Об авторе



Анна Васильевна
НОВИКОВА

УКРАИНСКАЯ АКАДЕМИЯ АГРАРНЫХ НАУК

НАЦИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
«Институт почвоведения и агрохимии
имени А.Н. Соколовского»

А. В. НОВИКОВА
доктор сельскохозяйственных наук

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ И СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ:

ГЕНЕЗИС, МЕЛИОРАЦИЯ, ЭКОЛОГИЯ

Избранные труды

Ответственный редактор
академик УААН, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор С.А. Балюк

Харьков – 2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга представляет собой собрание избранных научных работ одного из крупнейших украинских почвоведов, представителя мелиоративного почвоведения – доктора сельскохозяйственных наук Анны Васильевны Новиковой. Представленные работы разнообразны по тематике и региональному охвату, но их объединяет междисциплинарная связь с разносторонними исследованиями А.В. Новиковой.

Широта научных интересов, глубокие знания в области почвоведения, мелиорации, гидрогеологии, экологии и др. сельскохозяйственных дисциплин, а также использование современных, в т.ч. математических методов исследований, позволили А. В. Новиковой создать серию интереснейших научных работ. Ее труды характеризуются безупречной логикой, широтой теоретических обобщений, базирующихся на большом экспериментальном материале, статистически обработанном. Их всегда отличали актуальность, новизна, оригинальность в постановке и решении задач, достоверность, видение перспективы, востребованность практикой.

Несомненно, они представляют большой интерес для исследователей, работающих в различных направлениях науки - почвоведении, мелиорации, гидрогеологии, экологии и др.

В основу сборника положены результаты многолетних исследований, проведенных в основном на юге Украины в пределах крупных оросительных систем (почвенно-мелиоративные исследования) и солонцовых комплексов (генезис, эволюция и окультуривание солонцовых почв). Их характеризует неизменно глубокий интерес А.В. Новиковой к процессам солепроявления и содообразования, вопросам миграции и аккумуляции солей, процессам антропогенной трансформации почв и почвенного покрова, разработке методологии и методов изучения и моделирования почвенно-геохимических процессов и режимов.

Все работы А. В. Новиковой, вошедшие в данный сборник, не утратили своего значения, ни теоретического, ни методического, в столь сложной области исследований как эволюция антропогенно-мелиоративных процессов почвообразования и функционирования.

Сборник будет полезен почвоведам, мелиораторам, экологам, гидрогеологам, геохимикам и другим специалистам, занимающимся проблемами охраны и рационального использования почвенных ресурсов. Можно надеяться, что материал, помещенный в сборнике, будет содействовать возрастанию интереса к мелиоративному почвоведению и решению еще не решенных проблем.

Академик УААН, доктор с.-х. наук,
профессор ***С.А. Балюк***

ОБ АВТОРЕ

Анна Васильевна Новикова родилась 15 февраля 1915 года на Северном Кавказе в станице Подгорной Георгиевского района Ставропольского края в семье служащих. Отец умер рано, воспитывала ее мать - педагог по образованию. Начальное образование получила в г. Георгиевске, где закончила ФЗС (фабрично-заводскую семилетку). Затем переехала с матерью в г. Ростов-на-Дону, поступила на рабфак и после его окончания училась в Ростовском-на-Дону государственном университете на геолого-почвенном факультете (1934-1939 гг.). После его окончания, осенью 1939 года, поступила в аспирантуру на кафедру почвоведения к профессору С.А. Захарову, одному из учеников В.В. Докучаева. Однако обучение в аспирантуре было прервано Великой Отечественной войной 1941–1945 гг.

Университет эвакуировался в Киргизию (г. Ош), в Ростов он возвратился только после окончания войны. Получив академический отпуск, А.В. Новикова с семьей эвакуировалась в Сибирь (г. Кемерово), где работала в различных учреждениях, в том числе на предприятиях оборонного значения.

Окончилась война, и Анна Васильевна с семьей возвратилась в Ростов, где продолжила аспирантскую подготовку в университете. Затем она трудилась на Полевой почвенной опытной станции при Ростовском университете (октябрь 1945 - март 1949 гг.).

Наработанные прежде материалы по теме диссертации (горно-луговые почвы Кавказа) были утрачены в период войны, поэтому ей пришлось осваивать новую тему - почвы поймы реки Дон, заложив ряд стационарных участков для динамических наблюдений на основных частях поймы (прирусловая, центральная, притеррасная и вторая терраса). На протяжении трех лет (1945-1947 гг.) автор на основе почвенно-геоморфологических и стационарных методов исследований выявила особенности динамики солей в почвах и грунтовых водах, а также физико-химический состав почв. Такие углубленные динамические наблюдения проводились в пойме Дона впервые.

В первые годы после войны, когда страна была в руинах и не хватало ни материальных, ни денежных средств, аспирантская подготовка осуществлялась в невероятно трудных бытовых условиях. Анализы образцов почв выполнялись аспиранткой с утра до глубокой ночи. Не хватало химической посуды, использовались даже бытовые стеклянные банки. В это время профессор С.А. Захаров тяжело и неизлечимо заболел. Из-за ограниченности средств диссертационная работа была напечатана на машинке только один раз и в таком виде подана на защиту. В 1948 г. А.В. Новиковой была присвоена ученая степень кандидата геолого-минералогических наук.

60 лет своей научной творческой жизни она посвятила развитию почвенной мелиорации в Украине.

Работая в 1949-1956 гг. старшим научным сотрудником в Крымском филиале Академии наук СССР, а затем с 1956 года и до настоящего времени в г. Харькове в Украинском научно-исследовательском институте почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского (в настоящее время - Национальном научном центре «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского») в должности старшего научного сотрудника, заведующей лабораторией химической мелиорации почв, ведущего научного сотрудника, А.В. Новикова проделала огромную научно-исследовательская работу. Вначале в Крыму ею был разработан новый метод определения степени естественной дренированности территории Степного Крыма, установлена геохимическая зональность засоления почв, почвенно-мелиоративное районирование территории в целях орошения, особенности генезиса и мелиорации солонцовых почв. В 1957-1961 гг. она принимала активное участие в крупномасштабном почвенном картировании Украины. С началом строительства крупнейших оросительных систем и широкого орошения на юге Украины в зоне Северо-Крымского и Краснознаменского каналов А.В. Новикова активно включилась в изучение экологических проблем массового орошения, его последствий для почв Украины.

Она предложила методы углубленной оценки определения пригодности территории под широкое орошение, передав Укргипроводхозу для обоснования проекта орошения зоны Северо-Крымского канала ряд составленных ею картографических и других материалов. Разработала теоретические основы процесса миграции солей при вторичном засолении, предложила впервые метод прогнозирования его и вместе со своими сотрудниками составила прогноз для зоны Северо-Крымского и, частично, Кранознаменского каналов. Руководила и участвовала в разработке метода борьбы с вторичным засолением с помощью дождевания. Ей удалось уловить изменения почвенно-мелиоративных условий и трансформации солей в самый первый этап орошения, а также в последующие 20–30 лет. При этом она выявила ирригационную эволюцию развития солонцового процесса и разработала принципы и пути повышения плодородия деградированных почв. На основе особенностей генезиса различных солонцов Крыма и стационарных опытов, она предложила дифференцировать различные приемы мелиорации солонцов. Принимала активное участие в массовом внедрении в Крыму глубокой мелиоративной плантажной вспашки (220 тыс. га). Обобщение литературных и собственных данных позволило ей провести мелиоративное районирование солонцовых земель Украины, и в дальнейшем научно-обоснованно планировать способы окультуривания солонцовых почв, внедрять их на местах. Вместе с коллективом украинских почвоведов-мелиораторов она способствовала проведению широкого внедрения гипсования и мелиоративной вспашки солонцов на площади 1,5 млн. га в период 1961-1980 гг. Это дало возможность хозяйствам республики дополнительно получать около 480 тыс. тонн зерна.

Активное участие коллектива лаборатории в разработке новых вопросов способствовало повышению научного роста кадров. В 1973 году А.В. Новиковой была успешно защищена докторская диссертация на тему «Почвенно-мелиоративные условия, их изменение под влиянием орошения и прогноз вторичного засоления почв юга

Украины». Под ее руководством были подготовлены и защищены 7 кандидатских диссертаций.

Деятельность А.В. Новиковой во все периоды ее жизни никогда не ограничивалась только научно-исследовательскими рамками. Все, за что она бралась или что ей поручали, делала с большой увлеченностью и результативностью. И когда Анна Васильевна была экспертом ВАК по защите диссертаций (г. Москва), и когда участвовала в работе ученых советов по защите диссертаций в других институтах, и когда занималась депутатской деятельностью (дважды избиралась депутатом районного и один раз городского Совета депутатов трудящихся в г. Симферополе). Она умела внести дух бодрости и оптимизма в любое дело, в любой коллектив, зажигать и вести за собой, оставаясь при этом скромным и непритязательным человеком, добрым и отзывчивым к своим друзьям, коллегам и всем людям.

О большом вкладе доктора сельскохозяйственных наук А.В. Новиковой в почвенную науку свидетельствуют многочисленные научные труды, практические разработки, государственные награды. Неоднократно являясь участником Всесоюзной сельскохозяйственной выставки в г. Москве, она была награждена золотой медалью и несколькими бронзовыми медалями «За успехи в народном хозяйстве СССР». За заслуги перед государством А.В. Новикова награждена медалями: «За трудовую доблесть», «За долголетний добросовестный труд», «За доблестный труд», в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина и медалью «Захиснику Вітчизни».

Перешагнув девяностолетний рубеж своей жизни, Анна Васильевна Новикова и сегодня неутомимо трудится в Национальном научном центре «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского» (г. Харьков). Ее научная деятельность продолжается, потому что в этом главный смысл жизни ученого.

Академик НААН, доктор с.-х. наук, профессор С.А. Балюк,
кандидат с.-х. наук В.Я. Ладных

СОДЕРЖАНИЕ

Об авторе.....1
Предисловие.....5

ИСТОРИЯ НАУКИ.....8

История почвенно-мелиоративных и экологических исследований засоленных и солонцовых земель Украины (1990–1996) (*монография*).....8
Краткие воспоминания о некоторых отечественных почвоведах 143
С.А. Захаров и его научный вклад в отечественное почвоведение (личные воспоминания к 130-летию со дня рождения).....156

ПРОЦЕССЫ СОЛЕНАКОПЛЕНИЯ И ОСОЛОНЦЕВАНИЯ ПОЧВ.....163

Геохимические и режимные закономерности соленакопления в степном Крыму (монография).....163
Оценка влияния импульверизации солей на осолонцевание почв Причерноморья.....286

ДИАГНОСТИКА СОЛОНЦЕВАТОСТИ ПОЧВ ПО СТЕПЕНИ ИЛЛЮВИИРОВАНОСТИ.....304

Иллювиированность солонцовых почв, как диагностический показатель степени солонцеватости.....304
О проявлении и особенностях солонцовых свойств в почвах степной и сухостепной зон юга Украины.....324
Гранулометрическая дифференциация профиля и её изменение в процессе эволюции остепнённых солонцов в зональные почвы.....345

МЕТОДЫ МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ И ИХ РАЙОНИРОВАНИЕ В УКРАИНЕ.....365

О мелиорации солонцов Крыма.....365
Об особенностях мелиорации луговых солонцов.....387
Окультуривание солонцовых почв лугово-степных комплексов Крымской области.....401
Окультуривание орошаемых тёмно-каштановых солонцеватых почв Крымского Присивашья (А.В.Новикова, Н.Е.Гаврилович, А.М.Пятакова) 438
О путях мелиорации солонцовых почв Украины.....448
Пригодность мелиоративной плантажной вспашки для окультуривания солонцовых почв (А.В Новикова., В.Н.Калиниченко.....467

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ЗАСОЛЕНИЯ, ОЩЕЛАЧИВАНИЯ И СОДОПРОЯВЛЕНИЯ В ОРОШАЕМЫХ ПОЧВАХ.....486

Прогнозирование вторичного засоления почв при орошении (монография).....486
Содопроявление и ощелачивание в богарных и орошаемых почвах юга Украины (А.В.Новикова, Н.Е.Гаврилович) (монография).....*545*

ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ МИРА 606

Засоленные почвы, их распространение в мире, окультуривание и вопросы экологии *(монография)*.....606

НАУЧНАЯ ШКОЛА 744

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ А.В.НОВИКОВОЙ.....745

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....753

1. ИСТОРИЯ НАУКИ

ИСТОРИЯ ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАСОЛЕННЫХ И СОЛОНЦОВЫХ ЗЕМЕЛЬ УКРАИНЫ (1890–1996)[1]

Введение

XX век завершается. Стремление ученых осмыслить итоги истекающего века в разных областях знаний, в том числе и в мелиоративном почвоведении, вполне естественно. Данная работа - попытка обобщить поэтапное развитие науки о засоленных и солонцовых почвах как в масштабах бывшего СССР, так и в Украине в частности.

Украина - одна из стран, обладающих высокоплодородными почвами. В то же время в ряде районов встречаются малопродуктивные земли, к числу которых относятся засоленные и солонцовые почвы. Урожайность сельскохозяйственных культур, например зерновых, на пятнах солонцов может составлять всего 5-10 *ц/га*, зачастую падая до нуля, при урожайности на несолонцеватых почвах 30-40 *ц/га* и выше. Общая площадь таких земель – около 4 *млн. га* или 7-8 % пахотного фонда.

Изучали засоленные и солонцовые почвы не только на Украине, но и в других республиках Советского Союза. Постоянный обмен результатами исследований между почвоведами бывшего СССР дал возможность в короткие сроки разрешить многие вопросы генезиса, географии и мелиорации таких почв, что благоприятствовало решению главной задачи - повышению урожайности сельскохозяйственных культур и развитию сельскохозяйственного производства, совпадало с национальными интересами всех республик, в том числе Украины. Поэтому историю развития учения о засоленных и солонцовых почвах Украины автор данного очерка будет рассматривать в связи со становлением почвенно-мелиоративной науки в СССР, а оценивать разные виды их мелиорации, исходя из позиций агроэкологических последствий и дальнейшего повышения плодородия почв. Следует подчеркнуть, что направленность изучения указанных почв в нашей стране имеет свои особенности.

Благоприятное сочетание почвенно-климатических условий Украины способствовало тому, что здесь с давних времен выращиваются многие зерновые, овощные, кормовые и технические культуры (свекла и др.), издавна большое внимание уделяется постановке полевых

[1] Опубликовано в монографии А.В.Новиковой с таким же названием. Научный редактор член-корр. УААН М.И. Ромащенко//Изд-во «Світ», Киев, 1999 г., 143 с.

опытов по растениеводству и химизации земель. Поэтому наряду с изучением чисто теоретических вопросов (генезис солонцов, миграции солей и т.п.) в Украине всегда одновременно велись исследования по повышению плодородия таких почв.

Не будет преувеличением, если сказать, что Украина является колыбелью опытного дела по мелиорации солонцов, учитывая при этом то, что самые первые опыты были заложены К.К.Гедройцем на Носовской опытной станции (Черниговская область), а опыты в Среднем Приднепровье, проведенные А.М.Можейко, А.М.Гринченко и Г.Н.Самбуром остаются фактически самыми продолжительными (20-25 лет).

Результаты исследований солонцовых почв Украины освещались в различных изданиях, в том числе в монографиях. К ним относятся «Вопросы повышения плодородия солонцовых почв» (1954), «Происхождение и окультуривание солонцовых почв» под редакцией А.М. Гринченко (1962) и «Окультуривание солонцовых почв» под редакцией А.В. Новиковой (1984). Кроме того, неоднократно переиздавались «Рекомендации по улучшению солонцовых почв УССР», подготовленные коллективом авторов из разных научных учреждений нашей страны.

Высокая результативность работы сотрудников ряда научных учреждений Украины, коллективная разработка рекомендаций по окультуриванию солонцов и серьезное внимание со стороны правительственных органов к мелиорации солонцовых почв способствовали тому, что в Украине уже в конце пятидесятых годов (1954) началось внедрение гипсования солонцов, а в Крыму, кроме гипсования, стали внедрять плантажную вспашку.

Исследовательские работы по солонцовой проблематике вначале велись в условиях богарного земледелия, когда развитие солонцов проходило преимущественно в неорошаемых условиях. В дальнейшем, с конца пятидесятых годов, в связи с проведением широкомасштабных работ по орошению южных и осушению северных территорий природные условия Украины начали претерпевать существенные изменения как положительного, так и отрицательного характера.

Положительное воздействие широкой ирригации проявилось в улучшении водного питания растений, что способствовало повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Отрицательное влияние ирригации выразилось в подтоплении некоторых территорий, в том числе и пахотных земель, что привело к образованию вторично засоленных и осолонцованных почв на ранее незасоленных землях.

Для выяснения причин такого воздействия водных масс были привлечены многие научные учреждения и учебные заведения. Познание закономерностей влияния широкой ирригации на гидрогеологию,

почвы и растения позволило со временем внести существенные поправки в проекты строящихся оросительных систем и реконструировать старые, что дало возможность заметно улучшить экологические условия.

Главная цель ирригации - получение высоких стабильных урожаев - была в целом решена, хотя достичь проектного уровня не удалось.

Результаты исследований, проводившихся в период становления широкой ирригации, имеют историческую ценность, особенно когда они излагаются очевидцами событий того периода.

Украинскому научно-исследовательскому институту почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского, как и некоторым другим научным и производственным учреждениям, пришлось работать именно в первый период становления широкой ирригации на Украине. Освещение полученных результатов исследований, установленных закономерностей может представлять интерес для многих поколений почвоведов-мелиораторов. Уместно напомнить слова одного из героев Шекспира (в нашем вольном изложении): «Ты видел, как это происходило - расскажи другим».

История развития почвоведения в Украине освещена весьма слабо (Махов Г.Г., 1927; Соколовский А.Н., 1954; Гринченко А.М., 1994; Мигунова Е.С., 1994). Что касается развития почвенно-мелиоративной науки с освещением последовательного воздействия широкой ирригации на солонцовые и засоленные почвы Украины, то таких работ нет, за исключением разрозненных данных исследований, опубликованных в различных статьях и докладах. Автор данного обзора решил восполнить образовавшийся пробел и систематизировать результаты многочисленных разобщенных исследований в их исторической последовательности.

Была поставлена цель - осветить главные этапы развития почвенно-мелиоративной науки в Украине с учетом результатов исследований, проводившихся в Советском Союзе, в состав которого входила Украина.

Описывая этапы развития почвенно-мелиоративной науки нельзя обойти молчанием социально-политические вопросы, оказавшие существенное влияние на науку в целом.

С установлением в начале века в России советской власти была уничтожена частная собственность на средства производства, в том числе и на землю. Научные исследования, внедрение их результатов в производство, как и вся хозяйственная деятельность, осуществлялись по единому государственному плану за счет государственного бюджета.

Типичными чертами развития в почвоведении того периода были следующие (Виленский Д.Г., 1956): признание плодородия, как ос-

новного свойства почв, а биологических процессов почвообразования - как одних из главных; применение новых методов исследования свойств почв - физико-химических, физических, биологических и других; создание научных учреждений и коллективов почвоведов - Почвенного института им. В.В. Докучаева Академии наук СССР (научный центр по почвоведению), Московской сельскохозяйственной академии им. Тимирязева, факультета почвоведения в Московском государственном университете им. Ломоносова, Всесоюзного института удобрений, агротехники и агропочвоведения, Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук, а также научно-исследовательских институтов во всех республиках СССР, в том числе и в Украине. Тесная связь науки с производством, широкомасштабное выполнение народно-хозяйственных задач, способствовали дифференциации почвоведения на отдельные направления - географию и картографию почв, химию почв, физику почв, почвенную минералогию, мелиорацию и др. Создались условия, благоприятные для быстрого развития почвоведения, превращения отсталого земледельческого государства в передовое, с высокоразвитой промышленностью и сельским хозяйством.

В данном историческом очерке основное внимание уделено научным результатам, имеющим определенную новизну, их внедрению в сельскохозяйственное производство и проектирование оросительных систем. Значительное место отведено результатам работ Украинского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии, являющегося ведущим научным центром Украины по данным вопросам, в частности лаборатории мелиорации почв, которой автор данного очерка руководила в течение 25 лет (1960-1985 гг.).

Работа состоит из двух частей. Первая посвящена исследованиям засоленных и солонцовых почв, развивающихся в естественных и богарных условиях. Во второй части рассматриваются исследования тех же почв в условиях широкомасштабного орошения при активном воздействии антропогенных факторов на почвы, грунты и общую экологическую обстановку.

В очерке, в какой-то степени условно, установлены этапы развития науки о засоленных и солонцовых почвах. В первой части выделены такие: зарождение учения о засоленных и солонцовых почвах, становление и углубление науки об образовании солонцовых почв, наконец этап, связанный с организацией всестороннего изучения таких почв в Украине, разработкой методов их мелиорации в условиях неорошаемого земледелия.

Во второй части рассматривается дальнейшее развитие науки о засоленных и солонцовых почвах в связи с началом широкой ирригации земель Украины, воздействием орошения на почвы, разработкой

мер предупреждения и борьбы с неблагоприятными экологическими последствиями водных мелиораций.

Учитывая, что в данной работе предпринята первая попытка исторического обзора развития почвенно-мелиоративной науки в Украине за длительный период времени (более 100 лет), автор заранее приносит извинения за возможные неточности, неизбежные повторения и некоторые вынужденные нарушения хронологической последовательности.

Автор выражает сердечную благодарность за ценные замечания, уточнения, признателен за содействие в опубликовании рукописи академику УААН Б.С. Носко, докторам сельскохозяйственных наук Е.С. Мигуновой, Д.С. Тихоненко, С.А. Балюку, кандидатам сельскохозяйственных наук Г.М. Белоненко и Е.П. Юрко.

