,060	4,522	0,954
				г/м²			
VIII 1955	0—10	58,4	Нет	—	316,0	374,4	11,9
	10—25	25,9	„	—	151,7	177,6	
	25—50	4,8	„	—	35,8	40,6	
	0—50	89,1	„	—	503,5	592,6	
				т/га			
	0—50	0,891	Нет	—	5,035	5,926	1,19
				г/м²			
XI 1955	0—10	83,2	7,5	—	310,0	400,7	83
	10—25	14,7	Нет	—	53,9	58,6	
	25—50	10,4	„	—	32,0	42,4	
	0—50	108,3	7,5	—	395,9	511,7	
				т/га			
	0—50	1,083	0,075	—	3,959	5,117	0,83

Окончание табл. 54

1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
II 1956	0—10	76,6	4,0	—	183,7	264,3	43,0
	10—20	24,8	3,2	—	92,2	120,3	
	20—30	7,2	4,8	—	21,6	33,6	
	30—40	2,7	Нет	—	12,0	14,7	
	40—50	Нет	„	—	2,9	2,9	
	0—50	111,3	12,0	—	312,4	435,7	
				т/га			
	0—50	1,113	0,12	—	3,124	4,357	0,43
				г/м²			
V 1956	0—10	101,8	—	—	310,1	411,9	75,0
	10—20	54,1	—	—	100,2	154,3	
	20—30	26,7	—	—	31,2	57,9	
	30—40	7,2	—	—	12,3	19,5	
	40—50	2,6	—	—	10,6	13,2	
	0—50	192,4	—	—	464,4	656,8	
				т/га			
	0—50	1,924	—	—	4,644	6,568	0,75
				г/м²			
VIII 1956	0—10	71,2	9,6	—	472,0	552,8	136
	10—20	28,3	10,9	—	41,6	80,8	
	20—30	15,2	10,4	—	16,0	41,6	
	30—40	7,2	4,8	—	8,0	20,0	
	40—50	Нет	Нет	—	Нет	Нет	
	0—50	121,9	35,7	—	537,6	695,2	
				т/га			
	0—50	1,129	0,357	—	5,376	6,952	1,36
				г/м²			
XI 1956	0—10	83,2	Нет	—	183,2	266,4	97
	10—20	53,6	„	—	51,2	104,8	
	20—30	4,8	„	—	29,6	34,4	
	30—40	Нет	„	—	12,8	12,8	
	40—50	„	„	—	Нет	Нет	
	0—50	141,6	„	—	276,8	418,4	
				т/га			
XI 1956	0—50	1,416	Нет	—	2,768	4,184	0,97

373—13

ная масса эфемеров к этому времени достигает 1,2 *т/га*, общая масса корней незначительна и составляет 5,9—6,9 *т/га*.

Осенью гидротермические условия благоприятствуют вегетации эфемеровой растительности. Она отрастает, перезимовывает и развивает вегетативную массу весной. Накопившаяся в почве за летний период корневая масса подвегается разложению, вследствие чего запасы мертвых корней по сравнению с летним периодом уменьшаются до 4,2 *т/га*.

Некоторая часть надземной и корневой массы растительности разлагается также и зимой. Запасы надземной массы к февралю снижаются до 0,43 *т/га*, корней до 4,3 *т/га*, в их составе мертвых до 3 *т/га*.

Эфемеровая растительность в 1956 г. отличалась гораздо более высокой продуктивностью, чем в 1955 г.

Интенсивность биологических процессов. (рис. 25, 31, 37). К концу весны в почве наблюдается некоторое оживление биологической деятельности.

В почвенном воздухе вследствие интенсивного дыхания корневой системы растительности и активности микробиологических процессов содержится сравнительно большое количество углекислоты: концентрация CO_2 достигает 0,28 об.%. Наблюдаемое увеличение концентрации CO_2 с глубиной свидетельствует о понижении книзу газопроницаемости почвы.

Содержание воднорастворимых органических веществ в почве уменьшается до 0,89—1,29 *т/га*. Возможно, они частично используются микрофлорой, а значительная часть воднорастворимых органических веществ вымывается осадками в более глубокие слои и там закрепляется.

Летом в процессе минерализации растительных остатков в почве увеличивается количество воднорастворимого гумуса (0,9—1,3 *т/га*). Биологическая деятельность в почве выражена слабо. В почве усиливается газообмен между почвенным и атмосферным воздухом, концентрация CO_2 в почвенном воздухе снижается до 0,05—0,13 об.%.

Осенью наблюдается активизация биологической деятельности только в верхнем увлажненном осенними осадками слое почвы. Вследствие этого концентрация CO_2 в почвенном воздухе в верхних слоях более высокая, чем в нижних. В процессе разложения растительных остатков в почве образуется большое количество воднорастворимого гумуса (1,36—1,73 *т/га*).

Зимой биологическая деятельность ослабляется и концентрация CO_2 в почвенном воздухе уменьшается до 0,03 об.%. Количество воднорастворимых органических веществ в течение зимы возрастает до 1,78 *т/га*.

Аллювиальная сероземная почва

Исследования проведены в 1959 и 1960 гг.

Температурный и водный режим почвы (рис. 32 и 37). Весной (с апреля) температура воздуха значительно возрастает (12—19° С). В 1959 г. осадков выпало меньше (6—8 *мм*), чем в 1960 г. (17—38 *мм*). В связи с этим запасы почвенной влаги в 1959 г. составляли 2730 *м³/га*, а в 1960 г. — 3160 *м³/га*.

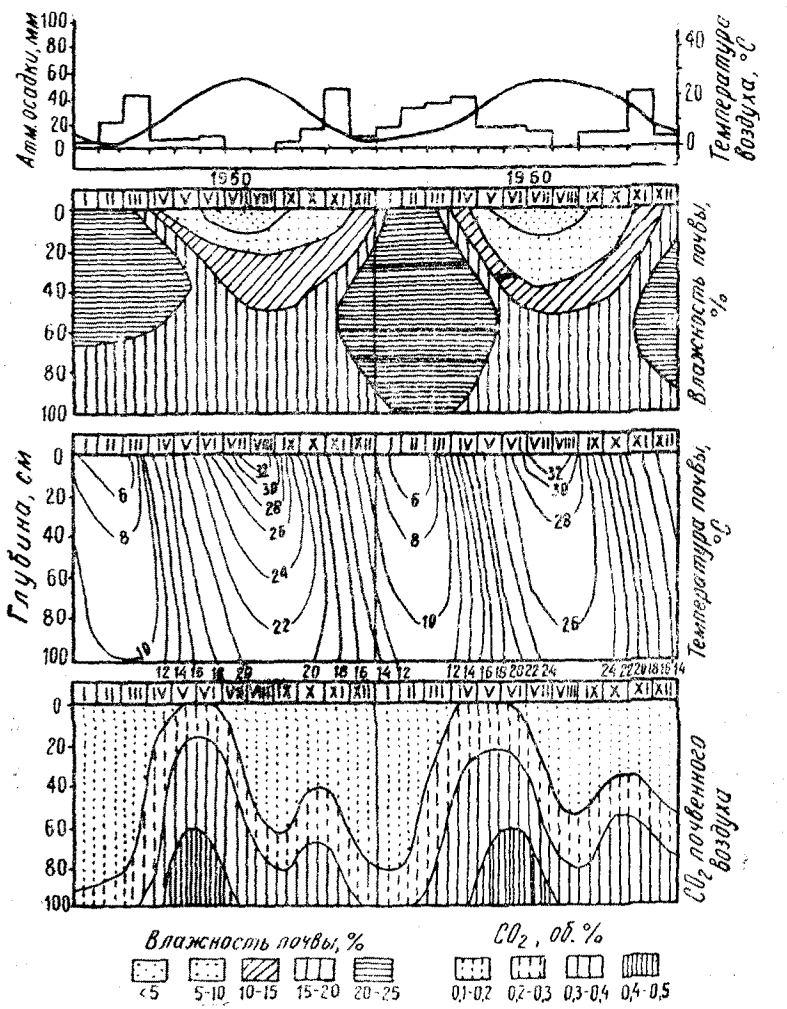


Рис. 32. Динамика влажности, температуры и CO_2 почвенного воздуха в аллювиальной сероземной почве

В летнее время (особенно в июле и августе) почти не выпадает осадков. Особенно высокой засушливостью отличался 1959 г. Запасы почвенной влаги в 1959—1960 гг. снизились до 1900—2100 *м³/га*. В связи с высокой температурой воздуха (около 26° С) поверхностные слои почвы нагреваются до 35° С, а влажность их падает до 3—4% влажности.

Осенью выпадает мало осадков. Но они благодаря понижению температуры воздуха достаточно хорошо увлажняют почву. Запасы почвенной влаги возрастают до 2600 *м³/га*. Температура почвы снижается до 15—19° С.

Аллювиальная сероземная почва в 1959 г. отличалась более высокой иссушенностью и повышенной температурой, чем в 1960 г.

Динамика растительной массы (табл. 55). Продуктивность корневой массы растительности, начиная с ранней весны (когда запасы корней составляли 7 *т/га*), последовательно возрастает к концу весны до 10—13 *т/га* и далее достигает в первой половине лета 17—18 *т/га*.

Разложение корневых масс происходит преимущественно в осенний период. Надземная масса растительности по сезонам года составляла: ранней весной 0,6 *т/га*, весной 0,9—1,9 *т/га*, летом 2,2—2,9 *т/га* и осенью 1,6 *т/га*. В 1960 г. запасы надземной и корневой массы в почве были выше, чем в 1959 г.

Интенсивность биологических процессов (рис. 25, 32, 37). Весной (апрель, май) и осенью (октябрь и ноябрь) гидротермические условия способствуют бурной биологической активности почвы и интенсивному разложению растительных остатков. Концентрация CO_2 в почвенном воздухе весной возрастает до 0,30—0,38, а осенью до 0,16—0,21 об.%. Количество воднорастворимых органических веществ в почве весной составляет 1,0—1,6 *т/га* и резко уменьшается в осенний период (0,7—0,8 *т/га*).

Летом вследствие сильного иссушения и перегрева почвы наступает депрессия биологической деятельности, концентрация CO_2 в почвенном воздухе снижается до 0,18—0,22 об.%. Количество воднорастворимых органических веществ в почве несколько увеличивается.

Процесс нитрификации в сероземно-аллювиальных почвах протекает несколько замедленно вследствие незначительного содержания в почве гумуса и сильного летнего иссушения. Данные по содержанию нитратов и аммиака приведены в табл. 56. Содержание нитратов в метровом слое почвы последовательно уменьшается от ранней весны к осени. Наибольшее количество аммиака продуцируется почвой в весен-

Таблица 55

Динамика содержания и состава растительной массы в аллювиальных сероземных почвах

Дата	Горизонт, *см*	Корни: живые: травянистые	Корни: живые: деревянистые	Корни: живые: корневищные	Корни: мертвые	Корни: всего	Надземная масса
1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
III 1959	0—10	182,4	Нет	Нет	328,0	510,4	63
	10—20	53,0	„	„	57,4	110,4	
	20—30	30,7	„	„	33,4	64,1	
	30—40	18,3	„	„	25,0	43,3	
	40—50	Нет	„	„	14,6	14,6	
				т/га			
	0—50	2,844	Нет	Нет	4,484	7,428	0,63
				г/м²			
V 1959	0—10	338,2	Нет	„	570,5	908,7	193
	10—20	81,0	„	„	100,0	181,0	
	20—30	49,5	„	„	52,5	102,0	
	30—40	35,4	„	„	35,2	70,6	
	40—50	18,8	„	„	26,0	44,8	
				т/га			
	0—50	5,229	Нет	Нет	7,842	13,071	1,93
				г/м²			
VIII 1959	0—10	424,3	Нет	Нет	802,5	1226,8	257
	10—20	83,0	„	„	205,0	288,0	
	20—30	38,8	„	„	82,6	121,4	
	30—40	20,4	„	„	40,4	60,8	
	40—50	16,6	„	„	28,6	45,2	
				т/га			
	0—50	5,831	Нет	Нет	11,591	17,422	2,57

Окончание табл. 55

1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
	0—10	354,0	Нет	Нет	678,0	1032,0	
	10—20	67,3	„	„	180,0	247,3	
X 1959	20—30	23,4	„	„	160,4	183,8	164
	30—40	16,4	„	„	32,1	48,5	
	40—50	13,8	„	„	19,6	33,4	
				т/га			
	0—50	4,749	Нет	Нет	10,701	15,450	1,64
				г/м²			
	0—10	207,0	Нет	Нет	480,3	687,3	
	10—20	50,4	„	„	97,8	148,2	
IV 1960	20—30	32,4	„	„	50,3	82,7	94
	30—40	20,3	„	„	28,4	48,7	
	40—50	Нет	„	„	22,3	22,3	
				т/га			
	0—50	3,101	Нет	Нет	679,1	9,892	0,94
				г/м²			
	0—10	376,0	Нет	Нет	844,0	1220,0	
	10—20	120,0	„	„	244,0	364,0	
VI 1960	20—30	48,0	„	„	72,0	120,0	220
	30—40	30,0	„	„	53,4	83,4	
	40—50	19,3	„	„	31,0	50,3	
				т/га			
	0—50	5,933	Нет	Нет	12,444	18,377	2,20
				г/м²			
	0—10	324,0	Нет	„	689,0	1013,0	
	10—20	108,0	„	„	169,0	277,0	
IX 1960	20—30	44,5	„	„	53,6	98,1	289
	30—40	32,3	„	„	37,0	69,3	
	40—50	20,5	„	„	26,9	47,4	
				т/га			
	0—50	5,293	Нет	Нет	9,755	15,048	2,89

Таблица 56

Динамика нитратов и аммиака в сероземно-аллювиальной почве (*мг/кг* абсолютно сухой почвы)

Слой почвы, *см*	1959				1960			
	III	V	VIII	X	IV	VI	IX	XI
				Нитраты				
0—15	4,2	5,2	3,3	2,3	3,2	4,3	2,8	2,5
15—30	1,8	Следы	3,0	1,2	2,9	1,5	2,2	2,0
30—45	1,7	Следы	Следы	Следы	1,5	Следы	Следы	Следы
45—60	1,6	Нет	Нет	Нет	Следы	Нет	Следы	Нет
60—100	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Ср.0—100	1,39	0,78	0,95	0,50	1,05	0,83	0,71	0,64
				Аммиак				
0—15	0,6	3,9	1,0	0,8	2,1	0,3	Следы	1,0
15—30	0,4	3,3	0,8	0,8	1,3	Следы	1,9	0,7
30—45	0,6	2,9	0,7	0,7	1,8	Следы	Следы	0,7
45—60	0,6	2,9	0,5	0,6	1,8	Нет	Нет	0,6
60—100	0,5	2,7	0,5	0,6	1,8	Нет	Нет	0,5
Ср. 0—100	0,54	3,06	0,53	0,67	1,26	Следы	0,27	0,5

не-летний период (в мае в почве содержится аммиака более 3 *мг/кг*), затем летом количество его благодаря окислению до нитратов уменьшается и несколько возрастает осенью.

Сероземно-луговая почва

Исследования проведены в 1959 и 1960 гг.

Режим температуры и влажности почвы (рис. 25, 33, 37). Ранней весной выпадает большое количество атмосферных осадков (60—80 *мм*). Температура воздуха относительно низкая (около 5° С). Сильно охлаждаются верхние горизонты почвы до 7° С), вглубь температура почвы последовательно возрастает до 9,6° С. Запасы почвенной влаги высокие — 3200 *м³/га*.

Начиная с апреля, температура воздуха находится на оптимальном уровне и способствует усилению биологической активности. К концу весны (май) температура почвы возрастает до 25° С, а запасы почвенной влаги понижаются до 1960 *м³/га*.

Характер изменения температуры поверхности почвы в течение года такой же, как и температуры воздуха, но температура почвы выше температуры воздуха. Весьма сильное нагревание поверхности почвы имеет место в июле — августе

(33° С). В этот период выпадает мало атмосферных осадков (1—17 *мм*) и запасы почвенной влаги в почве уменьшаются до 1600—1780 *м³/га*.

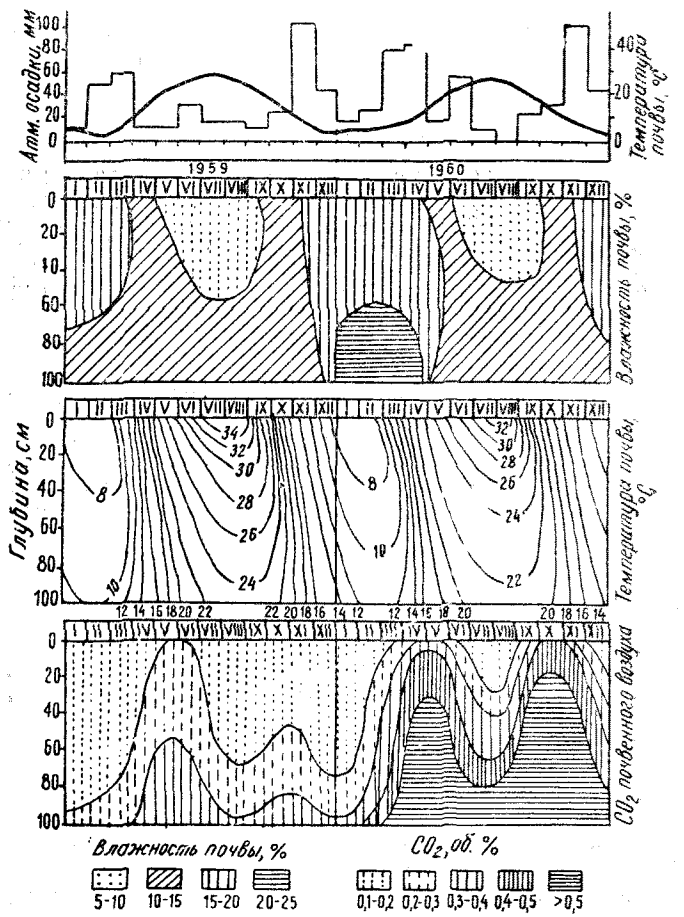


Рис. 33. Динамика влажности, температуры и CO_2 почвенного воздуха в сероземно-луговой почве

В июне при наличии высокой температуры воздуха и почвы выпадает большое количество осадков (32—58 *мм*), вследствие чего создаются гидротермические условия, благоприятные для биологической деятельности почвы.

Осенью (октябрь и ноябрь) начинаются дожди и увлажненность почвы возрастает. Запасы почвенной влаги составляют 2800—2950 *м³/га*.

В 1959 г. атмосферных осадков выпало значительно меньше, чем в 1960 г.; в то же время температура воздуха и почвы в 1959 г. по сравнению с 1960 г. была более повышенной. На водный режим данной почвы оказывает влияние близкозалегающие грунтовые воды.

Динамика растительной массы (табл. 57). Вегетация растительности начинается ранней весной, причем накапливается большая растительная масса (17,3—18,8 *т/га*). К концу весны наступает разгар вегетации луговой растительности и в почве накапливается огромная масса корней (24,7—26,7 *т/га*).

В осенний период растительные остатки интенсивно разлагаются, вследствие чего запасы корней в почве резко снижаются (17,2—22,6 *т/га*).

В 1960 г. продуктивность корневой массы в почве была более повышенная, чем в 1959 г. Запасы надземной массы растительности по сезонам года изменились в следующих пределах: ранней весной 1,6 *т/га*, весной 2,6—2,9 *т/га*, летом 3,2—4,8 *т/га* и осенью 2,4—3,8 *т/га*.

Интенсивность биологических процессов (рис. 25, 33, 37). Весной наступает вспышка биологической деятельности, корневые остатки растительности интенсивно разлагаются активной микрофлорой и концентрация CO_2 в почвенном воздухе достигает максимальных величин. Особенно высокая величина концентрации CO_2 в почвенном воздухе (в среднем — 0,88 об.%) отмечалась в 1960 г., который отличался оптимальным режимом температуры и влажности почвы. Концентрация CO_2 в почвенном воздухе с глубиной по почвенному профилю последовательно возрастала. Это свидетельствует о понижающейся книзу по профилю газопроницаемости почвы, что в свою очередь зависит от повышающейся в глубоких слоях влажности почвы благодаря наличию грунтовых вод.

Высокая активность биологических процессов в луговосероземных почвах отмечается также в осенний период (октябрь, начало ноября), когда отмиравшие растительные остатки разлагаются с большой скоростью. В 1960 г. концентрация CO_2 в почвенном воздухе в конце сентября составила 0,90 об.%.

В периоды активной биологической деятельности (весной и осенью) содержание водорастворимых органических веществ уменьшается.

Весенний и осенний периоды характеризуются повышенной концентрацией нитратов вследствие усиления жизнедеятельности микроорганизмов и процесса нитрификации. Содержание аммиака в ранневесенний период незначительное (0,64 *мг/кг*). Наибольшее количество аммиака (до 4,7 *мг/кг*) накапливается в мае в верхних горизонтах почвы (табл. 58).

Таблица 57

Динамика содержания и состава растительной массы в сероземно-луговых почвах

Дата	Горизонт, *см*	Корни: живые: травянистые	Корни: живые: деревянистые	Корни: живые: корневищные	Корни: мертвые	Корни: всего	Надземная масса
1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
III 1959	0—10	165,5	Нет	116,3	1077,5	1359,3	162
	10—20	27,8	„	Нет	133,2	161,0	
	20—30	38,8	„	„	68,8	107,6	
	30—40	18,5	„	„	57,0	75,5	
	40—50	15,5	„	„	15,3	30,8	
				т/га			
	0—50	2,661	Нет	1,163	13,518	17,342	1,62
				г/м²			
V 1959	0—10	285,0	Нет	121,8	1563,8	1970,6	287
	10—20	59,0	„	17,0	165,0	241,0	
	20—30	38,5	„	Нет	96,5	135,0	
	30—40	26,4	„	„	62,4	88,8	
	40—50	18,2	„	„	22,7	40,9	
				т/га			
	0—50	4,271	Нет	1,388	19,094	24,763	2,87
				г/м²			
VIII 1959	0—10	210,0	Нет	94,8	1274,0	1578,8	320
	10—20	40,4	„	12,0	110,0	150,4	
	20—30	20,8	„	Нет	67,0	87,8	
	30—40	13,2	„	„	50,3	63,5	
	40—50	9,4	„	„	13,4	22,8	
				т/га			
	0—50	2,938	Нет	1,068	15,147	19,153	3,20

Окончание табл. 57

1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
X 1959	0—10	160,0	Нет	69,8	1200,0	1429,8	239
	10—20	50,8	„	14,0	90,4	155,2	
	20—30	22,6	„	Нет	54,0	76,6	
	30—40	12,0	„	„	30,7	42,7	
	40—50	8,3	„	„	10,4	18,7	
				т/га			
	0—50	2,537	Нет	0,838	13,855	17,230	2,39
				г/м²			
IV 1960	0—10	156,0	Нет	63,0	1142,0	1361,0	258
	10—20	54,0	„	Нет	192,0	246,0	
	20—30	46,0	„	„	108,0	154,0	
	30—40	18,0	„	„	63,0	81,0	
	40—50	Нет	„	„	34,7	34,7	
				т/га			
	0—50	2,740	Нет	0,530	15,397	18,767	2,58
				г/м²			
VI 1960	0—10	200,0	Нет	248,0	1420,0	1868,0	478
	10—20	134,0	„	150,0	268,0	452,0	
	20—30	42,0	„	38,2	116,6	196,8	
	30—40	27,4	„	Нет	74,0	101,4	
	40—50	12,5	„	„	42,3	54,8	
				т/га			
	0—50	4,159	Нет	4,362	18,209	26,730	4,78
				г/м²			
IX 1960	0—10	149,3	Нет	209,6	1200,8	1559,7	384
	10—20	93,0	„	100,0	190,0	383,0	
	20—30	30,0	„	20,2	62,0	112,2	
	30—40	16,8	„	Нет	50,0	66,8	
	40—50	8,9	„	„	26,4	35,3	
				т/га			
	0—50	2,980	Нет	3,298	15,292	22,570	3,84

Таблица 58

Динамика нитратов и аммиака в сероземно-луговой почве (*мг/кг* абсолютно сухой почвы)

Слой почвы, *см*	1959				1960			
	III	V	VIII	X	IV	VI	IX	XI
Нитраты								
0—15	4,5	5,3	4,6	2,2	3,0	4,1	5,7	2,3
15—30	2,0	1,8	1,4	2,9	2,4	2,6	2,8	2,6
30—45	1,7	Следы	Следы	2,8	1,8	Следы	Следы	1,9
45—60	1,6	Нет	Нет	1,6	1,3	Нет	Нет	Следы
60—100	Нет	Нет	Нет	Нет	Следы	Нет	Нет	Нет
Ср. 0—100	1,47	1,07	0,90	1,18	1,21	0,95	1,27	0,97
Аммиак								
0—15	1,8	4,9	1,9	1,6	2,4	Следы	Следы	1,5
15—30	0,7	3,9	0,8	0,4	3,3	Следы	Следы	0,5
30—45	0,6	3,7	0,7	0,4	Следы	1,6	2,1	0,4
45 - 60	0,5	3,3	0,6	0,4	Следы	1,0	1,3	0,3
60—100	0,6	5,8	0,5	0,5	Нет	1,2	Следы	0,3
Ср. 0—100	0,64	4,70	0,66	0,62	0,81	0,88	0,49	0,53

В летний период наступает депрессия биологической деятельности и концентрация CO_2 в почвенном воздухе резко снижается до 0,19 об.%. Верхние слои почвы вследствие повышенных температур находятся в сухом состоянии, что усиливает газообмен между почвенным воздухом и воздухом атмосферы. При минерализации растительных остатков в почве образуется до 2 *т/га* водорастворимых органических веществ. В августе вследствие иссушения происходит резкое уменьшение содержания нитратов.

Послойное распределение нитратов в метровом слое показывает, что увеличение количества нитратов в летнее время в верхних слоях вызывается главным образом передвижением их из нижних горизонтов в верхние под влиянием сильно-выраженного высыхания почвы. К осени нитраты вновь вымываются осадками в нижние слои почвы. Летом количество аммиака резко уменьшается.

Наименьшая концентрация CO_2 в почвенном воздухе наблюдается зимой, когда процессы разложения корневых остатков замедляются низкими температурами, а запасы углекислоты от теплого времени года частично расходуются путем диффузии в воздух.

В 1960 г. интенсивность биологической деятельности в сероземно-луговой почве была выше, чем в 1959 г.

Культурно-луговая «коруховая» почва

Исследования проведены в 1955 и 1956 гг.