ЧАСТЬ I

Изучение засоленных и солонцовых почв, развивающихся в естественных условиях и при неорошаемом земледелии

1. Этапы изучения засоленных и солонцовых почв и методов их мелиорации в России (частично в Украине) в конце XIX и в XX веке

1.1. Первые научные сведения о засоленных почвах

Начало исследований засоленных и солонцовых почв в России и в Украине приходится на конец XIX века и связано с именем В.В. Докучаева - организатора и руководителя земельно-оценочных работ в Нижегородской и Полтавской губерниях. В публикациях В.В. Докучаева, его учеников и сотрудников того периода приводятся описания морфологии засоленных почв, делаются попытки подразделить профили почв на горизонты, выявить связи таких почв с рельефом местности и т.д.

В 1894 г. П.А. Земятченский подробно описывает морфологию солонцов, впервые выделяя наиболее характерный для этих почв столбчатый горизонт, отмечая выщелоченность верхней части профиля почв и наличие солей в нижней. В материалах по оценке земель Полтавской губернии К.Д. Глинка (1894) устанавливает «злостные» солонцы с наличием хлористых и сернокислых солей на поверхности (позже названных солончаками) и «солонцы котловинок», в которых присутствуют сода и сернокислые соли. В.В. Докучаев в своей классификации выделяет среди черноземных и каштановых почв степей так называемые вторичные солонцы и белесые почвы, приуроченные к понижениям рельефа и ко вторым надпойменным террасам рек.

В целом, как отмечает В.А. Ковда (1937), к началу XX века исследователи еще не отличали среди засоленных почв солончаки от солонцов, зачастую считая эти термины синонимами. Вместе с тем существовали работы, которые заложили основу современных представлений о генезисе засоленных почв. Это исследования Г.Н. Высоцкого (1899-1905), разработавшего гипотезу эоловой миграции солей и доказавшего главенствующую роль грунтовых вод в передвижении солевых растворов в почвенные горизонты при их испарении, а также дренирующую роль оврагов на грунтовый поток. Занимаясь много лет почвенной гидрологией в Донецких степях, Г.Н. Высоцкий впервые обнаружил в степных почвах так называемый «мертвый горизонт», прерывающий капиллярное передвижение влаги от грунтовых вод к их поверхности, и выделил четыре типа водного режима почв (промывной, периодически промывной, непромывной и выпотной). Г.Н. Высоцкий предложил также гидротермический коэффициент, как отношение количества осадков к испаряемости.

Влияние минерализованных грунтовых вод на образование солончаков было подмечено и в других регионах России, в частности на Валуйской опытной станции. В.С. Богдан (1890) впервые обратил внимание на роль микрорельефа в возникновении комплексности почвенного покрова при рассолении солончаков, развивающихся в депрессиях рельефа. Он предложил также схему эволюции солонцов.

Новый шаг в познании засоленных почв был сделан С.С. Неуструевым и А.Б. Бессоновым (1902). Они выделили «структурные почвы», опресненные с поверхности, которые имеют слоистый рыхлый верхний горизонт и нижележащий столбчато-призматический, а также «бесструктурные мокрые солончаки», содержащие много солей на поверхности. Авторы впервые объяснили образование иллювиального горизонта солонцов передвижением коллоидных глинистых частиц сверху вниз и их накопление в нижнем иллювиальном горизонте. Появление мокрых солончаков увязывалось авторами с влиянием грунтовых вод и соленых озер.

Следует обратить внимание, что большинство исследователей того периода считало, что образование двух горизонтов в солонцах протекает аналогично подзолообразовательному процессу. Иной точки зрения придерживался П.С. Коссович (1903). Он полагал, что в солонцах такая дифференциация профиля связана с воздействием соды, которая вызывает «щелочное выветривание» с выпадением кремнекислоты.

Новый этап в изучении солонцовых почв связан с работами Н.А. Димо и Б.А. Келлера (1907), проведенными в Прикаспийской низменности (Царицынская губерния). По соотношению двух верхних горизонтов авторы впервые подразделили солонцы на корковые, кор-

ково-столбчатые, столбчатые и глубокостолбчатые. С учетом зональности были выделены солонцы черноземные и полупустынные. Однако эволюция солонцовых почв представлялась учеными в соответствии со взглядами того времени, т.е. аналогичной подзолообразовательному процессу. Поэтому почвы понижений рельефа были названы «типичными подзолами полупустыни» (ныне - солоди). Среди солончаков выделили соры, образовавшиеся на месте высохших озер, и луговые мокрые солончаки, происхождение которых увязывалось с влиянием озер и грунтовых вод.

В 1913 г. появилась работа П.С. Коссовича о миграции ионов хлора и сульфатов на земной поверхности. Впервые в почвоведении рассмотрена судьба ионов в процессе выветривания горных пород с высвобождением хлоридов и сульфатов, передвижением их с поверхностными и грунтовыми водами в реки и океаны, перехватом их корневой системой растений. Эта работа положила начало новому, геохимическому направлению в учении о засоленных почвах, которое в дальнейшем успешно развивалось.

Важный вклад в учение о засоленных почвах внес К.Д. Глинка. Располагая большим фактическим материалом Переселенческого управления, он освещает географию засоленных почв, дает обстоятельную характеристику их морфологии и химического состава почв. Причиной появления солей он считает минерализацию органических остатков, а образование солончаков - стеканием солевых растворов в понижения рельефа. Солонцы и солончаки имеют, по его мнению, разный генезис. После появления работ К.К. Гедройца (1912) об эволюции засоленных почв К.Д. Глинка принимает это учение и опирается на него в последующих своих исследованиях (1915, 1926). К.Д. Глинка первым обратил внимание на роль повторного засоления в осолонцевании почвенного профиля. Указанный факт был подтвержден работами других ученых.

Нельзя не отметить очень важную для познания генезиса засоленных почв работу Т.И. Попова (1914) «Происхождение и развитие осиновых кустов». В ней автор отмечал, что солончаковатость является начальной стадией образования солонца. Автор, пользуясь историко-генетическим подходом, предлагал эволюционную схему перехода одной почвы в другую: солонцы столбчатые, солонцы с обнаженным горизонтом «В» (при отмирании дернины), солонцы заболоченные, солонцы деградированные «оподзоленные», болотные оподзоленные почвы осоковых кочкарных болот. Однако Т.И. Попов, по-видимому, не был знаком с работами К.К. Гедройца и поэтому целиком принимал объяснение генезиса солонцов, развитое К.Д. Глинкой.

Таким образом, первый этап изучения засоленных почв в России, в том числе и в Украине, начался в конце XIX столетия и длился примерно до 1912 г., до появления работ К.К. Гедройца. Этот этап ха-

рактеризовался накоплением первичных сведений о морфологии засоленных почв, установлением основных регионов их распространения, частичным выявлением причин возникновения таких почв. Однако к этому времени еще не была установлена генетическая связь между солонцами и солончаками, процесс образования солонцов считали аналогичным подзолообразованию.

1.2. Становление и дальнейшее развитие науки о засоленных и солонцовых почвах

Первая четверть XX века характеризуется в почвоведении широким развитием почвенно-географических исследований в России с описанием морфологии разных почв, их географии и картографии. При этом почвоведение начало заметно отрываться от вопросов агрономии. П.А. Костычев, рассматривая почву как среду обитания растений, отстаивал необходимость тесной увязки почвоведения с агрономией. Он одним из первых ввел эксперимент, как обязательную часть почвенных исследований, и показал необходимость химического анализа почв для обоснования их генезиса.

П.С. Коссович после П.А. Костычева заведовал кафедрой в Петербургском лесном институте. Он был почвоведом-химиком.

Его ученик К.К. Гедройц, исследуя электропроводность почвенных растворов и влияние соотношения твердой и жидкой части на их концентрацию, пришел к выводу о необходимости познания коллоидов почв, их поглотительной способности.

Хотя до К.К. Гедройца поглотительные свойства почв изучались уже около 50-ти лет и были известны даже основные их виды, однако отсутствовала достаточно совершенная методика определения, не было выяснено влияние поглотительной способности на почвообразование и плодородие почв. Будучи высоким профессионалом в области химического анализа, человеком с незаурядной работоспособностью, К.К. Гедройц сам выполнил огромный объем аналитических работ. В 1912 г. выходит в свет его статья «Коллоидная химия в вопросах почвоведения», а в 1922 г. - монография «Учение о поглотительной способности почв». Указанные работы положили начало второму важнейшему этапу в познании засоленных и солонцовых почв. В первой из названных автор находит решение главного вопроса генезиса солонцов. Он экспериментально доказывает, что при промывке солончака на определенном этапе появляется сода, а почва приобретает признаки солонца. Основной причиной солонцеватости почв является поглощенный натрий, внедрившийся из раствора в коллоидную часть почвы, а затем вытесняемый катионами кальция, магния, водорода с образованием в растворе соды.

Автор показывает, что сода может появиться только при особых условиях, когда хлориды и сульфаты удаляются из почвы настолько, что не

препятствуют вхождению в коллоидный комплекс ионов кальция или других катионов с образованием в растворе соды. Он считает такой путь главным в появлении соды на земной поверхности. Автор выделяет пять видов поглотительной способности: механическую, физическую, физико-химическую (обменную), химическую и биологическую.

К.К. Гедройц установил скорость обменных реакций, предложил метод определения поглотительной способности. Он не только доказал генетическую связь солончаков и солонцов, но и разработал схему эволюции этих почв, выделив четыре последовательные стадии: солончак; солончак-солонец; солонец; солодь - полагая, что могут быть и промежуточные формы. Вместе с тем К.К. Гедройц считал возможным образование солонцов без прохождения стадии солончака - при многократном воздействии на почву солевых растворов, содержащих натрий.

Правильность теории К.К. Гедройца подтверждалась неоднократно. Первая ее проверка произошла совершенно случайно. В Азербайджане на Джафарханской опытной станции в 1916 г. приступили к изучению влияния поливов на бурые почвы. Уже на следующий год под влиянием поливов грунтовые воды резко поднялись и на поверхности почв появились выцветы солей. Часть участка пришлось вывести из землепользования. Через девять лет естественного опреснения на участке провели почвенное обследование, которое показало, что образовавшиеся в начале орошения солончаки превратились в солонцы с появлением нормальной соды (Тюремнов С.И., 1928). В дальнейшем на станции был построен инженерный дренаж и проводились регулярные промывки почв. При посещении станции в 1958 г. автор данного очерка и А.М. Можейко не обнаружили засоления этих почв. В вышедшей позже работе Э.С. Варунцяна (1977) отмечалось, что на участке сохранились лишь остаточно солонцеватые почвы, но в грунтовых водах все еще содержится нормальная сода.

Вторая проверка теории К. К. Гедройца выполнена специально Д. Г. Виленским (1930) на опытном поле Харьковского сельскохозяйственного института, в котором он тогда заведовал кафедрой ботаники. В чернозем были внесены различные соли натрия. Через два года оказалось, что на этом месте образовался корковый солонец с мощностью элювиального горизонта 2 *см* и иллювиального -5 *см*.

В работе «Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация» (1927) К.К. Гедройц впервые предлагает два способа мелиорации солонцов: коренную и временную. В первом случае рекомендует внесение кальциевых солей (гипса) для вытеснения натрия из поглощающего комплекса или серы, серной кислоты, во втором - внесение навоза, торфа и др. Расчет дозы гипса рекомендовано проводить по поглощенному натрию. Кроме того, автор выделяет самомелиорацию, кото-

рая протекает в естественных условиях под действием атмосферных осадков, способствующих постепенному удалению натрия из коллоидного комплекса.

Работая несколько лет в Украине (1922-1930 гг.) на Носовской опытной станции, К.К. Гедройц проводил опыты в полевых и лабораторных условиях, а также вел региональные почвенные исследования. Он первым обратил внимание на различия в морфологии и химизме солонцов северной и южной Лесостепи. В процессе исследований К.К. Гедройц создал стройное учение о возникновении и развитии засоленных почв. Автор экспериментально доказал генетическую связь солончаков и солонцов при рассолении первых, предложил схему эволюции этих почв. Ученый разработал также способы мелиорации солонцов, которые впоследствии уточнялись как в Украине, так и за ее пределами.

Почти одновременно с К.К. Гедройцем начал исследования А.Н. Соколовский. В своей работе «Из области явлений, связанных с коллоидной частью почв» (1921) автор рассматривает значение коллоидов почв не только в связи с проявлением поглотительной способности, но и в увязке с вопросами плодородия почв - оструктуривающим действием кальция и др.

В названной работе рассмотрены следующие вопросы: поглотительная способность почв в отношении аммония; кислотность почв и ненасыщенность их основаниями; влияние материнской породы, обогащенной известью, на свойства почв; известкование почв; насыщенность почв кальцием в связи с их генезисом; методы выделения коллоидов и др. Соколовский утверждал, что коллоиды являются «живой плотью» почвы и определяют ее состав и свойства, а также характер изменения по вертикальному профилю разных показателей почв. Образование их обусловлено генезисом почв. С коллоидами связана поглотительная способность почв, которая изменяется по профилю в соответствии с их распределением по профилю. Поглотительная способность почв самая высокая в черноземах, к северу и на юг от черноземной зоны она понижается. Величина поглощения связана с насыщенностью почв известью.

Исключительное значение А.Н. Соколовский придавал поглощенному кальцию, считая его «стражем» плодородия. Содержание поглощенного кальция регулирует химический состав почвенных горизонтов и влияет на морфологическое строение почвенного профиля. Полное удаление поглощенного кальция из почвы не ведет к полному обеднению ее коллоидной части. Коллоидальные вещества почвы автор разделяет на две фракции, содержащие как органические, так и минеральные вещества: фракция А, связанная с поглощенным кальцием, скоагулированная им; фракция В, не связанная с кальцием, поэтому в ней минеральные и органические коллоиды находятся в состоянии

своеобразного взаимного осаждения. Фракция А представляет активную часть почвенных коллоидов и является фактором почвенной структуры. Фракция В на физические свойства положительного влияния не оказывает. Предлагается новый метод механического анализа почв с выделением и расчленением коллоидальной части ее на активный и пассивный ил.

Роль, которая принадлежит в почве поглощенному кальцию, заставляет учитывать насыщенность им разных почв и определять способность к допоглощению кальция. На первом месте по содержанию поглощенного кальция стоят черноземы.

Лессовидные породы, несмотря на насыщенность их карбонатом кальция, проявляют исключительную жадность к поглощению кальция.

Высказанные автором идеи о ведущей роли коллоидов, поглотительной способности почв, поглощенного кальция, натрия и других катионов были позже развиты учениками Соколовского.

Так, с учетом большой «жадности» солонцов к поглощению кальция А.М. Гринченко разработал новый метод определения мелиоративных доз гипса не по поглощенному натрию, как обычно, а по величине допоглощения кальция. Значительное воздействие на коллоиды почв температуры воздуха, обнаруженное А.Н. Соколовским, послужило основанием для последующей разработки метода так называемого «термического» пара (Ковда В.А., Буданов М.Ф.).

Много внимания А.Н. Соколовский уделил вопросам глубины вспашки в свете агрономического почвоведения (1937). Автор считал, что мнение о преимуществе мелкой вспашки по сравнению с глубокой является ошибочным и наносит вред сельскохозяйственному производству. Он придавал большое значение обработке в улучшении свойств почв, влиянию глубины вспашки на накопление влаги в почве и урожайность сельскохозяйственных культур, рассматривал плодородие отдельных генетических горизонтов в связи с углублением пахоты.

Ученый пришел к заключению о преимуществе глубокой вспашки над мелкой, о необходимости внесения минеральных удобрений и навоза для улучшения питания растений. На солонцовых почвах А.Н. Соколовский считал необходимым проводить гипсование в сочетании с постепенным углублением пахотного слоя и использованием питательных элементов, содержащихся в иллювиальном горизонте.

А.Н. Соколовский обратил внимание на особую роль поглощенного натрия в придании грунтам антифильтрационных свойств. Он впервые предложил метод осолонцевания грунтов на каналах, прудах и водоемах. Его ученики и последователи (Крупский Н.К., Демидиенко А.Я. и др.) разработали различные композиционные смеси по созданию водонепроницаемых экранов (об этом - во второй части данного очерка).

В 1941 г. А.Н. Соколовский выдвигает оригинальную концепцию об источниках солей на земной поверхности, связанную с глубинным недровым соленакоплением. Он показывает, что соляные купола, образовавшиеся в прежние геологические эпохи и залегающие глубоко в недрах земли, оказывают огромное влияние на появление засоленных почв. Подземные воды, циркулирующие в породах, растворяют соли и выносят их вместе с грунтовыми водами на поверхность земли. Так появляются засоленные почвы даже в условиях влажного климата. Автор считает, что недровый источник - важнейшая причина засоления и осолонцевания почв в Среднем Приднепровье.

Правильность концепции А.Н. Соколовского была подтверждена его учениками (Гринь Г.С., Яровенко А.Ф. и др.).

Многие работы ученого посвящены методам химико-механического анализа, повышению плодородия кислых и солонцовых почв путем внесения извести, гипса и удобрений. А.Н. Соколовский издал учебник «Сельскохозяйственное почвоведение», в котором уделил большое внимание взаимодействию почв и растений, физико-химическим процессам, плодородию почв, воздействию минеральных и органических удобрений. Им внесены предложения по новой индексации почвенных горизонтов с учетом процессов, протекающих в каждом из них. Большое внимание А.Н. Соколовский уделял подготовке кадров почвоведов. Возглавлял кафедру почвоведения Харьковского сельскохозяйственного института им. В.В. Докучаева, был его ректором, директором Украинского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии. Ученый ушел из жизни в 1959 г., его имя было присвоено научно-исследовательскому институту. В 1994 г. Украинский НИИ почвоведения и агрохимии переименован в Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского Академии аграрных наук Украины. А.Н. Соколовский создал известную школу почвоведов сельскохозяйственного профиля, в которую входили Н.К. Крупский, А.М. Гринченко, В.Д. Кисель, Г.С. Гринь, А.М. Можейко и многие другие.

В рассматриваемый период (20-30-е годы XX века) наряду со стационарными физико-химическими исследованиями почв проводились большие почвенно-картографические работы. Обследованы засоленные почвы в Прикаспийской низменности, Заволжье, в Украине и других местах. Наиболее важные результаты этих работ обобщены Д. Г. Виленским в монографии «Засоленные почвы, их состав, происхождение и способы улучшения» (1924).

Основываясь на большом фактическом материале, восприняв теорию К.К. Гедройца, применяя естественно-исторический подход, автор выдвигает особую концепцию появления на земном шаре засоленных почв и их эволюционного развития. Возникновение засолен-

ных почв ученый относит к сухому послеледниковому периоду, когда уровень воды в реках, как и уровень грунтовых вод, был высоким. На ранее незасоленных почвах образуются солончаки, которые затем после утраты капиллярной связи с грунтовыми водами превращаются в солонцы. Эволюция их строится автором по такой схеме: засоленные почвы - минеральные солончаки - сухие минеральные солончаки - комковатые и призматические хлоридно-сульфитные солонцы - столбчатые хлоридно-сульфатные солонцы - столбчатые содовые солонцы - ореховатые солонцы. Под влиянием дальнейшего опреснения ряд почв превращается в «беляки», а при подтоплении - в реградированные солончаки. Автор впервые вводит новое представление о реградации солончаков, которая, в Причерноморье, например, наступает в связи с подъемом уровня Азовского и Черного морей, с повышением уровня грунтовых вод и засолением ранее опресненных осолоделых солонцов.

Монография Д.Г. Виленского на протяжении многих последующих лет была важнейшим пособием при подготовке почвоведов, как и позже вышедший фундаментальный учебник «Почвоведение» (1954).

В 30-е годы новое существенное дополнение в представление о генезисе засоленных почв внесли И.П. Герасимов и Е.Н. Иванова (1934). Их многолетние исследования по географии и генезису почв позволили основать концепцию континентального соленакопления на земной поверхности. Большой фактический материал авторов убедительно показал, что накопление солей в Кулундинской степи произошло за счет выветривания и почвообразования. Продукты выветривания, перераспределяясь поверхностными и грунтовыми водами, аккумулируются в понижениях рельефа и в озерах. При этом большую роль играет естественная растительность, которая поглощает ионы хлора, сульфатов натрия и магния, а при отмирании отдает их снова в почвы и грунтовые воды. Авторы впервые подметили комплексность состава грунтовых вод, способствующую возникновению комплексности почвенного покрова. Теория континентального соленакопления, предложенная учеными, долгое время считалась универсальной, ее и сейчас разделяют многие почвоведы.

Своеобразную концепцию происхождения засоленных почв выдвинул В.Р. Вильямс (1935). Он считал, что на земном шаре происходит естественная эволюция лесных и степных областей к полупустыням и пустыням. В ходе эволюции, в результате малого биологического круговорота элементов питания, некоторые солевыносливые растения (полынь, камфоросма, солянки) постепенно выносят на поверхность почвы водорастворимые соли. Натрий этих солей внедряется в почвенный поглощающий комплекс, вследствие чего образуются солонцы. При дальнейшей аккумуляции солей солонцы превращаются в солончаки. Идея В.Р. Вильямса состоит в том, что основным источни-

ком солей являются те, что выносятся на поверхность в процессе жизнедеятельности растений.

В 30-е годы Е.И. Ратнером (1936,1950) были проведены очень интересные вегетационные опыты по питанию растений на солонцах с разным содержанием и соотношением поглощенных катионов. Оказалось, что наличие большого количества обменного натрия в почве (более 30 % от суммы катионов) приводит к снижению поступления кальция и магния в растение, вследствие чего оно испытывает кальциевое голодание. Исследования показали, что проблема мелиорации солонцов должна решаться не только с учетом физических и химических, но и биологических процессов.

Наряду с изучением вопросов генезиса и географии засоленных почв, в 20-30-е годы в СССР, в том числе и в Украине, начинаются опытные работы по мелиорации засоленных почв и солонцов.

В этой работе большая научно-методическая роль принадлежала Почвенному институту АН СССР, который являлся научным центром Советского Союза по различным разделам почвоведения. В институте изучали генезис, географию и картографию почв (Прасолов Л.И., Герасимов И.П., Иванова Е.Н., Розов Н.Н. и др.), химию и физико-химию почв (Алешин С.Н., Антипов-Каратаев И.Н., Чернов В.А., Ремезов Н.П., Горбунов Н.И. и др.), исследовали засоленные почвы и борьбу с засолением (Ковда В.А., Базилевич Н.И., Егоров В.В., Минашина Н.Г. и др.), генезис и мелиорацию солонцов (Антипов-Каратаев И.Н., Большаков А.Ф., Филиппова В.Н., Пак К.П. и др.), минералогию почв (Седлецкий И.Д., Горбунов Н.И. и др.) и другие разделы почвоведения.

Следует подчеркнуть, что до революции в России изучали засоленные почвы в основном преподаватели немногочисленных учебных заведений сельскохозяйственного профиля и почвоведы ряда земств. Научных учреждений почвенно-мелиоративного профиля не было. После революции, когда в 30-х годах был создан Почвенный институт Академии наук, в его тематике проблемы засоленных почв заняли одно из ведущих мест, что диктовалось необходимостью значительного расширения площадей посевов хлопчатника. Отвод новых земель в районах Средней Азии, где процессы засоления выражены очень интенсивно, потребовал проведения разносторонних исследований почв, для выполнения которых были привлечены крупные почвоведы В.А. Ковда, И.Н. Антипов-Каратаев и др. Коллективы ряда лабораторий закладывали опыты по борьбе с засолением и солонцеватостью в районах Прикаспийской низменности, в Заволжье и других регионах. Кроме того, опытные работы ставили с целью освоения солонцовых земель. В 20-30-х годах опыты по мелиорации солонцов в неорошаемых условиях заложили такие научные учреждения: Носовская

опытная станция в Украине (Гедройц К.К., 1925-1931 гг.), Уральская опытная станция (Орловский Н.В., 1930-1932 гг.), Украинский институт социалистического земледелия (Самбур Г.Н. и др., с 1935 г.), Харьковский сельскохозяйственный институт им. Докучаева и Почвенная лаборатория Академии наук УССР (Соколовский А.Н., Можейко А.М., Гринченко А.М., с 1935-1936 гг.), Молотовский государственный университет (Генкель П.А., Оборин А.И., с 1934 г.). В условиях орошения опыты проводили: Почвенный институт Академии наук СССР в Заволжье (Антипов-Каратаев И. Н. и сотрудники, 1932-1934 гг.), в Прикаспийской низменности (Ковда В.А. с сотрудниками, 1934-1936 гг.), Почвенный институт Академии наук СССР совместно с Нижневолгопроектом (1935-1941 гг.) и с Почвенно-агрономической станцией в Заволжье (Антипов-Каратев И.Н., Пак К.П. и др., с 1941 г.). В опытах изучали химические мелиоранты - гипс, известь, серу и др., исследовали разные виды глубокой вспашки. Отметим, что в это же время и позже за рубежом, где солонцовые и засоленные почвы широко распространены (США, Индия, Египет, Австралия, Канада, Венгрия), над приемами борьбы с засолением и солонцеватостью работали Гильгард (предложил гипсование), Келли, Херке, Арани, Ди-Глерия и др. Авторы также исследовали действие на почвы гипса, серы, различных кислот, извести и ряда отходов промышленного производства. В Венгрии широко применялся метод «дигозаш», когда на поверхность почвы вносили слой глины, содержащей карбонат кальция и гипс. В Канаде изучалось действие гипса и глубокой обработки почв (по типу плантажной вспашки).

В Прикаспийской низменности в опытах В.А. Ковды (1934) было установлено, что под действием гипса снижалась щелочность в солонцах, уменьшалось количество обменного натрия, несколько улучшались водно-физические свойства почвы и, как следствие, повышалась урожайность сельскохозяйственных культур. Кроме того, В.А. Ковда и А.Ф. Большаков (1938) обнаружили возможность использования гипса самой почвы при проведении плантажной вспашки.

В Заволжье И.Н. Антипов-Каратаев и А.А. Зайцев (1946) определили, что в условиях орошения, кроме гипсования, улучшение свойств солонцов может быть достигнуто путем использования карбоната кальция самой почвы, извлекаемого плугом при плантажной вспашке.

Результаты многолетних исследований В.А. Ковды, а также обобщения литературных данных по Прикаспийской низменности и другим регионам изложены в его книге «Солончаки и солонцы» (1937). Наиболее важная часть этой работы состоит в освещении генезиса и эволюции засоленных почв с учетом естественно-исторических условий раз-

вития местности, современного воздействия грунтовых вод и других факторов.

В.А. Ковда выделяет несколько источников возможного появления солей на земной поверхности: континентального происхождения, озерно-коллювиального и морского. Учитывая разное происхождение этих солей и их химический состав, автор предлагает разработанную им классификацию солончаков. Дальнейшее развитие солончаков и превращение их в солонцы он рассматривает в связи с геологической историей местности, развитием геоморфологических, гидрогеологических и других условий. Причиной солонцеватости автор, вслед за К.К. Гедройцем, считает натрий, внедряющийся в поглощающий комплекс. В зависимости от условий почвообразования, среди которых главное влияние, по мнению ученого, оказывают грунтовые воды, он выделяет несколько рядов возможной эволюции солонцов: ряд солончаковатых солонцов, в которых связь с грунтовыми водами сохраняется постоянно; ряд солонцов остепняющихся, в которых связь с грунтовыми водами прерывается и исчезает; ряд солонцов реградации, в которых связь с грунтовыми водами восстанавливается и становится постоянной.

Большое внимание В.А. Ковда уделял изучению воздействия солей и степени солонцеватости почв на развитие растений. С учетом результатов работ рекомендовал способы повышения плодородия солонцов - гипсование, плантажную вспашку с извлечением гипса, удобрение и др. Книга В. А. Ковды сыграла большую роль в развитии науки о засоленных почвах, в понимании их генезиса и эволюции.

Позже, в 1946 г., выходит в свет еще одна монография В.А. Ковды - «Происхождение и режим засоленных почв», которая стала фундаментальной работой почвенно-мелиоративной науки. В ней на основании обобщения огромного фактического материла своих исследований и литературных данных изучения процессов водно-солевого обмена в районах древнего орошения (Средняя Азия и др.) В.А. Ковда устанавливает ряд закономерностей миграции солей в сезонном и многолетнем режимах.

Автор развивает концепцию многообразия путей появления солей на земной поверхности и выделяет ряд провинций соленакопления. Он характеризует закономерности накопления солей в грунтовых водах, почвенных растворах, грунтах и почвах, увязывая их с геохимической миграцией солей на земной поверхности. Большое внимание ученый уделяет процессам сезонного и многолетнего режимов засоления - рассоления и для оценки направленности этих процессов предлагает определение так называемого «коэффициента сезонной аккумуляции солей» (САС) как соотношение содержания хлора осенью к таковому в весенний период. С учетом особенностей водного и солевого режимов почв автор выделяет

несколько типов увлажнения (капиллярно-грунтовый, пленочно-капиллярный, элювиальный) и соответствующие им типы сезонного солевого режима (необратимое засоление, перемежающееся засоление - рассоление и необратимое рассоление).

Монография В.А. Ковды стала настольной книгой для почвоведов-мелиораторов, особенно потому, что в ней даны методические подходы к изучению процессов миграции солей в любом регионе с сухим климатом и определению степени пригодности территории под орошение. Книга не потеряла своего значения и до настоящего времени.

Фундаментальной работой в области генезиса солонцовых почв и их мелиорации является книга под редакцией академика И.Н. Антипова-Каратаева «Мелиорация солонцов в СССР» (1953), большая часть которой написана самим автором. В работе подробно рассматриваются разные теории генезиса солонцов, причем большое внимание уделяется изучению физико-химических процессов с привлечением данных смежных наук (физической и коллоидной химии). Приводятся результаты лабораторных экспериментов по адсорбции катионов из растворов нейтральных солей, отмечается возможность использования закона действующих масс для количественного описания процессов катионного обмена в почвах. Рассматриваются противоречия во взглядах на причины повышенной гидратации катионов, на процессы стабилизации почвенных коллоидов в солонцовых почвах и др.

В отличие от К.К. Гедройца, Антипов-Каратаев считает, что образование солонцов с высоким содержанием обменного натрия возможно только при действии на почву растворов соды. Растворы нейтральных солей могут вызвать лишь небольшое осолонцевание. Ученый подробно рассматривает возможные пути появления соды на земной поверхности. Он считает, что основным путем ее образования являются процессы сульфатредукции, а не десорбция натрия, как полагал К.К. Гедройц.

Автор приводит свою классификацию степени солонцеватости почв по содержанию обменного натрия, предложенную в 1935 г. К несолонцеватым он относит почвы с содержанием натрия от емкости поглощения до 5 %, к слабосолонцеватым – 5-10 %, к среднесолонцеватым – 10-15 % (в гумусированных почвах 10-20 %), к сильносолонцеватым – 15-20 % (в гумусированных 20-25 %), к солонцам - более 20 % (в гумусированных –25-30 %). При расчете доз гипса рекомендует не учитывать 5 % обменного натрия, а позже, в работе 1960 г., - 10-12%.

В книге изложены также результаты многолетних опытов по мелиорации солонцов Заволжья в условиях орошения. Предложен комплексный метод, который И.Н. Антиповым-Каратаевым и К.П. Паком назван агробиологическим. В него включены плантажная вспашка

с извлечением на поверхность карбоната кальция, орошение, посев многолетних трав и внесение удобрений. Этот метод авторы предложили для внедрения в орошаемых условиях СССР. В отдельной главе приведены результаты исследований Г.Н. Самбура в Украине о природе солонцовых почв и их улучшении с помощью химической мелиорации.

В заключении книги представлены методические материалы по крупномасштабному картированию солонцовых почв на стационарных участках, некоторым видам лабораторных анализов. По разносторонности рассмотренных вопросов, учету и обобщению не только союзного, но и зарубежного опыта, по глубине теоретических обобщений книга ознаменовала новый этап в познании солонцовых почв и их мелиорации.

Следует отметить большую организаторскую и методическую деятельность Почвенного института АН СССР им. Докучаева. При институте был создан Координационный Совет ВАСХНИЛ по мелиорации солонцов с его подразделениями в республиках, которым руководил доктор с.-х. наук К.П. Пак, а затем член-корреспондент ВАСХНИЛ Н.П. Панов. Координационный Совет регулярно рассматривал и координировал планы научных исследований по солонцовой проблематике, заслушивал и обсуждал научные отчеты как на заседаниях Совета, так и на специально созываемых совещаниях в республиках. Важно подчеркнуть, что материалы, полученные в республиках Советского Союза, регулярно публиковались.

Совместная работа Координационного Совета и Государственной агрохимической службы способствовали широкому внедрению приемов мелиорации солонцов в разных республиках бывшего СССР, в том числе и в Украине.

Почвенный институт организовал также совместные обобщающие работы силами почвоведов разных республик. В 1973 г. издана карта типов засоления почв Европейской части СССР под редакцией В.В. Егорова и Н.И. Базилевич (авторы фрагмента карты по Украине - Г.С. Гринь, А.В. Новикова). Публиковались региональные рекомендации по мелиорации солонцов, составленные представителями разных республик Советского Союза, в том числе Украины, и другие материалы.

При созданном в Украине Украинском НИИ почвоведения и агрохимии в 70-х годах была организована республиканская научно-методическая координационная комиссия, в том числе по солонцовой тематике.

Таким образом, в рассматриваемый период произошло становление и дальнейшее развитие науки о засоленных и солонцовых почвах. Предложена концепция К.К. Гедройца о генезисе солонцов и эволюции развития почв засоленного ряда. Показаны пути возможного

появления солей на земной поверхности, их влияние на образование солонцов в разных природных условиях. Выявлена главенствующая роль гидрогеологических условий в направленности процессов засоления - рассоления почв.

Заложены стационарные опыты по разработке путей мелиорации солонцовых почв. Война с фашистской Германией прервала дальнейшее изучение солонцовых почв на большей части территории СССР. В послевоенный период начинают развертываться новые исследования солонцовых почв, восстанавливаются наблюдения на прежних стационарах по мелиорации солонцов и ведется организация новых.

1.3. Организация систематического изучения солонцовых почв в Украине с постановкой первых стационарных опытов

В предыдущих разделах были рассмотрены этапы становления и развития науки о засоленных почвах в России, в том числе и в Украине. Ниже характеризуется этап организации широкого изучения солонцовых почв непосредственно в Украине, совпавший с образованием Украинской ССР в составе Союза ССР.

В 20-30 годы в Украине был создан ряд новых почвенных учреждений - кафедр почвоведения в сельскохозяйственных институтах - в Харьковском (бывшем Ново-Александрийском, переехавшим в г. Харьков в 1914 г. в связи с начавшейся войной), Киевском, в Одесском, образована единая научно-исследовательская лаборатория почвоведения, в работе которой участвовали почвоведы Харькова и Киева. На ее основе в 1930г. был создан Украинский институт почвоведения, а позже - Лаборатория почвоведения Академии наук УССР и почвенный отдел Украинского института социалистического земледелия. Кафедру почвоведения Харьковского сельскохозяйственного института, как и Лабораторию почвоведения АН УССР, возглавлял академик А.Н. Соколовский. Здесь работали А.М. Гринченко, А.М. Можейко, Г.С. Гринь и др. Наряду с подготовкой специалистов проводилось изучение свойств почв, их плодородия, разрабатывались методы окультуривания солонцовых и других почв республики.

Первый период систематических почвенных исследований в Украине связан с развертыванием почвенно-географических работ. Необходимость их диктовалась различными народно-хозяйственными задачами, такими как: землеустройство территории, инвентаризация почвенного фонда, организация сети опытных станций, разработка проектов гидромелиорации. В почвенных обследованиях отдельных регионов Украины, проводившихся в разные годы, принимали участие Г.И. Танфильев, А.И. Набоких, Г.Н. Высоцкий, Г.Г. Махов, Д.Г. Виленский, П.И. Луцкий, Н.Н. Клепинин, А.Н. Соколовский, Н.Б. Вернандер, Г.Н. Самбур, Г.С. Гринь, М.М. Годлин, С.С. Соболев и многие

другие. В результате их работы были составлены почвенные карты разного масштаба для отдельных регионов, сведенные в обзорную почвенную карту Украины и изданную Украинским НИИ социалистического земледелия в 1957 г. под редакцией проф. М.М. Годлина.

Значительно раньше, в 1934-1935 гг., на основе обобщения материалов почвенных обследований, проводившихся до 1934 г., Почвенным институтом АН СССР была опубликована почвенная карта Европейской части СССР под редакцией академика Л.И. Прасолова. Описательная часть к карте изложена в трехтомнике «Почвы СССР» (1939). Автором раздела о почвах Украины и северного Крыма был академик С.С. Соболев. Он отмечал, что основные районы распространения солонцовых почв на Украине приурочены к низменной левобережной Лесостепи, а также к сухой Степи, в частности к Присивашью.

Образование засоленных почв в зоне Лесостепи С.С. Соболев связывает с воздействием близких грунтовых вод, а на юге Украины - с сухим климатом, засоленностью почвообразующих пород и импульверизацией солей.

Помимо почвенно-географических исследований в этот период в Украине начинают развертываться и опытные работы, сначала на территории левобережной Лесостепи (Среднее Приднепровье), затем несколько позже в степной зоне - в Присивашье.

Еще в 1935 г. А.Н. Соколовский обращается в правительство республики с докладной запиской о необходимости проведения широких опытов по освоению засоленных почв Среднего Приднепровья. По постановлению Совнаркома на Украинский научно-исследовательский институт социалистического земледелия, Лабораторию почвоведения АН УССР и кафедру почвоведения Харьковского СХИ было возложено проведение полевых опытов по химической мелиорации солонцовых почв. В соответствии с этим же постановлением на специально организованных стационарах по единой программе и методике закладываются опыты в северной, центральной и южной частях Среднего Приднепровья. Однако в связи с нападением фашистской Германии в 1941 г. на Советский Союз и эвакуацией научных учреждений Украины в восточные районы (Урал, Средняя Азия) исследования на стационарах были прекращены. После окончания Великой Отечественной войны возникла острая необходимость в восстановлении народного хозяйства, интенсификации сельскохозяйственного производства для обеспечения населения продуктами питания и промышленности сырьем. Проблема освоения солонцов приобрела государственно важное значение. Для ее решения были привлечены многие научные учреждения, выделены средства для более глубокого изучения засоленных почв, восстановления наблюдений за заложенными в довоенный период опытами и организации новых стационаров на юге Украины.

С учетом территориального размещения научных учреждений опытами по мелиорации солонцовых почв были охвачены следующие природные зоны: северная Лесостепь с 1935 г. (Украинский НИИ соцземледелия, Самбур Г.Н.); центральная и южная Лесостепь с 1936 г. (кафедра почвоведения Харьковского СХИ, Лаборатория почвоведения АН УССР, Можейко А.М., Гринченко А.М.); сухая Степь, Херсонское Присивашье с 1939-49 гг. (Украинский НИИ зернового хозяйства, позже Всесоюзный научно-исследовательский институт кукурузы, Семенова-Забродина С.П.); сухая Степь, Крымское Присивашье, Керченский полуостров с 1949 г. (бывший Крымский филиал АН УССР, Новикова А.В.).

В последующие годы опыты закладывались в южных районах Украины Украинским НИИ почвоведения с 1956 г. (Новикова А.В., Пелипец В.А., Боярский П.М.), Украинским НИИ гидротехники и мелиорации (Буданов М.Ф. и др.); Украинским НИИ орошаемого земледелия (Бурзи К.Э., Красутская Н.В., Лактионов Б.И.). Следует отметить, что здесь названы самые первые стационарные опыты по мелиорации солонцов.

Приступая к освещению результатов опытов по мелиорации, считаем необходимым отметить следующее.

В отличие от агрохимических исследований, опыты по мелиорации солонцов (особенно если они закладываются в малоизученном районе) требуют для правильной научной интерпретации полученных результатов целого ряда дополнительных сведений: данных об источниках появления солей, их миграции, степени гидроморфного увлажнения и других показателей, что позволяет установить генезис солонцов региона, в котором закладываются опыты. Поэтому наряду с опытной работой, почвовед-мелиоратор должен прежде всего изучить генетические особенности почв и их режимные закономерности, что поможет решить вопрос об оптимальных путях повышения плодородия. Большинство солонцеведов поступает именно так, разрабатывая новые идеи или уточняя прежние концепции генезиса солонцов и их эволюции. Как правило, каждый исследователь одновременно изучает генезис почв, их водно-солевой режим и занимается мелиорацией на протяжении ряда лет. Поэтому автор очерка сочла целесообразным последовательно осветить результаты поисков каждого исследователя на основании итоговых работ, с изложением содержания полученных материалов и оценкой их новизны на период, когда работы были выполнены.

1.3.1. Южное Полесье и северная Лесостепь

Исследование засоленных почв Лесостепи, а также южного Полесья осуществлялось коллективом Украинского научно-

исследовательского института соцземледелия под руководством Г.Н. Самбура (Власюк И.А., Катеринич Т.Д., Грабовский Н.П. и др.).

Г.Н. Самбур был почвоведом широкого профиля, занимался вопросами географии, генезиса и эволюции почв, почвенно-мелиоративным районированием и мелиорацией солонцов. Он - соавтор почвенной карты Украины (1950), научный руководитель при проведении крупномасштабного почвенного обследования и соавтор номенклатурного списка почв.

В период с 1936 г. по 1950 г. сотрудники института под руководством Г.Н. Самбура изучали условия образования солонцовых почв Лесостепи, Полесья и сухой Степи Украины, источники появления солей.

Г.Н. Самбур обратил внимание на своеобразное морфологическое строение профиля солонцовых почв в северной и южной части Лесостепи. В северном регионе профиль солонцовых почв не расчленен на элювиальный и иллювиальный горизонты, в южной части, наоборот, в солонцах они хорошо выделяются. Когда в солонцовых почвах к поверхностному горизонту приурочен максимум солей, Г.Н. Самбур относил их к солончакам, даже если количество соды только несколько превышало порог токсичности, не образуя солевой корки. Позже Г.С. Гринь в зависимости от морфологического строения профиля предложил подразделять почвы на поверхностно- и глубокосолонцеватые. Почвы северной Лесостепи он отнес к группе поверхностносолонцеватых, а южной Лесостепи - к глубоко-солонцеватим. В отличие от К.К. Гедройца, Н.Г. Самбур объясняет образование соды в солонцах не физико-химическими процессами, а биохимическими (сульфатредукцией). Эволюционное развитие засоленных почв в лесостепной зоне, по Г.Н. Самбуру, при изменении гидрологического режима протекает в виде следующей смены почв: черноземно-луговые солончаковатые почвы - содовые солончаки - содовые солонцы - осолоделые солонцы и солоди.

Свое мнение высказал Г.Н. Самбур и по вопросу происхождения солонцовых почв на юге Украины. Если Д.Г. Виленский, В. А. Ковда и многие другие считали, что образование солонцовых почв в Причерноморье обязано воздействию соленых морских вод в прежние геологические эпохи, то Г.Н. Самбур полагал, что такое воздействие могло проявиться лишь на ограниченной части территории Причерноморья и без прохождения стадии солончаковатости.

По его мнению, Днепровская террасовая область испытала в прошлом воздействие длительного пойменного режима, о чем свидетельствуют включения в породах раковин пресноводных моллюсков.