Режим температуры и влажности почвы (рис. 34, 37). Весной выпадает большое количество атмосферных осадков (77,8—146,6 *мм*), а температура воздуха последовательно возрастает с 4,2 до 16,3° С. Почвы благодаря затененности поверхности кронами деревьев и орошению достаточно хорошо увлажняются, запасы почвенной влаги достигают 2370—3030 *м³/га*. В мае поверхность почвы прогревается до 20,4° С.

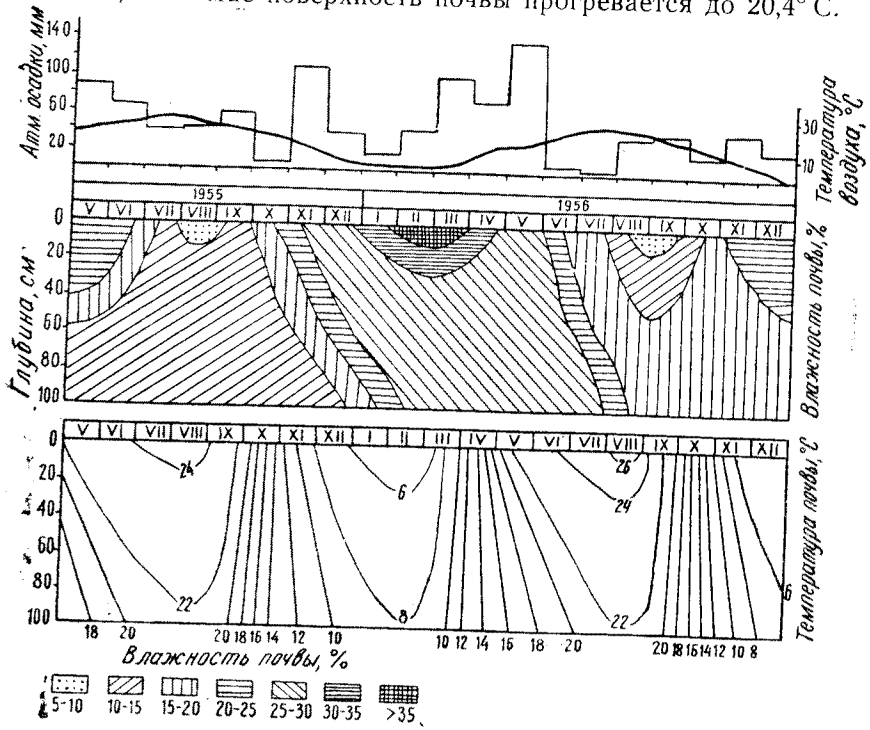


Рис. 34. Динамика влажности и температуры в культурно-поливной «коруховой» почве

Летом выпадает меньше атмосферных осадков, а температура воздуха возрастает до 27,2° С. Влага быстро испаряется, почва иссушается и запасы почвенной влаги снижаются до 1590—1920 *м³/га*. Иссушение почвы ускоряется также из-за высокой температуры почвы, достигающей в поверхностных слоях 33,7° С. Наиболее жарким и засушливым месяцем является июль. Относительная влажность воздуха уменьшается до 51—56%.

Осенью количество осадков становится более значительным, температура воздуха снижается с 21,8 до 9,0° С. В связи с этим почва увлажняется, запасы почвенной влаги достигают 2290—2430 *м³/га*. Температура верхних слоев почвы к ноябрю уменьшается до 7,1—11,3° С.

Зимой температура воздуха (от +2,7 до —4,7° С) и почвы (+6,5° С) резко снижается. Испарение очень ослаблено, поэтому даже при незначительных осадках (18,5—42,3 *мм*) почва сильно увлажняется и запасы почвенной влаги достигают 4030 *м³/га*. В этот период кратковременный промывной режим может иметь место при выпадении большого количества осадков. В течение 1955 г. выпало сравнительно больше атмосферных осадков, чем в 1956 г. Однако несмотря на это культурно-луговые почвы в 1955 г. по сравнению с 1956 г. являлись более иссушенными вследствие ярко выраженного на протяжении года повышенного температурного режима.

Динамика растительной массы и биологических процессов (табл. 59, рис. 34, 37). Весной создаются наиболее благоприятные условия для активизации почвенных микроорганизмов.

Значительные атмосферные осадки, обильное орошение, своеобразный гидротермический режим под кронами деревьев способствуют образованию луговой растительностью обильного растительного опада и огромной массы корневых остатков. Продуктивность надземной массы (представленной кроме надземной части травянистой растительности также листьями и опадом деревьв и виноградника) в мае составила 2,9—3,9 *т/га*. Запасы корневых остатков достигают громадных величин 23,6—25,4 *т/га*.

Образуемые в процессе разложения растительных остатков водорастворимые органические вещества служат в значительной степени источником питания для почвенной микрофлоры и в связи с этим присутствуют в небольшом количестве (1,38—1,47 *т/га*).

Летом корневая масса растительности, подвергаясь минерализации, резко уменьшается (до 18,5—19,8 *т/га*), также уменьшается и надземная масса до 2,7—3,2 *т/га*. Содержание водорастворимого гумуса возрастает до 1,7 *т/га*.

Осенью гидротермические условия благоприятствуют новой вспышке биологической активности почвы. Растительность вторично вегетирует и накапливает в почве дополнительную массу корней. Запасы ее возрастают до 19,3—22,6 *т/га*. Отмирающие корни подвергаются интенсивному разложению. Количество водорастворимых органических веществ уменьшается до 1,49—1,59 *т/га*.

Благодаря тому, что почва в течение зимы имеет положительную температуру (от 5,2 до 7,2° С) и достаточное ко-

Таблица 59

Динамика содержания и состава растительной массы в культурно-луговых «коруховых» почвах

Дата	Горизонт, *см*	Корни: живые: травянистые	Корни: живые: деревянистые	Корни: живые: корневищные	Корни: мертвые	Корни: всего	Надземная масса
1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
V 1955	0—10	519,2	421,6	Нет	621,0	1562,0	290
	10—25	28,0	165,6	„	243,2	436,8	
	25—50	20,8	345,6	„	175,4	541,8	
	0—50	568,0	932,8	„	1039,8	2540,6	
				т/га			
	0—50	5,680	9,328	Нет	10,398	25,406	2,90
				г/м²			
VIII 1955	0—10	310,4	34,5	130,4	819,2	1294,4	269
	10—25	100,2	37,1	Нет	238,9	376,2	
	25—50	125,6	Нет	Нет	184,6	310,2	
	0—50	536,2	71,5	130,4	1232,7	1980,8	
				т/га			
	0—50	5,362	0,715	1,304	12,327	10,808	2,69
				г/м²			
XI 1955	0—10	368,8	108,3	Нет	834,2	1311,3	262
	10—25	174,4	136,3	„	220,3	531,0	
	25—50	27,4	96,6	„	294,2	418,2	
	0—50	570,6	341,2	„	1348,7	2260,5	
				т/га			
	0—50	5,706	3,412	Нет	13,487	22,605	2,62
				г/м²			
II 1956	0—10	175,5	71,2	Нет	265,4	512,1	177
	10—20	21,8	102,7	„	247,7	372,2	
	20—30	20,0	37,3	„	102,9	160,2	
	30—40	7,7	9,4	„	85,9	103,0	
	40—50	Нет	52,5	„	36,5	89,0	
	0—50	225,0	273,1	Нет	738,4	1236,5	

Окончание табл. 59

1	2	3	4	5	6	7	8
				т/га			
	0—50	2,250	2,731	Нет	7,384	12,365	1,77
				г/м²			
V 1956	0—10	497,4	265,1	Нет	795,5	1558,0	390
	10—20	100,4	88,0	„	349,9	540,3	
	20—30	27,5	15,2	„	118,1	160,8	
	30—40	29,2	13,3	„	38,4	74,9	
	40—50	7,7	8,0	„	16,0	31,7	
	0—50	658,2	389,6	„	1317,9	2365,7	
				т/га			
	0—50	6,582	3,896	Нет	13,179	23,657	3,90
				г/м²			
VII 1956	0—10	285,9	139,2	Нет	800,8	1125,9	324
	10—20	32,0	61,6	„	222,4	316,0	
	20—30	11,2	24,0	„	93,1	128,3	
	30—40	9,7	20,8	„	61,6	92,1	
	40—50	8,0	22,4	„	64,0	94,1	
	0—50	346,8	268,0	„	1241,9	1856,7	
				т/га			
	0—50	3,468	2,680	Нет	12,419	18,567	3,24
				г/м²			
IX 1956	0—10	301,6	132,0	12,8	812,8	1259,2	327
	10—20	68,0	57,6	Нет	316,0	441,6	
	20—30	6,4	15,2	„	132,8	154,4	
	30—40	Нет	4,8	„	25,6	30,4	
	40—50	„	22,4	„	27,2	49,6	
	0—50	376,0	232,0	12,8	1314,4	1935,2	
				т/га			
	0—50	3,760	2,320	0,128	13,144	19,325	3,27

личество влаги, микроорганизмы сохраняют свою активность, которая однако несколько снижается. За зимний период корневые остатки растительности продолжают довольно интенсивно разлагаться и общая масса уменьшается в весе до 12,4 *т/га*. Это обусловливает накопление в почве большого количества водорастворимых органических веществ.

По биологической активности культурно-луговая почва в 1955—1956 гг. различалась мало.

Луговая сазовая почва

Динамика биологических процессов в луговых сазовых почвах Карабахской степи нами изучалась в 1959 и 1960 г. На этих же объектах динамические исследования выполнялись Г. А. Буяновским (1962) в 1956 и 1957 гг.

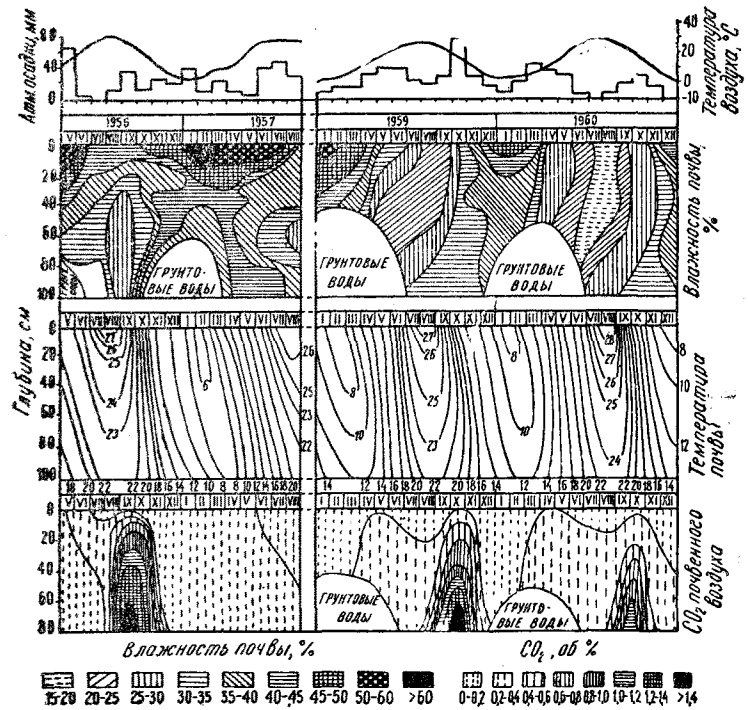


Рис. 35. Динамика влажности, температуры и CO_2 почвенного воздуха в луговой сазовой почве

Режим температуры и влажности почвы (рис. 35, 37). В течение зимы и весны эти почвы находятся в состоянии переувлажнения. Водный режим почвы испытывает воздейст-

вне близкозалегающих грунтовых вод. В зимний период влажность поверхностного слоя достигает 45—60%, весной 40—50%. Запасы почвенной влаги достигают огромных величин — 5530 *м³/га*. Температура почвы зимой падает до 4—6° С, весной возрастает до 10—18° С.

В летний период влажность почвы немного снижается (19—26%) вследствие падения уровня грунтовых вод и интенсивной транспирирующей деятельности растительности. Наблюдается достаточное увлажнение почвы, когда запасы почвенной влаги составляют 2991—3513 *м³/га*.

Температура почвы 27—28° С. Таким образом, температура и водный режим не являются лимитирующими факторами для активизации биологическх процессов.

По климатическим условиям наиболее засушливыми являются 1957 и 1960 гг. В эти годы выпало значительно меньше атмосферных осадков, чем в 1956 и 1959 гг.

Динамика растительной массы (табл. 60). С наступлением потепления луговая растительность, представленная в основном свинороем, при близком залегании грунтовых вод накапливает в почве огромную массу корневых остатков, достигающих в летний период 40—50 *т/га*.

Г. А. Буяновский (1962) также отмечает, что наличие мощной дернины, образованной свинороем, обусловливает накопление в почве большой (до 34 *т/га*) массы корней. Наибольшая масса корней наблюдается в первой половине лета. К осени запасы их резко снижаются. Зимой происходит дальнейшее снижение запасов корней, которые разлагаются в анаэробных условиях.

Надземная растительная масса продуцируется в максимальном количестве весной (4,5—4,8 *т/га*).

Продуктивность растительных остатков наиболее высокой была в 1956 и 1959 гг. и несколько снижалась в засушливые 1957 и 1960 гг.

Интенсивность биологических процессов (рис. 25, 35, 37). По результатам микробиологических исследований (Г. А. Буяновский, 1962) и данным концентрации CO_2 в почвенном воздухе в луговых сазовых почвах в весенний период отмечается слабая интенсивность биологических процессов.

Спады микробной деятельности в этой почве, развивающейся в условиях лугового режима, Г. А. Буяновский (1962) объясняет накоплением токсических продуктов обмена микроорганизмов в анаэробных условиях. Переувлажнение весной и затрудненный доступ кислорода обусловливают анаэробное разложение поступающей в почву значительной растительной массы. В таких условиях возможно образование восстановительных продуктов метаболизма бактерий. В условиях выпотного режима, при слабом оттоке грунтовых вод, эти

Таблица 60

Динамика содержания и состава растительной массы в луговых сазовых почвах (Данные за 1956—1957 гг. Г. А. Буяновского)

Дата	Горизонт, *см*	Корни					Надземная масса
		живые			мертвые	всего	
		травянистые	деревянистые	корневищные			
1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
XI 1956	0—50		2160		760	2920	450
				т/га			
	0—50		21,60		7,6	29,20	4,5
				г/м²			
VIII 1956	0—50		1880		1560	3440	390
				т/га			
	0—50		18,80		15,60	34,40	3,9
				г/м²			
XI 1956	0—50		1840		1310	3150	250
				т/га			
	0—50		18,40		13,10	31,50	2,5
				г/м²			
II 1956	0—50		1400		740	2140	250
				т/га			
	0—50		14,00		7,40	21,40	2,5
				г/м²			
II 1957	0—50		1100		700	1800	200

1	2	3	4	5	6	7	8
				т/га			
	0—50		11,00		7,00	18,00	2,0
				г/м²			
V 1957	0—50		1780		810	2590	450
				т/га			
	0—50		17,80		8,10	25,90	4,5
				г/м²			
VII 1957	0—50		1340		2010	3350	390
				т/га			
	0—50		13,40		20,10	33,50	3,9
				г/м²			
IX 1957	0—50		1070		14,80	2550	250
				т/га			
	0—50		10,70		14,80	25,50	2,5
				г/м²			
V 1959	0—10	130,7	Нет	848,0	1020,0	1998,7	460
	10—20	98,6	„	194,5	240,5	533,6	
	20—30	70,4	„	Нет	102,3	172,7	
	30—40	50,3	„	„	40,4	90,7	
	40—50	30,1	„	„	26,7	56,8	
				т/га			
	0—50	3,801	Нет	10,425	14,299	28,525	4,6

1	2	3	4	5	6	7	8
				г/м²			
VIII 1959	0—10	210,0	Нет	1450,0	1812,5	3472,5	382
	10—20	178,0	„	333,8	448,8	956,6	
	20—30	135,0	„	Нет	200,0	335,0	
	30—40	87,5	„	„	107,5	195,0	
	40—50	52,0	„	„	38,4	90,4	
				т/га			
	0—50	6,625	Нет	17,838	26,072	50,495	3,82
				г/м²			
X 1959	0—10	241,3	7,5	751,7	1488,8	2489,3	292
	10—20	110,5	Нет	239,3	343,0	692,8	
	20—30	129,5	„	Нет	323,7	453,2	
	30—40	68,0	„	„	83,0	151,0	
	40—50	50,0	„	„	20,3	70,3	
				т/га			
	0—50	5,993	0,075	9,910	22,588	38,566	2,92
				г/м²			
V 1960	0—10	98,0	Нет	1603,8	882,3	2584,1	482
	10—20	57,0	„	145,0	292,5	494,5	
	20—30	42,0	„	88,7	197,5	328,2	
	30—40	38,0	„	Нет	100,0	138,0	
	40—50	15,0	„	„	40,4	55,4	
				т/га			
	0—50	2,500	Нет	18,375	15,127	36,002	4,82
				г/м²			
VIII 1960	0—10	125,0	Нет	1880,0	1232,5	3127,5	370
	10—20	96,3	„	159,3	146,3	401,9	
	20—30	90,0	„	12,5	132,5	225,0	
	30—40	49,6	„	Нет	109,4	159,6	
	40—50	28,4	„	„	60,3	88,7	
				т/га			
	0—50	3,893	Нет	20,518	16,810	40,021	3,70

Окончание табл. 60

1	2	3	4	5	6	7	8
			г/м²				
X 1960	0—10	109,6	Нет	1057,5	850,0	2017,1	274
	10—20	83,4	„	152,5	297,5	533,4	
	30—40	60,7	„	Нет	98,6	159,3	
	30—40	30,3	„	„	50,4	80,7	
	40—50	23,4	„	„	21,3	44,7	
			т/га				
	0—50	3,074	Нет	12,100	13,178	28,352	2,74

токсические вещества накапливаются и ведут к подавлению жизнедеятельности микрофлоры. Токсические продукты могут удаляться из почвы только осенними атмосферными осадками, когда наблюдается резкое увеличение численности микроорганизмов.

Осенью (октябрь и ноябрь) биологическая деятельность активизируется, вследствие чего концентрация CO_2 в почвенном воздухе в этот период возрастает до оптимальных величин (до 0,74 об.%).

В летний период достаточное увлажнение и высокая температура почвы благоприятствуют весьма активной биологической деятельности, когда растительные остатки интенсивно гумифицируются и осуществляются процессы новообразования гумусовых веществ. Содержание водорастворимых органических веществ возрастает до 3,88 *т/га*.

Вследствие высокой активности микробиологических процессов и усиления дыхания мощной корневой системы растительности концентрация CO_2 в почвенном воздухе является повышенной (около 0,3 об.%).

Зимой наступает понижение температуры и переувлажнение почвы, которые лимитируют развитие микроорганизмов. Растительные остатки медленно разлагаются в условиях выраженного анаэробиоза и концентрация CO_2 в почвенном воздухе значительно понижается.

Наиболее высокая активность биологической деятельности наблюдается в луговых сазовых почвах в 1956 и 1959 гг., что наглядно видно по изменению концентрации CO_2 в почвенном воздухе.

2. СЕЗОННЫЕ ФАЗЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Проведенные в основных типах почв Азербайджана многолетние стационарные исследования сложных сезонно-ритмичных изменений водного, температурного и воздушного (CO_2 почвенного воздуха) режимов, микробиологической деятельности, динамики накопления и разложения растительной массы, водорастворимого гумуса обобщены и представлены в работе в виде сезонных фаз биологических процессов (рис. 36 и 37). Эти сезонные фазы пополнены климатическими показателями (относительная влажность и температура воздуха, атмосферные осадки, коэффициент увлажнения).

Анализ полученных материалов по динамике процессов приводит нас к выводу, что качественные различия в сезонном ритме биологической деятельности наступают при следующих характерных градациях гидротермических условий:

Водный режим почвы

Влажность почвы, %	Состояние увлажнения	Влажность почвы, % от полной влагоемкости
>35	Избыточное	>90
30—35	Достаточное	75—90
20—30	Умеренное	50—75
10—20	Недостаточное	25—50
<10	Сильное иссушение	<25

Температурный режим почвы

Температура, °С	Уровень температуры почвы
<0	Сильное понижение (заморозки)
0—5	Низкий
5—10	Пониженный
10—20	Оптимальный
20—30	Высокий
>30	Очень высокий

Активность микроорганизмов в процессах превращения органических веществ характеризуется по составленным для почв Азербайджана схемам возможной интенсивности биологической деятельности (рис. 25). При составлении этих схем использованы градации, предложенные М. М. Кононовой (1951). Поскольку эти примерные схемы составлены по климатическим данным, считаем, что показателем интенсивности биологических процессов в почве могут служить также данные по концентрации CO_2 в почвенном воздухе.

CO_2 в почвенном воздухе, об.%	Интенсивность биологической деятельности
<0,2	Низкая
0,2—0,4	Повышенная
0,4—0,8	Оптимальная
>0,8	Максимальная

Необходимо отметить, что концентрация CO_2 в почвенном воздухе отражает не только активность жизнедеятельности микроорганизмов, но в большой мере зависит от продуцирования корневой массой растительности, выделяющей CO_2 в процессе корневого дыхания, а также от явлений газообмена.

В исследованных почвах Азербайджана мы различаем 7 сезонных фаз биологических процессов, описание которых приводится ниже.

Фаза весьма слабой биологической деятельности при заморозках

Гидротермический режим характеризуется избыточным увлажнением (влажность почвы 35%) при сильно пониженной температуре. Минимальная температура поверхности почвы доходит до —20° С. В глубоких слоях почвы сохраняется положительная температура. Снежный покров повышает запасы почвенной влаги, которые составляют 3,5—4,5 тыс. *м³/га*.

Вегетация растительности отсутствует. Запасы растительных остатков, которые минимальны, весьма медленно разлагаются в анаэробных условиях. Жизнедеятельность микроорганизмов выражена слабо и концентрация CO_2 в почвенном воздухе низкая.

При замерзании происходит уменьшение влагоемкости почвы. Замерзание воды в почве сопровождается свертыванием коллоидов, появлением морозных трещин вспучивания и т. д.

Фаза слабой биологической деятельности при избытке влаги

Таяние снега или выпадение осадков сопровождается при низкой (от 0 до 5° С) или пониженной (от 5 до 10° С) температуре глубоким переувлажнением (до 35% и более) верхних горизонтов и промывным режимом. Запасы почвенной влаги составляют 3,5—4,5 тыс. *м³/га*.

Начало вегетации растительности наблюдается только при температуре более 5° С. Запасы растительных остатков возрастают незначительно.

Жизнедеятельность микроорганизмов слабая, а концентрация CO_2 в почвенном воздухе очень низкая (<0,1 об.%).

В почвенном растворе повышается количество водорастворимых органических веществ. Почвенные растворы с растворенными минеральными и органическими веществами вымываются в глубокие слои почвы. При восстановительных условиях образуется много подвижного железа в закисной форме, повышается гидрофильность почвенной массы.

Фаза оживления биологической деятельности

Умеренное увлажнение (влажность почвы 20—30%) при пониженной температуре (от 5 до 10° С). Запасы почвенной влаги колеблются в пределах 2,3—3,4 тыс. *м³/га*. Растительность начинает вегетировать и дает незначительный прирост растительной массы. Растительные остатки гумифицируются в кратковременных слабовыраженных анаэробных и в преобладающих аэробных условиях. Интенсивность микробиологических процессов остается слабой, концентрация CO_2 в почвенном воздухе низкая (менее 0,2 об.%).

Гумификация растительных остатков сопровождается новообразованием гумусовых веществ. Образующиеся в почве в большом количестве подвижные органические вещества в значительной мере усваиваются весьма активной микрофлорой.

Фаза активной биологической деятельности

Умеренное увлажнение (влажность почвы 20—30%) при оптимальной температуре (10—20° С). Почва равномерно прогревается на всю глубину. Запасы почвенной влаги составляют 2,2—3,0 тыс. *м³/га*. Наступает вегетация и быстрое нарастание растительной массы. Гумификация растительных остатков протекает высокими темпами в преобладающих аэробных условиях.

Довольно высокая интенсивность микробиологических процессов сопровождается повышенной концентрацией CO_2 в почвенном воздухе (0,2—0,4, часто 0,7 об.%). При гумификации растительных остатков активно протекают процессы новообразования гумусовых веществ. В результате интенсивного новообразования низкомолекулярных гумусовых веществ почвенная среда подкисляется. Почвенные растворы с питательными веществами не подвергаются большим перемещениям и энергично используются растительностью.

Фаза весьма активной биологической деятельности

Достаточное увлажнение (влажность почвы >30%) при высокой или очень высокой температуре (>20° С). Запасы почвенной влаги достигают больших величин —3,5 тыс. *м³/га* вследствие близкого залегания грунтовых вод или орошения.

Растительность бурно вегетирует и развивает мощную корневую систему, накапливает огромную растительную массу. Наряду с интенсивной гумификацией растительных остатков, протекают процессы разложения новообразованных гумусовых веществ. Выражено преобладание аэробных условий.

Микробиологические процессы протекают весьма интенсивно. В результате этого и усиленного дыхания мощной кор-

невой системы растительности концентрация CO_2 в почвенном воздухе достигает максимальных величин (0,7 об.%).

Образующиеся в большом количестве воднорастворимые органические вещества в значительной мере усваиваются весьма активной микрофлорой или частично выносятся грунтовыми водами.

Фаза депрессии биологической деятельности при иссушении

Недостаточное увлажнение (влажность почвы 10—20%) при температуре около 20° С. Выпадающие осадки при повышенных температурах быстро испаряются и поверхностные слои почвы несколько иссушаются. Запасы почвенной влаги составляют 2,0—2,5 тыс. *м³/га*.

Растительность заканчивает цикл своего развития и начинает отмирать. Растительные остатки разлагаются в аэробных условиях. Жизнедеятельность микроорганизмов ослабляется, концентрация CO_2 в почвенном воздухе понижается до 0,1—0,3 об.%. Новообразованные гумусовые вещества, накопленные при гумификации растительных остатков, при дефиците увлажнения вступают во взаимодействие с минеральной частью почвы, закрепляются в виде органо-минеральных соединений и тем самым становятся менее доступными для микроорганизмов.

Изменение концентрации почвенного раствора при иссушении оказывает влияние на состав поглощенных оснований (например, на внедрение в поглощающий комплекс натрия). Наличие обменного натрия при невысоком содержании повышает интенсивность процессов разложения, что объясняется подщелачиванием реакции почвы, частичным переходом гумусовых веществ в более дисперсное состояние.

Фаза полного подавления биологической деятельности при полном иссушении и высокой температуре

Сильное иссушение почвы (влажность почвы 10%) при очень высоких температурах (30° С) наступает почти при полном отсутствии осадков. Поверхностные горизонты почвы могут нагреваться до температуры 60—70° С. Запасы почвенной влаги минимальны 1,2—2,0 тыс. *м³/га*.