Поэтому эволюционное развитие почв солонцового типа сухой Степи, по Г.Н. Самбуру, может протекать в таком направлении: соленые илы - содово-хлоридно-сульфатные-луговые солончаки, содово-

хлоридно-сульфатные-луговые солонцы солончаковатые - солонцы остаточно солончаковатые - солонцы остепненные - зональные каштановые солонцеватые почвы (в понижениях рельефа - глеесолоди - дерновые глееосолоделые почвы).

Опыты института земледелия по мелиорации солонцов проводили на полях колхозов и совхозов Полесья, Лесостепи и позже сухой Степи, как правило, на больших делянках площадью от 500 *м*^{2} до 0,5 *га* в 2-3-х кратной повторности. Наибольшее внимание уделялось химической мелиорации в сочетании с разными видами обработки, травосеянием и внесением удобрений. Изучались различные нормы и способы внесения гипса, воздействие его на физико-химические и водно-физические свойства почвы, длительность последействия. Кроме гипса испытывались разные отходы промышленного производства. Было подтверждено, что сущность химической мелиорации состоит в обменном вытеснении поглощенного натрия, снижении величины щелочности, вызываемой присутствием соды, а успешная мелиорация возможна лишь при выносе из почвенного профиля продуктов обменных реакций между поглощающим комплексом и вносимыми мелиорантами.

Результаты опытов Института земледелия, а также ХСХИ позволили дифференцировать нормы внесения гипса для разных видов солонцов: в северной Лесостепи дозы гипса составляли 1,5-3 *т/га* на луговых содовозасоленных почвах и 5 *т/га* - на солонцах, в центральной и южной Лесостепи они возрастали до 8-12 *т/га* в связи с усилением степени солонцеватости. В зоне Полесья, особенно в недренированной ее части, с близким залеганием грунтовых вод и сильным развитием глееобразования гипсование было неэффективным, требовалась глубокая вспашка на 25-30 *см* для усиления аэрации почв.

В ходе опытов в северной Лесостепи было замечено, что эффективность действия полной и половинной нормы гипса была довольно близкой. К такому выводу склонялись также А.М. Гринченко (1955) и А.М. Можейко (1962). Г.Н. Самбур провел специальный эксперимент, позволивший вскрыть причину такого воздействия разных норм гипса. Образец солонца разделялся на ряд механических фракций. В каждую из них вносился гипс и высевались семена растений. Лучшее развитие растений наблюдалось в том случае, когда гипс был внесен в самую тонкую коллоидную часть. Поскольку в опытном образце на долю коллоидной части приходилось 50 %, автор пришел к заключению, что дозу гипса следует определять не по полному содержанию натрия, а в расчете на его половинное количество. Такой подход позволяет более рационально использовать кальцийсодержащие вещества. Вместе с тем, как показали исследования других авторов (Новикова А.В., Коваливнич П.Г., 1981), не во всех солонцах коллоидная часть составляет 50 %, поэтому следует предварительно определить ее для основных видов солонцов.

С 1953 г. Н.Г. Самбур с сотрудниками заложил ряд опытов в зоне сухой Степи, изучая действие гипса и плантажной вспашки. Результаты показали значительное преимущество последней в связи с резким улучшением водно-физических свойств, значительным опреснением почв и воздействием кальция карбонатов на почвы.

На основании различий условий почвообразования, свойств солонцов почв, их агропроизводственных показателей Г.Н. Самбур произвел первое почвенно-мелиоративное районирование Украины (1954), которое было использовано сельскохозяйственными органами для планирования приемов мелиорации.

Г.Н. Самбур внес значительный вклад в изучение генезиса солонцовых почв Украины, их эволюции, а также в мелиорацию. Вместе с В.А. Ковдой, Н.Н. Розовым он опубликовал одну из первых рекомендаций по улучшению солонцов (1950) и входил в число основных составителей при переиздании рекомендаций в последующие годы. Работы коллектива сотрудников Института земледелия способствовали успешному внедрению приемов мелиорации на полях хозяйств республики.

1.3.2. Центральная и южная Лесостепь (Среднее Приднепровье)

Многолетние опыты по мелиорации солонцовых почв в Среднем Приднепровье были поставлены, как уже говорилось выше, кафедрой почвоведения Харьковского СХИ и Лабораторией почвоведения АН УССР на двух стационарах: Оболонском (центральная Лесостепь) и Кременчугском (южная Лесостепь). Оба стационара заложены на древних террасах Днепра и его левобережных притоков, где солонцовые почвы развиваются в условиях лучшей дренированности, чем в северной Лесостепи.

Почвенный покров Оболонского стационара представлен черноземами мощными солонцеватыми в комплексе с корковыми и глубокостолбчатыми солонцами, Кременчугского - черноземами мощными разной степени солонцеватости в комплексе с корковыми, средними и глубокими солонцами. По терминологии Г.С. Гриня, эти почвы относятся к глубокосолонцеватым.

Приступая к постановке опытов, А.М. Гринченко (Оболонский стационар) и А.М. Можейко (Кременчугский стационар) столкнулись с тем, что обычная методика опытного дела не подходит для комплексных почв. Поэтому исследователи разработали специальную методику постановки опытов на солонцовых почвах, предусматривающую необходимость предварительного проведения детальной почвенной съемки с отражением на почвенном плане всех типов и видов почв. После постановки опыта дальнейшие наблюдения за свойствами почв осуществля-

ются на выделенных контурах почв. Учет урожая ведется дифференцированно по компонентам комплекса почв.

Следует отметить, что с некоторыми дополнениями предложенная методика позже была принята почвоведами-мелиораторами не только в Украине, но и в других республиках Советского Союза.

На обоих стационарах программа исследований включала изучение воздействия на почвы разных доз гипса, с внесением удобрений и без них, глубины обработки, техники внесения гипса, выполняли фенологические наблюдения за развитием растений, дробный учет урожая. Наблюдения за опытами проводились с 1936 г. до 1941 г., затем были восстановлены в 1946 г. и продолжались в общей сложности в течение 25 лет. Результаты этих исследований освещены А.М. Можейко в ряде работ (1936 - 1964). Позже стационары были закрыты из-за резкого подъема уровня грунтовых вод на территории стационаров и за их пределами в связи с воздействием построенных на Днепре водохранилищ.

Изучив почвенный покров Кременчугского стационара, А.М. Можейко пришел к выводу, что генезис этих почв в целом соответствует теории К.К. Гедройца. Вместе с тем теория не объясняла некоторые особенности почв, мощности их генетических горизонтов. По К.К. Гедройцу, иллювиальный горизонт образуется за счет выноса пептизированных коллоидов вниз по профилю. Однако в корковых солонцах мощность элювиального горизонта была слишком малой для образования мощного иллювиального горизонта. Предстояло выявить причины такого несоответствия, чтобы учесть их при разработке способов окультуривания почв.

А.М. Можейко с сотрудниками ставит стационарные опыты и на основе их результатов устанавливает значительную роль глеевого процесса в солонцеобразовании. Сопутствуя солонцовому процессу, глеевый процесс приводит к накоплению подвижных форм железа и алюминия, которые связываются с органическим веществом, образуя внутрикомплексные соединения (хелаты), устойчивые к окислительно-восстановительным условиям. Ученый приходит к заключению, что формирование иллювиального горизонта в солонцах Среднего Приднепровья протекает под воздействием нескольких процессов: перемещения коллоидов, насыщенных натрием; передвижения растворимых хелатов железа и алюминия; образования новых высокодисперсных соединений под влиянием глеевых процессов.

Отличное от общепринятого мнение высказал автор и по вопросу стабилизирующего действия обменного натрия на почвенные коллоиды. По теории К.К. Гедройца, стабилизация коллоидов, насыщенных обменным натрием, вызвана наличием большой водной оболочки вокруг ионов натрия, что проявляется в высокой гидрофильно-

сти коллоидов солонца. Однако в 50-60-е годы теорию стали подвергать критике. Появилась новая теория растворов Самойлова. С учетом последней А.М. Можейко делает заключение, что наличие воды вокруг коллоидных частиц можно объяснить образованием тиксотропных микроструктур с образованием геометрически запакованных форм воды.

А.М. Можейко выявил одну из причин образования почвенной пестроты в условиях Среднего Приднепровья. Комплексность почв обусловлена различием в глубине залегания песчаных и супесчаных прослоек, ниже которых происходит обрыв капиллярной каймы от близко залегающих грунтовых вод, вследствие чего соли накапливаются на различной глубине от поверхности.

Значительную ценность в исследованиях А.М. Можейко и его сотрудников (Воротник Т.К., Заяц А.Н. и др.) представляют результаты опыта по мелиорации солонцов. Значимость такого опыта состоит не только в самой большой его длительности на одном участке (более 25 лет), но и в том, что урожайность здесь учитывалась по отдельным компонентам солонцового комплекса. Были установлены наиболее эффективные нормы внесения гипса в чистом виде и в сочетании с минеральными и органическими удобрениями на корковых, глубокостолбчатых солонцах и солонцеватых черноземах южной части Среднего Приднепровья. Показано, что гипсование в сочетании с внесением навоза и удобрений дает наилучший эффект на корковых солонцах, несколько слабее его действие на глубоких солонцах.

Гипсование в сочетании с внесением удобрений сохраняет свое действие на глубоких солонцеватых черноземах в течение 24 лет, а на корковых солонцах к 25-му году эффективность таких приемов заметно ослабевает. Следовательно, срок действия гипса для солонцовых почв Среднего Приднепровья составлять около 25 лет (в условиях научного опыта).

В первые годы гипсования солонцеватых черноземов урожайность сельскохозяйственных культур снижалась, но со временем она снова повышалась.

В среднем за 17 учетных лет прибавка урожая зерновых культур на корковых солонцах составила при внесении гипса, навоза и минеральных удобрений 7,6 *ц/га*, на глубоких солонцах -4,7 *ц/га* и на солонцеватых черноземах - 7,5 *ц/га*. Затраты на внесение мелиоранта и удобрений окупались прибавкой урожая на четвертый год.

На этом же стационаре изучалось действие хлористого кальция. Наблюдения А.Н. Зайца показали, что при мелиорации пахотного и подпахотного горизонтов коркового солонца в первые два года лучше проявил себя хлористый кальций, а в последующие - гипс. А.Н. Зайцем (1969) были получены интересные данные о действии мелиорантов на развитие

микроорганизмов в почве. Оказалось, что большие дозы хлористого кальция и гипса снижают общую численность микроорганизмов вследствие уменьшения количества водорастворимого гумуса, но при этом повышается численность нитрификаторов. Одной из причин улучшения роста растений и повышения урожайности сельскохозяйственных культур на мелиорированных солонцах является усиление доступности катиона кальция для растений. А.М. Можейко постоянно участвовал в разработке рекомендаций по мелиорации солонцов Украины. Его данные по гипсованию были позже использованы при разработке нормативов прибавки урожая от внесения гипса.

А.М. Можейко был одним из первых зачинателей опытов по мелиорации солонцов и на юге Украины. На основании результатов мелкоделяночных опытов на Чонгарском опорном пункте в конце 30-х годов он пришел к убеждению о возможности использования карбонатов кальция самой почвы при глубокой плантажной вспашке.

Позже А.М. Можейко и Т.К. Воротник (1954) провели обследование ряда участков одного из хозяйств Херсонской области, в котором ранее был поднят плантаж под виноградники. Результаты анализов образцов плантажированных почв позволили авторам сделать заключение, что даже через 14 лет после вспашки почвы сохраняют хорошие агрофизические и другие свойства.

А.М. Можейко и Т.К. Воротник длительное время изучали воздействие минерализованных оросительных вод на осолонцевание почв. Результаты этих исследований будут освещены во второй части очерка, в котором рассматривается влияние ирригации на солонцовые и другие почвы.

В целом А.М. Можейко внес большой вклад в развитие теории солонцеобразования, в методику опытного дела на комплексных солонцовых почвах и в разработку приемов мелиорации солонцов.

Вместе с А.М. Можейко на Кременчугском стационаре проводил исследования Г.С. Гринь. Он выявлял причины появления солей в почвах Среднего Приднепровья и изучал их динамику. Ученый установил, что главным источником солей являются глубинные их резервы, заключенные в грунтовых водах и четвертичных отложениях (1939, 1946).

Много лет Г.С. Гринь изучал галогенеза почвогрунтов Украины, генезис солонцовых почв. В зависимости от характера распределения солей по вертикальному профилю автор выделил три типа солевых характеристик - элювиальный, остаточно-аккумулятивный и аккумулятивный. Как уже говорилось выше, Г.С. Гринь предложил разделение солонцовых почв по их морфологическим и генетическим признакам на поверхностно и глубокосолонцеватые. Более подробно работы уче-

ного будут освещены ниже в соответствии с хронологией публикаций его основных обобщающих работ.

За годы исследований на Оболонском стационаре, начиная с 1936 г., А.М. Гринченко (1953-1955 гг.) установил эффективность различных доз гипса без и при внесении минеральных и органических удобрений на солонцовые почвы, воздействие глубины вспашки на производительность солонцовых почв при их гипсовании, влияние техники внесения гипса на урожайность сельскохозяйственных культур на солонцовых почвах, а также эффективность действия малых доз гипса при внесении в рядки под сельскохозяйственные культуры.

По наблюдениям А.М. Гринченко, при применении гипса вместе с другими приемами происходит не только изменение ряда свойств почв, но преобразуется и их морфология. В частности, через 17 лет после однократного гипсования в солонце образовался культурный пахотный горизонт мощностью до 30 *см*.

За 16 лет последействия гипса водоустойчивость почвенных агрегатов верхнего слоя почв возросла почти в 40 раз в корковом солонце и в 2 раза в черноземе солонцеватом. На десятый год после внесения гипса увеличилась емкость поглощения на 40 %. Возросла на 20 % насыщенность коллоидного комплекса кальцием. Резко снизилось содержание обменного натрия. В почвах обнаружилось отчетливое рассоление. Возросло содержание влаги. Все это определило повышение урожайности сельскохозяйственных культур. За 16 лет последействия гипса прибавка урожая зерновых культур в среднем составила 8,8 *ц/га*, сахарной свеклы – 80-90 *ц/га*, сена многолетних трав -31 *ц/га.*

В начальный период после внесения гипса действие его оказывалось сильнее, чем в последующие годы. С учетом этого А.М. Гринченко рекомендовал снизить дозы гипса: на корковых солонцах до 7-8 *т/га*, на сильносолонцеватых черноземах до 4-6 *т/га* и на среднесолонцеватых черноземах до 2-3 *т/га*.

Исследователь пришел к заключению, что внесение в солонцы одних минеральных удобрений и навоза не изменяло свойств почв и не повышало урожайности сельскохозяйственных культур. При внесении их вместе с гипсом урожайность резко возрастала. Так, за 12 учетных лет прибавка урожая зерновых культур составила 9,1 *ц/га*, сахарной свеклы - до 128 *ц/га*. Эффективность гипсования на солонцеватых черноземах сказалась несколько ниже, чем на солонцах.

Интересные данные были получены и при изучении влияния глубины вспашки. На корковых солонцах одна глубокая вспашка (22-25 *см*) не дала заметного эффекта. Сочетание глубокой вспашки и гипсования положительно сказалось на окультуривании солонцов. На

основании результатов проведенных опытов А.М. Гринченко доказал, что вместо внесения обычных доз гипса из расчета по обменному натрию, солонцовые почвы можно окультурить и ежегодным внесением малых доз гипса – 2-4 *ц/га*. Теоретической основой такого приема гипсования является обеспечение фитоэкологических условий повышения эффективного плодородия. При внесении гипса в малых дозах на солонцеватые черноземы, по мнению автора, происходит снижение щелочности, улучшение физических свойств, усиление активности микрофлоры, что приводит к увеличению урожайности. Этот метод оказался эффективным и на солонцеватых почвах юга Украины (Грінченко А.М., Пеліпець В.О., Чесняк Г.Я., 1960).

В процессе окультуривания солонцов ученый отводит большую роль многолетним травам. Он уделяет также большое внимание питательному режиму солонцовых почв в связи с их окультуриванием. А.М. Гринченко выявил ряд закономерностей в содержании разных форм азота, фосфора, калия и динамике их подвижных форм в солонцах и черноземах солонцеватых Оболонского стационара (1962).

На том же стационаре А.М. Гринченко и Н.С. Литовченко изучали действие дефеката (отходы сахарного производства) на солонцовые почвы. Оказалось, что с внесением дефеката уменьшается количество обменного натрия и магния, снижается дисперсность почв, возрастает их насыщенность кальцием, что проявляется в улучшении структуры, уменьшении содержания подвижных полуторных окислов, возрастании количества подвижной фосфорной кислоты.

Последействие дефеката в дозах 6-8 *т/га* прослеживалось на протяжении пяти лет. Урожайность зерновых культур возросла на солонцеватом черноземе на 13-16 %, на сильносолонцеватом черноземе - на 24-35 %, на солонцах - на 26-43 %.

Н.С. Литовченко (1962) пришел к заключению, что применение дефеката является экономически выгодным приемом повышения плодородия солонцеватых почв Лесостепи.

А.М. Гринченко предложил также оригинальный метод определения доз гипса и извести для солонцеватых и кислых почв. Он состоит в определении допоглощения кальция почвы из растворов нейтральных солей. Метод был апробирован и с некоторыми дополнениями принят в бывшем СССР и даже за его пределами.

А.М. Можейко и А.М. Гринченко много сил отдали развитию агрономического почвоведения, а также подготовке кадров молодых специалистов. А.М. Гринченко с 1956 г. по 1959 г. был заместителем директора по науке вновь созданного Украинского научно-

исследовательского института почвоведения, а в 1959 г. после смерти академика А.Н. Соколовского стал ректором Харьковского сельскохозяйственного института им. В.В. Докучаева и заведующим кафедрой почвоведения. А.М. Можейко долгие годы возглавлял кафедру земледелия этого института, был первым заведующим лабораторией мелиорации Украинского НИИ почвоведения.

Теоретические исследования и результаты длительных опытов А.М. Гринченко, А.М. Можейко, Г.Н. Самбура явились основополагающими для разработки рекомендаций по мелиорации солонцов Украины (особенно северной ее части) и составления нормативов прибавки урожая сельскохозяйственных культур при гипсовании.

1.3.3. Сухая Степь (Херсонское Присивашье и Причерноморье)

Как показали почвенно-географические обследования, в зоне сухой Степи Украины распространены каштановые и темно-каштановые почвы, местами в комплексе с солонцами. Почвы приурочены к Причерноморской низменности, занимая более пониженную ее часть. На преобладающей части территории с плиоценовыми террасами и высокими речными террасами грунтовые воды залегают глубже 7-8 *м*, почвообразование протекает в автоморфных условиях. Небольшая прибрежная часть и низкие речные террасы характеризуются гидроморфными условиями почвообразования.

Все исследователи сходятся на том, что солонцеватость таких почв связана с воздействием солей натрия. По мнению одних, эти соли появились в результате обводнения морскими водами в прежние геологические эпохи (Виленский Д.Г., Ковда В.А., Гринь Г.С., Можейко А.М., Семенова-Забродина С.П. и др.), по мнению других, - за счет импульверизации солей с морских акваторий и воздействия сухого климата (Высоцкий Г.Н., Самбур Г.Н., Соболев С.С, Кисель В.Д., Полупан Н.И. и др.).

В соответствии с первой точкой зрения, в процессе выщелачивания солей из почв атмосферными осадками постепенно удалялся и поглощенный натрий. Вызванная им дисперсность почвенной массы сохранялась с образованием четко выраженных элювиального и иллювиального горизонтов при небольшом количестве обменного натрия. Дальнейшая эволюция этих почв идет в направлении дернового почвообразования с вытеснением поглощенного натрия кальцием, аккумулированным растениями (Ковда В.А., Можейко А.М., Семенова-Забродина С.П.) или за счет вытеснения натрия ионом водорода с осолодением почвы (Питулько, Вернандер Н.Б., Самбур Г.Н.). В целом

солонцеватость таких почв рассматривается как реликтовая, остаточная.

Вопрос возникновения малонатриевой солонцеватости является дискуссионным до настоящего времени. Появляются все новые и новые концепции, объясняющие образование таких почв. Опытами Л.П. Розова и Т.А. Лобановой (1935) установлено, что после удаления водорастворимых солей при промывке солонца, количество обменного натрия уменьшается, но скорость фильтрации снижается. Н.В. Орловский (1939) заметил, что по мере удаления солей натрия происходит запаздывание в изменении свойств почв, вследствие чего образуется реликтовый иллювиальный горизонт.

Несоответствие между внешними признаками почв и количеством поглощенного натрия было отмечено Успановым (1934) в Казахстане. На Украине Б.И. Лактионов (1962) провел интересный модельный опыт с промывкой иллювиального горизонта солонца дистиллированной водой. Из почвы было удалено значительное количество обменного натрия (с 4 до 0,7 *мг-экв*), но степень дисперсности при этом не только не уменьшилась, она даже возросла с 8 до 10 %.

Исследователь объясняет такой результат установленной Фуксом, Воюцким, Дерягиным зависимостью устойчивости гидрофильных золей не только от заряда частиц, но и от степени их гидратации, которая может определяться эффектом «расклинивающего» давления воды на поверхность почвенных частиц. Коагулирующая сила ионов зависит от их способности вызывать дегидратацию коллоидов. В этом отношении многовалентные ионы обладают большой способностью дегидратации, потому Н.И. Лактионов предлагает мелиорировать солонцовые почвы внесением солей трехвалентного железа, а не кальция, как принято.

Вопросу безнатриевой солонцеватости посвящена работа Б.В. Андреева (1955). Неблагоприятные свойства почв он объясняет наличием повышенного содержания гидрофильных продуктов взаимодействия почвы с растворами солей и накоплением так называемых гальмиролизных минералов, образующихся в солевой среде и неустойчивых при опреснении. В.Б. Андреев считает обменный натрий не причиной, а следствием процесса солонцеобразования. Обменный натрий образуется при разрушении кристаллической решетки минералов, в которые входит. Высказанная концепция получила подтверждение некоторых исследователей (Гончарова, 1969; Келлерман, 1972), однако ряд авторов ее отвергают (Кирюшин, Бабич, 1972).

Концепция магниевой солонцеватости предложена И.Н. Антиповым-Каратаевым (1930), П. Шаврыгиным (1935), Н.П. Пановым и Н.А. Гончаровой (1969), Н.П. Пановым и др. (1972). Ее авторы считали, что физическая солонцеватость малонатриевых солонцов вы-

звана воздействием большого количества обменного магния в сочетании с натрием. На Украине такую точку зрения разделяли А.М. Корж, Т.К. Воротник. Ряд исследователей - Н.В. Градобоев (1972), И.Я. Половицкий (1968), А.Г. Цуриков (1969) — предложили относить к малонатриевым солонцам почвы, у которых сумма поглощенного магния и натрия равна или превышает 50% от емкости обмена. Однако работы других авторов показали, что магний не ухудшает физических свойств почв и не повышает их дисперсности (Сушко С.А., 1932; Мамаева Л.Я., 1966). Он проявляет лишь негативное агрофизиологическое воздействие.

Отметим еще одно исследование, связанное с природой солонцеватости, проведенное В.Н. Михайличенко (1979). Автор на основании длительных модельных опытов пришел к выводу, что при взаимодействии растворов солей с поглощающим комплексом происходит не только изменение электрического поля коллоидной системы. Возникают и химические реакции двойного обмена с выделением в раствор натриевых соединений полимерной кремнекислоты, сульфатов, гуматов, алюминатов натрия, а также сложного натриевого комплекса в виде гидрофильной плазмы, которая пептизирует и стабилизирует гидрофобные коллоиды, адсорбируясь на их поверхности.

Согласно выдвинутой В.Н. Михайличенко теории устойчивости высокодисперсных систем солонцовых почв иначе следует подходить к процессу их мелиорации. Сущность ее сводится не к коагуляции, а к флокуляции, которая достигается переводом гидрофильной плазмы в гидрофобную путем введения, кроме кальциевых солей, еще и трехвалентных металлов или специальных полимеров-структураторов. Таким образом, на период 40-60-х годов солонцеватость каштановых почв, по мнению большинства украинских почвоведов, рассматривалась как реликтовое образование, имеющее остаточный характер.

В 70-80-х годах предложена альтернативная концепция малонатриевой солонцеватости (Полупан Н.И., Нестеренко А.Ф., Кисель В.Д.). В соответствии с хронологической последовательностью об этом будет рассказано несколько ниже. Самые первые опыты (1929-1930 гг.) на каштановых почвах Украины заложены, как говорилось выше, А.М. Можейко (Харьковский СХИ) на Чонгарском полуострове, а также М.Ф. Будановым (Украинский институт гидротехники и мелиорации) в Геническом районе Херсонской области.

Опыты А.М. Можейко были мелкоделяночными, разведочными. Вручную был перекопан участок каштановых почв на глубину от 20 до 50 *см*, в последнем случае с вовлечением в пахотный слой карбонатного горизонта. Работы показали возможность использования карбоната кальция для мелиорации каштановых почв, а также установили положительное действие гипса при внесении его в иллювиальный горизонт.

Исследования М.Ф. Буданова (1938) на сильносолонцеватых каштановых почвах преследовали цель выявить эффективность поливов, внесения гипса и ракушки без полива и на его фоне, а также определить значение комплекса мероприятий, включающих глубокую вспашку на 30 - 35 *см*, внесение гипса, орошение и специальную систему обработки с оставлением почвы на «перегар» или «термический пар» при выращивании хлопчатника и зерновых. Автор пришел к заключению, что орошение хлопчатника в первый год позволяет получить урожай в пять раз выше, чем в неполивных условиях. Гипсование почв при орошении повышает урожайность хлопка в первый год выращивания.

Глубокая вспашка (до 30-35 *см*) с последующим «перегаром» дает прибавку урожая зерна озимой пшеницы в среднем 10 *ц/га* (по данным 1935 г.). При глубокой предпосевной вспашке с легким гипсованием (0,5 нормы гипса по натрию) не получали прибавки урожая по сравнению с обычной вспашкой. Опыт М.Ф. Буданова также носил разведочный характер.

Стационарные опыты по изучению действия плантажной вспашки на свойства солонцовых почв на юге Украины были впервые поставлены С.П. Семеновой-Забродиной в 1939г. Результаты воздействия такой обработки на почвы были изучены в 1947-1948 гг. С целью их проверки в 1949 г. Украинский научно-исследовательский институт зернового хозяйства заложил производственный опыт на Генической опытной станции в Херсонской области. Опытный участок расположен на плато с абсолютными отметками 10-18 *м*, грунтовые воды залегают на глубине 8-9 *м*. Почвенный покров представлен автоморфными комплексами каштановых почв разной степени солонцеватости с небольшим (до 20 %) участием пятен солонцов.

В опыте было два варианта – контроль и плантаж. Повторность однократная. Результаты опытов С.П. Семеновой-Забродиной (1952, 1954) свидетельствуют, что под влиянием плантажной вспашки на глубину 55-60 *см* в каштановых почвах существенно улучшается водопроницаемость (на 45-55 %), увеличивается глубина промачивания (на 100%). Урожайность бахчевых культур возрастает на 100 %. Общее заключение - плантажная вспашка является эффективным приемом мелиорации солонцовых почв юга Украины в неорошаемых условиях.

В другой работе С.П. Семенова-Забродина (1960) приводит данные опытов по гипсованию и плантажной вспашке, проведенных в разных хозяйствах области. Анализируя действие гипса на солонцовые почвы юга Украины, автор отмечает, что внесение его в дозе 4 *т/га* проявляется в увеличении рыхлости почвы в первые годы, хотя позже почва снова уплотняется с образованием корки на ее поверхности. Гипсование способствует не столько удалению натрия из поглощаю-

щего комплекса, сколько изменению соотношения кальция к магнию в сторону его возрастания. Урожайность при внесении гипса повышается, но не столь значительно, как после плантажной вспашки.

Следует отметить, что положительное действие гипса на солонцовые почвы юга Украины было установлено в 30-40-х годах также Я.Я. Мотузовым (Херсонский СХИ) и М.Ф. Будановым (Украинский НИИ гидротехники и мелиорации).

М.Ф. Буданов (1954) предложил особую систему обработки почв в сочетании с гипсованием и орошением. В эту систему входят: планировка поверхности, внесение гипса под культивацию в половинной норме, глубокая (на 30-35 *см*) вспашка с выворачиванием солонцового горизонта и полив зяби. Весной проводится боронование, и поле содержится в состоянии черного пара; затем снова подается вода для полива, а позже осуществляется глубокая перепашка, после чего почва оставляется на «перегар». Сочетание зяби с «перегаром» автор называет «термическим паром». Низкие температуры воздуха зимой и высокие летом способствуют свертыванию коллоидов, дроблению почвенной массы, что обеспечивает лучшее смешивание ее с гипсом. Такая система мероприятий способствует повышению урожайности озимой пшеницы на 40 %. Необходимо подчеркнуть, что гипсование в этом опыте проводилось на фоне орошения. Что же касается богарных условий, то именно плантажная вспашка, по мнению С.П. Семеновой-Забродиной, является основным приемом повышения плодородия солонцовых почв юга Украины. К такому выводу пришел и Г.Н. Самбур на основании результатов своих опытов, заложенных в 1953 г. и позже.

В последующие годы С.П. Семенова-Забродина вместе с сотрудниками Украинского научно-исследовательского института зернового хозяйства и Генической опытной станции З.А. Неред, Н.М. Лаврентьевым и другими заложила длительный стационарный опыт, в котором одновременно изучали действие гипса по вспашке на разную глубину, плантажную вспашку и другие приемы мелиорации. Результаты опыта дали ценную информацию о длительности последействия плантажной вспашки на солонцовые почвы в неорошаемых условиях юга Украины, они будут рассмотрены ниже в разделе 1.4.

Изучением приемов мелиорации на юге Украины занимались также сотрудники Украинского НИИ хлопководства (Колесник И.Л., Лактионов Б.И., 1958). Было установлено, что плантажная вспашка значительно улучшала водно-физические свойства солонцов и каштановых солонцеватых почв и снижала степень солонцеватости. Положительное воздействие оказывало также гипсование, однако в том случае, когда гипс вносился в иллювиальный горизонт.

В целом следует подчеркнуть, что С.П. Семенова-Забродина первой доказала возможность применения плантажной вспашки на ав-

томорфных солонцовых комплексах Украины с глубоким залеганием грунтовых вод в неорошаемых условиях.

Уместно отметить, что И.Н. Антипов-Каратаев, проводивший в Заволжье опыты по мелиорации солонцов в условиях орошения, высказал мнение о невозможности положительного действия плантажа в богарных условиях. Опыты С.П. Семеновой-Забродиной доказали обратное.

К концу 40-х годов оставался неизученным вопрос о возможности применения в Украине метода глубокой мелиоративной вспашки на солонцах, развивающихся в гидроморфных и полугидроморфных неорошаемых условиях. Этот вопрос был выяснен исследованиями Крымского филиала АН СССР (Новикова А.В.).

1.3.4. Сухая Степь (Крымское Присивашье, Керченский полуостров)

После окончания Великой Отечественной войны в связи с необходимостью быстрейшего восстановления народного хозяйства начались работы по выявлению и глубокому изучению местных природных ресурсов. С этой целью в ряде республик были созданы филиалы Академии наук СССР, в том числе в конце 40-х годов - Крымский филиал АН СССР. В его состав входили отделы геологии, почвоведения, геоботаники и др.

Наряду с изучением местных ресурсов возникла задача осуществить орошение на базе использования водных ресурсов Днепра и других рек. В Крыму был создан филиал Гипроводхоза, который организовал широкие изыскательные работы, необходимые для обоснования проекта орошения. Тематика научных учреждений и высших учебных заведений тесно увязывалась с вопросами предстоящей ирригации.

В Крымском филиале АН СССР в задачу отдела почвоведения входило почвенное обследование (Гусев В.П. и др.); изучение методов борьбы с солонцеватостью, а также особенностей водно-солевого режима и засоленности почв (Новикова А.В.); определение водно-физических свойств почв территории предстоящего орошения (Жигачев А.В., Кокошкин В.П.).

Крупномасштабные почвенные исследования территории степного Крыма, где намечалось строительство Северо-Крымской оросительной системы, охватывали площадь около 1,2 *млн. га*. Обследование почв колхозов осуществляла Крымская почвенная партия при областном управлении сельского хозяйства под руководством Н.Е. Самарец. Земли совхозов обследовали специально созданные почвенные отряды при Крымском филиале Гипроводхоза. Отряды были сформированы кафедрами почвоведения разных учебных заведений СССР, их возглавляли ведущие почво-

веды: Г.Г. Еремин (МГУ), Н.Н. Дзенс-Литовская (ЛГУ), Б.И. Савин и А.П. Ильин (ТСХА), В.Н. Иванов и Т.Н. Попова (Крымский СХИ). Общее методическое руководство было возложено на Крымский филиал АН СССР в лице В.П. Гусева. С 1956 г. с передачей Крыма в состав Украины методическое руководство передано вновь созданному Украинскому НИИ почвоведения. Целью почвенного обследования было установить характеристику почвенно-земельного фонда и определить пригодность почв под орошение.

Для установления возможности возникновения вторичного засоления в почвах, отводимых под орошение, были организованы стационарные наблюдения за водно-солевым режимом с разной глубиной грунтовых вод на территории с абсолютными отметками от 1 до 40 *м*. Ключевые стационарные площадки располагались в виде поперечников, пересекающих с севера на юг западное, центральное и восточное Присивашье. Наблюдения проводились в динамике по сезонам года в 1950-1953 гг. (Новикова А.Н., 1958).

Учитывая, что все почвы Крымского Присивашья и часть почв Керченского полуострова характеризовались солонцеватостью, а систематические опыты по их мелиорации не проводились, необходимо было одновременно заложить опыты с изучением методов мелиорации и разработки мероприятий по повышению плодородия почв в богарных и орошаемых условиях. Поэтому, начиная с 1949 г., многолетние опыты по мелиорации солонцов Крыма были поставлены: на Керченском полуострове, где солонцы развиваются на соленосных третичных глинах, и в Крымском Присивашье на солонцах, сформированных на лессовидных отложениях при близком (до 3 *м*), среднем (4-6 *м*) и глубоком (глубже 8 *м*) залегании грунтовых вод.

Результаты изучения водно-солевого режима в солонцовых и других почвах степного Крыма позволили впервые установить следующее. В естественных условиях в почвах степного Крыма, в том числе солонцовых, водный и солевой режимы зависят прежде всего от глубины залегания грунтовых вод. Было выделено три типа водного и солевого режимов почв с учетом терминологии В.А. Ковды (Новикова А.В., 1958).

В низменной части Присивашья с залеганием грунтовых вод ближе 2 *м* почвы испытывают капиллярно-грунтовой тип увлажнения. Для него характерно преобладающее в течение всего года увлажнение профиля капиллярными растворами, восходящими от грунтовых вод.

Для почв с большей глубиной залегания грунтовых вод (2-8 *м*) характерен пленочно-капиллярный тип увлажнения. Восходящее действие капиллярных растворов от грунтовых вод здесь ослабляется и заметную роль приобретает воздействие атмосферных осадков. В осенне-зимний период происходит смыкание нисходящих и восходя-

щих токов растворов, летом преобладает капиллярное увлажнение снизу.

На более высоких территориях, где грунтовые воды находятся глубже 7-8 *м*, устанавливается элювиальный тип увлажнения, свойственный для преобладающей части почв степного Крыма.

Для почв капиллярно-грунтового типа увлажнения характерен сезонно необратимый режим засоления; в почвах пленочно-капиллярного увлажнения имеет место сезонно обратимый процесс засоления - рассоления. В зависимости от степени солонцеватости указанные процессы несколько различаются в сторону большего проникновения атмосферной влаги и рассоления в слабосолонцеватых разновидностях почв по сравнению с солонцами.

В почвах элювиального типа увлажнения преобладают процессы необратимого рассоления, хотя в солонцах наблюдается заметная пульсация солей от солевого горизонта, залегающего на глубинах 45-100 *см*.

В темно-каштановых почвах степного ряда не наблюдается перемещение хлоридов вверх от солевого горизонта в количествах, вызывающих угнетение растений. Динамика хлоридов выражена очень слабо. На более дренированных территориях с глубиной грунтовых вод около 40 *м* и ниже в профиле южных черноземов обнаруживаются признаки более глубокого опреснения.

Выделение названных типов водного и солевого режимов почв явилось научным обоснованием ранее проведенного почвоведами-географами подразделения почвенного покрова Присивашья на луговые, лугово-степные и степные комплексы, что получило соответствующее отражение в номенклатурном списке почв степного Крыма.

В.П. Гусев, В.Т. Колесниченко (1955) пришли к заключению, что солонцеватые темно-каштановые почвы Крыма не являются зональными почвами, свойственными для холодных континентальных степей юго-восточных районов СССР, их следует рассматривать как местные провинциальные виды аналогичных почв, образовавшиеся в гидроморфных условиях в процессе рассоления и рассолонцевания засоленных почв Присивашья. От зональных почв они отличаются пониженным содержанием гумуса (2-2,5 %), по количеству которого их следовало отнести к бурым почвам полупустыни. Слабая гумусированность темно-каштановых почв и черноземов вызвана особенностями биоклиматических условий, аналогичных ксеротермальным условиям восточных окраин Средиземноморья с короткой мягкой зимой и засушливым летом.

На основании почвенного картирования В.П. Гусев, В.Т. Колесниченко (1955), а также Н.Ф. Севостьянов (1959) установили закономерное изменение почвенного покрова в связи с повышением местности к югу и соответствующего изменения положения грунтовых вод:

от солончаков к солонцам, темно-каштановым почвам и черноземам южным, а в целом от луговых почв через лугово-степные к степным комплексам и почвам.



Проведенные А.В. Новиковой с сотрудниками наблюдения за глубиной залегания солей и их составом в таких почвах позволили впервые выявить геохимическую зональность засоления (по первому горизонту аккумуляции солей). Она проявляется в том, что по мере удаления от берегов Сиваша солевой горизонт в почвах углубляется, а состав его меняется от хлоридного к сульфатно-хлоридному, сульфатному и гидрокарбонатному (в черноземах, не содержащих солевого максимума).

В связи с такой сменой химизма засоления почв образуется своеобразная геохимическая зональность (поясность). Она отчетливо увязывается с почвенными типами. В солончаках засоление хлоридно-натриевое и магниевое, в солонцах солончаковых - сульфатно-хлоридное натриевое, в солонцах глубоко-солончаковатых - преимущественно хлоридно-сульфатное кальциевое, в темно-каштановых почвах и в черноземах, имеющих солевой горизонт, - преимущественно сульфатно-кальциевое.

На основании полученных данных была составлена карта засоленности почв Крыма (1959), переданная проектирующим организациям для обоснования выбора участков под широкое орошение.

Важнейший вопрос о природе и направлениях солонцового процесса связан с геологической историей Причерноморья. Геологическими исследованиями установлена необыкновенно сложная геологическая история Причерноморья, с преобладанием эпейрогенических опусканий в четвертичный период (Андрусов Н., Архангельский А.Д., Страхов Н.М., Заморий П.К., Молявко Г.И. и др.). Признаки погружения Азово-Черноморского побережья были определены и почвоведами (Виленский Д.Г., Соболев С.С, Еремин Г.Г. и др.). Одно время бытовало мнение о нецелесообразности введения орошения в Присивашье в связи с протекающими явлениями естественного вторичного засоления почв (Виленский Д.Г.). Однако более поздние геологические изыскания (Заморий П.К., Глухов И.Г., Поляков И.Т., Львова Е.В.) позволили установить, что в современный период совершаются эпейрогенические движения противоположных знаков. Одни территории погружаются (г. Николаев, Молочный лиман, центральное Присивашье Крыма), другие, наоборот, поднимаются (западный Сиваш, Куяльницкий лиман, западное и восточное Присивашье Крыма).

Большинство исследователей (Архангельский А.Д., Страхов Н.М., Дзенс-Литовский А.Н., Луцкий П.И.) считали, что до новоэвксинской трангрессии в период, соответствующий последнему оледенению, климат был влажным, реки - многоводными, речная сеть - разветвленной, а на месте современных заливов Сиваша протекали реки, пересекающие территорию современного Сиваша. Можно полагать, что были широко представлены пойменно-дельтовые условия почвообразования с ослабленным соленакоплением, поскольку вся зона Присивашья хорошо дренировалась речной сетью. В таких условиях развивались дерново-луговые почвы в поймах рек, а на террасах - лугово-степные комплексы с солонцовыми почвами. Доказательствами гидроморфных условий в тот период, по мнению Н.Н. Дзенс-Литовской, В.П. Гусева, А.В. Новиковой, служат: своеобразный характер карбонатных выделений почв в виде журавчиков, следы значительной биологической переработки почв крупными дождевыми червями, относительно глубокое (до 50 см) проникновение гумуса и четкая зернистость структуры с острогранной поверхностью зерен, на которые распадаются «призмы» солонцового горизонта. Подтверждением дернового процесса является также особый состав гумуса солонцов Крымского Присивашья с преобладанием гуминовых кислот, типичных для зональных почв. Вместе с тем в солонцовых почвах отмечается много подвижных форм органических веществ, что свидетельствует о влиянии натрия на пептизацию коллоидов (Новикова А.В., 1959). Аналогичный состав гумуса был установлен в почвах северного Присивашья (Кизяков Ю.Е.). В Керченских же солонцах, наоборот, фульвокислоты преобладают над гуминовыми.

Эпейрогеническое опускание земной коры в новоэвксинскую эпоху вызвало трансгрессию морских вод, подъем грунтовых вод, что проявилось в засолении пород, почв и грунтовых вод. Признаки такого процесса отметили Д.Г. Виленский, Г.Г. Еремин, В.П. Гусев, Н.Н. Дзенс-Литовская, А.В. Новикова и др. С последующим поднятием территории начался процесс рассоления, с образованием солонцов и солонцеватых почв из солончаков и солончаковатых почв - их остепнение.

Итак, по мнению большинства исследователей почв Крымского Присивашья, первоначальным источником солей в Причерноморье являются морские соли. В настоящее время образованию солонцовых почв способствуют соли от грунтовых вод, почвообразующих пород, а также соли, приносимые ветром с морских акваториев (Еремин Г.Г., 1953; Дзенс-Литовская Н.Н., 1953; Гусев В.П., 1955; Новикова А.В., 1953, 1959).

Исследования водно-солевого режима (Новикова А.В., 1958), основных свойств и состава солонцовых почв луговых (Колесниченко В.Т., 1962), лугово-степных комплексов (Севостьянов Н.Ф., 1959) и в

целом почв Присивашья (Глухов Г.Г., Дзенс-Литовская Н.Н., Гусев В.П. и др.) показали тесную связь природы солонцеватости с современной гидроморфностью территории. В луговых солончаковых солонцовых почвах протекает активный современный процесс галоморфизма и осолонцевания, более ослабленный в лугово-степных солонцовых почвах. Солонцеватость степных почв Крымского Присивашья носит остаточный характер.