Чрезмерная иссушенность приводит к полному выгоранию растительности и резкому уменьшению запасов растительной массы. Растительные остатки при высокой температуре и свободном доступе кислорода подвергаются глубокому химическому окислению и распаду до продуктов полной минерализации. При распаде органических веществ и накоплении щелочно-земельных оснований отмечается подщелачивание среды.

Наступает полная депрессия жизнедеятельности микроорганизмов. В почве остаются термофильные микроорганизмы, энергично минерализующие органическое вещество. Интенсивно протекают химические процессы распада органических веществ. Концентрация CO_2 в почвенном воздухе низкая (0,2 об.%), усиливается газообмен между почвенным и атмосферным воздухом.

Почва пересыхает и пронизывается глубокими трещинами, что способствует иссушению более глубоких горизонтов и аэрации. Растворимые в почвенном растворе соли выделяются на поверхности почвы и по трещинам в виде налета или корочки. Иссушение способствует мобилизации воднорастворимых органических питательных веществ, а также вызывает изменения почвенных коллоидов (например, необратимое свертывание гидратов железа и др.).

Для каждого почвенного типа Азербайджана мы определили сочетание и длительность сезонных фаз биологических процессов (табл. 61), которые отражаются на географических закономерностях гумусообразования.

В выщелоченных горных черноземах ритмическое состояние биологической деятельности, обусловленное неустойчивым гидротермическим режимом по сезонам года, создает наиболее благоприятные условия для накопления гумуса. В этих почвах длительна фаза активной биологической деятельности, когда происходит активизация микробиологических процессов и интенсивно протекают процессы новообразования гумусовых веществ. В период последующего иссушения имеет место депрессия деятельности микроорганизмов, новообразованные гумусовые вещества могут конденсироваться и вступать во взаимодействие с минеральной частью почвы, закрепляться в виде органо-минеральных соединений и тем самым предохраняться от быстрого вовлечения в новые биохимические процессы.

Важное значение для накопления гумуса в выщелоченных горных черноземных почвах имеют также зимние заморозки. С наступлением низких температур деятельность микроорганизмов угнетается или вовсе приостанавливается, а продукты их выделения, обладающие токсическими свойствами по отношению к почвенной микрофлоре и высшей растительности, денатурируются, и вредное их влияние уничтожается. Таким образом, создаются условия для возобновления деятельности микроорганизмов в весенний период.

Иную картину наблюдаем в *коричневых послелесных черноземовидных почвах*, в которых гумуса содержится несколько меньше, чем в выщелоченных черноземах, что объясняется

Таблица 61

Сочетание и длительность сезонных фаз биологических процессов в почвах Азербайджана

Почва	Фаза слабой биологической деятельности при заморозках	Фаза слабой биологической деятельности при избытке влаги	Фаза оживления биологической деятельности	Фаза активной биологической деятельности	Фаза весьма активной биологической деятельности	Фаза депрессии биологической деятельности	Фаза полного подавления биологической деятельности при полном иссушении и высокой температуре
Горный чернозем выщелоченный	Конец декабря—середина марта	Середина марта—середина апреля	Середина апреля—середина мая. Ноябрь—конец декабря	Середина мая—конец июля. Сентябрь—октябрь	—	Конец июля—конец августа	—
Коричневая послелесная черноземовидная	Декабрь—февраль	Март	Первая половина апреля. Ноябрь	Вторая половина апреля—май. 2-я декада сентября—октябрь	—	2-я декада июня—1-я декада сентября	—
Коричневая послелесная	—	Декабрь—март	2-я декада апреля. 3-я декада октября—ноябрь	3-я декада апреля—май 2-я декада сентября—октябрь	—	Июнь—1-я декада сентября	—
Темно-каштановая	—	Начало декабря—середина марта	2-я половина марта. Ноябрь—начало декабря	Апрель—начало мая. 3-я декада сентября—октябрь	—	Май—2-я декада сентября	Июнь—август
Светло-каштановая	—	—	Ноябрь—март	Апрель. 2-я половина октября	—	Май—1-я половина октября	Июнь—сентябрь
Сероземно-бурая	—	—	2-я декада декабря—февраль	Март. 3-я декада ноября—2-я декада декабря	—	Апрель. 2-я декада октября—2-я декада ноября	Май. 1-я декада октября
Сероземная	—	—	3-я декада декабря—февраль	Март. 3-я декада ноября 2-я декада декабря	—	2—3-я декады апреля. 3-я декада октября—2-я декада ноября	Май. 2-я декада октября
Аллювиально-сероземная	—	—	Декабрь—февраль	Март—апрель. Середина октября—ноябрь	—	Май—июнь. Вторая половина сентября—первая половина октября	Июль—2-я половина сентября
Сероземно-луговая	—	Декабрь—февраль	Март—ноябрь	Апрель—июнь. 2-я декада сентября—октябрь	—	Июль—-я декада сентября	—
Культурно-луговая „коруховая“	—	3-я декада декабря—2-я декада февраля	3-я декада февраля—1-я декада марта, 2-я половина ноября—2-я декада декабря	2-я декада марта—май. 2-я декада октября—середина ноября	—	Июнь—сентябрь, 1-я декада октября	Июль—август
Луговая сазовая	—	Декабрь—февраль	Март—ноябрь	Апрель—1-я декада мая. Октябрь	2-я декада мая—сентябрь	—	—

менее длительным периодом активизации биологической деятельности, когда интенсивно протекают процессы новообразования гумусовых веществ. В коричневых послелесных черноземовидных почвах также отмечается фаза депрессии биологической деятельности при иссушении, когда гумусовые вещества закрепляются в почве в виде органо-минеральных соединений.

В коричневых послелесных черноземовидных почвах зимой в течение длительного времени температура почвы благодаря снежному покрову остается положительной. Растительные остатки подвергаются медленному разложению в анаэробных условиях и в почве накапливаются вещества, обладающие токсическими свойствами по отношению к анаэробным микроорганизмам. Эти вещества при наступлении низких температур могут денатурироваться и терять токсические свойства и вымываться обильными талыми водами в глубокие слои почвы.

Гидротермический режим в почве благоприятствует активизации биологических процессов в весенний и осенний периоды.

В коричневых послелесных почвах длительна фаза слабой биологической деятельности при избыточном увлажнении, когда органические остатки разлагаются в преобладающих анаэробных условиях. При этом в почве накапливаются гумусовые вещества упрощенного строения и водорастворимые органические вещества, вымываемые в значительном количестве зимне-весенними осадками. Вследствие более легкого механического состава почвы новообразованные органические вещества обладают большой подвижностью и меньше закрепляются в почве. В этой почве фаза полного подавления биологической деятельности по сравнению с рассмотренными почвами менее продолжительна. Оптимальные условия для гумусообразования отмечаются весной и осенью.

В темно-каштановых почвах фаза активной биологической деятельности, когда отмечается довольно интенсивная микробиологическая деятельность и процессы новообразования гумусовых веществ, протекает весной и осенью, но в течение более короткого времени, чем в коричневых послелесных почвах. Более длительна фаза полного подавления биологической деятельности при полном иссушении, когда значительная часть органических веществ подвергается минерализации. Зимой наблюдается фаза слабой биологической деятельности при избыточном увлажнении. В это время растительные остатки разлагаются в преобладающих анаэробных условиях, в почве накапливаются в значительном количестве водорастворимые органические вещества, вымываемые частично в более глубокие слои почв обильными осадками. В

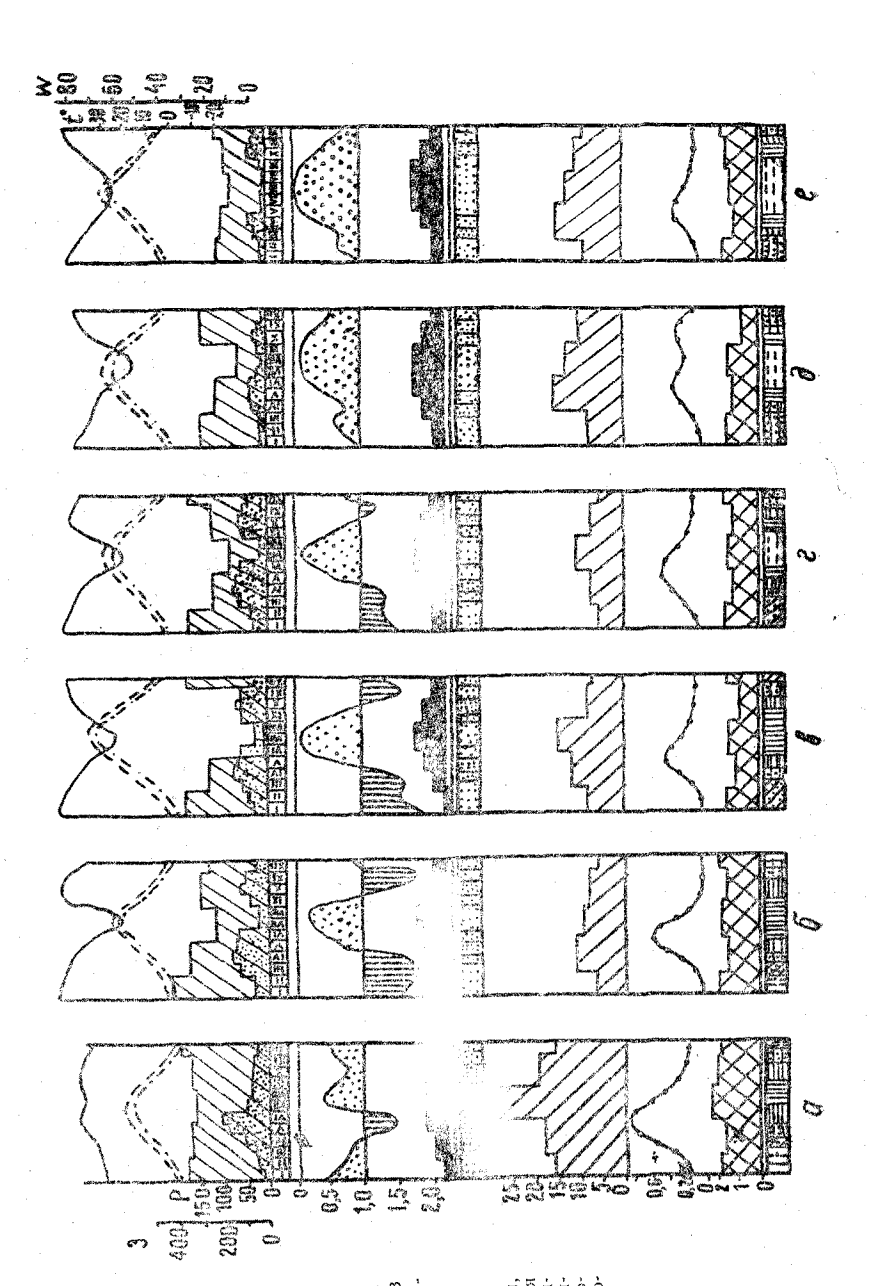


Рис. 36. Сезонные фазы биологических процессов в почвах Азербайджанской ССР.

Условные обозначения см. рис. 37.

Почва: *а* — горный чернозем, *б* — коричневая послелесная черноземовидная, *в* — коричневая послелесная, *г* — темно-каштановая, *д* — светло-каштановая, *е* — сероземно-бурая.

этих почвах условия менее благоприятны для накопления гумуса, и его количество по сравнению с описанными почвами более низкое.

В светло-каштановых почвах фаза активной биологической деятельности еще менее продолжительна, чем в темно-каштановой почве, значительно удлиняется период полного иссушения почвы, когда гумусовые вещества могут подвергаться окислению и глубокому распаду.

В сероземно-бурых почвах фаза активизации деятельности микроорганизмов и новообразования гумусовых веществ еще менее продолжительна. Эта фаза наблюдается весной и осенью. В течение длительного летнего периода имеет место фаза полного подавления биологической деятельности. В это время почва вследствие чрезмерной иссушенности пронизывается глубокими трещинами, растительность выгорает, органические вещества подвергаются глубокому химическому окислению и распаду. Подобные условия не благоприятствуют образованию гумуса, что является одной из причин резкого уменьшения его содержания по сравнению с ранее рассмотренными почвами.

В сероземах количество гумуса незначительное. В зимнее время в условиях умеренного увлажнения и относительно пониженной температуры происходит оживление биологической деятельности. Растительные остатки (которых меньше, чем в сероземно-бурых почвах) разлагаются в слабовыраженных анаэробных условиях, и в почве накапливаются слабоконденсированные, высокодисперсные гумусовые вещества, которые частично вымываются зимне-весенними осадками в более глубокие слои почвы, а частично используются микрофлорой для поддержания своей деятельности в последующие периоды активизации биологической деятельности. Оптимальные условия для жизнедеятельности микроорганизмов и новообразование гумусовых веществ отмечаются весной и наблюдаются в течение короткого времени. В осенний период фаза активной биологической деятельности протекает только при выпадении атмосферных осадков. В сероземах весьма продолжительна фаза полного подавления биологической деятельности (6 месяцев), когда органические вещества подвергаются глубокому химическому распаду до продуктов полной минерализации.

В аллювиальных сероземах грунтовое увлажнение способствует более длительной фазе биологической деятельности и сокращению фазы полного подавления биологической деятельности.

В летний период почва, имеющая легкий механический состав, весьма сильно нагревается и иссушивается, вследствие чего гумусовые вещества весьма интенсивно минерализуются.

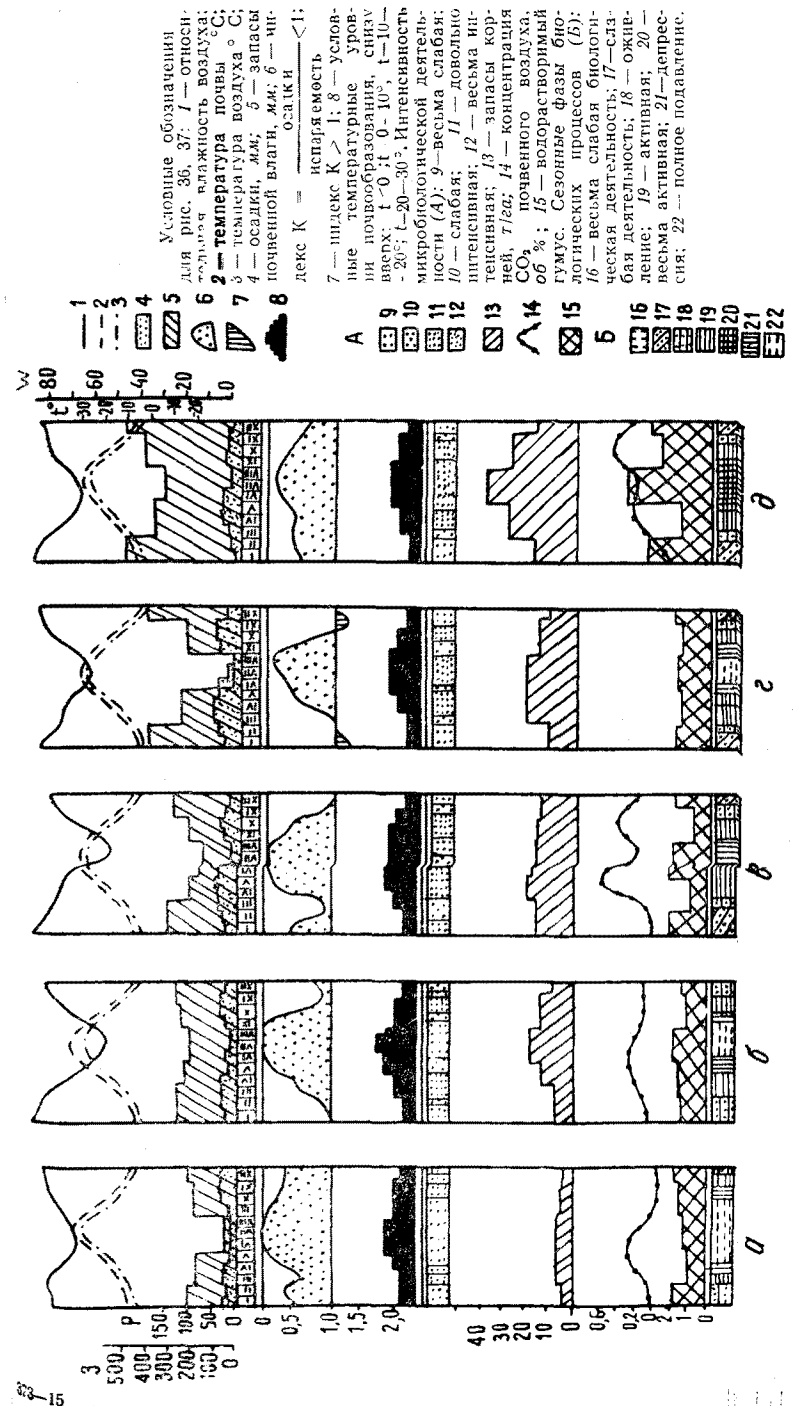


Рис. 37. Сезонные фазы биологических процессов в почвах Азербайджанской ССР

Почва: *а* — серозем; *б* — аллювиальный серозем; *в* — сероземно-луговая, *г* — культурно-луговая; *д* — луговая сазовая

В сероземно-луговых почвах фаза активной биологической деятельности, когда протекают процессы новообразования гумусовых веществ, благодаря повышенному грунтовому увлажнению занимает более продолжительное время. В летний период наступает фаза депрессии биологической деятельности, при которой новообразованные гумусовые вещества закрепляются в почве в виде органо-минеральных соединений и частично минерализуются.

В культурно-луговых «коруховых» почвах накоплению большого количества гумуса способствует обильный растительный опад и образование в почве больших запасов корневых остатков, многократное удобрение почвы органическими веществами и золой, своеобразный гидротермический режим в связи с затененностью поверхности почвы кронами деревьев и обильным длительным орошением. В этих почвах более длительна фаза активной биологической деятельности и более укорочена фаза слабой биологической деятельности при избытке влаги.

В луговых сазовых почвах в летний период благодаря повышенному грунтовому увлажнению протекает фаза весьма активной биологической деятельности, когда в процессе гумификации растительных остатков в почве накапливается огромное количество новообразованных гумусовых веществ.

Из-за отсутствия в луговой сазовой почве фазы депрессии биологической деятельности новообразованные гумусовые вещества имеют упрощенное строение, не закрепляются в почве в виде органо-минеральных соединений, а частично усваиваются активной микрофлорой с накоплением микробной плазмы. Остальная часть гумусовых веществ под воздействием осенне-зимних осадков и грунтовых вод выносится из почвенной толщи.

В данной главе процессы гумусообразования рассмотрены в почвах вертикальных зон Азербайджана в связи с характерными различиями динамики сезонных фаз биологических процессов.

Выяснилось, что интенсивность гумусообразования в почвах в зависимости от сочетания и длительности сезонных фаз биологических процессов в почвах изменяется географически закономерно. Наиболее благоприятные условия для образования гумусовых веществ наблюдаются в горных черноземах, в которых наличие большого количества растительной массы и неустойчивость увлажнения создают своеобразный ритм биологических процессов. В этих почвах при увлажнении в течение продолжительного времени протекает фаза активной биологической деятельности (когда интенсивно протекает процесс гумификации растительных остатков и новообразование гумусовых веществ), которая при высыхании сменяется фазой депрессии, способствующей закреплению гумусовых веществ.

При переходе от горных черноземов к коричневым послелесным и далее к каштановым и сероземным почвам наблюдается уменьшение накопления гумуса. Последнее объясняется тем, что в этом ряду почв уменьшается запас растительной массы и последовательно сокращается и перемещается на весенний и осенний периоды фаза активной биологической деятельности. Одновременно в этом же направлении возрастает длительность периода летнего иссушения и высоких температур, вследствие чего фаза полного подавления биологической деятельности (когда гумусовые вещества подвергаются глубокому окислению и распаду) становится более продолжительной.

В сероземной зоне накопление гумуса возможно только в сероземно-луговых и луговых почвах, приуроченных к условиям повышенного увлажнения. Это может быть объяснено образованием растительностью огромного количества корневой массы, которая весьма интенсивно гумифицируется с новообразованием множества форм гумусовых веществ, которые одновременно в значительной степени разлагаются.

Материалы по изучению закономерностей смены сезонных фаз биологических процессов приобретают большое значение для уяснения генетических особенностей почв Азербайджана, их можно использовать для обоснования наиболее эффективных приемов управления процессами накопления и разложения органического вещества в почвах Азербайджана применительно к различным почвенно-климатическим зонам.

Глава X

ОСОБЕННОСТИ ГУМУСА В СВЯЗИ С ГЕНЕЗИСОМ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА

Изучение связи между общим направлением почвообразования и природой гумуса имеет большое значение в развитии важнейших проблем почвообразования и привлекает внимание исследователей.

Изложенные во всех предыдущих главах материалы показывают, что в почвах Азербайджанской ССР запасы органических веществ, состав гумуса и природа гуминовых кислот очень четко изменяются в связи с вертикальной зональностью распределения почв. При этом почвы вертикальных зон Азербайджана по составу гумуса и природе гумусовых веществ в общих чертах являются аналогичными с одноименными почвами равнинной части СССР. Отличие гумусовых веществ почв горных районов республики от гумуса аналогичных почв равнин обусловлено не столько своеобразием направления процессов гумусообразования, сколько некоторыми местными особенностями почвообразования.

В горных черноземах республики, также как и в черноземных почвах Европейской части СССР, мощный растительный травяной покров, интенсивность процесса гумификации растительных остатков, высокая емкость обмена, насыщенность кальцием способствуют значительному накоплению в почве гумуса. В горных черноземах содержание гумуса в верхнем горизонте достигает 5—8% к весу почвы. В составе гумуса характерно большое содержание гуминовых кислот, которые преимущественно связаны с кальцием и лишь в незначительном количестве являются свободными или связаны с несиликатными формами R_2O_3. Соотношение Сг : Сф составляет 1,5—1,9.

В горных черноземах отмечается ритмичность биологической деятельности, когда периоды достаточного увлажнения, способствующие новообразованию гумусовых веществ, чередуются с засушливыми периодами, способствующими конденсированию ароматического ядра гуминовых кислот. Подобные условия благоприятствуют образованию гуминовых кислот более сложной природы, устойчивых к разложению, и придают гумусу горных черноземов известную инертность. Вместе с тем в отличие от черноземных почв Европейской части СССР горные черноземы Азербайджана являются менее мощными и содержат несколько меньшие запасы гумуса.

Несмотря на некоторые различия в содержании гумуса и в природе гуминовых кислот черноземов Азербайджана и Европейской части СССР, основные признаки, характеризующие гумус черноземного типа почвообразования, в этих почвах полностью сохраняются.

Гумус каштановых почв Азербайджана, так же как и гумус каштановых почв Европейской и Азиатской части СССР, обладает следующими признаками: в составе гумуса гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами; отношение Сг : Сф изменяется в пределах 1,1—1,4. Гуминовые кислоты преимущественно связаны с кальцием.

В каштановых почвах деятельность микроорганизмов довольно активна и процессы новообразования гумусовых веществ протекают в короткий весенний и осенний периоды, тогда как в период длительного летнего иссушения имеет место сильная минерализация гумуса.

Однако каштановые почвы республики отличаются от одноименных почв Европейской и Азиатской части СССР несколько меньшим содержанием гумуса (от 2 до 3,5%) и меньшей мощностью гумусового горизонта, что обусловлено изреженностью растительного покрова (Азербайджана) и соответственно ограниченным поступлением в почву корневой массы растительности, которая преимущественно концентрируется в верхнем слое почвы.

При сравнении условий накопления гумуса и природы гумусовых веществ в сероземах Азербайджана и Средней Азии также обнаруживается ряд общих характерных особенностей.

На сероземах весной при выпадении значительного количества атмосферных осадков и достаточно высокой температуре наступает пышное развитие полупустынной растительности. В этот период при наличии в почве свежих растительных остатков в течение непродолительного периода обеспечивается вспышка деятельности почвенных микроорганизмов, в результате которой довольно интенсивно протекают процессы разложения растительных остатков и новообразования гумусовых веществ. В течение длительного летнего сезона вследствие высокой температуры и чрезмерной иссушенности почва пронизывается глубокими трещинами, наступает депрессия жиз-

недеятельности микроорганизмов, растительность выгорает, органические вещества подвергаются глубокому химическому распаду.

Быстро протекающие в весенний период процессы новообразования гумусовых веществ и их интенсивная минерализация в летний период способствуют образованию лишь незначительного количества гумуса, в составе которого содержащиеся в небольшом количестве гуминовые кислоты характеризуются недостаточно выраженным ароматическим ядром. В составе гумуса преобладают фульвокислоты: соотношение Сг : Сф снижается до 0,6. При наличии в сероземах обменного натрия происходит пептизация гуминовых кислот и переход их в более дисперсное состояние.

Сероземы Азербайджана по сравнению с аналогичными почвами Средней Азии содержат значительно большие запасы гумуса (в метровом слое около 125 *т/га*). В этом отношении они стоят несколько ближе к темным сероземам. Это объясняется тем, что в сероземах республики полынно-эфемеровая растительность накапливает более мощную корневую массу (14—19 *т/га*), которая сравнительно равномерно распределена по почвенному профилю. Закреплению гумуса в сероземах Азербайджана способствует также более высокая емкость обмена (около 20 *мэкв*/100 *г* почвы) и относительно большое содержание в них коллоидной фракции.

Сероземы Азербайджана отличаются высоким содержанием азота (запасы азота достигают 12 *т/га*; отношение C : N составляет 6,3—6,5). Это объясняется высокой населенностью почв микроорганизмами.

В сероземных также как и в каштановых почвах условия для накопления гумуса существенно улучшаются при орошении, благодаря которому значительно удлиняются сроки активной биологической деятельности (когда протекают процессы новообразования гумусовых веществ) и сокращаются периоды иссушения (когда гумусовые вещества подвергаются окислению и распаду).

Вывод И. В. Тюрина (1949), сделанный на основе изучения географических закономерностей изменения состава гумуса, о том, что условия, способствующие образованию гуминовых кислот, являются одновременно благоприятными и для накопления гумуса, полностью подтверждается для горных черноземов, каштановых и сероземных почв. В некоторых почвах отмечается отклонение от указанной закономерности. Так, несмотря на высокое содержание гумуса в горно-луговых почвах (более 10—15%), наблюдается сравнительно низкое содержание гуминовых кислот и преобладание фульвокислот: Сг : Сф снижается до 0,7. Это следует объяснить тем, что достаточно высокое увлажнение, отсутствие периодов иссушения, наличие в поверхностном слое почвы огромной растительной массы, а также кислая реакция среды обусловливают в горно-луговых почвах господство процессов гидролитического распада гумусовых веществ.

Возможно, что в общих чертах сходные условия для гумусообразования могут иметь место и в дерновых почвах северных районов СССР.

Гуминовые кислоты из горно-луговой почвы имеют низкую оптическую плотность, что является показателем слабой конденсированности сетки ароматического углерода. С этими показателями согласуются данные по коагуляции электролитами: гуминовые кислоты крайне устойчивы к коагулирующему действию электролитов, что говорит о наличии гидрофильных групп в боковых радикалах. По-видимому, гуминовые кислоты из горно-луговых почв по своей природе довольно близки к новообразованным гуминовым кислотам, выделенным из гумифицирующихся растительных остатков.

Гуминовые кислоты горно-луговых почв обладают высокой подвижностью и преимущественно находятся в свободном состоянии (в составе гуминовых кислот преобладает фракция, выделяемая однократной обработкой 0,1 *N* NaOH из недекальцированной почвы) и, по нашему мнению, только частично закреплены на поверхности грубых гранулометрических фракций. С увеличением содержания гумусовых веществ подвижность их возрастает, так как они образуют более мощную пленку на поверхности грубых частиц и заполняют поры между ними. В глубоких слоях почвы связь гумусовых веществ с минеральной частью почвы еще более ослабляется из-за высокого содержания «скелета», представленного щебнистыми обломками пород.

Альпийская осоково-типчаковая и субальпийская мезофильная злаково-разнотравная растительность образуют в почве большую массу корней.

Вследствие слабой активности микроорганизмов в течение короткого летнего периода наблюдается медленное разложение корневой массы и формирование оторфованного дернового горизонта со значительным накоплением грубого гумуса.

Наши данные по характеристике природы гумуса в горно-луговых почвах Азербайджана согласуются с результатами исследований Н. Н. Иловайской (1959), И. А. Ассинг (1960) и Л. П. Дегтяревой (1960) по горным почвам Таджикистана, Тянь-Шаня и Кавказа.

В Азербайджане имеются желтоземные и коричневые почвы, гумус которых обладает своеобразными качествами, не повторяющимися в других почвах Советского Союза.

Такие условия почвообразования как участие подстилки в образовании гумусовых веществ, избыточное увлажнение, кислая реакция среды придают гумусу желтоземных почв черты сходства с гумусом красноземов и подзолистых почв. Гумус этих почв аналогичен по следующим показателям: фульвокислоты преобладают над гуминовыми кислотами, гуминовые кислоты отличаются слабой выраженностью сетки ароматического углерода (на это указывают низкие показатели оптической плотности), в связи с последним свойством гуминовые кислоты характеризуются высокой устойчивостью к осаждающему действию электролита, что свидетельствует о преобладании в молекулах гуминовых кислот боковых радикалов с гидрофильными группами.

Интересен тот факт, что в составе гумуса желтоземных почв в отличие от гумуса красноземов и подзолистых почв преобладает фракция гуминовых кислот, преимущественно находящаяся в форме прочной связи с кальцием. Кроме того в желтоземных почвах количество органических веществ, извлекаемых 0,1 N H_4SO_4, очень невелико, что свидетельствует о большой устойчивости органической части почвы. Эти характерные свойства гумуса объясняются высоким содержанием в желтоземных почвах щелочно-земельных оснований, в частности кальция, освобождающихся при разложении обильного лесного опада. Изложенные положения согласуются с данными Р. В. Ковалева (1958) по почвам Ленкоранской зоны Азербайджана.

Возможно, черты своеобразия гумуса желтоземов обусловлены и тем, что они связаны в своем генезисе с глинистой корой выветривания,благоприятствующей закреплению щелочно-земельных оснований в почве.

Гумус в желтоземных почвах (минеральные горизонты) характеризуется по сравнению с краноземами и подзолистыми почвами более высоким содержанием азота, на что указывает относительно узкое отношение C : N. Вероятно, это обусловлено большим содержанием азота (0,5—1,5%) в лесной подстилке.

Сопоставление наших данных с материалами С. В. Зонна (1959) по желтоземным почвам Китая позволило установить, что гумусовые вещества желтоземных почв Азербайджана и Китая по своей природе довольно близки.

Своеобразен также гумус коричневых почв Азербайджана. Попытки отнести к типу коричневых почв почвы иного генезиса, в том числе каштановые почвы, являются, по нашему мнению, несостоятельными. Гумус коричневых почв даже при начавшемся остепнении (которое сопровождается некоторым увеличением в составе гумуса количества гуминовых кислот) сохраняет ряд черт, характерных для гумуса лесных

почв: а) в составе гумуса содержание фульвокислот преобладает над гуминовыми кислотами, отношение Сг : Сф меньше единицы; б) характерна относительно высокая устойчивость гуминовых кислот к коагулирующему действию электролитов; в) слабая конденсированность сетки ароматического углерода, показателем которой является сравнительно широкое отношение $E_4 : E_6$.

Имеющиеся в нашем распоряжении данные по составу гумуса сероземно-луговых и лугово-болотных почв Кура-Араксинской низменности выявляют известное своеобразие почв достаточного и повышенного увлажнения. В сероземно-луговых и луговых почвах грунтовое увлажнение благоприятствует мощному развитию растительности, накоплению в почве большой корневой массы. При процессах гумификации огромной массы растительных остатков, активно протекающих в течение продолжительного летнего периода, в почве накапливаются в большом количестве новообразованные гумусовые вещества. В составе гумуса в сероземно-луговых и луговых почвах по сравнению с сероземами содержание гуминовых кислот возрастает, соотношение Сг : Сф становится выше единицы. Гуминовые кислоты представлены свободными или связанными с подвижными полуторaокисными формами.

Однако избыточное увлажнение (лугово-болотные почвы) приводит к резкому уменьшению содержания гумуса, а в его составе к возрастанию фульвокислот.

Природа гумуса и процессы его накопления в луговых и лугово-болотных почвах заслуживают специального исследования.

Проведенные нами работы позволили наметить закономерности изменения природы гумуса, определяемые комплексом почвенно-климатических условий.

Эти материалы использованы нами при рассмотрении путей управления процессами накопления органического вещества и приемов его рационального использования в почвах Азербайджанской ССР.

Глава XI

ПРИЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ПУТИ ЕГО РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОЧВАХ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

Обращаясь к вопросу о роли органического вещества в плодородии почвы, прежде всего отметим, что органическое вещество служит резервом питательных веществ для растений, постепенное высвобождение которых при разложении следует рассматривать как один из важных факторов устойчивости плодородия почвы. В составе органической части почвы содержатся большие запасы питательных веществ — азота, фосфора и калия (табл. 62).

Таблица 62

Запасы гумуса, азота, фосфора и калия в почвах Азербайджанской ССР, *т/га*

Почвы	Гумус		Азот		Фосфор		Калий	
	слой почвы, *см*							
	0—20	0—100	0—20	0—100	0—20	0—50	0—20	0—50
Горно-луговая	175—276	450—600	10—16	30—48	Нет данных			
Горный чернозем	120—130	450—500	7	31	6,2	114	120	241
Каштановая	44—54	116—176	3—4	9—12	3,1	5,3	49,2	93,6
Сероземы	31—39	100—125	3,2	12	5,2	8,8	43,6	99,6

Запасы азота, фосфора и калия достигают наибольших величин в богатых гумусом черноземных и горно-луговых почвах и значительно снижаются в сероземах и каштановых почвах, характеризующихся меньшими запасами органических веществ.

В Азербайджане наиболее широко распространены каштановые и сероземные почвы (по В. Р. Волобуеву, они занимают 60,6% всей площади республики), содержащие низкие запасы гумуса, азота и других элементов минерального питания, а следовательно и обладающие низким потенциальным плодородием. Значительно меньшие площади занимают горно-луговые (18,5%) и черноземные (0,7%) почвы с высокими запасами гумуса, азота и других элементов питания растений. Остальная территория республики занята преимущественно лесными почвами.

Содержащиеся в органическом веществе элементы азотного и минерального питания растений благодаря деятельности микроорганизмов превращаются в усвояемые растениями формы. На рис. 38 приведены данные по содержанию питательных веществ в зависимости от содержания гумуса.

Органическим веществам принадлежит важная роль в снабжении растения микроэлементами; количество микроэлементов (особенно бора, кобальта и меди) в почвах Азербайджана возрастает с увеличением гумуса (рис. 39).

Без внесения в почву минеральных и органических удобрений снабжение растений питательными веществами может происходить лишь за счет разложения гумуса, которое в разных почвенно-климатических условиях республики протекает с различной интенсивностью. При этом непрерывная мобилизация питательных веществ из почвы без их пополнения приводит к резкому снижению потенциального плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Это явление особенно отчетливо наблюдается в почвах с небольшими запасами гумуса (сероземы и каштановые), но может иметь место и на богатых гумусом черноземах и горно-луговых почвах.

Не вызывает сомнения, что в целях непрерывного подъема урожайности сельскохозяйственных культур земледелие должно идти по пути систематического пополнения в почве запасов органических веществ (органические удобрения и травосеяние). При разработке научных основ повышения плодородия почв применительно к различным зонам Азербайджанской ССР необходимо учитывать разнообразие почвенно-климатических условий, в частности запасы гумуса и азота, а также скорость их минерализации с образованием форм усваяемых растениями.

Горно-луговые (дерновые) почвы распространены на относительно выровненных местах. Процесс почвообразования протекает в условиях короткого вегетационного периода (3—4 месяца), высокой влажности и при участии луговой растительности. Почвы характеризуются высоким содержанием гумуса и достаточной обеспеченностью растений усвояемыми

формами питательных веществ. Запасы гумуса в метровом слое составляют 450—600 *т/га*, азота — 30—48 *т/га*.

По климатическим условиям массивы горно-луговых почв целесообразно осваивать под богарные культуры (зерновые и картофель). Благодаря высокому содержанию

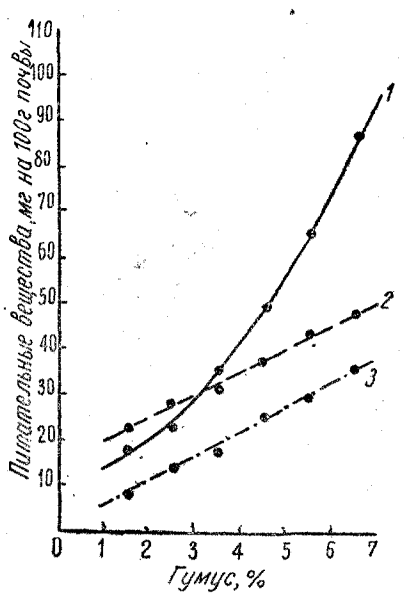


Рис. 38. Изменение количества подвижных питательных веществ в зависимости от содержания гумуса в почве: *1* — легкорастворимый гумус, *2* — обменный калий, *3* — подвижный фосфор

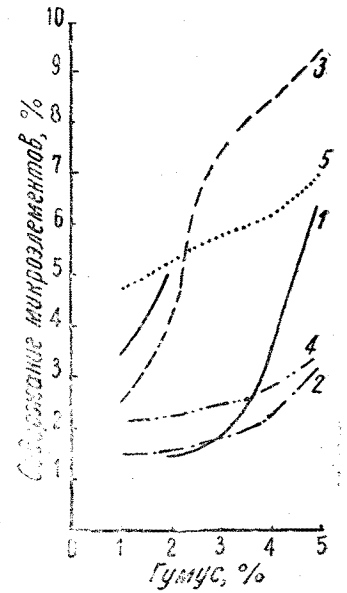


Рис. 39. Изменение содержания микроэлементов в зависимости от количества гумуса в почве: *1*—бор, *2*—медь, *3*—кобальт, *4* — молибден, *5* — марганец

гумуса и азота и сравнительно медленным процессам превращения органических веществ сельскохозяйственное использование этих почв допустимо без применения минеральных и органических удобрений. Однако при этом необходимо строго соблюдать агротехнические и противоэрозионные мероприятия для предупреждения поверхностного смыва.

Горно-луговые дерновые почвы, несмотря на значительное распространение, под посевы почти не используются и заняты в основном пастбищными угодьями — яйлагами и сенокосами. Они являются районом летних пастбищ, куда перекочевывают овцы и крупный рогатый скот на летние месяцы из районов Кура-Араксинской низменности (зимние пастбища).

Под влиянием бессистемного выпаса скота наблюдается изреживание растительного покрова, увеличение поверхностного стока атмосферных осадков и усиление эрозионных процессов, в результате которых верхние слои почвы, обычно содержащие наибольшие количества гумусовых веществ и питательных элементов, смываются и плодородие почв значительно снижается.

Эродированные (смытые) почвы характеризуются незначительными запасами гумуса и питательных веществ, приобретают плохие физические свойства (скелетность, маломощность и др.). Продуктивность естественных трав на пастбищах снижается до 12—14 *ц/га*.

Для обогащения эродированных почв органическим веществом и тем самым восстановления их потенциального плодородия было бы целесообразно испытать подсев многолетних трав, которые повышают урожай трав на лугах до 60—90 *ц/га*. Производительность высокогорных пастбищ может быть повышена при проведении химизации лугов путем поверхностного внесения удобрений с помощью авиации и применении агротехнических приемов, направленных на предотвращение эрозии. Последнему способствует также широкое внедрение загонного способа пастьбы скота с соблюдением норм и сроков его выпаса.

Горные черноземы содержат в метровом слое почвы большие запасы гумуса (450—500 *т/га*), азота (31 *т/га*) и других питательных веществ и отличаются высоким потенциальным плодородием.

Согласно данным для Европейской части СССР, при распашке целинных черноземов и использовании их под сельскохозяйственные культуры гумус почвы наиболее интенсивно разлагается в первые годы, затем этот процесс стабилизуется и в старопахотных почвах остается практически без изменений, по-видимому из-за использования наиболее доступных для микроорганизмов органических веществ. Однако эти почвы даже при длительном освоении еще содержат достаточно высокие запасы гумуса и азота, которые трудно подвергаются мобилизации. Следует в этих случаях применить прием внесения свежего органического вещества (навоз, сидераты и др.) для стимулирования разложения гумуса самой почвы и тем самым для накопления в почве усвояемых растением питательных веществ. Одновременно данный прием способствует обновлению органической части этих почв.

Интенсивное использование горных черноземов под пропашные и зерновые культуры без внесения органических и минеральных удобрений и проведения необходимых мер борьбы с эрозией приводит к большим потерям органического ве-

щества и ухудшению физических свойств почв (распылению и смыву).

Плодородие черноземных почв значительно повышается при систематическом применении органических и минеральных удобрений, при проведении комплекса противоэрозионных мероприятий.

В целях борьбы с дальнейшим смывом сильноэродированных почв следует их временно исключить из фонда пахотопригодных земель и отводить под посевы многолетних трав с обязательным внесением удобрений.

Каштановые и сероземные почвы основной орошаемой зоны Азербайджана используются под ценные сельскохозяйственные культуры (хлопчатник, рис и др). Они содержат незначительные запасы гумуса и азота (гумус 116—176 *т/га*, азота — 9—12 *т/га*). Сельскохозяйственное использование сероземных и каштановых почв в условиях повышенной температуры и искусственного орошения сопровождается высокой интенсивностью процессов превращения органических веществ. Поэтому при монокультуре хлопчатника (без внесения органических и минеральных удобрений) наблюдается интенсивное разложение гумуса и падение плодородия почвы.

На полях АзНИХИ (светло-каштановые почвы) под хлопчатником, непрерывно возделываемым в течение 23 лет, снижение запасов гумуса составило 0,7% (рис. 40), или более 30% от исходного количества гумуса в почве. Наиболее заметное уменьшение запасов гумуса наблюдается в первые 3—4 года возделывания хлопчатника, когда содержание гумуса в почве уменьшается на 0,3—0,5%, что составляет 20—25% всех запасов гумуса в почве. При последующей длительной культуре хлопчатника запасы гумуса убывают в незначительных размерах.

Для получения высоких урожаев хлопка при монокультуре необходимо внесение минеральных и органических удобрений.

На светло-каштановых почвах АзНИХИ прибавка урожаев хлопка при внесении минеральных удобрений (N 50 *кг/га*, P 100 *кг/га*) по сравнению с неудобренным вариантом составила за три года более 17 *ц/га*. Прибавка урожаев хлопка еще более значительно возрастала (за три года на 24,2 *ц/га*) при удобрении навозом в количестве 30 *т/га* (табл. 63).

В многолетних опытах (1930—1951) на орошаемом сероземе Ак-Кавакской опытной станции при правильной обработке и орошении урожай хлопка-сырца на контрольном варианте (без удобрений) стабилизировался на уровне 15—18 *ц/га*, тогда как на удобряемом NPK фоне и на варианте

с ежегодным внесением навоза урожай превышал 30 *ц/га*. При этом содержание гумуса в пахотном слое снизилось на неудобряемом варианте на 30,5%, на удобряемом NPK на 23,8%, а на удобряемой навозом почве даже несколько увеличилось по сравнению с исходным содержанием.

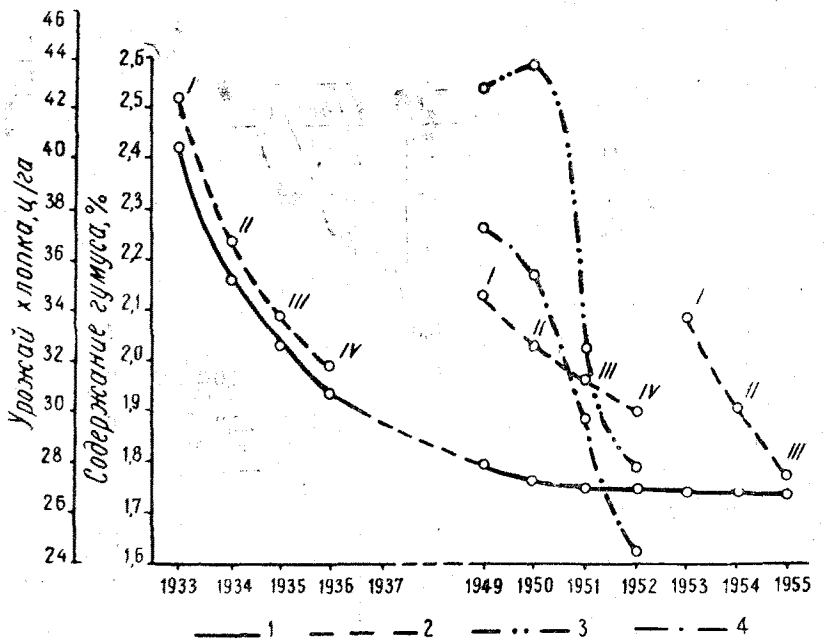


Рис. 40. Изменение содержания гумуса и урожайности хлопчатника в светло-каштановой почве АзНИХИ за период 1933—1955 гг.: *1* — содержание гумуса в почве под бессменным хлопчатником; *2* — содержание гумуса в почве под хлопчатником в севообороте; *3* — урожай хлопчатника в севообороте; *4* — урожай хлопчатника без севооборота

Хлопчатник по пласту люцерны: *I*—1-го года; *II*—2-го года; *III*—3-года; *IV*—4-го года

Однако необходимо отметить, что на орошаемых почвах при монокультуре хлопчатника даже систематическое внесение минеральных удобрений (NPK) не оказывает существенного влияния на уменьшение потерь гумуса и азота (табл. 64).

Внесение в почву навоза и жмыха способствует повышению содержания гумуса, благоприятствует переводу элементов минерального питания растений в более усвояемые формы и увеличению эффективности действия минеральных удобрений.

Как известно, в почвах Кура-Араксинской низменности коэффициент использования растениями внесенных в почву

фосфорных удобрений крайне низкий. Растениями используется от 10 до 30% внесенной в почву фосфорной кислоты, а 70—90% превращается в труднодоступные для растений формы.

Таблица 63

Влияние многолетних трав и удобрений на урожайность хлопчатника на светло-каштановой почве АзНИХИ (А. С. Белоусов, 1948)

Предшественник	Урожаи хлопка-сырца								
	1-й год			2-й год			3-й год		
		Прибавка			Прибавка			Прибавка	
	ц/га	*ц/га*	%	*ц/га*	*ц/га*	%	*ц/га*	*ц/га*	%
Люцерна без удобрения	41,9	3,4	8,8	34,2	3,7	12,1	20,2	1,1	5,7
Люцерна, удобренная NP	42,2	3,7	9,6	37,2	6,7	22,0	18,7	0,4	— 2,1
Люцерна + райграс NP	41,9	3,4	8,8	37,7	7,0	22,9	25,8	6,7	35,1
Хлопчатник, удобренный NP (контроль)	38,5	—	—	30,5	—	—	19,1	—	—
Хлопчатник, удобренный навозом	37,8	— 0,7	— 1,8	32,7	2,0	6,6	24,6	5,5	28,8
Хлопчатник без удобрений	28,1	—10,4	—37,0	24,7	— 5,8	—23,4	17,9	— 1,2	— 6,7

Примечание; N—50 *кг*, P—100 *кг*. Навоз—30 *т/га*

Опыты на сероземно-луговой почве Уджарского района показали, что закрепление фосфорной кислоты значительно ослабляясь при внесении суперфосфата в смеси с органическими веществами нефтяного происхождения и ее содержание в растворимой форме возросло до 50—100%.

При внесении же суперфосфата без органических веществ количество растворимой фосфорной кислоты снижалось до 30% (Мусабекова, 1948).

Внесение в почву навоза и других органических удобрений, повышая жизнедеятельность микроорганизмов, благоприятствует переводу гумусовых веществ в более подвижные формы, которые стимулируют рост и развитие растений.

В ряде работ советских и зарубежных ученых (Христевой, 1949, 1953; Кононовой, 1951; Благовещенский, 1955; Niklewski u. Wojciechowski, 1937; Chaminade et Blanchet, 1953; Chaminade, 1956; Saalbach, 1956; Prát, 1959, 1961 и др.)

Таблица 64

Изменение в содержании органического углерода и азота в пахотном слое почвы в опыте с бессменной культурой хлопчатника в орошаемых сероземах Ак-Кавакской опытной станции Союз НИХИ за время с 1930 по 1951 г. (М. А. Белоусов, 1955)

Дата	Контроль			Минеральные удобрения			Навоз			Жмых		
	C	N	C:N	C	N	C:N	C	N	C:N	C	N	C:N
5.IX 1930	0,824	0,113	7,3	0,864	0,120	7,2	1,066	0,133	8,0	1,033	0,133	7,5
1931	0,838	0,116	7,2	0,893	0,104	8,6	1,129	0,138	8,2	1,004	0,124	8,2
17.IV 1932	0,881	0,108	8,1	0,910	0,114	8,0	1,122	0,135	9,0	1,071	0,129	8,3
2.III 1937	0,759	0,088	8,6	0,778	0,091	8,5	1,012	0,130	7,8	0,920	0,112	8,2
13. VI 1942	0,648	0,086	7,5	0,686	0,093	7,4	1,002	0,127	9,9	—	—	—
9.XII 1947	0,682	0,095	7,2	0,733	0,098	7,5	1,098	0,133	8,3	—	—	—
30.IV 1951	0,573	0,082	7,0	0,658	0,086	7,6	1,125	0,136	8,3	0,763	0,104	7,3
Снижение C и N с 1930 по 1951 г.	—0,250	—0,031	—	—0,206	—0,034	—	+0,059	+0,003	—	—0,240	—0,029	—

Навоз—30 *т/га*, жмых—2,3 *т/га*, минеральные удобрения: N—150 *кг*, P_2O_5—120—150 *кг*., калий 75 *кг*.

приведены данные, свидетельствующие о физиологическом воздействии гумусовых веществ и близких к ним по природе органических соединений на растение, проявляющемся в стимулировании ферментативных систем растения, связанных с его дыханием и в заметной активизации обмена веществ и биохимических процессов в растении. Это в свою очередь способствует более полному использованию питательных веществ растений и является одной из основных причин повышения урожайности сельскохозяйственных культур под влиянием органических веществ.

За последние годы Д. М. Гусейнов предложил ряд новых видов удобрений, содержащих органические вещества нефтяного происхождения. Д. М. Гусейнов (1958, 1963) установил, что выделенные из органических веществ нефтяного происхождения натриевые соли нафтеновых кислот, являясь в малых количествах стимуляторами роста и развития растений, повышают урожайность сельскохозяйственных культур. Этот прием однако дает должный эффект лишь при высоком агрофоне и полной обеспеченности растений основными питательными элементами.

Большое влияние на повышение плодородия орошаемых почв Азербайджана и урожайность хлопчатника оказывает введение в севооборот посевов люцерны. Особенно высокий рост урожаев хлопка наблюдается по удобренной люцерне. На светло-каштановой почве АзНИХИ урожай хлопка-сырца по предшественнику — люцерна удобренная NP (N — 50 *кг*, P — 100 *кг*) по сравнению с хлопчатником, удобренным NP, возрастает за три года более чем на 10 *ц/га*. Значительное повышение урожайности хлопчатника (на 8,2 *ц/га*) отмечается даже при неудобренной люцерне (см. табл. 63).

Положительная роль люцерны в повышении плодородия орошаемых почв Азербайджана и урожаев сельскохозяйственных культур объясняется тем, что культура люцерны, накапливающая в почве огромную массу растительных остатков имеет большое значение в обогащении почвы органическим веществом и азотом, в улучшении физических и химических свойств почв.

Определение запасов корней под различными сельскохозяйственными культурами на полях Уджарского опорного пункта позволило нам выявить, что люцерна обладает более мощной корневой системой, чем другие полевые культуры севооборота (табл. 65).

Люцерна в различных почвенно-климатических условиях Азербайджана уже в первые годы вегетации накапливает в 0—100-сантиметровом слое почвы массу корней (5,0—11,0 *т/га*), а за два года вегетации — от 9,0 до 20,0 *т/га*. Кроме того люцерна ежегодно обеспечивает высокие урожаи сена более 100 *ц/га*. Наиболее высокие темпы накопления корневой массы под люцерной наблюдаются на сероземно-аллювиальных почвах Муганской степи. Последнее объясняется тем, что корни люцерны вследствие легкого механического состава почвы вслед за почвенной влагой проникают в глубокие слои почвы. Получая влагу из увлажненных глубоких горизонтов, люцерна развивает мощную корневую систему. Здесь однолетняя люцерна в 0—50-саниметровом слое почвы накапливает более 7 *т/га* корней, а под двухлетней люцерной запасы корневых остатков возрастают в 3 раза.