Иной путь прошли солонцы Керченского полуострова (Новикова А.В., 1954). Они возникли без всякого участия грунтовых вод. Источниками солей здесь являются соли, заключенные в морских третичных (сарматских и майкопских) глинах, где их количество составляет 2-4 %, соли, поступающие из многочисленных грязевых сопок и соли аэрального происхождения, принесенные из морских акваториев (особенно от Сиваша). В местах близкого залегания от поверхности третичных глин образуются солонцы и солонцеватые почвы. Состав и свойства их заметно отличаются от аналогичных почв Крымского Присивашья. В значительной мере такие различия вызваны минералогическим составом почв, исследование которого провел П.Г. Коваливнич (1969). Выявленные особенности генезиса солонцовых почв позволили выделить в Крыму две провинции солонцовых почв - Присивашскую и Керченскую (Новикова А.В., 1954).

Результаты опытов по мелиорации солонцов, проводимых почти одновременно на четырех стационарах в Крымском Присивашье и на Керченском полуострове, сводятся в кратком виде к следующим выводам (Новикова А.В., 1953, 1956, 1958, 1961).

В Крыму распространены в основном четыре разновидности солонцов: луговые, лугово-степные и степные на четвертичных лессовидных отложениях, степные на третичных соленосных глинах. Улучшение всех указанных почв необходимо проводить различными приемами, учитывая их генезис и водно-солевой режим.

Наибольшая эффективность гипсования получена на Керченских солонцах и луговых солонцах Присивашья, для которых характерно высокое содержание поглощенного натрия.

Плантажная вспашка является наиболее эффективным приемом улучшения лугово-степных, а также степных солонцов при извлечении на поверхность части карбонатного или гипсового горизонта (последнее преимущественно в Керченских солонцах).

Вспашка на глубину 30 *см* с дополнительным углублением на 10 см, а также безотвальная вспашка по Мальцеву не являются методами коренного улучшения солонцов с высоким содержанием обменного натрия и глубоким уровнем карбонатов и гипса. Здесь целесообразно применять глубокую обработку лишь в сочетании с гипсованием.

В условиях степного Крыма наиболее перспективным методом улучшения солонцов является глубокая мелиоративная плантажная вспашка. Однако ее применение имеет ограничения. Проведенными исследованиями был вскрыт негативный эффект сламывания солонцового экрана на луговых солонцах с особенно близким залеганием высокоминерализованных грунтовых вод, произошло быстрое капиллярное подтягивание солей к поверхности (Новикова А.В., 1961). Потому плантажная вспашка на луговых солонцах применяться не должна, так как способствует вторичному засолению и снижению плодородия почв. Осуществлять плантажную вспашку следует только при залегании грунтовых вод ниже 3 м и наличии карбонатов или гипса на глубине 40-50 *см*. В других случаях следует проводить гипсование. Все приемы мелиорации должны осуществляться в сочетании с внесением минеральных и органических удобрений.

В целом работа по выявлению природы солонцовых почв Крыма и стационарные опыты по их мелиорации показали необходимость четкой дифференциации приемов мелиорации с учетом их генезиса и современного водно-солевого режима.

Необходимо отметить, что благодаря большому вниманию на мелиорацию солонцов со стороны руководителей Крымской области (Полянский Д.С., Артюшков М.Л. и др.), их организационной помощи, первые научные выводы были проверены в условиях сельскохозяйственного производства на полях 12 хозяйств, а затем, после ряда обсуждений на совещаниях, принято решение Облисполкома о широком внедрении плантажной вспашки, а также гипсования, в соответствии с разработанными Крымским филиалом АН СССР рекомендациями. Значительная часть солонцовых земель в Крыму (более 200 *тыс. га*) была вспахана плантажным плугом, что способствовало существенному повышению урожайности сельскохозяйственных культур в Крымском Присивашье, и, по-существу, привело к уничтожению солонцовых почв на тех площадях, где плантажная вспашка была проведена на должную глубину (60 *см*) при строгом учете глубины грунтовых вод (залегание ниже 3 *м*).

Крымский филиал АН СССР функционировал до 1956г., когда на основе части его штатных единиц Лаборатории почвоведения АН УССР был создан Украинский НИИ почвоведения (позже - Институт почвоведения и агрохимии) в г. Харькове.

Подводя итог исследованиям за рассматриваемый период, отметим следующее.

Результаты работы коллективов разных научных учреждений Украины позволили установить, что солонцовые почвы формируются в двух основных природных зонах - Лесостепи и сухой Степи, в Днепровско-Донецкой и Причерноморской впадинах.

В первой зоне генезис солонцовых почв связан с воздействием близко залегающих содовых и смешанных грунтовых вод. Солонцеобразование здесь протекает активно. Во второй зоне образование солонцовых почв (особенно в низкой приосевой части) связано с возтействием морских и грунтовых вод при известном влиянии импульверизации солей. В Крымском Присивашье образование солонцовых почв протекает в гидроморфных и полугидроморфных, а на высокой части Присивашья - в автоморфных условиях. В континентальной части этой зоны преобладают автоморфные условия. Солонцеватость распространенных здесь почв, по мнению ряда специалистов, носит реликтовый остаточный характер.

Опыты по мелиорации солонцов показали, что в Лесостепи основным методом их мелиорации является гипсование. В зависимости от степени солонцеватости дифференцированы дозы гипса. Предложен новый метод - рядковое внесение гипса при посеве сельскохозяйственных культур.

Для зоны сухой Степи разработан альтернативный метод мелиорации - плантажная вспашка с обязательным вовлечением в пахотный слой карбоната кальция или гипса самой почвы. Сначала ее действие было изучено на автоморфных солонцовых почвах (Семенова-Забродина С.П.), затем с 1949 г. в Крыму, где провели исследования водно-солевого режима и геохимической миграции солей в почвах на территории Присивашья с разным уровнем грунтовых вод и при одновременной постановке опытов по мелиорации. Было определено положительное действие плантажной вспашки на лугово-степных солонцовых комплексах, на степных и отчасти (при близком залегании гипса) на Керченских солонцах, развивающихся на третичных глинах. В то же время установлено отрицательное действие плантажной вспашки на луговых солонцах из-за быстрого вторичного засоления их после сламывания солонцового экрана. Исследования привели к необходимости строго дифференцировать сами методы мелиорации, а не только дозы гипса, как это делалось прежде.

1.4. Развитие почвенно-мелиоративных исследований в 60-90-е годы

1.4.1. Обобщение результатов первых многолетних стационарных опытов по борьбе с солонцеватостью и организация государственного внедрения приемов мелиорации в Украине

Новый этап исследования солонцовых почв наступил примерно с 1960 г. и совпал с деятельностью организованного в 1956 г. Украинского научно-исследовательского института почвоведения (УНИИП) в г. Харькове. Директором института стал А.Н. Соколовский, после его смерти - Н.К.Крупский и позже - Б.С. Носко. Институт располагался в здании Харьковского СХИ. В состав института входили лаборатории почвенного покрова, агрохимии, физико-химии, физики почв, химической мелиорации и ряд других. Лабораторию химической мелиорации возглавлял А.М. Можейко (заведующий кафедрой земледелия).

В 1960 г. А.М. Можейко определился на преподавательской работе, продолжая обобщение своих многолетних исследований по солонцовой проблематике. Заведывание лабораторией было возложено на А.В. Новикову.

Организация республиканского центра по почвоведению сама по себе являлась новым важнейшим этапом в развитии почвоведения Украины, в том числе мелиоративной науки. Создавались условия для более глубокого познания генезиса и свойств солонцовых почв, уточнения ареалов их распространения, расширения опытных работ в малоизученных районах, а в целом - для ускорения внедрения в сельскохозяйственное производство разработанных рекомендаций по повышению плодородия почв. В институте в 1974 г. была создана научно-методическая координационная комиссия, направлявшая исследования в разных вопросах почвоведения, в том числе по мелиорации почв.

В период организации Института почвоведения Правительство Украины поставило ряд новых государственно важных задач, к разрешению которых были привлечены производственные и научные учреждения - проведение крупномасштабного почвенного картирования всей территории Украины, проектирование оросительных и осушительных систем, введение широкой ирригации на юге Украины и другие. Задачи получили отражение в тематике лабораторий Института почвоведения, в других научных и производственных организациях республики.

Крупномасштабные почвенные обследования на всей территории Украины проводились в 1957-1961 гг. Обобщение материалов продолжалось и в последующие годы.



Лаборатория химической мелиорации УНИИПА, 1970 г.

Верхний ряд, слева направо - С.А. Балюк, В.Я. Ладных, Л.А. Суслова, Е.И.Ивашина, А.А. Кещишьян;
средний ряд - Т.И. Калашник, Т.К. Воротник, А.В. Новикова, П.И. Кукоба, В.М. Балабанова;
нижний ряд - А.М. Пикуза (Пятакова), З.И. Лукьянчикова, И. Г. Златина.

Руководство почвенной съемкой было возложено на институт Укрземпроект и УНИИП. К работам были привлечены почвоведы ряда научных и учебных учреждений.

Под общим руководством А.Н. Соколовского коллективом авторов были разработаны программа, методика работ, номенклатурный список почв, а Г.С. Гринем - «Полевая диагностика почв». С целью оказания научно-методической помощи почвенным отрядам, контроля качества работ, редактирования и последующего обобщения картографических материалов были назначены зональные инспекторы (редакторы) по каждой зоне (Гринь Г.С., Скорина С.А., Самбур Г.Н., Вернандер Н.Б., Андрющенко Г.А., Кисель В.Д., Яровенко А.Ф., Кочкин М.А. (по горному Крыму), Новикова А.В. (по степному Крыму) и др.).

В номенклатурный список вошли поверхностно- и глубокосолонцеватые почвы, а с учетом повышенной гидроморфности почв Крымского Присивашья выделены луговые, лугово-степные и степные солонцовые почвы и комплексы. Почвы с выраженными признаками физической солонцеватости отнесены к виду остаточно-солонцеватых.

По завершению крупномасштабного картирования каждое хозяйство республики получило почвенные карты крупного масштаба и картограммы с агропроизводственной группировкой по мелиорации, химизации и другие. Впервые была отражена структура почвенного покрова и показаны пути рационального использования земель.

Последующее обобщение материалов позволило составить почвенные карты по каждой административной области в масштабе 1:200000, а также обзорные карты в целом для почв Украины в масштабе 1:750000 (автор фрагмента почв степного Крыма - А.В. Новикова) и более мелких масштабов. Для солонцовой проблематики результаты крупномасштабного картирования представляли особую ценность, поскольку в районах распространения солонцовых почв была отмечена концентрация пятен солонцов, степень солонцеватости и другие показатели. Появилась возможность точно выделить мелиоративные районы различных солонцовых почв республики.

По инициативе Г.С. Гриня - одного из основных методических руководителей при проведении крупномасштабной съемки и обобщении ее материалов, а также начальника экспедиции В.Д. Киселя была составлена карта агропочвенного районирования Украины. К работе были привлечены Н.Б. Вернандер, Г.С. Гринь, С.А. Скорина, В.Д. Кисель, А.Ф. Яровенко, А.В. Новикова (Крымская Степь), Н.Ф. Севостьянов (Горный Крым), Г. А. Андрющенко. Карта и характеристика агропочвенных районов опубликованы в 1969 г. под редакцией Н.К. Крупского. В соответствии с агропочвенным районированием солонцовые почвы Крыма отнесены к двум природным зонам - Степи сухой с темно-каштановыми и каштановыми почвами (провинция Степи сухой

Северо-Крымской) и Степи южной с черноземами южными (провинция Степи южной Керченской). А.В. Новикова выделила ряд агропочвенных районов с учетом условий почвообразования, свойств почв, степени их солонцеватости и других признаков.

С организацией УНИИП в лаборатории мелиорации продолжались исследования по мелиорации солонцов в Среднем Приднепровье (Можейко А.М., Воротник Т.К., Заяц А.Н.). В Крыму на ряде стационаров велись наблюдения за изменением свойств почв под влиянием мелиорации. Разворачивались подготовительные работы по широкому внедрению плантажной вспашки. В 1965 г. лабораторией был организован новый солонцовый стационар в совхозе «Воинский» Красно-Перекопского района Крымской области, на котором изучались приемы окультуривания слабосолонцеватых темно-каштановых почв при орошении водой Северо-Крымского канала (результаты освещены во второй части очерка).

Большое внимание в Институте почвоведения, как и в других учреждениях, отводилось обобщению результатов многолетнего изучения солонцовых почв и приемов их мелиорации, которые представляли большую ценность не только в научном, но и в практическом отношении, будучи основополагающими для внедрения наиболее эффективных приемов мелиорации в сельскохозяйственное производство. Результаты многолетних исследований нашли отражение в научных публикациях, а также в подготовленных докторских диссертациях (Гринченко А.М., 1955; Самбур Г.Н., 1963; Можейко А.М., 1964).

В 1962 г. вышел в свет сборник работ «Происхождение и окультуривание солонцовых почв» под редакцией проф. А.М. Гринченко, в котором приводится большой фактический материал многолетних исследований Г.С. Гриня, А.М. Можейко, А.М. Гринченко, А.В. Новиковой, А.Ф. Яровенко и других. Основные результаты исследований А.М. Гринченко, А.М. Можейко, А.В. Новиковой были освещены в данном очерке выше, поэтому остановимся на работе Г.С. Гриня «Засоленные почвы Украинской ССР».

По его мнению, если учесть засоленность почвообразующих пород, то половина территории Украины занята засоленными почвогрунтами. Появление засоленных почв автор связывает с геологической историей, геологическим строением и гидрологическими условиями. Главные регионы засоленных почв представлены в Днепровско-Донецкой, Причерноморской впадинах и в Донбассе.

Г.С. Гринь разделял концепцию А.Н. Соколовского о недровых источниках солей. Однако он значительно расширил это понятие и, в отличие от А.Н. Соколовского, относил к ним не только территории, где в отложении древних пород встречаются соляные купола, но и те, в которых близко от поверхности залегают минерализованные грунтовые

воды или засоленные породы. На основании особенностей распределения солей по вертикальному профилю Г.С. Гринь выделил три типа солевых характеристик: элювиальный, остаточно-аккумулятивный и аккумулятивный.

В почвогрунтах элювиального типа наблюдается полная выщелоченность от солей всего профиля до коренных пород. Такой тип характерен для условий, где отсутствуют глубинные источники солей или нет возможности для передвижения их вверх (Карпатская зона, почти все Полесье, правобережная Лесостепь, отчасти правобережная Степь). Остаточно-аккумулятивный тип солевых характеристик отличается засоленностью нижней части грунтов, преимущественно лессовых пород. Он типичен для плакорных условий, почти половины территории республики - южной периферии Лесостепи, всей левобережной и, отчасти, правобережной частей центральной Степи, всей южной Степи и Донбасса. Г.С. Гринь считал, что засоленность здесь носит остаточный характер и связана с обширным обводнением территории в предшествующие фазы геологических периодов. Аккумулятивный тип характеризуется засоленностью всего или почти всего профиля почвогрунтов, засоление почв современное, активное. Он встречается на современных гидроморфных территориях с глубинными источниками солей. Современная стадия развития ныне плакорных и значительной части гидроморфных почв протекает, по Г.С. Гриню, в сторону рассоления и рассолонцевания. Исследователь выделил две группы солонцеватых почв по характеру строения их профиля: поверхностно- и глубокосолонцеватые. Первые отражают начальную стадию развития солонцового процесса в устойчивых гидроморфных условиях, вторые - последующую стадию, связанную с рассолонцеванием почв.

Таким образом, Г.С. Гринь дал общую картину распределения засоленных почв и пород на территории Украины, показал причины появления солей, особенности их распределения по вертикальному профилю. Его взгляды подтверждаются результатами исследований других авторов, хотя некоторые положения остаются все еще дискуссионными (причина появления солей в почвах южной и сухой Степи Причерноморья). В более развернутом виде и с большим фактическим материалом эти вопросы освещены в монографии Г.С. Гриня «Галогенез лессовых почвогрунтов Украины» (1969).

В статье А.Ф. Яровенко о геохимических показателях засоления почв Среднего Приднепровья автор, вслед за А.Н. Соколовским и Г.С. Гринем, утверждает, что основной причиной появления солей в этом регионе являются недровые источники. Обнаружив в почвах повышенное содержание бора и учитывая, что указанный элемент считается типичным для морского засоления или соляных месторождений,

автор предлагает использовать повышенное содержание бора в качестве показателя глубинного происхождения солей.

В статье А.В. Новиковой, помимо большого фактического материала по водно-солевому режиму почв, геохимической миграции солей и мелиорации солонцов, о которых было сказано выше, представлена первая картосхема мелиоративного районирования степного Крыма по пригодности почв к предстоящему орошению. Районирование территории осуществлено с учетом условий почвообразования, свойств почв и прогноза вторичного засоления почв после введения орошения.

Две статьи П.Н. Боярского посвящены характеристике солонцовых почв Донбасса и опытам по повышению их плодородия с помощью гипсования в обычных и малых дозах. Учитывая значительную длительность последействия, автор отдает предпочтение большим дозам гипса.

Изучение состава микрофлоры в почвах при внесении гипса и без него приводит автора к заключению, что гипс интенсифицирует жизнедеятельность микроорганизмов. Возрастает количество нитрифицирующих и других микроорганизмов, что способствует увеличению подвижного азота и фосфора, повышению плодородия солонцовых почв.

Результаты обобщения материалов многолетних исследований свойств солонцовых почв и стационарных опытов получили отражение не только в научных трудах, но и в подготовленных рекомендациях по мелиорации солонцовых почв Украины, переданных в Министерство сельского хозяйства УССР. Для внедрения рекомендовался основной метод борьбы с солонцеватостью - гипсование, несколько позже - мелиоративная плантажная вспашка. Нормы внесения гипса дифференцировались в зависимости от степени солонцеватости и колебались от 2 до 8-12 *т/га*. Глубина плантажной вспашки в среднем составляла около 60 *см*, такая вспашка рекомендовалась только для автоморфных и полугидроморфных солонцовых почв Степи. Кроме основного метода гипсования, предлагался также метод ежегодного внесения малых доз гипса (2-3 *ц/га*) при посеве в рядки. Все приемы мелиорации должны были сочетаться с применением органических и минеральных удобрений. С учетом указанных рекомендаций, а также предложений специалистов других республик Советского Союза в 1954 г. вышло постановление Совета Министров СССР и УССР о мелиорации солонцов. В нем были определены площади гипсования по годам, план для промышленности на производство гипса и льготные цены для его приобретения хозяйствами. В 70-х годах была создана Агрохимическая служба, которая, помимо других вопросов, занялась разработкой проектов мелиорации солонцовых почв для колхозов и совхозов каждой области. Техническое выполнение работ осуществлялось специальны-

ми мелиоративными отрядами. Все работы, начиная от доставки гипса на поле и до его внесения в почву, проводились за государственный счет.

Отметим, что все научные учреждения, занимавшиеся проблемой мелиорации солонцов, активно участвовали во внедрении предложенных приемов. Разрабатывались рекомендации по мелиорации солонцов, издаваемые Министерством сельского хозяйства УССР, проводились районные и областные республиканские семинары и совещания специалистов сельского хозяйства. В научных исследованиях уточнялись вопросы и методы расчета доз гипса, способов внесения его в почву и др.

В 1954 г. Г.Н. Самбуром было проведено первое почвенно-мелиоративное районирование солонцовых почв Украины. В данном очерке осветим некоторые исследования УНИИПА, связанные с работами по внедрению приемов мелиорации солонцов.

После проведения крупномасштабного почвенного картирования представилась возможность уточнить ранее выделенные Г.Н. Самбуром мелиоративные районы и их границы для определения потребности в производстве гипсосодержащих материалов и мелиоративной техники в Украине. Плановая комиссия Донецко-Приднепровского экономического района поручила УНИИПА провести повторное мелиоративное районирование солонцовых почв на основе новейших картографических материалов и обобщить данные всех опытов, проводимых в республике по мелиорации солонцов.

Работа выполнялась лабораторией мелиорации в конце 60-х годов. Была составлена карта мелиоративного районирования Украины (Новикова А.В., 1969), в которой выделено 14 мелиоративных районов, различающихся условиями почвообразования, структурой почвенного покрова, свойствами почв и эффективностью приемов борьбы с солонцеватостью. Рекомендуемые мелиоративные мероприятия, разработанные на основе обобщения многолетних данных, дифференцировались в разрезе районов и носили комплексный характер.

По современным представлениям проведенное мелиоративное районирование было осуществлено по адаптивно-ландшафтно-экологическому принципу, где районы выделялись на основе различий почвенно-климатических зональных и провинциальных особенностей условий почвообразования (зоны Полесья, Лесостепи, Степи). Провинции выделялись с учетом почвообразующих пород, местных различий глубины залегания и химизма грунтовых вод и др., а также особенностей солонцеобразования и интенсивности галоморфизма, с рекомендацией оптимальных комплексов приемов борьбы с засолением и солонцеватостью.

В связи с внедрением мелиоративной плантажной вспашки предстояло уточнить количество карбоната кальция, необходимого для извлечения при плантажной вспашке, и определить площади земель, пригодных под плантажную вспашку.

Для решения первого вопроса лабораторией мелиорации был проведен многофакторный вегетационный опыт с применением математического метода планирования эксперимента. Объектом исследования была темно-каштановая слабосолонцеватая почва. Опыт позволил установить, что для данной почвы оптимальным количеством карбоната кальция является 1,5% при внесении его в 5-сантиметровый слой почвы и 5 % при внесении в 15-сантиметровый слой (Новикова А.В., Мамонтова Е.Г., Егоршин А.А., 1982).

Определение пригодности солонцовых почв по глубине залегания карбонатного (вскипающего от 10%-ой соляной кислоты) горизонта почв основывалось на данных первичных материалов почвенной съемки с обработкой их методами математической статистики. По Херсонской области была составлена схематическая карта глубины залегания карбонатов, на которой выделены районы, пригодные под плантаж, расположенные к востоку от Каланчака, и непригодные - к западу от него, в пределах террасы - дельты Днепра (Новикова А.В., Пятакова А.М., 1982).

С вопросами внедрения связано также задание Министерства сельского хозяйства СССР и УССР по разработке нормативов прибавки урожая сельскохозяйственных культур от применения мелиоративных мероприятий на солонцах Украины. Нормативы предназначались для определения эффективности предлагаемых приемов, определения объемов производства гипса и мелиоративной техники по административным областям и природным зонам Украины, а также для расчетов ожидаемого прироста валового сбора сельскохозяйственной продукции от проведенных мелиоративных приемов на солонцовых землях республики. Разработка нормативов по мелиорации солонцовых почв была поручена УНИИПА, в частности лаборатории мелиорации почв. Основанием для расчетов нормативов служили данные стационарных опытов, полученные в разные годы всеми научно-исследовательскими и другими учреждениями Украины, занимавшимися солонцовой проблематикой. Начиная с 70-х годов, нормативы разрабатывались по годам пятилеток и направлялись для использования в Министерство сельского хозяйства СССР. В расчете на 12-ю пятилетку нормативы прибавки урожая сельскохозяйственных культур от мелиорации солонцовых почв выражались следующими усредненными показателями.

В зоне Лесостепи в неорошаемых условиях внесение гипса в средней дозе 8,5 т/*га* обеспечивало прибавку урожая зерновых культур 4 *ц/га* (в засушливые годы - 3,6 *ц/га*, во влажные - 4,5 *ц/га*, в средние по увлажнению - 3,7 *ц/га*).

В зоне Степи в богарных условиях при внесении 3,9 *т/га* гипса прибавки урожая зерновых культур составили 2,5 *ц/га* (в засушливые годы - 1,7 *ц/га*, во влажные - 3,7 *ц/га*, в средние по увлажнению - 2,0 *ц/га*).

В условиях орошения при внесении гипса 10,1 *т/га* прибавка урожая зерновых культур была 2,5 *ц/га*. По мелиоративной плантажной вспашке на глубину 60-65 *см* в богарных условиях прибавка составила 5,6 *ц/га*, в орошаемых - 11,3 *ц/га*.

Необходимо отметить, что работы по внедрению мелиоративных приемов, активно проводимые всеми научными учреждениями, занимавшимися мелиорацией солонцов, способствовали интенсификации земледелия и в целом обеспечивали получение дополнительной продукции от мелиорации. За период с 1961 г. по 1980 г. гипсование и мелиоративная обработка были осуществлены в Украине на площади около 1,5 *млн га*, в результате чего хозяйства дополнительно получили около 480 *тыс.* тонн зерна.

1.4.2. Продолжение исследований солонцовых почв с постановкой новых опытов по разработке более совершенных методов их мелиорации

С созданием Института почвоведения в Украине началась планомерная подготовка кадров высшей квалификации через аспирантуру. В аспирантуру поступили многие почвоведы, участвовавшие в проведении крупномасштабной почвенной съемки и имевшие определенный практический опыт. 60-70-е годы характеризуются формированием нового поколения почвоведов Украины. Часть из них занялась исследованием природы малоизученных почв (в том числе солонцовых, осолоделых). На то время были разработаны усовершенствованные методы исследований, появились новые приборы, позволявшие изучать особенности окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных равновесий, активности ионов, состав вторичных минералов и т.д. Рассмотрим некоторые из работ, посвященных генезису солонцовых и осолоделых почв, молодых (на тот период) сотрудников.

Б.С. Носко поставил задачу выявить генетическую природу и агрохимические свойства поверхностно- и глубокосолонцеватых почв Лесостепи. Были осуществлены полевые наблюдения на ключевых участках с этими почвами и проведены углубленные лабораторные исследования. Автор установил (1964), что в поверхностносолонцеватых содово-солончаковых почвах северной части Среднего Приднепровья почвообразование протекает при близком (1,5-2 *м*) залегании грунтовых вод, содержащих соду. Сода обусловливает максимальное насыщение почвы натрием (водорастворимым и обменным). Причем, чем выше ее концентрация, тем сильнее насыщенность почвы натрием. Под

влиянием высокой щелочности (pH достигает 10) и большого количества обменного натрия происходит интенсивное преобразование (осолонцевание) почвенной массы. Степень ее пептизированности и диспергации прямо пропорциональна содержанию обменного натрия и соды в почвенном растворе. Такие проявления наиболее интенсивно выражены в верхней части профиля и постепенно убывают книзу. Дисперсность возрастает от чернозема к корковому солонцу.

Автор впервые показал, что в солонцовых почвах происходит не только пептизация и диспергация почвенной массы, но и гидролиз почвенных минералов, в результате которого образуются подвижные продукты, в частности, несиликатные полуторные окислы, а также коллоидная кремнекислота. Образовавшиеся подвижные продукты солонцового процесса не вымываются вглубь, поэтому илистая фракция, полуторные окислы и другие компоненты не перераспределяются по профилю, вследствие чего профиль поверхностносолонцовых почв не дифференцирован на элювиальный и иллювиальный горизонты, а наиболее осолонцованный горизонт находится вверху.

В глубокосолонцеватых почвах, развивающихся в более дренированной южной части Среднего Приднепровья, грунтовые воды залегают глубже 3-5 *м* и не препятствуют удалению в нижнюю часть почвы продуктов гидролиза и почвообразования. Поэтому профиль глубокосолонцеватых почв имеет четко выраженные элювиальный и иллювиальный горизонты.

Исследования Б.С. Носко явились научным подтверждением правильности подразделения солонцовых почв на поверхностно- и глубокосолонцеватые, которое предложил Г.С. Гринь, и правомерности введения этих почв в номенклатурный список почв Украины.

Д.И. Ковалишин (1969) поставила цель: раскрыть процесс формирования и охарактеризовать физико-химические и агрохимические свойства пойменных солодей, для сравнения также солодей болотных, светло-серых оподзоленных и луговых поверхностнослабосолонцеватых солончаковатых почв левобережной Лесостепи.

На основании изучения свойств указанных почв, динамики окислительно-восстановительных процессов, автор пришла к следующим выводам. Солоди дерновые солонцеватые солончаковые пойменные занимают обширные плоские участки низкого уровня в центральной и притеррасной частях пойм с неглубоким (1,2-1,5 *м*) залеганием минерализованных грунтовых вод. В них чередуются процессы поверхностного переувлажнения с интенсивным элювиированием весной и подтягиванием влаги и солей в летне-осенний период. Профиль солодей четко дифференцирован на горизонты элювия и иллювия. Вместе с тем почвы засолены и солонцеваты с поверхности, а также обна-

руживают признаки длительной гидроморфности, связанной с поверхностным и грунтовым переувлажнением.

Водно-растворимые соли (сода), карбонаты кальция и обменный натрий накапливаются в гумусовом горизонте, а обменные кальций и магний - в иллювиальном. Отмечается значительная подвижность гумуса. Верхние горизонты почти лишены гумусово-глинистой плазмы и сложены отмытыми зернами первичных минералов. Иллювиальный горизонт, наоборот, обогащен гумусово-глинистыми веществами за счет вымывания, а также глееметаморфизации на месте.

Результаты агрохимических анализов свидетельствуют о слабой подвижности и малой доступности для растений основных питательных элементов. Обменного калия очень мало, фосфор труднодоступен, нитрификационная способность низкая. Неблагоприятны и другие свойства - поверхностное оглеение, солонцеватость, солончаковатость. Главная причина перечисленных свойств - длительное поверхностное переувлажнение с развитием восстановительных и элювиальных процессов. Такие почвы оказались близкими к болотным солодям. По мнению Д.И. Ковалишин, их целесообразно называть солодями болотными солонцеватыми солончаковыми пойменными.

Е.Т. Яшинова (1974) изучала черноземы осолоделые низменного Среднего Приднепровья. Эти почвы отличаются малым содержанием гумуса при большой общей мощности гумусированного профиля (120 *см*). Объекты исследований были представлены почвогрунтами разных гипсометрических уровней на опытном массиве Носовского отделения Черниговской областной сельскохозяйственной опытной станции, находящейся в северной части моренной террасы Днепра - Десны. В результате исследований автор пришла к следующему заключению. Во всех изученных почвах четко выражено чередование сквозного промачивания всей их толщи весной с подтягиванием солей в верхнюю часть профиля в летний и осенний периоды, в результате чего происходит сезонное осолонцевание почв с внедрением натрия в коллоидный комплекс на фоне развития восстановительных процессов.

Данные, полученные Е.Т. Яшиновой, полностью подтвердили концепцию К.К. Гедройца об общей осолоделости черноземов низменной части Среднего Приднепровья. С учетом выявленных особенностей генезиса Е.Т. Яшинова предлагает уточнить название почв, увязав их с условиями грунтового увлажнения и добавляя к названию почв такие термины: луговатые почвы, при залегании грунтовых вод на глубине 3,7-5 *м* и луговые, при залегании грунтовых вод в пределах 2,2-3,5 *м*.

Рассмотренные работы иллюстрируют правильность взглядов исследователей Среднего Приднепровья о решающей роли современного гидроморфизма в образовании солонцеватых и осолоделых почв.

Результаты исследований явились основанием для уточнения номенклатурного списка почв этого региона, с одной стороны, и для выбора путей повышения плодородия солонцеватых почв этого региона - с другой.

П.Г. Коваливнич (1969) изучал природу солонцовых почв Крымского Присивашья, развивающихся на лессовидных отложениях, и Керченского полуострова, образующихся на морских третичных глинах. С помощью рентген-дифрактометрического метода исследования илистой фракции почв, а также определения состава и свойств солонцов, он пришел к заключению о существенных различиях этих почв.

В солонцах Керченского полуострова, развивающихся на сарматских глинах, преобладают минералы монтмориллонитовой группы в смеси с незначительным количеством гидрослюд и смешаннослойных минералов гидрослюдисто-монтмориллонитовых ассоциаций. Компонентный состав глинистых минералов мало меняется по вертикальному профилю, но их количественное соотношение в разных горизонтах неодинаково. В верхнем горизонте несколько увеличивается содержание гидрослюдистых минералов, книзу возрастает роль монтмориллонита. В солонцах Присивашья, образовавшихся на четвертичных лессовидных отложениях, илистая фракция, в отличие от керченских солонцов, состоит в основном из минералов гидрослюдистой группы. Минералы монтмориллонитовой группы в большинстве случаев образуют неупорядоченные смешаннослойные образования монтмориллонитово-гидрослюдистой ассоциации.

Обнаружено и различие в свойствах изучаемых почв. Солонцы керченские обладают повышенной гидрофильностью, вязкостью, набуханием, высокой емкостью обмена катионов и пластичностью, что свойственно минералам монтмориллонитовой группы. В присивашских солонцах в связи с гидрослюдистым составом ила такие свойства менее выражены.

Своеобразный характер распределения по профилю илистых частиц, глинистых минералов и полуторных окислов свидетельствует о том, что формирование профилей этих почв проходило разными путями, а потому и типы строения их различны. Присивашские солонцы относятся к широко распространенному классическому типу, в иллювиальном горизонте которых содержится наибольшее количество ила и полуторных окислов. Солонцы керченские имеют иное строение. В них отсутствует «классический» иллювиальный горизонт, так как содержание ила, полуторных окислов и других веществ возрастает к породе, что объясняется литологическим составом этих пород. Такой тип строения профиля, по мнению П.Г. Коваливнича, следует называть «литогенным». Он присущ, вероятно, всем солонцам, образующимся на третичных морских глинах.

Работа П.Г. Коваливнича позволила уточнить генезис солонцовых почв, развивающихся на третичных глинах - литогенный, и обосновать принципы мелиорации этих почв. Термин «литогенный» был воспринят В.Д. Киселем (1981) при подразделении генетических групп солонцовых почв Украины.

Для почв с «классическим» строением профиля, когда четко выделяется элювиальный и иллювиальный горизонты, П.Г. Коваливнич и А.В. Новикова предложили понятие степень иллювиированности, как разность между количеством илистых частиц в иллювиальном и элювиальном горизонтах почв, выраженной в процентах от их суммы:

$$Ni = \frac{B - A}{A + B} \times 100 \ , (\%),$$

где:Ni - степень иллювиированности профиля, %; А - содержание ила в элювиальном горизонте, %; В - содержание ила в иллювиальном горизонте. Авторы обнаружили, что наблюдается определенная закономерность между содержанием поглощенного натрия и степенью иллювиированности почвенного профиля. Основанием послужили данные химического и механического анализов почв, полученные Крымской почвенной партией в процессе крупномасштабного обследования. Была составлена выборка данных анализов и определена степень иллювиированности почв. Проведена статистическая обработка данных 70 разрезов солонцовых почв, развивающихся на лессовидных отложениях и имеющих степень солонцеватости от 5 % и выше (по классификации И.Н. Антипова-Каратаева). Математический анализ показал наличие существенной корреляционной связи между содержанием обменного натрия и степенью иллювиированности почв. Было получено уравнение регрессии, с учетом которого разработана следующая градация по степени иллювиированности (табл. 1).

1. Градация солонцеватости почв по степени иллювиированности их профиля (Новикова А.В., Коваливнич П.Г., 1969)

Степень солонцеватости почв	По содержанию обменного Na, % от емкости обмена	По показателю степени иллювиированности профиля, %
Несолонцеватые	< 5	< 3,8
Слабосолонцеватые	5–10	3,8–11,5
Среднесолонцеватые	10–15	11,5–19,2
Сильносолонцеватые	15–20	19,2–26,9
Солонцы	> 20	> 26,9

Таким образом, для солонцеватых почв Крымского Присивашья, аналогичных почв Херсонского Присивашья и в целом Причер-

номорья, развивающихся на лессовидных отложениях тяжелосуглинистого и легкоглинистого механического состава, можно определять степень солонцеватости по данным механического анализа - количеству илистой фракции в элювиальном и иллювиальном горизонтах с учетом степени иллювиированности.

Связь между количеством поглощенного натрия и тонкодисперсной частью почв была отмечена также другими исследователями (Гоголев И.Н. и др.), между натрием и содержанием воднопептизированного ила в солонцовых почвах Сибири (Семендяева, 1971; Градобоев, 1977). Поэтому предложенное А.В. Новиковой и П.Г. Коваливничем понятие об иллювиированности, как показателе степени солонцеватости почв, является вполне обоснованным. Классификация по степени иллювиированности может использоваться в практических целях для почв тяжелосуглинистого и легкоглинистого механического состава Украины.

Следует подчеркнуть, что А.В. Новикова и П.Г. Коваливнич являются сторонниками концепции реликтовой, остаточной солонцеватости автоморфных солонцеватых почв и современной активной - гидроморфных и полугидроморфных солонцовых почв.

Позже появилась выдвинутая В.Д. Киселем, Н.И. Полупаном и А.Ф. Нестеренко (1979) новая концепция возникновения малонатриевой солонцеватости автоморфных солонцеватых почв. Авторы пришли к заключению, что причиной солонцеватости является, с одной стороны, импульверизация солей с берегов Сиваша и морей, а с другой - современный сезонно меняющийся состав солей в почвенном растворе и, как следствие, изменения соотношений между активностями натрия и кальция.

Исследования авторов концепции малонатриевой солонцеватости проводились в Херсонской области (Аскания Нова) на темно-каштановых слабо- и среднесолонцеватых почвах в условиях целины и на распахиваемых участках. Наблюдения за динамикой влажности (Полупан Н.И., Кисель В.Д., Канивец Н.А., 1975) показали, что влага по профилю почв под целинной и культурной растительностью распределяется по-разному. На целинном участке количество влаги на 3-5 % ниже, чем на распахиваемом участке и соответствует непромывному типу увлажнения. Почва на целине иссушается до 11-13 % на глубину до 150 *см*, глубже (до 3 *м*) влажность составляет 14-15 %, а еще ниже (до 5 *м*) – 12-13%, не меняясь по сезонам года. Степень иссушения почв под культурной растительностью значительно меньше, чем на целине. Запасы влаги осенью в слое 0-200 *см* на пашне были выше по сравнению с целиной на 21 %. Таким образом, под сельскохозяйственными культурами атмосферная влага в почву проникает глубже, чем

под целинной растительностью, элювиальный процесс здесь выражен в большей мере.

В исследования вошло также проведение стационарных наблюдений за динамикой солей, использовались определения активности ионов натрия, кальция и водорода по методу Н.К. Крупского и А.М. Александровой (1967). Оказалось, что на протяжении года активность натрия и кальция в почвах существенно изменялась. В верхней части профиля активность ионов натрия от весны к осени возрастала, а в нижней (породах), наоборот, снижалась. Авторы объясняют такие изменения миграцией солей, но не исключают также и воздействие испарения.

Активность кальция также возрастала от весны к осени. Ее величина изменялась в соответствии с содержанием углекислоты в почвенном воздухе. Отношение активности натрия к кальцию увеличивалось в осенний период, когда создавались лучшие условия для поглощения натрия коллоидным комплексом и проявления солонцеобразования.

На основании проведенных исследований предложено солонцовые почвы, обладающие физическими признаками солонцеватости, относить к малонатриевым, а не к остаточносолонцеватым, поскольку процесс солонцеобразования протекает в них и в настоящее время.

Примерно такой же взгляд на образование малонатриевых солонцов за счет современных процессов солонцеобразования высказал Ю.Е. Кизяков (1985). Автор считает, что солонцеватость каштановых и темно-каштановых почв Украины не является обязательной зональной особенностью данных почв. Большую роль здесь играет преобладание натрия в катионной части солей на глубинах от 10 до 160 *см*.

В.Д. Кисель (1981), выделяя три генетические группы солонцеватых почв (литогенные, гидроморфные, автоморфные), относит к последней солонцовые почвы юга Украины.

С учетом активности ионов натрия (понятие активности впервые выдвинуто Льюисом) Н.Г. Зыриным и Д.С. Орловым (1958) было предложено подразделение солонцов на следующие группы: несолонцеватые aNa > 3,0; слабосолонцеватые – 3-2,4; среднесолонцеватые - 2,4-1,5; солонцы < 1,5. Л.А. Чаусова (1977), Н.К. Крупский и Л.А. Чаусова (1981) предложили принимать во внимание не только активность иона натрия, но и ее отношение к активности иона кальция.

По данному показателю ими разработаны следующие градации степени солонцеватости малонатриевых солонцовых почв (табл. 2).

Степень солонцеватости	$\frac{aNa}{\sqrt{aCa}}$
Несолонцеватые	< 1
Слабосолонцеватые	1–3
Средне- и сильносолонцеватые	3–7
Солонцы	> 7

В связи с необходимостью учета солонцовых земель совершенствуются классификационные подходы к подразделению почв по степени засоления. Н.И. Базилевич и Е.И. Панкова (1968) разработали новую классификацию засоленных почв с учетом химизма солей, степени засоления при разном химизме и глубине залегания солевого горизонта. В.В. Егоров и Н.Г. Минашина (1974) предложили классификацию по степени токсичности солей, считая ее универсальной для почв любого химического состава солей. Р.А. Баер и Б.В. Лютаев (1978) для условий Украины разработали свою классификацию засоленности почв (по общему содержанию солей) с учетом степени увлажнения и солеустойчивости растений. Е.С. Мигунова (1985), обобщив большой фактический материал, уточнила величину порогов токсичности карбонатных, хлоридных и сульфатных солей при разной степени увлажнения почв.

А.В. Новикова, А.М. Александрова, Л.А. Чаусова и Н.Е. Гаврилович (1981) сделали попытку разработать классификацию почв Украины по степени токсичного засоления с учетом активности ионов натрия. С этой целью лаборатории мелиорации и физической химии УНИИПА провели определение количеств водорастворимых и токсичных солей в двух основных группах почв по химизму: хлоридному (сульфатно-хлоридному) и сульфатному (хлоридно-сульфатному), а также активности ионов натрия (в почвенных пастах, при границе текучести) по методу Н.К. Крупского и А.М. Александровой (1967) - в образцах засоленных почв юга Украины, отобранных из большого количества разрезов. Подвергнув результаты анализов математической обработке, исследователи выявили, что можно подразделить почвы по степени засоления токсичными солями на основании данных активности ионов натрия. Причем выяснилось, что активность ионов натрия существенно (в два раза) выше в почвах хлоридного засоления по сравнению с почвами сульфатного засоления. Следовательно, имеет место необходимость обязательного учета химизма солей при классификации почв по засолению. Сказанное хорошо иллюстрирует ниже приведенная таблица 3.

3. Степень токсичного засоления почв по активности ионов натрия с учетом химизма солей (Новикова А.В., Александрова А.М., Чаусова Л.А., Гаврилович Н.Е., 1981)

Степень засоления	Содержание токсичных солей, % (по Егорову и Минашиной, 1976)	Активность ионов натрия в почвенных пастах (мг-экв/л) при засолении	
		сульфатном и хлоридно-сульфатном	хлоридном и сульфатно-хлоридном
Слабозасоленные	0,1 – 0,2	10 – 30	18 – 48
Среднезасоленные	0,21–0,40	31 – 68	49 – 120
Сильнозасоленные	0,41 – 0,80	69 – 142	121 – 260
Очень сильнозасоленные и солончаки	> 80	> 142	> 260

Таким образом, величину активности ионов натрия в почвенных пастах можно использовать для оценки степени засоления почв токсичными солями, учитывая химический состав солей.

Ряд научных учреждений Украины в 60-70-е годы продолжают исследования солонцовых почв и ведут опытные работы на прежних и вновь созданных солонцовых стационарах. К их числу относятся стационары в зоне Лесостепи: Украинского научно-исследовательского института земледелия (Грабовский Н.П.), Украинского института инженеров водного хозяйства (Лазарчук Н.А.), Полтавской сельскохозяйственной опытной станции (Чапко П.М.); в зоне Степи: Геническая опытной станции Всесоюзного НИИ кукурузы (Лаврентьев Н.М., Кизяков Ю.Е.), Украинского НИИ почвоведения и агрохимии (Новикова В.А., Пятакова А.М., Гаврилович Н.Е.), Херсонского СХИ (Кухтеева К.М.).