Таблица 65

Запасы корней под различными сельскохозяйственными культурами

Слой почвы, *см*	Люцерна 2-го года пользования		Хлопчатник		Пшеница	
	т/га	%	*т/га*	%	*т/га*	%
0—10	7,56	69,00	0,60	30,30	1,26	82,55
10—20	2,36	21,75	0,93	46,94	0,13	8,28
20—30	0,93	9,25	0,45	22,76	0,18	9,37
0—30	10,85	100	1,98	100	1,57	100

Высокие темпы накопления люцерной растительной массы наблюдаются также и на светло-каштановых почвах Кировабад-Казахской зоны. В Ширванской степи под люцерной накапливается сравнительно небольшая корневая масса, что вызвано тяжелым механическим составом и засолением почв.

Под люцерной второго года пользования отмечается более равномерное распределение корней по слоям почвы, чем под люцерной первого года пользования. Так, если под однолетней люцерной в 0—20 -сантиметровом слое почвы накапливается 80% всей массы корней, то под двухлетней люцерной содержание корневых остатков в этом же слое уменьшается до 60%, при одновременном увеличении корневой массы в более глубоких слоях почвы и улучшении физических свойств последней.

Приведенные нами исследования позволили установить, что в каштановых и сероземных почвах республики темпы накопления гумуса под люцерной при высокой агротехнике довольно значительны. В этих почвах под двух- и трехлетней люцерной по сравнению с бессменным хлопчатником прибавка гумуса составляет 0,3—0,6% к весу почвы (табл. 66).

В изучаемых нами почвах республики гумус под люцерной накапливается в таком же количестве, как и в почвах Средней Азии.

Таблица 66

Накопление гумуса под люцерной в орошаемых почвах Азербайджана

Почва	Бессменный хлопчатник. Глубина слоя, *см*	Гумус, % к весу почвы	Люцерна. Глубина слоя, *см*	Гумус, % к весу почвы	Прибавка гумуса под люцерной, % к весу почвы
Светлокаштановая, АзНИХИ	0—20	1,21	1-й год		
	20—40	1,03	0—20	1,38	0,17
			20—40	1,12	0,09
			2-й год		
			0—20	1,49	0,27
			20—40	1,29	0,26
			3-й год		
			0—20	1,55	0,34
			20—40	1,30	0,27
Лугово-сероземная, Уджарский опорный пункт	0—20	2,27	1-й год 0—20	2,67	0,40
			2-й год 0—20	2,85	0,58

По данным ряда исследователей (Гельцер и Ласукова, 1934; Рыжов и Цибульская, 1938; Кононова и Лагунова, 1940; Белякова, 1957), в орошаемых условиях Средней Азии люцерна 2—3-летнего возраста при хорошем ее возделывании способна увеличить содержание гумуса в верхних горизонтах почвы на 0,3—0,4% к весу почвы, что соответствует 10—12 *т/га* гумуса и более (табл. 67).

Л. П. Белякова (1957) для длительно орошаемых почв Вахшской долины приводит данные о накоплении под люцерной гумуса в слое 0—45 *см:* в первый год — 4, во второй — 12 и в третий — 21 *т/га,* по отношению к исходному количеству гумуса на хлопковой старопашке (52 *т/га*) на третий год это составляет 140%.

По подсчетам П. В. Протасова (1961), накопление гумуса под люцерной за время ее трехлетнего стояния в условиях орошаемых сероземов Средней Азии составляет в среднем для слоя 0—40 *см* 18—21 *т/га,* азота — 0,96—1,08 *т/га.*

В почвах Азербайджана интенсивное накопление гумуса наблюдается с первого же года пользования люцерны. На

Таблица 67

Накопление гумуса под люцерной в сероземах Средней Азии

Почва	Хлопчатник. Глубина слоя почвы, *см*	Гумус, % к весу почвы	Люцерна трехлетняя. Глубина слоя почвы, *см*	Гумус, % к весу почвы	Прибавка гумуса под люцерной, %
Типичный серозем (С. Н. Рыжов и Г. Я. Цибульская, 1938)	В севообороте				
	0—20	0,81	0—20	1,12	0,31
	20—40	0,49	20—40	0,55	0,06
Типичный серозем (Ф. Ю. Гельцер и Т. П. Ласукова, 1934)	Перед посевом люцерны				
	0—20	1,27	0—20	1,63	0,36
	20—40	0,97	20—40	1,28	0,31
Светлый серозем (М. М. Кононова и Е. П. Лагунова, 1940)	В севообороте 0—15	0,93	0—15	1,33	0,40

второй год вегетации люцерны скорость накопления несколько снижается, а в дальнейшем гумус образуется лишь в незначительном количестве. Таким образом можно сделать вывод, что в орошаемых условиях Азербайджана, при хорошей агротехнике люцерна в течение двух лет накапливает большое количество органических веществ и восстанавливает плодородие почвы, истощенной предшествующей бессменной культурой хлопчатника.

Таблица 68

Содержание гумуса в лугово-сероземной почве под люцерной

Слой почвы, *см*	Гумус, %	
	люцерна 1-го года пользования	люцерна 2-го года пользования
0—5	2,03	2,30
5—15	2,09	2,61
15—25	2,01	2,09
25—35	1,62	2,03
35—50	1,15	1,45
50—75	1,01	1,23
75—100	0,75	0,98

Согласно нашим данным (табл. 68), под культурой люцерны второго года не только увеличивается общее количество гумуса, но и одновременно отмечается более равномер-

ное его распределение по профилю, что соответствует более равномерному распределению корней в профиле.

Люцерна в условиях орошаемого земледелия республики при высокой агротехнике накапливает в почве также большие запасы валового азота. В орошаемых почвах Азербайджана при хорошем травостое под люцерной за два года накопление азота составляет 600—900 *кг/га*.

По данным Ф. Ю. Гельцер, на Ак-Кавакской опытной станции люцерна накопила за 3 года в слое 0—40 *см* 1200 *кг/га* азота, т. е. в среднем 400 *кг/га* за год. Это в 10 раз превышает количество азота, вносимого с удобрениями. Согласно данным В. Г. Березовского (1957), за два года люцерна в слое 0—40 *см* способна накопить до 790 *кг/га* азота. Эти величины, характеризующие количество атмосферного азота, фиксированного под люцерной, близки к тем, которые приводит Д. Н. Прянишников (1945).

Большое количество азота, накапливаемого корнями люцерны, обязано его фиксации азотфиксаторами — клубеньковыми бактериями, азотобактером и др. Наибольшее количество клубеньковых бактерий под культурой люцерны обнаруживается в светло-каштановых и сероземно-луговых почвах, где количество этих бактерий вне ризосферы определяется от 20000 до 50000 клеток в 1 *г* почвы. В ризосфере хлопчатника клубеньковых бактерий значительно меньше, количество их колеблется от 100 до 20 000 (Мелкумова, 1961а). Численность клубеньковых бактерий резко снижается под бессменным хлопчатником и достигает наибольшего количества под двухлетней люцерной.

Рассмотрение полученных нами данных о режиме нитратов и аммиака в почве люцерников различного возраста позволяет отметить, что наибольшее содержание нитратного и аммиачного азота отмечается под однолетними люцернами, затем с увеличением возраста количество минеральных форм азота уменьшается (табл. 69). Снижение содержания нитратов и аммиака на люцерниках 2-го года пользования объясняется, по-видимому, угнетением жизнедеятельности нитрифицирующих и аммонифицирующих бактерий под влиянием уплотнения почвы из-за отсутствия обработок. После распашки однолетних люцерников происходит сильновыраженная минерализация накопленного органического азота и образование большего количества нитратов и аммиака.

На окультуренных полях (под люцерной) происходит значительно большее накопление нитратов, чем на целинных почвах. Это объясняется тем, что на целинных участках вследствие отсутствия поливов и обработки отмечается угнетение биологических процессов.

Таблица 69

Динамика нитратов и аммиака в окультуренных и целинных почвах (среднее для слоя почвы 0—100 *см*, *мг* на 1 *кг* абсолютно сухой почвы)

Почва	Дата	Нитратный азот		Аммиачный азот	
		люцерна	целина	люцерна	целина
Светло-каштановая	III 1959	3,73	1,89	0,63	0,65
	V „	4,62	2,16	3,37	3,12
	VIII „	1,20	1,56	0,31	0,55
	X „	0,66	1,56	0,36	0,50
	IV 1960	2,87	0,77	2,81	Нет данных
	VI „	1,60	Нет данных	Следы	„
	IX „	1,24	„	0,39	„
	XI „	1,70	„	1,39	„
Сероземно-аллювиальная	III 1959	2,84	1,39	0,60	0,54
	V „	1,66	0,79	3,94	3,06
	VIII „	0,74	0,95	0,27	0,53
	X „	0,82	0,50	0,30	0,67
	IV 1960	0,86	1,05	2,10	1,26
	VI „	0,74	1,83	Следы	Следы
	IX „	0,88	0,71	„	0,27
	XI „	0,91	0,64	1,94	0,50
Сероземно-луговая	III 1959	5,67	1,47	0,65	0,64
	V „	4,87	1,07	3,51	4,70
	VIII „	2,19	0,90	0,39	0,66
	X „	0,92	1,18	0,44	0,62
	IV 1960	1,56	1,21	1,33	0,81
	VI „	1,24	0,95	1,14	0,88
	IX „	0,97	0,84	0,54	0,49
	XI „	0,70	0,97	1,89	0,53

Указывая на несомненную роль люцерны в обогащении почвы органическим веществом и азотом, следует однако вопрос о занятии почв под многолетние травы решать с учетом правильного использования поливных земель, введения ценных культур и наиболее эффективных севооборотов. Максимально возможное количество земли в севообороте должно

отводиться под посевы хлопчатника. При этом главной задачей является то, что каждый колхоз и совхоз поднял урожайность хлопка в ближайшие годы минимум до 25 *ц/га*.

С целью быстрого повышения плодородия почвы и урожайности хлопка, высокого удельного веса посевов хлопчатника в севообороте необходимо разрабатывать в Азербайджане приемы интенсификации культуры трав для однолетнего использования их в севообороте. Необходимо включать в структуру посевных площадей также высокопродуктивные кормовые культуры — кукурузу, джугару, озимый горох и др. Однолетнее использование люцерны, а также посев промежуточных и пожнивных культур (кукуруза, озимый горох и др.) обеспечат увеличение валовых сборов хлопка и позволит создать прочную кормовую базу для животноводства.

В хлопкосеющих районах при обильном орошении и удобрении люцерна в условиях однолетнего использования дает более 100 *ц/га* сена и накапливает до 110 *ц/га* корневой массы.

Продуктивность трав резко увеличивается при смешанном посеве люцерны с однолетними компонентами — шабдаром или суданской травой.

Испытания в сероземных почвах Ждановского района влияния однократной и двухкратной запашки разных трав (в качестве зеленого удобрения) на урожай хлопчатника (Агамиров и Н. Алиев, 1962 ; Н. Алиев, 1963), показали, что при однократной запашке суданская трава + люцерна урожайность хлопка-сырца составляла 23,3 *ц/га*, тогда как при запашке суданской травы в смеси с люцерной, а вслед за ними шабдара его урожайность возросла до 30,5 *ц/га*(табл. 70). При двухкратной запашке в почву поступило 651 *ц/га* зеленой и корневой массы, значительно увеличилось содержание гумуса в почве (0,10—0,15%) и количество азота (0,033—0,060%).

При двухкратной запашке сидератов на зеленое удобрение в процессе их разложения в почве в большом количестве накапливаются нитратный азот и водорастворимые органические вещества. С целью дополнительного обогащения почв органическим веществом на третьем и четвертом году возделывания хлопчатника, когда плодородие почв сильно снижено, целесообразно введение в хлопковые севообороты культуры сидератов, которые в производственных условиях Азербайджана почти не используются.

В условиях Азербайджана сидераты целесообразно высевать в августе, по окончании последней обработки почвы под хлопчатником и перед последним поливом. При этом сроке посева сидераты к апрельскому сроку высева хлопчатника накапливают обильную зеленую массу. На луговых почвах Карабахской зональной опытной станции шабдар накопил

Таблица 70

Влияние двухкратной запашки трав в качестве зеленого удобрения на изменение содержания гумуса и азота в почве и урожайность хлопчатника (Н. Алиев, 1963)

Вариант опыта	Урожай зеленой массы, *ц/га*	Количество корней в 0—40 сантиметровом слое, *ц/га*	Количество запаханной зеленой и корневой массы, *ц/га*	Горизонт, *см*	Гумус	Азот	Урожайность хлопка-сырца, *ц/га*	Прибавка, *ц/га*
					% к весу почвы			
Контроль — Суданская трава + люцерна. Посеяно 14. VII 1959	—	—	—	0—25	1,97	0,128	23,3	—
				25—40	1,49	0,099		
1. Суданская трава + люцерна. Посеяно 14. VII 1959, запахано 5. IX 1959	219	17	652	0—25	2,12	0,134	30,5	7,2
				25—40	1,59	0,102		
2. Шабдар. Посеяно 11. IX 1959, запахано 21. IV 1960	394	21						
1. Сахарное сорго + люцерна. Посеяно 14. VII 1959, запахано 15. IX 1959	203	13	620	0—25	2,10	0,133	30,1	6,8
				25—40	1,57	0,102		
2. Шабдар. Посеяно 11. IX 1959, запахано 21. IV 1960	371	33						
1. Шабдар + люцерна. Посеяно 14. VII 1959, запахано 5. IX 1959	184	12	483	0—25	2,08	0,133	29,1	6,1
				25—40	1,56	0,101		
2. Горох озимый. Посеяно 11. IX 1959, запахано 11. IV 1960	265	22						

41,8—57,0 *т/га* зеленой массы, а озимый горох 33,1—42,4 *т/га*.

Несколько меньшая зеленая и корневая масса (шабдар — 39,4 *т/га* зеленой массы и 2,1 *т/га* корней, озимый горох — 26,5 *т/га* зеленой массы и 2,2 *т/га* корневых остатков) накапливается на сероземных почвах Мильской степи. На светло-каштановых почвах Кировабад-Казахского массива шабдар образует 23,3 *т/га* зеленой массы и 1,5 *т/га* корней, а озимый горох+ рожь — 27,3 *т/га* зеленой массы и 1,0 *т/га* корней.

При применении зеленого удобрения заметно увеличивается в почве содержание гумуса и азота. Эти примеры не единичны. Так, запашка зеленого удобрения (шабдар) на луговых почвах Карабахской степи (Мамедов, 1959, 1960) заметно повысила в почве содержание гумуса (0,20—0,24%) и азота (0,039—0,050%). При запашке 30—40 *т/га* зеленой массы шабдара в почву вносится до 200 *кг/га* азота. Положительное действие сидератов на накопление органического вещества и азота в почве сохранилось и в следующем году. Под влиянием зеленого удобрения повышается урожайность хлопчатника. При правильной агротехнике сидератов и глубокой их запашке урожай хлопчатника возрастают от 17 до 45%. Эти данные согласуются с результатами опытов по применению зеленых удобрений под хлопчатник, проведенных И. Н. Антиповым-Каратаевым совместно с Л. П. Беляковой (1957) в Таджикской ССР — при запашке шабдара на глубину 35 *см* урожай хлопка составлял 51,1 *ц/га* против 42,1 *ц/га* на контроле.

Следует отметить, что глубокая запашка пласта как многолетних, так и однолетних трав способствует созданию мощного пахотного слоя в орошаемом хлопководстве; в условиях, характеризующихся ускоренным циклом процессов накопления разложения органического вещества почвы необходимо проведение глубокой запашки трав.

При глубокой запашке пласта основная масса корневых остатков люцерны (60—70%), заделывается на дно борозды, где они медленно разлагаются. Это снимает отрицательное воздействие на всходы хлопчатника продуктов разложения свежих растительных остатков, предотвращает нежелательное отрастание люцерны и устраняет изреженность всходов хлопчатника. При глубокой запашке дернины, сопровождающейся выворачиванием на дневную поверхность глубинного слоя почвы, обедненного питательными веществами, обязательным условием является припосевное внесение удобрений и проведение ранней подкормки.

При раннем сроке подъема пласта почти вся основная масса корневых остатков люцерны (60—70%) успевает за 3 месяца разложиться при выраженных условиях аэробиозиса до наступления зимних пониженных температур. Зимние сроки распашки пласта (январь и позднее) отрицательно влияют на биологические процессы в почве, корни люцерны за зимний период почти не разлагаются, сохраняют свою жизнедеятельность и образуют весной обильные всходы, которые приходится уничтожать. При поздних сроках распашки хлопчатник не дает нормальных всходов и урожай снижается.

Нашими данными установлена высокая интенсивность процессов разложения растительных остатков в орошаемых каштановых и сероземных почвах. Поэтому оправдан позднеосенний срок подъема пласта люцерны (первая половина ноября), применяемый в практике хлопководства республики. При ноябрьском сроке подъема пласта имеется возможность получить дополнительный урожай люцерны и лучше сохранить накопленное органическое вещество от разложения на более длительный срок.

Глава XII

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

1. ПРИЕМЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ГУМУСА И АЗОТА В ПОЧВЕ

В целях выявления запасов гумуса и азота с последующим составлением карты запасов гумуса и средних профилей гумусности почв Азербайджанской ССР были собраны аналитические данные по 850 почвенным разрезам, содержащиеся в опубликованных и рукописных работах исследователей почвенного покрова республики. Географическое размещение разрезов отмечалось на административной карте Азербайджана.

Прежде всего по собранным данным строились профили процента содержания гумуса и азота в почвах. Затем по этим графикам вычислялось их процентное содержание для каждого 10-сантиметрового слоя почвы до глубины 100 *см*. Так мы получали условные «полные» профили распределения в почве гумуса и азота с характеристикой каждого 10-сантиметрового слоя профиля. Метод получения условных «полных» профилей предложен В. Р. Волобуевым (1946). Путем статической обработки вычислялись средние данные, характеризующие изменение процентного содержания гумуса по профилю той или другой почвенной группы. Число использованных разрезов по каждой почвенной группе колебалось в пределах 18—87.

Для вычисления запаса гумуса и азота в почвах собирались и обрабатывались материалы с учетом величины объемного веса различных почв.

В последующем почвы Азербайджана по абсолютным запасам гумуса были объединены в 8 групп: 500—600, 400—500, 300—400, 250—300, 200—250, 150—200, 100—150, менее 100 *т/га*. Пространственное распределение этих групп отмечалось на почвенной карте Азербайджана. Однако границы распространения выделенных групп не всегда совпадают с границами почв. При оконтуривании групп принимались во внимание также и почвенные границы.

2. ПРИЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Определение пестроты поля и правила взятия почвенных образцов

Проведение исследований по динамике почвенных процессов в сезонном и многолетнем аспекте затрудняется пестротой почвенного покрова. В связи с этим на участках, намеченных для проведения динамических исследований, необходимо предварительно определять пестроту почвенного покрова, что дает возможность уточнить число необходимых повторностей при взятии почвенных проб на анализ. Почвенные пробы берутся с такой повторностью, чтобы они наиболее достоверно отражали сезонный и многолетний ритм почвенных процессов. На целинных и окультуренных почвах выбирались однородные участки площадью 0,5 *га*. Проводилась разбивка участка на 50 квадратов (10×10 *м*). В центре каждого квадрата буром брались два почвенных образца на глубину 20 *см* и в них определялись содержание общего гумуса и запас корневых остатков. На основе этих данных по каждому объекту составлялись схематические карты, характеризующие микрокомплексность почвенного покрова в отношении содержания гумуса и корневых остатков.

Весьма значительная микрокомплексность отмечается на полях Муганской опытно-мелиоративной станции (МОМС), меньшая пестрота почвенного покрова имеет место на полях Уджарского опорного пункта. В АзНИХИ микрокомплексность весьма слабовыражена, распределение содержания гумуса по территории выборочного участка равномерное. Большая пестрота почвенного покрова по содержанию гумуса в МОМС и Уджарском опорном пункте вызвана по-видимому неправильной планировкой земель, когда с возвышенных элементов рельефа весь гумусовый горизонт срезается и сбрасывается в пониженные части участка.

Исследования динамики почвенных процессов в сезонном и многолетнем аспекте необходимо проводить на одном и том же участке, что позволяет при достаточных повторностях более правильно изучить протекающие в почве процессы под влиянием изменений погодных условий, характера растительности и т. д. и избежать пространственной пестроты почв.

Для определения числа повторностей при взятии почвенных проб данные содержания гумуса и запасов корней по 50

точкам для каждого исследованного участка подвергались математической проработке. Эти данные группировались по 3, 5 и 10 цифрам. Для получения троек складывались первые две цифры гумуса или корневых остатков, к сумме первых двух цифр прибавлялась третья цифра, получалась первая тройка; затем к сумме первых двух цифр прибавлялась четвертая цифра — получалась вторая тройка, к сумме первых двух цифр прибавлялась каждая следующая цифра вплоть до 50. Всего получалось 48 троек. При группировке из пяти цифр к сумме первых четырех прибавлялось по одной цифре, начиная с пятой до пятидесятой. Всего получилось 46 пятерок. При группировке по десять цифр к сумме первых девяти прибавлялось по одной цифре начиная с десятой и до пятидесятой. Всего получился 41 десяток. Каждые полученные таким образом тройки, пятерки и десятки нами подвергались обработка по системе вариационной статистики и затем вычислялись данные по каждой группировке.

Данные табл. 71 показывают, что при характеристике пестроты поля по гумусу наименьшие величины коэффициента изменчивости (С%) и процента ошибки опыта (m%) получены на полях АзНИХИ и Уджарского опорного пункта. Для характеристики этих участков по содержанию гумуса 3-кратная повторность взятия образцов почв была вполне достаточной. Предполагаем, что для этих участков достаточна 3-кратная повторность и при изучении динамики почвенного азота (нитратного и аммиачного азота) и других показателей.

Вследствие большой пестроты почвенного покрова на полях Муганской опытно-мелиоративной станции, где коэффициент изменчивости при 3-кратной повторности составляет 13,90 и отмечается большой процент ошибки (m% = 11,30), необходимо было почвенные пробы брать минимально с 5 повторностями (при этом в местах с наименьшей выраженностью пестроты). Для получения сравнимых данных в различных объектах почвенные пробы брались по определенным срокам (I, III, V, VIII, X месяцы), приуроченным к отдельным сезонам года (зимний, ранне-весенний, весенний, летний, осенний), а также с одних и тех же горизонтов. Учитывая последнее обстоятельство с окультуренных и целинных участков почвенные пробы брались по условным горизонтам (0—15, 15—30, 30—45, 45—60, 60—100 *мм*), корневые остатки в почве определялись по горизонтам 0—10, 10—20, 20—30, 30—40 и 40—50 *см*.

Изложенной методикой мы пользовались для изучения микрокомплексности почвенного покрова также на целинных участках. Это позволило получить при проведении динамических исследований более достоверные данные.

Таблица 71

Данные обработки полученных групп анализов по содержанию гумуса по системе вариационной статистики

Почва	Число повторностей при взятии почвенных проб	Средне-арифметическая, M	Ошибка средней арифметической. $M \pm m$	Средняя квадратичная ошибка $\sigma = \sqrt{\frac{\sum a^2}{n-1}}$	Коэффициент изменчивости $C\% = \frac{\sigma}{M} \cdot 100$	Процент ошибки или показатель точности опыта $m\% = \frac{m}{M} \cdot 100$
Светлокаштановая почва АзНИХИ	3	5,42	0,17	0,21	3,80	3,13
	5	8,98	0,16	0,20	2,20	1,78
	10	17,77	0,15	0,20	1,12	0,84
Сероземно-луговая. Уджарский опорный пункт	3	7,15	0,23	0,30	4,20	3,17
	5	11,96	0,22	0,29	2,42	1,83
	10	23,30	0,21	0,28	1,20	0,90
Аллювиальная сероземная. Муганская опытно-мелиоративная станция	3	1,15	0,13	0,16	13,90	11,30
	5	1,83	0,13	0,16	8,21	6,55
	10	3,79	0,12	0,15	3,16	3,16

Методика комплексных исследований гумификации растительных остатков

Мы изучали изменение анатомического строения и биохимического состава растительных остатков. Одновременно в динамике проводилось изучение микрофлоры разлагающейся растительной массы.

При постановке опытов высушенные до воздушно-сухого состояния корни люцерны и целинной растительности разрезались на кусочки длиной 2—3 *см* и в одинаковом по весу количестве (100 *г*), закладывались в пакеты из тонкой бесщелочной стеклянной ткани. Ткань предварительно подвергалась кипячению в дистиллированной воде. Пакеты с корнями люцерны в пятикратной повторности закладывались в почву на глубину 20 *см*. Через те или иные промежутки времени для определения темпов разложения растительного материала (1. XII, 17. XII 1960, 20. I, 20. II, 20. III, 20. IV, 15. V, 30. VIII и 1. XII 1961) пакеты с корнями выкапывались из почвы и взвешивались. Одновременно из параллельных серий пакетов бралась часть корневых остатков для изучения микрофлоры, участвующей в их разложении. В динамике также определялась температура и микрофлора почвы, влажность почвы и корневая масса.

Во взятых образцах учитывались следующие физиологические группы микроорганизмов: бактерии — посевом на мясопептонном агаре (МПА); спороносные бактерии — посевом пастеризованных почвенных разведений на среду, состоящую из 50% МПА и 50% сусло-агара; актиномицеты — посевом на крахмало-аммиачном агаре; грибы — посевом на подкисленном сусло-агаре; аэробные целлюлозоразрушающие бактерии и грибы на твердой среде Гетчинсона.

Приемы определения годичного прироста корневой массы растительности

Одновременное протекание в почве сложных взаимосвязанных процессов накопления и разложения корней растительности создает большие трудности при исследовании годичного прироста массы корней, т. е. той массы, которая продуцируются растением в течение одного года. Это потребовало изучения процесса накопления и разложения корней в отдельности.

Для определения накопленной в почве массы корней нами был заложен почвенный разрез, на одной из стенок которого намечалась колонка почвы площадью 50×20 *см* и глубиной 50 *см*. На эту колонку почвы надевался деревянный ящик, с помощью которого брался монолит. Почву в деревянном ящике увлажняли и после размыкания осторожно смывали струей воды. При этом вода с полуразложившимися корнями вытекала из отверстий на дне ящика, где корни улавливались с помощью сита с отверстиями 0,5 *мм*; живые же корни после отмывки оставались на дне ящика. Таким приемом учитывалась масса живых корней[1] и полуразложившихся остатков, которые в сумме характеризовали валовые запасы корней.

Одновременно изучалась интенсивность разложения корневой массы. С этой целью живые корни растительности, взятые в период максимума вегетации, тут же закладывались в исследуемые почвы в стеклянных пакетах из бесщелочной ткани. В намеченные сроки (одновременно с определением валового запаса корней) пакеты выкапывались из почвы, взвешивались для определения потери в весе, характеризующей интенсивность разложения корней. Корни не успевали полностью разложиться в год закладки и частично переходили в баланс следующего года (прошлогодние корни).

Имея данные по валовому запасу корней (особенно в период максимума вегетации) и по сохранившейся от разложения массе прошлогодних корней, мы по разности могли определить примерные величины годичного прироста корней естественной растительности.

3. УЧЕТ НАДЗЕМНОЙ МАССЫ И КОРНЕЙ РАСТЕНИЙ

При определении надземной растительной массы и количества органических остатков, содержащихся в самой почве, мы основывались на методах, описанных в работах Н. А. Качинского (1925), Н. И. Саввинова и Н. А. Панковой (1942), Н. А. Панковой (1950, 1952 и 1960), И. Н. Бейдеман (1938) и Б. А. Чижова (1931).

Надземная растительная масса учитывалась на площадке размером 50×50 *см* с 5-кратной повторностью. Собранная растительная масса высушивалась до воздушно-сухого состояния и взвешивалась. Надземная травянистая растительность разделялась на живую (травянистая и деревянистая) и мертвую. Лесная подстилка подразделялась на: опад травянистой растительности; опад деревянистой растительности; листья; измельченную фракцию.

На исследуемом участке после описания ботанического состава надземной растительности закладывался почвенный разрез для определения запасов корневых остатков. На одной из стенок разреза почвы намечалась колонка почвы площадью

[1] Масса живых корней, определенная в период максимума вегетации, по нашему мнению, не дает представления о величине годичного прироста (хотя эта величина близка к нему), поскольку часть ее к периоду максимальной вегетации успевает отмереть и разложиться.

25×25 *см* с подразделением на горизонты. Для большей сравнимости данных по количеству растительных остатков в различных почвах горизонты брались условно (0—10, 10—20, 20—30, 30—40, 40—50, 50—75, 75—100 *см*).

Почва каждого горизонта выбиралась в отдельные образцы для отмывки, производимой декантацией. Образец почвы заливался водой. После размокания почвы при осторожном помешивании корни и мертвые остатки сливались с водой в глубокое сито с отверстием 0,5 *мм*. Эта операция проделывалась 5—7 раз. Отмытые корни переносились в сосуд с водой для разделения их на живые и мертвые фракции, что достигалось быстрым перемешиванием содержимого сосуда и сливанием в сито всплывших мертвых растительных остатков, имеющих меньший удельный вес, чем живые корни. Живые корни с бо́льшим удельным весом оставались в нижних слоях сосуда. Отмытые и высушенные до воздушно-сухого состояния корни разбирались на следующие фракции: корни травянистой растительности; корни деревянистой растительности; корневища. После разделения отдельные фракции взвешивались.

4. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОТЫ В ПОЧВЕННОМ ВОЗДУХЕ

Концентрация углекислоты в почвенном воздухе определялась по методике, описанной в работах Б. Н. Макарова (1955), В. Б. Мацкевич (1953) и А. А. Рихтера (1936) при помощи иглы-бура и поглотителя. Н. И. Горбунов, Р. Я. Школьник и Г. М. Морозов (1941) и Н. Н. Никольский (1949) указывают, что отбор проб почвенного воздуха буром дает заниженные результаты по сравнению со взятием проб в цилиндры и последующим вытеснением воздуха водой. Авторы считают, что при введении в почву иглы-бура возникает опасность засасывания атмосферного воздуха, а при отсасывании извлекается почвенный воздух только из крупных пор, в то время как мелкие поры, из которых воздух не отсасывается, содержат больше углекислоты. Однако Н. Н. Никольский отмечает, что анализы воздуха из макро- и микропор не дали существенного различия. Многочисленные опыты, проведенные П. В. Вершининым и Н. П. Поясовым (1950), показывают, что при извлечении почвенного воздуха иглой-буром не происходит засасывания атмосферного воздуха. Опираясь на последние исследования, мы отбор пробы почвенного воздуха производили с помощью иглы-бура, который при параллельных определениях дает расхождение в пределах 5—10%. Отсасывание почвенного воздуха проводилось с глубины 10, 20, 40 и 60 *см*.

5. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ГУМУСА И ПРИРОДЫ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Определение состава гумуса

Для определения состава почвенного гумуса мы использовали ускоренный метод с применением смеси пирофосфата натрия и NaOH, разработанный М. М. Кононовой и Н. П. Бельчиковой (1961). Применение пирофосфата натрия для выделения гумусовых веществ из почв основано на его способности к образованию нерастворимых осадков или растворимых комплексов с кальцием, железом, алюминием и некоторыми другими поливалентными катионами, с которыми связаны в почве гумусовые вещества.

Большое удобство работы с пирофосфатом натрия состоит в том, что извлечение органических веществ протекает за короткий период (10—12 часов). Наибольшее количество гумусовых веществ извлекает смесь 0,1 *N* пирофосфата натрия и 0,1 *N* NaOH, имеющая pH около 13. При однократной обработке почвы этим раствором выход гумусовых веществ близок к тому количеству гуминовых кислот и фульвокислот, которое дает метод И. В. Тюрина (многократное извлечение гумусовых веществ с помощью 0,1 *N* раствора NaOH из предварительно декальцированной почвы). При некоторых колебаниях соотношение гуминовых кислот и фульвокислот остается близким в обоих методах. В ускоренном методе определения состава гумуса исключены: длительный (особенно в случае карбонатных почв) процесс декальцирования почвы и многократные обработки почвы 0,1 *N* раствором NaOH.

Анализ состава гумуса авторы считают целесообразным сопровождать следующими определениями, проводимыми в отдельных навесках почвы:

а) **Определение количества C органических веществ переходящих в раствор при обработке навески 0,1 N H_2SO_4.** Анализ проводят по В. В. Пономаревой (1957). Этот анализ дает представление о растворимости органических веществ почвы в слабых минеральных кислотах, т. е. о подвижности гумуса.

б) **Определение свободных или связанных с подвижными формами R_2O_3 гуминовых кислот,** выделенных при непосредственной обработке почвы 0,1 *N* NaOH (без предварительного ее декальцирования). Методика описана Н. А. Панковой (1960) и В. В. Пономаревой (1957). Результаты определений этой фракции используются для примерных расчетов количества гуминовых кислот, связанных с несиликатными формами R_2O_3, а по разности между общим содержанием гуминовых

кислот, и указанной фракцией — количество гуминовых кислот, связанных с кальцием.

Определение состава почвенного гумуса дает представление о количественном содержании и соотношении отдельных групп гумусовых веществ, не вскрывает их природы и свойств в различных почвах. Поэтому дополнительно к анализу состава гумуса для характеристики природы гуминовых кислот проводилось определение их оптической плотности.

Определение оптической плотности гумусовых веществ

Величина оптической плотности (выраженная в значениях коэффициента ослабления света растворами гуматов) является косвенным показателем степени и конденсированности ароматического ядра гуминовых кислот. При определении оптической плотности гумусовых веществ мы пользовались рабочей инструкцией, составленной Н. П. Бельчиковой (1951) в лаборатории биохимии и биологии почв Почвенного института им. В. В. Докучаева.

Оптическая плотность гуминовых кислот определяется в растворах гуматов натрия с помощью спектрофотометра с набором светофильтров. Для гуминовых кислот различных типов почв можно ограничиться определениями оптической плотности при двух длинах волн: 465 *мμ* (E_4) и 665 *мμ* (E_6). Величина соотношения E_4/E_6 независимо от концентрации углерода в растворе является постоянной для гуминовых кислот того или иного типа почвы (Scheffer, 1954, Welte, 1955). По мере повышения степени конденсированности ароматического ядра в гуминовых кислотах отношение E_4/E_6 становится уже и расширяется в тех случаях, когда ядро гуминовых кислот менее конденсировано.

Определение порога коагуляции (осаждения) гуминовых кислот

Определение порога коагуляции проводили с теми же препаратами гуминовых кислот, которые служили и для характеристики оптических свойств, по методике М. М. Кононовой (1963).

Для коагуляции (осаждения) гуминовых кислот в качестве электролита брали $CaCl_2$. В серию пробирок вносили возрастающие количества раствора $CaCl_2$ (от 0,05 до 1 *мл*) и затем доводили объем дистиллированной водой до 1 *мл*. Далее в каждую пробирку приливали по 5 *мл* раствора гумата натрия, содержащего 0,136 *г/л* углерода.

Отмечали время в часах и соответствующее ему количество электролита (в *мгэкв*) для следующих моментов: начало коагуляции, о котором судили по появлению мути в прозрачном вначале растворе гумата; полная коагуляция, когда раствор над осадком оставался прозрачным и бесцветным.

Прием фракционирования гумусовых веществ при помощи электрофореза на бумаге

Мы применили метод электрофореза для фракционирования гумусовых веществ, описанный М. М. Кононовой (1963).

Электрофорез проводили в приборе ЭФА-1, состоящем из электрофоретической горизонтальной камеры, источника питания и регистратора (денситометра). Воздушно-сухие навески (0,01—0,02 *г*) препаратов растворяли в 0,02 *N* NaOH, добавляя последний в таком количестве, чтобы конечное значение pH растворов равнялось 8—8,5. Для фореграмм пользовались медленно фильтрующей хроматографической бумагой (2,5×40 *см*). На заранее намеченную в середине полосы бумаги линию (стартовая линия) наносили при помощи калиброванной микропипетки испытуемый раствор гумата и высушивали под феном. После высушивания полосы быстро смачивали буферным раствором и помещали в камеру, опуская концы в сосуды с тем же раствором. В камеру одновременно помещали 9 полос; соответственно напряжение на 1 *см* ширины полосы составляло около 20 *в*.

По окончании фракционирования фореграммы вынимали из камеры, быстро высушивали под феном и просматривали в ультрафиолетовом свете. При этом в случае гуминовых кислот на фореграммах проявлялись три зоны: *А* — остающаяся на старте, *Б* — отрицательно заряженная (движущаяся к аноду) и *В* — наиболее подвижная, флуоресцирующая. Характер распределения на фореграммах фракций гуминовых кислот записывался на денситометре.

6. БИОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

При биохимическом анализе свежих и гумифицирующихся растительных остатков пользовались рабочей методикой, составленной Н. П. Бельчиковой (см. Кононова, 1951) по руководству А. Р. Кизеля (1934).

При этом выполнялись следующие определения:

1. Вещества, извлекаемые из растительного материала смесью спирта и бензола (1 : 1); извлечение ведут в аппарате Сокслета в течение 12—20 часов.

2. Гемицеллюлозы определяли в растительном материале после предыдущей операции, подвергая материалы гидролизу 2% HCl. Далее в гидролизате определяли восстанавливаю-

щие сахара. Количество последних, умноженное на 0,9, характеризует содержание гемицеллюлоз.

3. Клетчатку определяли в остатке после выделения гемицеллюлоз; для этой цели производили гидролиз материала при помощи 80-процентного раствора H_2SO_4 при комнатной температуре, а далее после разбавления водой (15 объемов воды на 1 объем взятой кислоты) производили пятичасовой гидролиз в аппарате Коха. Затем в жидкости определяли сахара, количество которых, помноженное на 0,9, дает содержание целлюлозы.

4. Лигнинный остаток определяли путем потери от прокаливания растительного материала, оставшегося после предыдущих операций.

В отдельных случаях целесообразно дополнить эту схему определениями водорастворимых органических веществ, общего и белкового азота, крахмала. Соответствующие методы изложены в указанном выше руководстве.

7. ПРИЕМЫ ПОДГОТОВКИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА К МИКРОСКОПИРОВАНИЮ

Изготовление препаратов свежих и гумифицирующихся растительных остатков для микроскопирования мы производили согласно руководству Н. А. Наумова (1932) и методике М. М. Кононовой (1951) следующим образом:

1. Обезвоживание растительного материала в спирте возрастающей концентрации: 10, 20, 30, 40, 50, 60° — по 15 минут. В абсолютном спирте — дважды по 30 минут.

2. Замена спирта растворителями (ксилол или толуол) путем последовательного повышения концентрации до полной замены.

3. Парафинирование. Подготовленный растительный объект помещают в баночку, заливают растворителем, бросают туда парафин; плотно ее закрывают и держат два дня в термостате при 60°. Через два дня баночку открывают и держат при 60° до тех пор, пока не исчезнет запах растворителя. После этого парафин с подготовленным материалом выливают в формочки, сделанные из плотной бумаги, и после затвердевания режут на блоки, поступающие далее на микротомирование.

Резка гумифицированного материала проводилась на микротоме Харьковского завода медприборов. Толщина срезов 12—14 μ

На свежеизготовленных срезах проводили микрохимические реакции: на целлюлозу (хлор цинк-йодом), на крахмал

(йод в ходистом калии), и на лигнин (флороглюцином и серной кислотой).

Отдельные участки препаратов просматривались в микроскопе с фазово-контрастной насадкой и фотографировались.

8. ПОСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОЧВАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

В период опыта почвы в течение месяца выдерживались при состоянии постоянного режима воздушно-сухого, капиллярного и избыточного увлажнения в холодильнике и термостатах при постоянных температурах +5, +25, +37, +65°, т. е. при тех режимах увлажнения и температурных условиях, которые отмечаются в природных условиях Азербайджана.

В почвенных образцах определяли общий гумус по Тюрину, водорастворимый гумус по способу Kubel Tiemann, описанному Гедройцем, водорастворимую фосфорную кислоту по Дениже, нитраты по Грандваль-Ляжу; анализы проводились в сырых образцах, а полученные данные пересчитывались на абсолютно-сухую почву.

9. МЕТОДЫ ПОЧВЕННЫХ АНАЛИЗОВ

При выполнении почвенных анализов пользовались следующей единой методикой:

Общий гумус — по методу И. В. Тюрина с применением в качестве индикатора фенилантраниловой кислоты.

Общий азот — по методу Кьельдаля.

Водорастворимый гумус — по способу Kubel Tiemann, описанному Гедройцем.

Нитраты — колориметрическим методом с дисульфофеноловой кислотой.

Аммоний — колориметрическим методом с помощью реактива Несслера.

Водорастворимый фосфор — по методу А. Н. Лебедянцева.

pH водный — потенциометрическим методом со стеклянным электродом.

Влажность — при высушивании при 105° С в течение 8 часов в алюминиевых стаканчиках.

Все определения проводились в смешанных образцах почв, взятых с участков в пятикратной повторности.

ЛИТЕРАТУРА

Аболенский В., 1911. Влияние влажности на процессы минерализации. «Почвоведение», № 4.

Агамиров М. С., 1958. Влияние пожнивных культур на последующий урожай хлопчатника. «ДАН Азерб. ССР», т. 14, № 11.

Агамиров М., Алиев Н., 1962. К вопросу применения зеленых удобрений. «Соц. с. х. Азерб.», № 4.

Айдинян Р. Х., 1949. Обмен веществ и образование минеральных коллоидов в первых стадиях почвообразования на массивно-кристаллических породах. «ДАН СССР», т. LXVII, № 4.

Александрова И. В., 1951. Процессы гумусообразования в некоторых примитивных почвах. «Почвоведение», № 10.

Александрова И. В., 1953. Процессы гумусообразования в примитивных почвах. «Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева АН СССР», т. XLI.

Александрова И. В., 1962. Роль продуктов жизнедеятельности актиномицетов в образовании гумусовых веществ. «Почвоведение», № 12.

Александрова Л. Н., 1944. О составе гумуса солонцового комплекса. «Почвоведение», № 10.

Александрова Л. Н., 1949. Гумус как система полимерных соединений. «Тр. юбил. сессии, посвящ. столетию со дня рождения В. В. Докучаева».. М., изд-во АН СССР.

Александрова Л. Н., 1953. Перегнойные вещества и процессы их взаимодействия с минеральной частью почвы. Докт. дисс., Л.

Александрова Л. Н., 1960. Органо-минеральные соединения и органо-минеральные коллоиды в почве «Докл. сов. почвовед. к VII Международному Конгрессу в США». Изд-во АН СССР.

Александрова Л. Н., 1962. Современные представления о природе гумусовых веществ почвы и их органо-минеральных производных. В кн. «Проблемы почвоведения». Изд-во АН СССР.

Алиев Н., 1963. Повышение плодородия сероземных почв Мильской степи путем посева сидеральных культур. Канд. дисс., Кировабад.

Алиев С. А., 1955. Запасы органических остатков в некоторых почвах Азербайджана. «Тр. Ин-та почвовед. агрохим. АН Азерб. ССР», т. VII.

Алиев С. А., 1956. Запасы гумуса и азота в почвах Азербайджана. «Почвоведение», № 9.

Алиев С. А., 1957. Условия гумусонакопления в почвах Кура-Араксинской низменности Азерб. ССР. «ДАН Азерб. ССР», № 3.

Алиев С. А., 1957а. Запасы растительных остатков в почвах Азербайджана. «ДАН Азерб. ССР», № 5 (азерб. яз.).

Алиев С. А., 1958. Сезонная динамика растительной массы и биологических процессов в почвах дернового ряда Азербайджана. Тез. докл. на объед. сессии АН СССР и АН Азерб. ССР по вопросам сезонной динамики. Баку.

Алиев С. А., 1958а. Об условиях накопления гумуса в основных типах почв Азербайджана. «Изв. АН СССР», сер. биол., № 1.

Алиев С А., 1960. О годичном приросте и разложении корневых остатков растительности в почвах Азербайджана. «ДАН Азерб. ССР», № 4.

Алиев С. А., 1960 а. Некоторые замечания по правилу П. А. Костычева о разложении растительных остатков. «ДАН Азерб. ССР», № 1.

Алиев С. А., 1960б. Содержание и динамика органического вещества в почвах Азербайджана. Азернешр (азерб. яз.).

Алиев С. А., 1961. О динамике разложения растительных остатков в почвах Азербайджана. «ДАН Азерб. ССР», № 4.

Алиев С. А., 1962. Пути повышения плодородия орошаемых почв Азербайджана. Азернешр (на азерб. яз).

Алиев С. А., 1964. Органическое вещество и плодородие почв Азербайджана. Азернешр (азерб. яз.).

Антипов-Каратаев И. Н., Белякова Л. П., 1958. О путях повышения плодородия орошаемых земель Таджикистана. Изд-во АН Таджик. ССР.

Ассинг И. А., 1950. Органическое вещество начальных стадий почвообразования. «Изв. АН Казах. ССР», сер. почв., вып. 6.

Ассинг И. А., 1956. Почвенный покров южной части Казахстанской Джунгарии. «Тр. Ин-та Почвовед. АН Казах. ССР», т. 6.

Ассинг И. А., 1960. Особенности гумусообразования в горных почвах северного Тянь-Шаня. «Почвоведение», № 12.

Ахромейко А. И., 1930. Структура почвы. Сельхозгиз.

Белоусов А. С., 1948. Влияние трав на плодородие светлокаштановых почв и урожайность хлопчатника. Отчет АзНИИЗ.

Белоусов М. А., 1955. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на производительную способность орошаемых сероземов. «Тр. АкЦАС СоюзНИХИ», Ташкент.

Бейдеман И. Н., 1938. Материалы к изучению корневых систем эфемеретума Восточно-Закавказской равнины. «Тр. Ботанич. ин-та АзФАН СССР», т. III. Баку.

Бейдеман И. Н., 1939. Изменение интенсивности корневых систем растений в разных ценозах. «Тр. Ботанич. Ин-та АзФАН СССР», т. VI.

Бельчикова Н. П. 1948. Изменения в содержании и составе органического вещества типичного серозема при длительном внесении навозного и минеральных удобрений. «Почвоведение», № 1.

Бельчикова Н. П., 1951. Некоторые закономерности содержания, состава и свойств гумусовых веществ в главнейших группах почв СССР. «Труды почв. ин-та АН СССР», т. 38.

Бельчикова Н. П., 1961. Материалы к изучению гумуса подзолистых и дерново-подзолистых естественных и освоенных почв Европейской части СССР. Сб. «Микроорганизмы и органическое вещество почв». Изд-во АН СССР.

Белякова Л. П., 1957. Пути повышения плодородия орошаемых почв Южного Таджикистана в условиях хлопково-люцернового севооборота. Сталинабад.

Березовский В. Г., 1957. Влияние бобовых и злаковых трав на плодородие орошаемых сероземов. Реф. научно-иссл. работ по хлопководству. Ташкент.

Бзиава М. Л., 1949. Состав гумуса субтропических почв. «Почвоведение», № 3.

Бирштейн Г. Г., 1911. Разложение органических веществ в природе с точки зрения химической кинетики. «Почвоведение», № 3.

Благовещенский А. В., 1955. Биогенные стимуляторы в сельском хозяйстве. «Природа», № 7.

Богданович Н. В., Горбунов Б. В., Кимберг Н. В., Кудрин С. А., Панков М. А., Шувалов С. А., 1949. Почвы Узбекской ССР, т. 1. Изд-во АН Узбек. ССР.

Болотина Н. И., 1947. Запасы гумуса и азота в основных типах почв СССР. «Почвоведение», № 5.

Буяновский Г. А., 1959. Микрофлора лугово-сероземных почв Карабахской степи. «ДАН Азерб. ССР», № 2.

Буяновский Г. А., 1962. Динамика биологических процессов в луговых сазовых почвах Карабахской степи. «Изв. АН Азерб. ССР», № 4.

Ваксман С. А., 1936. Исследования по разложению органического вещества и образованию гумуса почв. «Проблемы сов. почвоведения», сб. 2. М. — Л.

Вершинин П. В., Поясов Н. П., 1950. Игла-бур для взятия пробы почвенного воздуха. «Бюлл. изобретений», № 11.

Веселкина Р. В., 1961. Сезонные фазы почвообразования в зоне желтоземных почв Азерб. ССР. «Изв. Азерб. ССР», сер. биол., № 7.

Вильямс В. Р., 1939. Почвоведение с основами земледелия. Сельхозгиз.

Владыченский С. Н., 1952. Микробиология почвы. Изд-во АН СССР.

Владыченский С. А., 1949. Опыт применения люминесцентного анализа в почвоведении». «Вестн. Москв. ун-та», № 10.

Виноградский С. Н., 1952. Микробиология почвы. Изд-во АН СССР.

Винокуров М. А., 1937. Содержание в органической части почв серы. «Почвоведение», № 4.

Волобуев В. Р., 1946. Профили гумусности и карбонатности Азербайджана степного типа почвообразования. «ДАН Азерб. ССР», № 6.

Волобуев В. Р., 1948. Изменение содержания гумуса в почвах СССР в зависимости от климатических условий. «ДАН СССР», т. X, № 1.

Волобуев В. Р., 1950. Содержание гумуса и карбонатов в субтропических почвах Азербайджанской ССР. «ДАН Азерб. ССР», № 6.

Волобуев В. Р., 1953. Почвы и климат. Изд-во АН Азерб. ССР, Баку.

Волобуев В. Р., 1958. Исследование почвенно-гидрологических соотношений. «Изв. АН СССР», сер. геогр., № 6.

Волобуев В. Р., 1958а. Некоторые вопросы энергетики почвообразования. «Почвоведение», № 7.

Волобуев В. Р., 1959. Энергетика почвообразования. «Изв. АН СССР», сер. биол., № 1.

Волобуев В. Р., 1959а. Использование энергетических показателей в изучении динамики почвообразования. «ДАН Азерб. ССР», № 2.

Волобуев В. Р., 1962. Применение графического метода в изучении состава основных типов почв СССР. «Почвоведение», № 1.

Волобуев В. Р., 1963. Экология почв. Изд-во АН Азерб. ССР.

Гаджиева М. А., 1958. Влияние удобрений на микрофлору ризосферы хлопчатника на сероземно-луговых почвах Ширванской степи. «Изв. АН ССР», сер. биол. и с. х., № 5.

Гасанов Ш. К., 1962. Некоторые закономерности в распределении карбонатов и гумуса в почвах Приараксинской полосы. «Изв. АН Азерб. ССР», сер. биол. и мед., № 1 (азерб. яз.).

Гедройц К. К., 1908. Известкование и доступность растениям фосфорной кислоты и фосфорных удобрений. «Ж. опытной агрономии».

Гедройц К. К., 1933. Положение вопроса о структуре почвы «Тр. Сов. секции МАП», т. 1.

Гельцер Ф. Ю., 1930. Динамика углекислоты почвенного воздуха в условиях орошаемого земледелия. «Тр. Ср.-Азиатского опытно-исследов. ин-та водного хоз.», № 6.

Гельцер Ф. Ю., 1940 Значение микроорганизмов в образовании перегноя и прочности структуры почвы. Сельхозгиз.

Гельцер Ф. Ю., Ласукова Т. П., 1934. Влияние культур на плодородие почвы в условиях орошаемого земледелия Средней Азии. Ср.-Азиатской НИХИ. Ташкент.

Геммерлинг В. В., 1946. Сравнительная характеристика органических веществ почв разного типа. «Уч. зап. МГУ», почвоведение, вып. 105, кн. 2.

Геммерлинг В. В., 1952. Опыт характеристики гуминовых веществ на основании их коллоидно-химических свойств, «Уч. зап. МГУ», почвоведение, вып. 141, кн. 15.

Гиляров М. С., 1947. Распределение гумуса, корневых систем и почвенных беспозвоночных в почвах орехово-плодовых лесов Ферганского хребта. «ДАН СССР», т. 55, № 1.

Гиляров М. С., 1949. Очерк почвенной фауны основных почвенных зон Крыма. «Почвоведение», № 10.

Гиляров М. С., 1953. Почвенная фауна и плодородие почвы. «Тр. Конф. по вопросам почвенной микробиологии». Изд-во АН СССР.

Глазовская М. А., 1950. Выветривание горных пород в нивальном поясе Центрального Тянь-Шаня. «Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева АН СССР», т. 34.

Глазовская М. А., 1960. О соотношении процессов выветривания и почвообразования. Докл. сов. почвоведов к VII международному Конгрессу в США. Изд-во АН СССР, М.

Глотова Г. В., 1956. Органическое вещество каштановых и лиманных почв засушливого юго-востока СССР. «Почвоведение», № 6.

Голодковский Л. И., Голодковский Л. Л., 1937. Корневая система люцерны и плодородие почвы. СоюзНИХИ. Ташкент.

Горбунов Н. И., 1947. Рентгенографическое и элекртронографическое исследование гуминовой кислоты гумусовых веществ. «Почвоведение», № 4.

Горбунов Н. И., Школьник Р. Я., Морозов Н. И., 1941. Методы определения CO_2 в почвенном воздухе. «Почвоведение», № 2.

Горшенин К. П., 1935. Углерод и азот в Сибирских почвах. «Тр. Омского ин-та сельского хоз. им. С. М. Кирова», т. 1, вып. 3.

Гуминский С., 1957. Механизм и условия физиологического действия гумусовых веществ на растительный организм. «Почвоведение», № 12.

Гусейнов Д. М., 1958. Стимулятор нефтяного происхождения как средство повышения урожайности. «ДАН СССР», № 5.

Гусейнов Д. М., Гусейнов А. А., 1955. Влияние малых доз ископаемых органических веществ на повышение урожайности хлопчатника. «Соц. с. х. Азерб.», № 3.

Гусейнов Д. М., Гусейнов А. А., 1959. Влияние нефтяного ростового вещества на урожай хлопка сырца. «ДАН Азерб. ССР», № 9.

Гусейнов Д. М., 1963. Нефтяные удобрения и стимуляторы. Баку.

Гюльахмедов А. Н., 1961. Микроэлементы в почвах зоны хлопководства Азербайджана и эффективность их применения под хлопчатник. Изд-во АН Азерб. ССР, Баку.

Дарвин Ч., 1882. Образование растительного слоя деятельностью дождевых червей и наблюдение над образом жизни последних. Перев. М. А. Мензбира.

Дегтярева Л. П., 1960. Состав гумуса горно-луговых и горно-лугово-степных почв Кедабекского района Азербайджанской ССР. «Изв. АН Азерб. ССР», сер. биол. и мед., № 6.

Дегтярева Л. П., 1961. О составе гумуса горных черноземов и их смытых разностей на Малом Кавказе. «Тр. Сектора эрозии», т. 1. Изд-во АН Азерб. ССР, Баку.

Дергунов Н. Д., 1956. О запасах углерода и азота и плодородии светлых сероземов Голодной степи в зависимости от давности орошения. «ДАН Узбек. ССР», № 6.

Джафаров Б. А., 1960. Сезонная динамика накопления опада и разложения подстилки в буковых лесах южного склона Большого Кавказа. «Изв. АН Азерб. ССР», сер. биол. и мед., № 6.

Дикуссар М. М., 1945. О причинах медленного распада гумуса в почве. «Тр. ВАСХНИЛ», вып. 30.

Димо Н. А., 1938. Земляные черви в почвах Средней Азии. «Почвоведение», № 4.

Димо Н. А., 1941. Деятельность животных в почвах Алазанской долины. «Почвоведение», № 6.

Димо Н. А., 1945. Мокрицы и их роль в почвообразовании пустынь. «Почвоведение», № 2.

Димо Н. А., 1955. Наблюдения и исследования по фауне почв. Кишинев.

Докучаев В. В., 1883. Русский чернозем. СПб.

Долгилевич М. И., 1957. Состав гумуса бурых горнолесных почв Крыма «Почвоведение», № 10.

Долгилевич М. И., 1959. К вопросу о природе гумусовых веществ в бурых горнолесных почвах Крыма. «Почвоведение», № 7.

Долгов С. И., Хан Д. В., Волоцкая В. И., 1954. Хлопково-люцерновые севообороты для Кура-Араксинской низменности. «Земледелие», № 10.

Дорман И. А., 1939. Агрономическое обоснование построения севооборотов в хлопковых районах Средней Азии. «С. х. Узбекистана», № 3—4.

Драгунов С. С., 1949. Характеристика гуминовых кислот различных типов. «Тр. Юбилейной сессии, посвященной столетию со дня рождения В. В. Докучаева».

Драгунов С. С., Высоцкая П. Н., 1953. Химическое исследование гумусовых веществ некоторых почв. «Почвоведение», № 4.

Дроздова Т. В., 1959. Спектрофотометрический метод определения гуминовых кислот в торфах и торфяно-болотных почвах. «Почвоведение», № 7.

Дьяконова К. В., 1962. Железогумусовые комплексы и их роль в питании растений. «Почвоведение», № 7.

Едигарова Н. Н., 1955. Органическое вещество западной части Ширванской степи. «Тр. Ин-та почв. и агрохим.», т. VII.

Едигарова Н. Н., 1961. Содержание, состав гумуса и свойства гуминовых кислот в почвах Ширванской степи. «Изв. АН Азерб. ССР», сер. биол. и мед., № 6.

Емельянов И. И., 1953. К вопросу о географических закономерностях гумусообразования в почвах Казахстана. «Почвоведение», № 9.

Емельянов И. И., 1956. Состав и свойства органического вещества почв Казахстана. «Тр. Ин-та почвовед. АН Казах. ССР», т. 6. Алма-Ата.

Зайцев В. С., 1959. За рациональное использование пласта трав в хлопковом севообороте. «Соц. с. х. Азерб», № 10.

Заманов Д. Г., 1955. Накопление корней и водопрочных агрегатов в хлопково-зерновом севообороте. «Хлопководство», № 7.

Захаров С. А., 1927. Почвообразователи и почвы Азербайджана. Классификация и география почв Азерб. ССР. Комиссия по районированию Азерб. ССР, т. 2, вып. 1, 1925—1926 г. Баку.

Зонн С. В., 1950. Горно-лесные почвы Северо-Западного Кавказа. Изд-во АН СССР.

Зонн С. В., 1954. Влияние леса на почвы. Изд-во АН СССР, М.

Зонн С. В., 1959. Развитие почвы на красноцветной коре выветривания. «Изв. АН СССР», сер. биол., № 5.

Зонн. С. В., Ли Чен-Куэн, 1960. К характеристике энергетики биологических процессов в тропических лесных почвах. «Почвоведение», № 12.

Зырин Н. Г., 1948. Гумин органического вещества почвы. «Вестн. МГУ», № 1.

Иени Г., 1948. Факторы почвообразования. М., ИЛ.

Идовайская Н. Н., 1959. Органическое вещество основных типов почв Таджикистана. «Почвоведение», № 8.

Имшенецкий А. А., 1938. Гидролиз целлюлозы аэробными бактериями. «Микробиология», т. 7, вып. 6.

Каменская И. В., 1950. Естественная растительность Джаныбекского стационара. «Тр. комплексн. научн. эксп. по вопросам полезащитного лесоразведения АН СССР», т. II.

Касаточкин В. И., 1951. Некоторые вопросы исследования тонкой структуры ископаемых углей. Изв. АН СССР», отд. техн., № 9.

Касаточкин В. И., 1953. О строении карбонизованных веществ. «Изв. АН ССР», отд. техн., № 10.

Касаточкин В. И., Зильбербранд О. И., 1956. Рентгенография и инфракрасная спектроскопия в применении к исследованию строения гумусовых веществ. «Почвоведение», № 5.

Касаточкин В. И., Кононова М. М., Зильбербранд О. И., 1958. Инфракрасные спектры поглощения гумусовых веществ почвы. «ДАН СССР», т. 119.

Касаточкин В. И., Кононова М. М., Ларина Н. К., Егорова О. И. Спектральное и рентгеновское исследование химического строения гумусовых веществ почвы. Докл. к VIII Международному конгрессу почвоведов. М.

Касимова Г. С., 1958. Микрофлора почв Закатальского района. «Уч. зап. АГУ», № 2.

Касимова Г. С., 1959. Микрофлора почв Шемаха-Кобыстанского района. «Уч. зап. АГУ», № 4.

Кауричев И. С., Федоров Е. А., Шнабель И. А., 1960. Разделение гуминовых кислот при помощи метода непрерывного электрофореза на бумаге. «Почвоведение», № 10.

Качинский Н. А., 1925. Корневая система растений в почвах подзолистого типа. «Тр. Моск. обл. с. х. опытн. станции», вып. 7.

Кизель А. Р., 1934. Практическое руководство по биохимии растений. Биомедгиз.

Кинзерская К. Н., 1935. К вопросу о процессах закрепления продуктов разложения органического вещества в почве. «Тр. ЛОВИУА» вып. 37.

Ковалев Р. В., 1938. Влияние увлажнения на разложение органического вещества в сероземе. Матер. по изучению продуктов разложения орг. веществ и процессов закрепления их в почвах, вып. 2. Л.

Ковалев Р. В., 1958. Почвы Ленкоранской области. Докт. дисс., Баку.

Ковалев Р. В., Ковалева Е. Л., 1950. О составе органического вещества почв Кура-Араксинской низменности Азерб. ССР. «Изв. АН Азерб. ССР», № 1.

Кононова М. М., 1929. Влияние высушивания на нитрификационную способность почвы. Сб. работ микробиол. части отдела лабораторн. иссл. Ак.-Кавакской опытно-оросит. станции. «Тр. Ак-Кавакск. опытно-оросит. ст.», вып. 7. Ташкент.

Кононова М. М., 1943. Применение микроскопического метода при изучении вопроса о происхождении гумусовых веществ. «Почвоведение», № 6.

Кононова М. М., 1944. К изучению процесса новообразования гумусовых веществ. «Почвоведение», № 10.

Кононова М. М., 1951. Проблемы почвенного гумуса и современные задачи его изучения. Изд-во АН СССР, М.

Кононова М. М., 1956. Гумус главнейших типов почв СССР, его природа и пути образования. Докл. к V Международному конгрессу почвоведов. М.

Кононова М. М., 1963. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. Изд-во АН СССР, М.

Кононова М. М., Александрова И. В., 1949. Участие целлюлозных микробактерий в процессе гумификации растительных остатков. «Микробиология», т. 18, вып. 1.

Кононова М. М., Александрова И. В., 1958. Биохимия процесса гумусообразования и некоторые вопросы питания растений. «Изв. АН СССР», сер. биол. № 1.

Кононова М. М., Александрова И. В., Бельчикова Н. П., 1960. Биосинтез гумусовых веществ и их превращение в процессе почвообразования. Докл. сов. почвовед. к VII Международному конгрессу в США. Изд-во АН СССР, М.

Кононова М. М., Бельчикова Н. П., 1961. Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв. «Почвоведение», № 10.

Кононова М. М., Лагунова Е. П., 1940. Результаты по изучению органического вещества сероземов совхоза «Пахта-Арал» Казахской ССР. «Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», т. 23.

Кононова М. М., Панкова Н. В., Бельчикова Н. П., 1949. Изменение в содержании и составе органического вещества при окультуривании почв. «Почвоведение», № 1.

Кононова М. М., Титова Н. А., 1961. Применение электрофореза на бумаге для фракционирования гумусовых веществ почвы и изучения их комплексных соединений с железом. «Почвоведение», № 11.

Коссович П. С., 1916. Краткий курс почвоведения. Пг.

Костычев П. А., 1886. Почвы черноземной области России. СПб.

Костюченко В. П., 1957. Орошаемые сероземные почвы Ташкентского оазиса «Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», т. 52.

Кравков С. П., 1906. О растворимых в воде продуктах разложения органических веществ. Материалы по изучению русских почв., вып. 17.

Кравков С. П., 1908. Материалы по изучению процессов разложения растительных остатков в почве, СПб.

Кравков С. П., 1935. Материалы по изучению продуктов разложедня органических веществ и процессов закрепления их в почвах. вып. 1. Л.

Кравков С. П., 1938. Материалы по изучению продуктов разложения органических веществ и процессов закрепления их в почвах. «Тр. ЛОВИУА», вып. 51.

Красильников Н. А., 1944. Бактериальная масса ризосферы растений. «Микробиология», XIII, вып. 4.

Красильников Н. А., 1958. Почвенно-климатические факторы изменчивости микроорганизмов. «Тр. Ин-та микробиол.», т. V.

Красильников Н. А., Никитина Н. И., 1945. Влияние разлагающихся корней на состав микрофлоры в почве. «Почвоведение», № 2.

Кудрина Е. Е., 1951. Влияние гуминовой кислоты на некоторые группы почвенных микроорганизмов и ее значение для этих организмов, как источника питательных веществ. «Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», т. 38.

Культиасов М. В., 1925. Материалы по изучению испарения и корневой системы сообществ весенних эфемеров. Отд. оттиск из Бюлл. Ср.Азиат. гос. ун-та, № 10.

Культиасов М. В., 1927. Вертикальные растительные зоны в западном Тянь-Шане. «Бюлл. Ср. Азиат. гос. ун-та», № 14 и 15.

Кульчицкая А. И., 1959. Фракционный состав гумуса некоторых почвенных типов Ленкорани и его роль при оструктуривании почв. «Вест. Моск. ун-та», сер. биол., почвовед., геол., геогр., № 3.

Курбатов И. М., 1953. Роль лигнина и протеинов в образовании гуминовых веществ торфа. Сб. «Химия и генезис твердых горючих ископаемых». Изд-во АН СССР.

Курсанов А. Л., Крюкова И. П., Вартапетян Б. Б., 1952. Движение по растению углекислоты, поступающей через корни. «ДАН СССР», т. 85, № 4.

Курсанов А. Л., Кузин А. Н., Мамуль Я. В., 1951. О возможности ассимиляции растениями карбонатов, поступающих с почвенным раствором. «ДАН СССР», т. 79, № 4.

Кухаренко Т. А., 1955. Современное состояние наших знаний о структуре и свойствах гуминовых кислот ископаемых углей. «Тр. Ин-та горючих ископаемых АН СССР» т. 5.

Лавренко Е. М., Андреев В. Н., Леонтьев В. Л., 1955. Профиль продуктивности надземной части природного растительного покрова СССР от тундр к пустыням. «Бот. журн.», т. 40, № 3.

Лагунова Е. П., 1952. Роль корневых систем в изменении солонцеватых свойств почв Юго-Восточной Ширвани. Дисс. М.

Лагунова Е. П., 1955. Роль растительности в изменении солонцевых свойств почв юго-восточной Ширвани. «Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева АН СССР», т. XLVII.

Лагунова Е. П., 1958. Особенности гумусообразования в орошаемых сероземных почвах Самаркандского оазиса. «Почвоведение», № 8.

Лазарев Н. М., 1939. Биорганоминеральные комплексы почв и возможности повышения агрохимической эффективности известкования. Сб. известков. почв. ВАСХНИЛ.

Лазарев С. Ф., 1954. О роли микроорганизмов в плодородии орошаемых почв. «Соц. с. х. Узбекистана», № 5.

Лазарев П. П., 1959. Энергия, ее источники на земле и ее происхождение. Изд-во АН СССР, М.

Ларин М. В., 1936. Материалы по динамике растительной массы и химических веществ травостоев в течение вегетационного периода в различных зонах СССР. «Тр. Ин-та физич. геогр.», № 1, вып. 21, М. — Л.

Ларина Н. К., Касаточкин В. И., 1957. Ионный обмен и строение гуминовых кислот. «Почвоведение», № 9.

Лащак Т. А., 1954. Мокрицы подрода Hemilepustus как почвообразователи. «Уч. зап. Туркм. ун-та», вып. 1.

Лебедянцев А. Н., 1921. Влияние высушивания почвы на ее плодородие. «Изв. обл. с.-х. опытной станции», т. 1, № 6.

Лебедянцев А. Н., 1926. Влияние высушивания почвы на ее плодородие. Ж. н. агр., № 4

Леваковский И., 1888. Некоторые дополнения к исследованию над черноземом. «Тр. об-ва испытат. природы при Харьковском ун-те, т. XXII.

Лейн З. Я., 1940. К вопросу о формах связи гумуса с минеральной частью почвы. «Почвоведение», № 10.

Лобова Е. В., 1960. Почвы пустынной зоны СССР. Изд-во АН СССР.

Логвинова З. В., 1933. Труды НИУУФ, вып. 104.

Лойцянская М. С., 1937. О первых стадиях разложения целлюлозы. «ДАН СССР», вып. 14, № 6.

Мадраимов И. И., 1955. Влияние агротехнических приемов органического вещества в почве. «Тр. Ак-Каракской Центр. агротехнической станции СоюзНИХИ», Ташкент.

Мадраимов И. И., 1955. Корневая система и химический состав многолетних трав. «Тр. Ак-Каракской Центр. агротехнической станции СоюзНИХИ», Ташкент.

Макаров Б. Н., 1955. К методике определения газообмена между почвой и атмосферой и содержание углекислоты в почвенном воздухе. «Почвоведение», № 2.

Малинкин Н. П., 1958. Режим органического вещества в орошаемых сероземах Средней Азии. «Почвоведение», № 6.

Мамаев Б. М., Соколов Д. Ф., 1960. Участие беспозвоночных животных в естественном разрушении древесины дуба. «Почвоведение», № 4.

Мамедов Р. Г., 1960. Содержание гумуса и карбонатов в почвах предгорной и равнинной части Нахичеванской АССР. «ДАН Азерб. ССР», № 12.

Мамедов Т. Г., 1959. Перспективы использования зеленых удобрений в хлопководстве Азербайджана «Хлопководство», № 7.

Мамедов Т. Г., 1960. Испытание сидератов в Азербайджане. «Хлопководство», № 12.

Мацкевич В. Б., 1953. Режим углекислоты в воздухе почв Каменной степи. Вопросы травопольной системы земледелия. т. II, Изд-во АН СССР, М.

Меерсон Г. М., 1939. Корневая масса люцерны и травосмесей в условиях орошаемого земледелия. «Сов. агрономия», № 7.

Меерсон Г. М., 1939. К вопросу о накоплении биологического азота при культуре бобовых трав. «Химизация соц. земледелия», № 6.

Мелкумова Т. А., 1961. Микрофлора некоторых почв Карабахской степи. «Изв. Азерб. ССР», № 9.

Мелкумова Т. А., 1961а. Распространение клубеньковых бактерий в хлопково-люцерновом севообороте в орошаемых почвах Кура-Араксинской низменности. «Изв. АН Азерб. ССР», № 11.

Михалевский А. И., Малиновский Н. В., 1935. Климатический очерк Апшеронского полуострова. «Тр. Азерб. отдел. Закавказск. филиала АН СССР», 6.

Мишустин Е. Н., 1947. Эколого-географическая изменчивость почвенных бактерий. Изд-во АН СССР.

Мишустин Е. Н., 1956. Микроорганизмы и плодородие почвы. Изд-во АН СССР.

Мишустин Е. Н. 1958. Географический фактор распространения почвенных микроорганизмов. «Изв. АН СССР», сер. биол., № 6.

Мишустин Е. Н., 1960. Биологические пути повышения эффективного плодородия почв. «Вест. АН СССР», № 3.

Мишустин Е. Н., Драгунов С. С., Пушкинская О. И., 1956. Роль микроорганизмов в синтезе перегнойных соединений почвы. «Изв. АН СССР», сер. биол., № 6.

Мишустин Е. Н., Мирзоева В. А. 1953. Соотношение основных групп микроорганизмов в почвах разных типов. «Почвоведение», № 6.

Мишустин Е. Н., Подъяпольская О. П., 1938. Образование гумусоподобных соединений при процессах автолиза. «Микробиология», т. VII, вып. 2.

Мишустин Е. Н., Тимофеева А. Г., 1944. Смена ленкрофлоры при процессе разложения органических остатков в связи с развитием в почве Bac. mucoides Flügge. «Микробиология», т. 13, вып. 6.

Мовсисян Е. М., 1959. Методика изучения гумуса и результаты его применения к почвам Араратской равнины. Изд. МСХ Арм. ССР, Ереван.

Моор Н. Г., 1954. Групповой состав органического вещества ряда первичных почв горно-лесного пояса хребта Терский Ала-Тау. «Тр. Ин-та географии АН СССР», № 60.

Мусабекова Э. С., 1948. Влияние органического вещества нефтяного происхождения на подвижность фосфорной кислоты в основных типах почв Азербайджана. Канд. дисс. Баку.

Муханова В. Л., 1949. К вопросу о влиянии длительного применения удобрений на агрономические свойства сероземов. «Почвоведение», № 6.

Нагиев Т. К вопросу возделывания промежуточных культур между посевами хлопчатника. «Соц. с. х. Азерб. ССР», № 8.

Найденова О. А., 1951. К вопросу о природе гуминов почвенного гумуса. «Уч. зап. ЛГУ», № 40, сер. биол., вып. 27.

Наткина А. И., 1940. Исследование состава и свойств гуминовых кислот из чернозема и подзолистой почвы. «Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», т. 28.

Наумов Н. А., 1932. Методы микроскопических исследований в фитопатологии. Сельхозгиз.

Никольский Н. Н., 1949. Содержание углекислого газа в дерново-подзолистых почвах и методы его исследования «Докл. ТСХА», вып. 10.

Николюк В., 1959. Простейшая фауна и ее значение в орошаемых почвах Узбекистана. «Хлопководство», № 11.

Новогрудский Д. М., 1959. Почвенный гумус и микробиологические факторы его образования. Алма-Ата, АН Казах. ССР.

Ню Цзи-Вэнь, 1961. Природа гумуса почв тропиков и влажных субтропиков. «Почвоведение», № 5.

Орлов Д. С., 1959. Поглощение света гумусовыми веществами почв в видимой части спектра. «Научн. докл. высшей школы», биол. науки № 4.

Орлов Д. С., 1960. К методике изучения оптических свойств гумусовых веществ. «Научн. докл. высшей школы», биол. науки, № 1.

Оруджев А. К., Кадымов М. А., Зайцев В. С., Гюльахмедов Х. О., Исмайлов Т. Т., 1958. Эффективность новой системы обработки почвы в условиях орошаемых районов Азербайджанской ССР. «Тр. АзНИХИ», Кировабад, вып. 59—60.

Пакусин А. Г., 1955. Микрофлора засоленных почв центральной части юго-восточной Ширвани. «ДАН Азерб. ССР», т. XI.

Пакусин А. Г., 1960. Микрофлора почв Ленкоранской субтропической зоны. «Изв. АН Азерб. ССР», сер. биол., № 3.

Панкова Н. А., 1950. О гумусообразовании в некоторых почвах лесостепного пояса Ферганского хребта. «Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», т. 21.

Панкова Н. А., 1952. Содержание и состав органических веществ в некоторых почвах Кутулукского опытного участка. «Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», т. 37.

Панкова Н. А., 1960. Определение гуминовых кислот, массы корней и растительных остатков в почве. Сб. «Агрохимические методы исследов. почв», изд. III, Изд-во АН СССР, М.

Першина М. Н., Быкова Н. В., 1959. О составе перегнойных веществ в пустынных аллювиальных почвах. «Докл. ТСХА», вып. 42.

Петров П., 1911. Влияние температуры на процессы минерализации растительных остатков. «Почвоведение», № 4.

Петров П., 1925. К вопросу о повышении плодородия почв путем ее высушивания и обработки летучими антисептиками. «Зап. Ленинградск. с.-х. ин-та», т. 1.

Пейве Я. В., 1961. Биохимия почв. М.

Писемская В. А., 1950. К динамике азота в почве в хлопковом севообороте. «Тр. АзНИИЗ», вып. 57.

Пономарева В. В., 1956. Гумус такыров. В кн. «Такыры Западной Туркмении и пути их с.-х. освоения» Изд-во АН СССР.

Пономарева В. В., 1956а. О сущности и географических закономерностях подзолообразования. «Почвоведение», № 3.

Пономарева В. В., 1957. К методике изучения состава гумуса по схеме И. В. Тюрина. «Почвоведение», № 8.

Пономарева В. В., 1962. О роли гумусовых веществ в образовании бурых лесных почв. «Почвоведение», № 12.

373—18

Понтович В. Э., 1939. Значение смены условий аэрации в процессах гумификации растительных остатков. «Микробиология», т. VIII, вып. 8.
Потонье Г., 1920. Сопропелиты. Пг.
Пошон Ж., Баржак Г. Д., 1960. Почвенная микробиология. М., ИЛ.,
Поясов Н. П., 1960. Диффузия углекислого газа в почве. Сб. трудов по агроном. физике, вып. 8.
Протасов П. В., 1961 Азот в хлопководстве Средней Азии. Ташкент.
Прянишников Д. Н., 1945. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. Изд-во АН СССР.
Разницына Е. А., Белякова Л. П., 1947. О стадиях и агентах разложения органических остатков в почвах после распашки люцерны. Сб. «Почвы Вахшской долины и их мелиорация».
Раковский В. Е., Журавлева М. М., 1953. Исследование погребенных торфов. Химия и генезис твердых горючих ископаемых. Изд-во АН СССР.
Ремезов Н. П., 1933. О качественном составе органического вещества почв СССР. «Почвоведение», № 5.
Рихтер А. А., 1936. Поглотитель углекислоты для тока атмосферного воздуха. «ДАН СССР», т. 2, вып. 7.
Розанов А. Н., 1951. Сероземы Средней Азии. М., Изд-во АН СССР.
Романкова А. Г., Нагалюк Е. А., 1959. Об условиях образования гумиподобных соединений плесневыми грибами. «Почвоведение», № 8.
Ромашкевич А. И., 1959. Генетическая характеристика бурых горно-лесных почв юго-восточной части Краснодарского края. В кн. «Почвенно-географич. исследования и использование аэрофотосъемки в картировании почв». Из-во АН СССР.
Рубилин Е. В., 1956. Почвы предгорий и предгорных равнин Северной Осетии. Изд-во АН СССР.
Рубилин Е. В., Суслова Е. В., 1953. О составе гумуса лесных почв предгорий северного склона центрального Кавказа. «Почвоведение», № 7.
Рыбалкина А. В., Кононенко Е. В., 1957. Активная микрофлора почв. В кн. «Микрофлора почв Европейской части СССР». Изд-во АН СССР.
Рыбалкина А. В., Кононенко Е. В., 1959. Микрофлора разлагающихся растительных остатков. «Почвоведение», № 5.
Рыдалевская М. Д., Терешенкова И. А., 1956. К познанию природы азотных соединений гуминовых кислот. «Уч. зап. ЛГУ», № 221.
Рыдалевская М. Д., Терешенкова И А., 1961. Природа гумуса горизонта В лесной почвы. «Вест. ЛГУ», сер. биол. вып. 3, № 15.
Рыжов С. Н., 1949. Направленная переделка природы почв в условиях орошаемого земледелия. «Почвоведение», № 2.
Рыжов С. Н., 1954. Повышение плодородия орошаемых почв в Средней Азии. «Почвоведение», № 7.
Рыжов С. Н., Дорман И. А., 1956. Производительная способность орошаемых почв Средней Азии при монокультуре хлопчатника и посеве его в севообороте. «Почвоведение», № 9.
Рыжов С. Н., Цыбульская Т. Я., 1938. Влияние люцерны и травосмеси на структуру почвы и накопление органических веществ. «Соц. с. х. Узбекистана», № 3.
Сабашвили М. Н., 1948. Почвы Грузии. Тбилиси.
Сабашвили М. Н., 1954. Субтропические красноземы СССР. Докл. на V Международном конгрессе почвоведов. Изд-во АН СССР.

Саввинов Н. И., Панкова Н. А., 1942. Корневая система растительности целинных участков степей Заволжья и новый метод его изучения. Сб. «Памяти В. Р. Вильямса». Изд-во АН СССР.
Седлецкий И. Д, 1937. Строение и свойства гуминовой кислоты и ее структурная и генетическая связь с углями и лигнинами. Сб. посвящ. 50-летию научн. деят. акад. В. Р. Вильямса. Изд-во АН СССР.
Седлецкий И. Д., 1942. Новые данные по кристаллическому строению гуминовых кислот. Изд-во АН СССР, М.
Синица Т., 1941. Пищевые ферменты личинок Chironomidae. «Тр. лаборат. генезиса сапропелей». Изд-во АН СССР, вып. 2.
Скрябин Ф. А., 1962. О влиянии минеральных удобрений на гумификацию корней люцерны и навоза в сероземах. «Почвоведение», № 12.
Слезкин П., 1900. Этюды о гумусе. Киев.
Советкина М. М., Коровин Е. П., 1941. Введение в изучение пастбища сенокосов Узбекистана. Ташкент.
Соколов Д. Ф., 1962. Влияние лесной растительности на формирование состава гумуса почв различных природных зон. Докт. дисс., М.
Соколовский А. Н., 1956. Сельскохозяйственное почвоведение. Сельхозгиз, М.
Сорокина А. В., Тягны-Рядно М. Т., 1933. К вопросу о роли микроорганизмов в образовании гумуса. «Микробиология», вып. 2.
Сукачев В. Н., 1955. О лесной биогеоценологии и ее основных задачах. «Бот. журн.», № 3, т. XLI.
Сулакова Л. А., Дегтярева Л. П., 1958. О накоплении органических веществ в почве при разложении корневых остатков. «Изв. АН Азерб. ССР», сер. биол. и с. х., № 5.
Суслова Е. В., 1956. Органическое вещество каштановых почв Восточного Предкавказья. «Тр. Северо-Осетинск. с.-х. ин-та», 17.
Суслова Е. В., 1957. Органическое вещество главнейших типов почв Северной Осетии и его изменения под влиянием окультуривания в выщелоченных черноземах. Дисс., Орджоникидзе.
Сучалкина М. И., 1951. О темпах накопления и разложения органических веществ почвы в травопольном севообороте в зоне неустойчивого увлажнения. «Агробиология», № 4.
Теплякова З. Ф., 1960. Мобилизация органического вещества и активных микробных процессов в горных и подгорных почвах Заилийского Ала-Тау. «Изв. АН СССР», сер. биол., № 1.
Теппер Е. З., 1949. Участие микроорганизмов в аэробном разложении яровой соломы и образование при этом гумусоподобных веществ. «Почвоведение», № 3.
Теппер Е. З., 1952. Продукты жизнедеятельности микроорганизмов как источники гумусовых веществ. «Реф. докл. ТСХА», вып. 16.
Тищенко В. В., Рыдалевская Н. Д., 1936. Опыт химического исследования гуминовых кислот различных почвенных типов. «ДАН СССР», № 4.
Трусов А. Г., 1915. Гумификация соединений, входящих в состав растительных организмов. «Журн. опытн. агрономии», т. XVI.
Трусов А. Г., 1916. О некоторых химико-биологических процессах, совершающихся при гумификации растительных остатков. «Журн. опытн. агрономии», т. XVII, кн. 2.
Трусов А. Г., 1916а. Роль дубильных веществ в образовании гуминового вещества из разлагающихся растительных остатков. Матер. по изучению русских почв.
Трусов А. Г., 1917. Материалы по изучению почвенного гумуса. Пг.
Тюлин. А. Ф., 1946. Коллоидно-химическое изучение почв в агрономических целях. «Тр. ВИУА», вып. 27.
Тюрин И. В., 1937. Органическое вещество почв. Сельхозгиз.
Тюрин И. В., 1940. Из результатов работ по изучению состава гумуса в почвах СССР. «Проблемы сов. почвовед.», сб. 11.

Тюрин И. В., 1944. К изучению процесса подзолообразования. «Почвоведение», № 10.

Тюрин И. В., 1946. О количественном участии живого вещества в составе органической части почв. «Почвоведение», №1.

Тюрин И. В., 1949. Географические закономерности гумусообразования. Тр. юбилейной сессии, посвященной столетию со дня рождения В. В. Докучаева. Изд-во АН СССР.

Тюрин И. В., Найденова О. А., 1951. К характеристике состава и свойств гуминовых кислот, растворимых в разведенных щелочах непосредственно и после декальцирования. «Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», т. 38.

Тюрин И. В., 1956. Почвообразовательный процесс, плодородие почв и проблема азота в почвоведении и земледелии. «Почвоведение», № 3.

Тюрин И. В., Гуткина Е. Л., 1940. Материалы по изучению гуминов чернозема. «Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», т. XXIII.

Тюрин И. В., Кононова М. М., 1963. Биология гумуса и вопросы плодородия почв. «Почвоведение», № 3.

Фагелер П., 1935. Основа учения о почвах субтропических и тропических стран. М.

Фигуровский И. В., 1930. Краткая климатическая характеристика Кура-Араксинской низменности. Матер. к общей схеме использования водных ресурсов Кура-Араксинского бассейна, вып. 1.

Хан Д. В., 1945. К вопросу о методике выделения из подзолистых почв нерастворимой фракции (гумин). «Докл. ВАСХНИЛ», вып. 7—8.

Хан Д. В., 1946. Закрепление гуминовой кислоты различными минералами. «Докл. ВАСХНИЛ», вып. 1—2.

Хан Д. В., 1950. Поглощение органического вещества минералами почвы. «Почвоведение», № 11.

Хан Д. В., 1959. Состав перегнойных веществ и их связь с минеральной частью почв. «Почвоведение», № 1.

Хан Д. Б., Руднева Т. А., 1962. Природа органического вещества некоторых почв Азербайджанской ССР «Изв. АН Азерб. ССР», сер. биол. и мед. наук № 3.

Хлустикова М. М., 1934. Влияние различных температур на биохимические процессы в почве. Микробиология почвы», вып. 1. Тр. ВИУА, вып. 4.

Христева Л. А., 1951. Роль гуминовой кислоты в питании растений и гуминовые удобрения. «Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева», т. 38.

Христева Л. А., 1953. Об участии гуминовых кислот и других органических веществ в питании высших растений. «Почвоведение», № 10.

Христева Л. А., Манойлова А. Б., 1950. Природа непосредственного воздействия гуминовой кислоты на рост и развитие растений. «Докл. ВАСХНИЛ», вып. 11.

Христева Л. А., Ярчук И. И., Кузько М. А., 1957. Физиологические принципы технологии гуминовых удобрений. В сб. «Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения». Изд-во Харьков, гос. ун-та.

Цицинадзе С. Г. 1956. Состав гумуса некоторых почв Грузии. «Тр. Ин-та почвовед. АН Груз. ССР», т. 7.

Частухин В. Я., 1953. Роль грибов в процессах почвообразования. «Тр. конф. по вопросам почв. микробиол.». Изд-во АН СССР.

Чижевский М. Г., 1933. Интенсивность разложения органического вещества почвы в зависимости от рода поглощенного катиона. «Химиз. соц. землед.», № 2.

Чижов Б. А., 1931. Особенности развития и распределения корневой системы культурных растений в темнокаштановой и солонцеватой почве. «Тр. Ин-та засухи», т. 1, вып. 2, Саратов.

Шалыт М. С., 1950. Подземная часть некоторых луговых, степных и пустынных растений и фитоценозов. «Тр. Бот. ин-та им. Комарова», ч. II, геоботаника, вып. 6.

Шалыт М. С., 1952. Подземная часть некоторых луговых, степных и пустынных растений и фитоценозов, ч. III. «Тр. Бот. ин-та В. Д. Комарова», Геоботаника, вып. 8.

Шалыт М. С., Калмыкова А. А., 1935. Корневая система растений в основных почвенных типах Украины. «Бот. журн.», № 4, т. 20.

Шарифов Э. Ф., 1950. Содержание гумуса и карбонатов в луговых почвах Карабахской степи. «ДАН Азерб. ССР», т. 6, № 12.

Шарифов Э. Ф., 1954. Об органическом веществе в луговых почвах Карабахской степи. «Изв. АН Азерб. ССР», № 1.

Шеварднадзе М. Г. О содержании органического вещества в горно-лесных почвах Аджарии и Гурии. «Тр. Тбилисск. ун-та».

Шмук А. А., 1924. К химии органического вещества почвы. «Тр. Кубанск. с.-х. ин-та», т. 1, вып. 2.

Шмук А. А., 1930. К вопросу о химической природе органических веществ почвы. «Бюлл. почвовед.», № 5—7.

Шокальская З. Ю., 1948. Почвенно-географический очерк Африки. Изд-во АН СССР, М. —Л.

Ярков С. П., 1956. Сезонная динамика некоторых процессов почвообразования. «Почвоведение», № 6.

Ярков С. П., 1961. Почвы лесо-луговой зоны СССР. Изд-во АН СССР, М.

Buchner P., 1928. Holznahrung und Symbiose. Berlin.

Chaminade R., 1956. Action de l'acide humique sur le développment et la nutrition minéra'e des végétaux. Trans. VI Internat. Congr. Soil. Sci., v. D., Paris.

Chaminade R. et Blanchet R., 1953. Recherches sur le role de la matiére organique dans la fertilitée des sols. „Ann. agron"., Sér. A, № 3.

Chaminade R. et Blancnet R., 1953a. Mécanisme de l'action stimulante de l'humus sur la nutrition minérale des végétaux. C. r. Acad. Sci.

Davis B., Srinivasan P. et. al., 1951, 1955, 1956. Aromatic biosynthesis. 1. The role of shikimic acid, J. Biol. Chem. v. 191, 213, 22).

Deherain P. et Demoussi E., 1896. Sur l'oxidation de la matiére organic du sol. Ann. agron., t. 22.

Deschamps P., 1953 Contribution á l'étude de la xylophagie. La nutrition des larves de Cerambycides. Ann. Sci. natur Bot. et biol. veget, Ser. 11, t. 15.

Fischer F. u. Schrader H., 1921, 1922, 1933. Über die Entstehung und die chemische Struktur der Kohle. Brennstoff—Chemie, Bd. 2, 3, 14.

Flaig W., 1952. Biochemische Beiträge zur Bildung von Huminsäuren durch Streptomyceten. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde. Bd. 56.

Flaig W., 1958. Die Chemie organischer Stoffe im B den und deren physiologische Wirkung Verhandl. II u. IV Kommission Internat. Bodenkundlichen. Ges., Bd. II Hamburg.

Flaig W., Scheffer F., Klamroth B., 1955. Zur Kenntnis der Huminsäuren. VIII Mitt. Zur Charakterisierung der Huminsäuren des Bodens. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunden, Bd 71.

Fuchs W, 1931. Die Chemie der Kohle. Berlin

Grosby W. C., 1911. Summer temperature of the soil in the relation to the supply of stailable nitrogen in the wheat arees. J. Mat. Hist Soil. Soc. West Austral 4,9—11, Chem. Abstractes.

Hofmann E. 1955. Über die Rolle der Enzyme bei der Humusbildung. Z. Pflanzenernähr, Düng., Bodenkunde, Bd. 69.

Jenny H, 1928. Relation of climatic factors to the a amount of nitrogen in soils. J. American Soc. Agron. N 0.

Kobo K. a. Tatschukawa R., 1959. On the colored material of fulvic acids Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde, Bd. 84.

Kumada K, 1955. Elementay composition of humic acids. Soil a. Plant Food, v. 1

Kumada K., 1955a. Absorption spectra of humic acids. Soil a. Plant Food, v. 1.

Küster E, 1953. Mikrobielle Polyphenoloxydasen und Humusbildung. Zbl. Bakteriol, Abt 1, Orig, Bd. 160.

Laatsch W., 1957. Dunamic der deutschen Acher-und Waldböden. Leipzig.

Laatsch W., 1948. Untersuchungen über die Bildung und Anreicherung von Humusshtoffen. Beiträge Agrarwissenschaft, H. III

Laatsch W. Hoops L. a Bieneck O, 1952. Über Huminsäuren des Pilzes *Spicaria elegans*. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde-Bd. 58

Lavernier D, 1955. Proncipes pour un recensment cartograhique be l'humus dans le monde. Annee biol. 31, № 5—6.

Lindeberg G., 1955. Ligninabbau und Phenoloxydasebildung der Bodenhymenomyceten Z. Pflanzenernähr Düng, Bodenkunde, Bd. 69.

Lunt H Jacobson H, 1944 Soil Sci., v 58

Maiwald K., 1939. Bes chaffenheit des organischen Baden nanteils Handbuch den Bodenlehre von E Blanck, J. Ergänsungsband.

Mason H., 1955. Reactions between quinones and proteins. Nature, v. 175, № 4461.

Nehring K.. 1955 Untersuchungen an aus verschiedenen Bodentypen isolierten Huminsäuren. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde, Bd. 69.

Niklewski B. u. Wojciechowski J, 1937. Über den Einfluß der Wasserlöslichen Humusstoffe auf die Entwickelung einiger Kulturpflanzen. Bodenkunde u. Pflanzepernähr, Bd. 4.

Norman A. a Bartholomew W., 1940. The action of some mesophilic bacteria on cellulosa. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., v. 5.

Potonie H., 1910. Die Enstehung der Steinkohle and der kaustobithe überhaupt. 5 Aufl., Berlin.

Prát S., 1961. On permeability and on the effect ob humous substances on plant cells. Труды V Международн. биохим. конгресса, М., 1961.

Prát S. a. Pospisiv F., 1959. Humic acids with C^{14}. Biol. Plantarum (Praha), 1 (1).

Saalbach E., 1953. Einfluß von Humusstoffen auf den stoffwechsel der Pflanzen. Trans. VI Internat. Congr. Soil. Sci., v. D, Paris.

Saalbach E. u., Küster E., 1958. Untersuchungen über den Eintluß einiger phenol carbonsäuren auf das Wachstum und den stoffwechsel von höheren Pflanzen und Mikroorganismen. IV Internat. Congr. Biochem., v V, Biochem. of Antibiotics.

Scheffer F., 1954. Neuere Erkenntnisse in der Humusforshung. Trans V Internat. Congr. Soil. Sci., v. 1, Leopoldville.

Scheffer F., Ziechmann W. Schlüter H., 1959. Über die Anwendung der Papierelektrophorese zur Trennung von Huminsäuren und die Charakterisierung gewonnenen Fraktionen. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunge, Bd. 85.

Scheffer F., Ziechmann W., Scholz H., 1959. Die Anwendung der Säulenadsorptionschromatographie zur Trennung von Huminsäuren. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde, Bd. 85.

Schnitzer M., Shearer D. a. Wright J., 1959. A study in the infrared of high-molecular weight organic matter extracted by various reagents from a podzolic B-horizon. Soil. Sci., v. 87.

Schreiner O., 1923. Toxic organic soil constituents and the influence of oxidation. J. Am. sol. Agron. 15.

Simonart P. a. Mayaudon J., 1958. Etude de la décomposition de la matiére organique dans le sol, au moyen de carbone radioactif Plant a. Soil, v. 9.

Simonart P. a. Wiaux A., 1950. Production of shikimic acid *by Penicillium griseofulvum* Dierck. Nature. v. 186, N 4718.

Springer U., 1938. Der heutige Stand der Humussuntersuchunges. methodik mit besonderer Berücksichtigung der Trennung, Bestimmung u. Charakterisierung der Huminsäuretypen und ihre Anwendung auf charakteristische Humusformen. Bodenkunde u. Pflanzenernähr., Bd. 6.

Springer V. 1956. Über die Bezichung zwischen den Veränderungen des Humuszustandes des Bodens und der Art der verabreichten organischen Düngung. VI Internat. Congr. Soil Sci., v. D, Paris.

Stanier R., 1942. The Cytophaga group: a contribution to the biology of Myxobacteria. Bacteriol. Revs., v. 6.

Terroine E. et Wurmser R., 1922. L'energie de croissance. I. Le de'veloppement de l'Aspergillus niger. Bull. Soc. Chim. biol., 4.

Thom C., Smith N., 1938. Paum flora of the soil, U. S. Dopt. Agr. Yearbook.

Thompson L., 1952. Soils and soil fertility (Mc Graw-Hill Rook Ophy, New-York).

Tracey M., 1951. Cellulose and chitinase of earthworms. Nature. v 167, N 4254.

Tinsley J. a. Zin M., 1954. The isolation of lignoprotein from soil. Trans. V Internat. Congr. Soil. Sci., v. II, Leopoldville.

Waksman S. 1935. Der Platz der Huminsaure in der Chemie des Humus. Z. Planzenernähr., Düng., Bodenkunde, Bd. 37.

Waksman S. a. Gerretsen F., 1931. Influence of temperature and moisture upon the nature and extend of decomposition of plant residues by micro-organisms. Ecology, v. 12.

Walker E. a. Warren F., 1938. The decomposition of cellulose by Cytophaga v. Biochem. J. v. 32.

Welte E. 1952. Über die Entstehung von Huminsäuren und Wege ihrer Reindarstellung. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde, Bd. 56.

Welte E. 1955. Neuere Ergebnisse der Humusforschung. Angew. Chemie, Bd. 57.

Whistler R. a. Kirby K., 1956. Composition and behavior of soil polysaccharides. J. Amer. Chem., Soc., v. 78.

Whitehead O., Brunet P., Kent P., 1960. Specificity in vitro of a Phenoloxidase system from Periplaneta americana. Nature, v. 185, N 4713.

Wollny E. 1886. Untersuchungen über die Zersetzung der organischen Substanzen. J. Landwirtsch. Versuchsstat., Bd. 34.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Глава I Краткий обзор литературы по изучению органического вещества почв (особенно почв субтропической зоны и горных районов СССР) 5

Глава II Характерные особенности основных типов почв Азербайджанской ССР 17

Глава III Природные условия накопления органического вещества в почвах Азербайджанской ССР 23

1. Роль растительности в гумусообразовании . . . 23
   - Запасы растительной (надземной и корневой) массы в почвах 23
   - Годичный прирост растительной массы 50
   - Интенсивность разложения растительных остатков в почве 53
   - Накопление гумуса в почвах под различными растительными ассоциациями 65
2. Микрофлора почв Азербайджана и ее роль в процессах гумусообразования 67
3. Роль почвенной фауны в превращении органических веществ 72
4. Влияние гидротермических условий на процессы гумусообразования 75
5. Влияние физических и химических свойств почвы на накопление гумуса 85

Глава IV Запасы гумуса и азота в почвах Азербайджана . . 94

Глава V Содержание и состав гумуса в почвах Азербайджана . 103

Глава VI Закономерности различий в составе гумуса и природе гумусовых веществ почв Азербайджана 121

Глава VII Образование гумусовых веществ в процессе гумификации растительных остатков в различных почвах Азербайджана 134

Глава VIII Энергетика процесса гумусонакопления 153

Глава IX Процессы превращения органических веществ в почвах Азербайджанской ССР по данным режимных наблюдений 158

1. Динамика процессов накопления и разложения органических веществ 159
2. Сезонные фазы биологических процессов . . . 215

Глава X Особенности гумуса в связи с генезисом почв Азербайджана 228

Глава XI Приемы накопления органического вещества и пути его рационального использования в почвах Азербайджанской ССР 234

Глава XII Методика исследований 252

Литература 264

ется при соответственном увеличении фракций коричевых (менее сложных) гуминовых кислот. В том же ряду почв в составе гуминовых кислот возрастаетет количество флуоресцирующих фракций. Особенно интенсивно флуоресцируют фульвокислоты.

Применив метод электрофореза на бумаге для фракционирования гумусовых веществ и для изучения их комплексов с железом, М. М. Кононова и Н. А. Титова (1961) разделили гуминовые кислоты (из обыкновенного чернозема, дерновоподзолистой почвы и гумусо-илювиального горизонта сильноподзолистой почвы) и фульвокислоты (из краснозема) на три фракции: остающуюся на страте (зона *А*) и передвигающиеся к аноду (зона *Б* и *В*), из которых последняя флуоресцирует в ультрафиолетовом свете.

Для фракционирования гуминовых кислот из различных почв Азербайджанской ССР мы воспользовались методом электрофореза на бумаге (описание методики см. в главе XII). Исследования проведены с гуминовыми кислотами, выделенными из верхнего (0—20 *см*) слоя горно-луговой (Истису), горной черноземной (Кедабек), темно-каштановой (Карамарьянское плато), сероземно-бурой (Ю-В Ширвань) и желтоземной (Ленкоранская зона) почв.

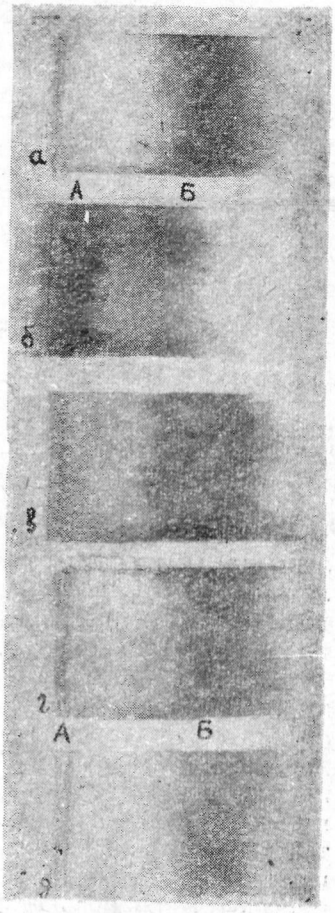
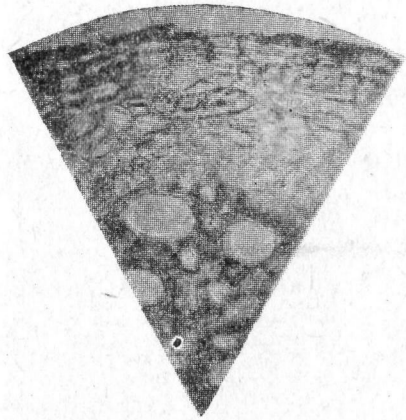


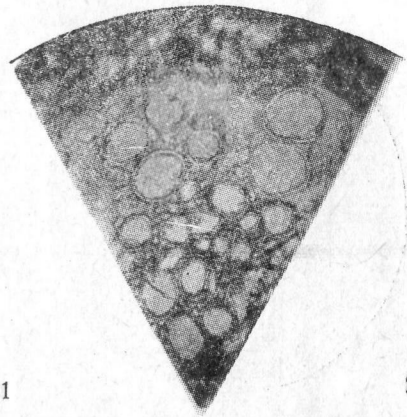
Рис. 19. Характер распределения гуминовых кислот на фореграммах. Почва: *а* — горнолуговая; *б* — черноземная, *в* — темно-каштановая, *г* — сероземно-бурая, *д* — желтоземная

Зона *А* — на старте, *Б* — бурая подвижная

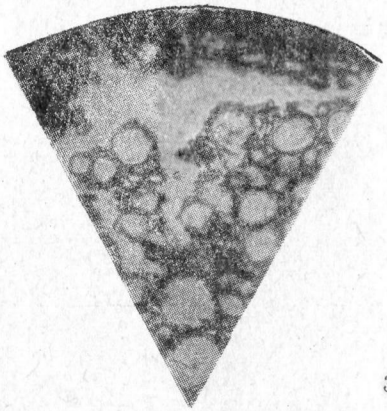
При электрофорезе гуминовые кислоты передвигались от старта в сторону анода, на фореграммах при дневном свете были обнаружены две зоны: первая (зона *А*), образуемая фракцией веществ, остающейся на старте, вторая (зона *Б*), образуемая подвижной фракцией, имеет буро-ржавый цвет и располагается на некотором расстоянии от старта. Под ультрафиолетовым светом непосредственно за зоной *Б* проявляется зона (*В*), флуоресцирующая зеленовато-желтым светом (рис. 19). Выявленные различия в характере распределения



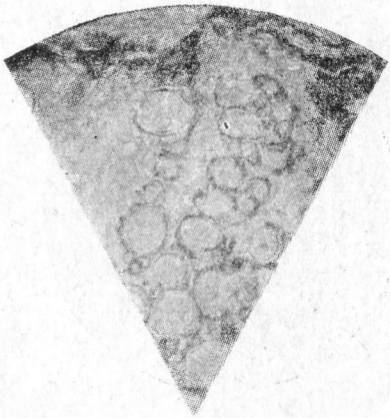
1

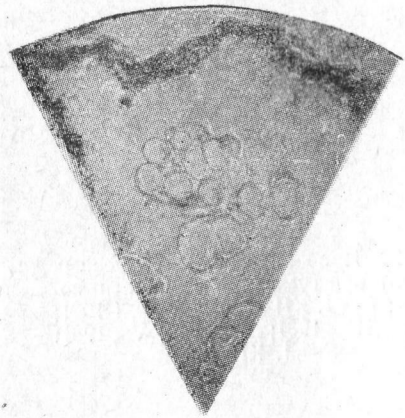


2



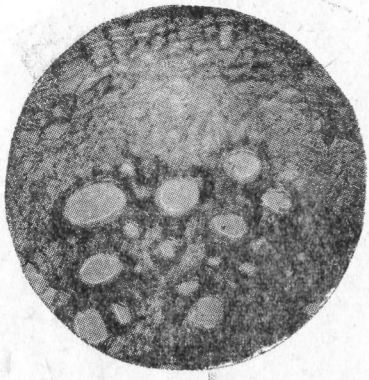
3



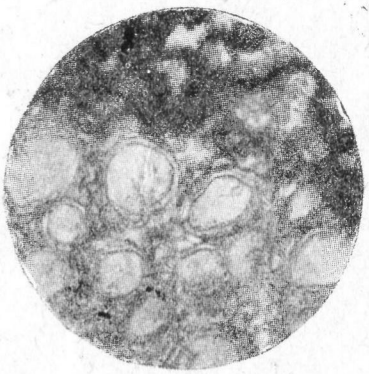


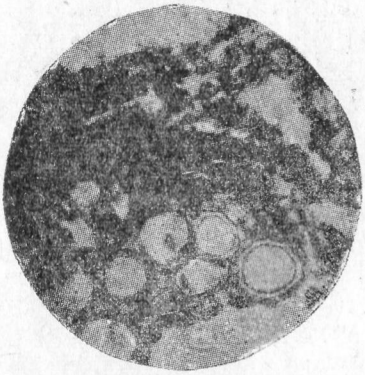
5

Рис. 22. Изменение анатомического строения корней люцерны при гумификации: *1* — 1. XII 1960; *2* — 20. I 1961; *3* — 20. III 1961; *4* — 15. V 1961; *5* — 1. XII 1961



2





4

5

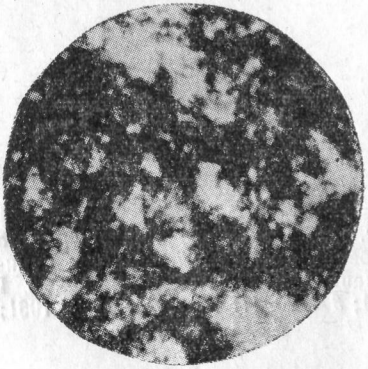


Рис. 23. Новообразование гумусовых веществ при гумификации корней люцерны: *1* — 1. XII 1960; *2* — 20. I 1961; *3* — 20. III 1961; *4* — 15. V 1961; *5* — 1. XII 1961