Возникает необходимость подведения итогов новых исследований в условиях интенсивного антропогенного воздействия на солонцовые почвы с целью разработки новых и уточнения ранее известных методов мелиорации солонцов. Поэтому в период 1976-1980 гг. УНИИПА организует комплексные исследования состава и свойств солонцовых почв силами различных специалистов Института почвоведения и агрохимии и представителей научных учреждений, на землях которых созданы солонцовые стационары. Опыты проводятся почти единовременно, в течение 1-2 лет, путем экспедиционных обследований почв солонцовых стационаров, а также прилегающих к ним территорий. По единой программе и методике, разработанной лабораторией мелиорации УНИИПА, отобранные образцы почв разной степени окультуренности подвергаются химическим анализам в УНИИПА с применением новейших методов исследований, определяется: активность ионов натрия и кальция (Александрова А.М., Чаусова Л.А.), состав вторичных минералов (Коваливнич

П.Г.), микроэлементный состав (Головина Л.П.), состав питательных веществ (Юрко Е.П., Кривоносова Г.М., Воробьева А.К.), микрофлоры (Михновс-кая А.Д.) и выполняется ряд анализов, необходимых для генетической характеристики почв (лаборатория мелиорации).

Результаты исследований были опубликованы в коллективной монографии «Окультуривание солонцовых почв» под редакцией А.В. Новиковой (1984). Коллективно разработанные рекомендации переданы в Министерство сельского хозяйства УССР.

В данном очерке охарактеризуем лишь некоторые черты солонцовых почв, выявленные в период 1976-1980 гг., особенно те из них, которые прежде были малоизвестны (минералогический состав илистой фракции, микроэлементный состав, питательные вещества, состав микрофлоры).

В целом можно отметить, что свойства немелиорированных солонцовых почв в условиях богары остались во многом прежними и лишь при орошении претерпели значительные изменения (о них - во второй части очерка).

Почвообразующими породами в Лесостепи являются лессовидные легкие суглинки, аллювиальные отложения, на юге - лессы и лессовидные тяжелые суглинки. Механический состав пород при движении с севера на юг заметно утяжеляется. По условиям залегания грунтовых вод почвы северной части испытывают гидроморфное и полугидроморфное увлажнение, на юге - преимущественно автоморфное. На орошаемых землях - ирригационно-автоморфное и ирригационно-гидроморфное увлажнение.

Химизм солей солонцовых почв в почвах северной части Лесостепи содовый, в южной Лесостепи - смешанный, в зоне сухой Степи - преимущественно хлоридно-сульфатный. При ирригации почв плиоценовых террас происходит осульфачивание, на террасе-дельте Днепра - хлоридизация. Наибольшая степень солонцеватости наблюдается в солонцах Лесостепи, на юге химическая солонцеватость весьма ослаблена (малонатриевые солонцы). Усиление ее наблюдается лишь на территориях с гидроморфными и полугидроморфными условиями увлажнения.

Минералогический состав илистой фракции почв имеет такие особенности (Коваливнич П.Г., 1969, Коваливнич П.Г. и Хоролец И.Г., 1981).

В солонцовых почвах и породах Лесостепи почвенные минералы представлены в основном каолинитово-гидрослюдистыми ассоциациями с незначительным содержанием монтмориллонита. В солонцовых почвах сухой Степи они сменяются каолинитово-гидрослюдисто-монтмориллонитовыми ассоциациями с преобладанием монтмориллонита (26-49%).

Запасы микроэлементов определяются их содержанием в почвообразующих породах, а распределение по профилю соответствует интенсивности процесса солонцеобразования (Головина Л.П., 1984). В целом количество микроэлементов закономерно возрастает с севера на юг в соответствии с утяжелением механического состава пород и почв. В связи с тем, что в Лесостепи преобладают почвы поверхностносолонцеватого типа с интенсивно выраженным солонцовым процессом в верхней части профиля, то именно здесь происходит аккумуляция таких микроэлементов, как марганец, медь, иногда кобальт. В связи с высокой щелочностью данных почв названные микроэлементы малоподвижны и передвижение их по профилю незначительно.

В солонцовых почвах сухой Степи содержание микроэлементов значительно выше, чем в почвах Среднего Приднепровья, также оно выше их средних значений в черноземах и каштановых почвах. В солонцовых почвах отмечается четкое перераспределение количества микроэлементов по профилю с накоплением их в иллювиальном горизонте. Солонцовые почвы характеризуются высокой обеспеченностью подвижными формами бора и меди, особенно в солевом горизонте.

Азота и фосфора солонцовые почвы содержат меньше, чем зональные почвы (Юрко Е.П., Кривоносова Г.М., 1984). Азотный и фосфатный режимы их обусловлены особенностями механического состава пород и почв, содержанием гумуса и дифференциацией почвенного профиля. Солонцовые почвы обладают пониженной нитрификационной способностью, меньшим содержанием подвижных форм азота и фосфора. В связи с большей обогащенностью органическим веществом солонцовые почвы зоны Лесостепи лучше обеспечены азотом, чем почвы сухой Степи. Наибольшее содержание фосфора отмечается в солонцовых почвах тяжелого механического состава сухой Степи. Перераспределение его по профилю согласуется с распределением илистой фракции. Содержание калия также связано с механическим составом, поэтому наибольшее количество его обнаруживается в солонцовых почвах сухой Степи (Воробьева А.К., 1984). В целом солонцовые почвы остро нуждаются в азотных и фосфорных удобрениях.

Количество и состав микроорганизмов в солонцовых почвах зависят от степени солонцеватости, засоленности, химизма солей, содержания гумуса (Михновская А.Д., 1984). По мере усиления солонцеватости и засоленности уменьшается количество эвтрофных видов и возрастает содержание олиготрофов. Вниз по профилю количество эвтрофных ценозов уменьшается.

В темно-каштановых солонцеватых почвах в верхнем горизонте преобладают эвтрофы, книзу их количество снижается; в солонцах преобладают олиготрофы. Процессы нитрификации активно протекают только в незасоленных горизонтах.

Анализ полученных материалов и литературных источников приводит к заключению, что в последние 20-30 лет антропогенное воздействие на немелиорированные солонцовые почвы в зонах Полесья и Лесостепи проявилось менее значительно, чем на юге, так как в первом случае не было широкого орошения.

В целом, за исключением искусственно подтопленных в результате строительства каскада днепровских водохранилищ земель, в зоне Лесостепи солонцеобразование продолжает развиваться по-прежнему в гидроморфных и полугидроморфных условиях. Результаты опытов по комплексной мелиорации таких земель будут рассмотрены ниже. В Степи в связи с широкой ирригацией условия почвообразования и сами почвы претерпели большие изменения, о чем сказано во второй части очерка. Отметим некоторые результаты исследований в зоне Степи, которые проводились с целью освоения солонцовых и засоленных почв под древесные и плодовые насаждения.

Е.С.Мигунова (Украинский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации) изучила лесопригодность засоленных почв, в том числе солонцовых. Как известно, такие почвы характеризуются крайне неблагоприятными лесорастительными свойствами, многие из них полностью нелесопригодны. В процессе многолетних исследований были установлены основные причины, обусловливающие угнетение древесной растительности на этих почвах. Такими являются: близкое залегание токсичных количеств легкорастворимых солей, прежде всего хлоридов и соды, и острый дефицит влаги, вследствие неудовлетворительных водно-физических свойств солонцеватых горизонтов.

Разработана классификация почв по степени засоленности с учетом уровня их водообеспеченности, позволяющая прогнозировать условия роста на них деревьев и кустарников разной степени солевыносливости (Мигунова Е.С., 1978). По этому показателю деревья и кустарники подразделены на семь групп: от наиболее солеустойчивых (тамариксы) до очень слабо солевыносливых (орех грецкий) и несолевыносливых (ель, липа и др).

Агротехника выращивания лесонасаждений на слабозасоленных почвах должна быть направлена прежде всего на накопление влаги (глубокая вспашка, парование, редкое размещение посадочных мест, длительный систематический уход за посадками). Мелиорации сильнозасоленных почв для целей лесоразведения очень сложны в связи с необходимостью обеспечить рассоление не менее 1,2-1,5-метровой толщи почвогрунта, нужной для устойчивого роста древесной растительности. Приемами такой мелиорации являются траншейный способ частичной замены почвогрунта в посадочных траншеях и методы плотного мульчирования и засыпки солончаковых почв песком для прерывания капиллярного подъема солей. Положительным опытом

применения приема коренной мелиорации приморских солончаков является территория санатория «Бердянск», на которой в 1930 г. была осуществлена подсыпка песка слоем от 20-30 до 80-100 *см* и создан парк. За прошедшие годы минерализация грунтовых вод снизилась с 40-45 *г/л* до 20-25 *г/л* в 1950 г., до 6-8 *г/л* в 1993 г. (Мигунова Е.С., 1995). Коренным образом проблему создания лесонасаждений на почвах разной степени засоленности решает орошение, осуществляемое при необходимости на фоне искусственного дренажа.

В 60-90-е годы В.Ф. Иванов (Государственный Никитский ботанический сад) изучал почвы сухой Степи для определения степени пригодности их под плодовые культуры. Проведены глубокие исследования свойств и состава степных, лугово-степных и луговых почв и комплексов, изучено влияние уровня и минерализации грунтовых вод, химизма и степени засоления на состояние плодовых деревьев и развитие их корневой системы. Была определена сравнительная устойчивость сортов плодовых культур к условиям засоленных почв. Автор разработал принципы оценки пригодности почв юга Украины для выращивания плодовых культур, что в целом способствовало продвижению плодоводства в районы засоленных и солонцовых почв, повышению урожайности плодовых культур. Результаты многолетних исследований
В.Ф. Иванов изложил в книге «Почва и плодовые растения» (1986), которая по широте рассмотрения вопроса, разносторонности и глубине исследований в степной зоне является одной из ценнейших работ в данной области знаний.

1.4.3. Результаты новых опытов по мелиорации солонцовых почв и вопросы экологии

В 60-80-е годы наряду с внедрением гипсования и плантажной вспашки стали закладываться новые опыты с целью освоения малоизученных районов солонцовых почв. Изучались комплексные приемы, сочетание химической и гидротехнической мелиорации в неорошаемых условиях, новые способы внесения гипса вместе с водой, новые мелиоранты, перспективные приемы обработки солончаковатых солонцов в поймах малых рек и др. Наступил новый этап в развитии мелиорации солонцовых почв. Рассмотрим результаты этих исследований.

В северной Лесостепи в Барышевском районе Киевской области возле села Бзов Украинский НИИ земледелия (Власюк И.А., Грабовский Н.П. и др.) заложили опыт по мелиорации содовозасоленных солонцов, на котором впервые изучалась химическая мелиорация на фоне горизонтального дренажа в неорошаемых условиях. На участке был построен горизонтальный гончарный дренаж глубиной 1,2 *м* с

междренным расстоянием 8-12 *м*. Изучалось действие разных доз гипса в сочетании с минеральными и органическими удобрениями в четырехпольном севообороте на содовозасоленных солончаковатых солонцах.

Исследования показали (Грабовский Н.П., 1984), что в результате усиления дренированности территории минерализация грунтовых вод снизилась с 5-6 до 1,5-2 *г/л.* Среднегодовой вынос солей составил 1 *т/га*, а на фоне гипса - 4 *т/га.* Во влажные годы отмечалось заметное рассоление почв, однако глубина закладки дрен оказалась недостаточной, в засушливые годы происходило подтягивание солей к поверхности, хотя в целом за две ротации севооборота количество солей в почвах уменьшилось. Заметно снизилась величина щелочности, величина pH с 10 упала до 7,6.

Под влиянием комплексной мелиорации возросла сумма поглощенных оснований, содержание кальция достигло 45% от суммы катионов. Улучшились водно-физические свойства, повысилось содержание подвижных питательных веществ. Урожайность сельскохозяйственных культур значительно возросла. Так, во второй ротации севооборота на варианте с внесением 10 т/*га* гипса, 20 т/*га* навоза, 10 т/*га* азотного и 5 т/*га* фосфорного удобрения урожайность сахарной свеклы составила 363 *ц/га* против 155 *ц/га* на контрольной делянке, озимой пшеницы соответственно - 26,2 против 5,6 *ц/га*, белого донника на силос -256 *ц/га* против 106 *ц/га*.

На этом стационаре было также изучено влияние кислования содовых солонцов, которое ранее применялось в Армении в орошаемых условиях и дало положительный результат (Агабабян В.Г., 1970). На Барышевском стационаре в условиях микроделяночного опыта в почву вносили техническую концентрированную (гидролизную) серную кислоту в неорошаемых условиях. Было установлено снижение величины pH на 1-1,7, уменьшение содержания поглощенного натрия с 31,7 до 7,8% от суммы оснований в слое 0-10 *см*. В результате трехлетнего действия кислоты содовый солонец превратился в слабосолонцеватую почву. Однако, по данным А.Д. Михновской (1984), кислование привело к уменьшению в почвах эвтрофной микрофлоры, что свидетельствует о неблагоприятных условиях для ее развития, и увеличению доли олиготрофов.

Результаты опытов на Барышевском солонцовом стационаре показали, что окультуривание содово-солончаковых солонцов достигается путем применения комплекса гидротехнических, мелиоративных и агротехнических приемов. Гипс, внесенный в сухом виде в неорошаемых условиях, действует медленно. Действие серной кислоты на почву более быстрое, но длительность ее положительного влияния и воздействие на биохимические процессы недостаточно изучены.

В Киевской области (Переяслав-Хмельницкий район, колхоз им. Ватутина) в пойме р. Броварки был заложен опыт Украинским институтом инженеров водного хозяйства (Потоцкий Н.Г., Лазарчук Н.А., 1975, Лазарчук Н.А., 1984). В связи с близостью грунтовых вод и засоленностью почв земли здесь не распахиваются, а отводятся под выпас. Грунтовые воды залегают близко (0,5-1,5 *м*), минерализация их небольшая (1 *г/л*), в составе солей преобладает двууглекислая сода. Почвенный покров представлен преимущественно черноземно-луговыми поверхностно-солонцеватыми почвами в комплексе с солонцами корковыми солончаковыми (10-25%). Опыт представлял интерес потому, что здесь впервые в Лесостепи внесение гипса производилось вместе с поливной водой в условиях местного орошения и на фоне дренажа.

В опыте изучалось действие дождевания и внесения гипса, как в сухом виде, так и вместе с поливной водой. Были высеяны солеустойчивые травы - донник белый, суданская трава. За три года наблюдений статистически достоверно снизилось содержание соды в метровом слое почвы на всех вариантах с гипсованием, особенно при сочетании гипсования с орошением.

Заметные изменения в составе и количестве солей, в поглощающем комплексе, водно-физических свойствах почв произошли при применении полного комплекса мелиоративных мероприятий: дренажа, мелиоративной обработки, химической мелиорации и искусственного увлажнения. На таких вариантах содовый солонец превратился в слабосолонцеватую почву. Урожайность зеленой массы белого донника была максимальной – 373-417 *ц/га* против 118 *ц/га* на контроле. Исследователи сделали вывод, что внесение гипса вместе с поливной водой экономически выгодно. За семь лет была достигнута окупаемость капиталовложений в мелиорацию.

В южной Лесостепи на левобережье Днепра есть много мелких рек, в поймах которых развиваются солонцовые почвы с близким залеганием грунтовых вод (0,5-1,5 *м*). Высокая засоленность почв обусловливает нецелесообразность распашки, их используют как сенокосы и низкопродуктивные пастбища. В 1961 г. Полтавской областной сельскохозяйственной опытной станцией (Чапко П.М.) на двух таких участках были заложены опыты с целью разработки приемов повышения плодородия пойменных солонцовых почв. На одном участке в пойме р. Хорол построена государственная сеть дренажных каналов глубиной 0,8-1,9 *м* с расстоянием между ними 200-800 *м*. Уровень грунтовых вод на участке 1,7-2,5 *м*, минерализация -15 *г/л*, химический состав - содово-хлоридно-сульфатный. Второй участок находится в пойме р. Грузки. Грунтовые воды на нем залегают на глубине 1-1,5 *м*, минерализация их -2,2 *г/л*, засоление - содово-хлоридно-сульфатно-натриевое.

Среди вариантов опытов были: внесение фосфогипса, однопроцентной азотной кислоты, различные приемы обработки почв, внесение минеральных удобрений и подбор высокоурожайных соле- и солонцеустойчивых культур. В исследованиях П.М.Чапко (1984) установил, что на недренированной территории с близким (1-1,5 *м*) уровнем грунтовых вод в богарных условиях фосфогипс не оказал положительного действия на почвы. Продукты обмена между фосфогипсом и поглощающим комплексом практически не выносились из почвы, чему препятствовали близко залегающие грунтовые воды. Отвальная вспашка таких почв вызывала еще большее засоление. Только безотвальная обработка способствовала некоторому улучшению условий развития растений, но не коренной мелиорации солонцов.

В условиях несколько лучшей дренированности (первый участок) химическая мелиорация оказала положительное действие на химические, физико-химические и водно-физические свойства почв и развитие растений. Урожайность многолетних трав при внесении фосфогипса в дозе 8 *т/га* возросла с 121 до 131 *ц/га*. Примерно так же она увеличилась и при внесении в почву однопроцентного раствора азотной кислоты. Однако в последнем случае в верхнем слое почв на 25% снижалась его биогенность.

Изучение разных видов соле- и солонцеустойчивых сельскохозяйственных культур показало, что лучшими на пойменных засоленных почвах были сахарная и кормовая свекла, сорго сахарное, донник белый, просо, суданская трава и люцерна.

В зоне сухой Степи Украины опыты по окультуриванию солонцовых почв на степных комплексах с глубоким залеганием грунтовых вод были заложены, как говорилось выше, на Генической опытной станции в 1954 г. С.П. Семеновой-Забродиной. В дальнейшем наблюдения за ними длительное время продолжали сотрудники станции и Всесоюзного НИИ кукурузы - З.А. Неред, Н.М. Лаврентьев, Ю.Е. Кизяков и др. Среди вариантов опыта были: вспашка на глубину 22 *см* (контроль), полуплантажная вспашка на глубину 40 см, плантажная вспашка на глубину 60 *см*, гипс 4 т*/га* по обычной вспашке, вспашка на 20 *см* с постепенным углублением до 30 и 40 *см* с внесением по 4 т*/га* гипса каждый раз, т.е. всего 12 т*/га*.

Результаты исследований опубликованы в ряде статей Н.М. Лаврентьева и Ю.Е. Кизякова. По данным Н.М. Лаврентьева (1984), за длительный период наблюдений произошли изменения состава и особенно свойств почв. Автор пришел к заключению, что в условиях неорошаемого земледелия наилучшим приемом повышения плодородия солонцов и солонцеватых почв Херсонского Присивашья была плантажная вспашка, отличающаяся очень большой длительностью положительного последействия (более 15 лет). Прекращение ее положительного влияния автором не зафиксировано и позже.

Плантажная вспашка способствует резкому улучшению физических, водно-физических и других свойств почв, получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Полуплантажная вспашка на глубину 40 *см* не обеспечивает улучшения свойств солонцовых почв, иллювиальный горизонт снова восстанавливается и оказывает негативное влияние на их плодородие. По мнению Ю.Е. Кизякова (1970, 1985), глубокий плантаж и дробное гипсование (по 4 т/*га* три раза при разноглубинной вспашке, всего 12 т/*га*) как приемы мелиорации автоморфных малонатриевых солонцов в богарном земледелии позволяют полностью устранить процесс солонцеобразования и создать новые антропогенные почвы.

Кафедра почвоведения Херсонского сельскохозяйственного института (Золотун В.П., Кухтеева К.М.) поставила задачу установить длительность положительного последействия мелиоративной плантажной вспашки. С этой целью были изучены почвы, подвергшиеся плантажированию в Каланчакском районе Херсонской области в прежние годы в производственных условиях, а также в опытах кафедры почвоведения.

В процессе исследований было установлено (Кухтеева К.М., 1976), что на малонатриевых солонцах Херсонской области плантажная вспашка на глубину 58-60 *см* обеспечивает вовлечение в мощный пахотный слой до 8-12 т/*га* гипса и до 30 т/*га* карбоната кальция. При этом устраняется морфологическая и гранулометрическая дифференциация почвенного профиля. Солонцовый горизонт не реставрируется даже в почвах, подвергавшихся плантажной вспашке 20 лет назад.

Плантаж способствует значительному улучшению физических и физико-химических свойств почв. Увеличивается содержание поглощенного кальция, уменьшается количество обменного магния и натрия, возрастает емкость обмена. Происходит миграция солей в глубокие горизонты. Самый высокий эффект обнаруживается на солонцах. Урожайность зерновых и кормовых культур повышается на них в среднем на 51% в первые 6 лет и на 35% в течение 20-летнего последействия.

При внесении органических и минеральных удобрений положительная экономическая эффективность в течение 20 лет составляла в среднем 51,6 рубля (в ценах 1960-70 гг.) дополнительного чистого дохода на 1 *га* в год. Вспашка на меньшую глубину – 43-47 *см* - уступает глубокой (55-60 *см*). На вторично засоляющихся солонцовых почвах она еще менее эффективна. Данные К.М. Кухтеевой интересны и в отношении доказательства длительного положительного последействия мелиоративной плантажной вспашки. Они подтверждают выводы, полученные в опытах Генической опытной станции (Лаврентьев Н.М., Кизяков Ю.Е. и др.) и УНИИПА в Крыму.

В связи с сокращением на Украине производства плантажных плугов возникла необходимость в замене их другими сельскохозяйственными орудиями республиканского производства. С этой целью в 1980 г. лаборатория мелиорации УНИИПА совместно с Украинским НИИ меха-

низации и электрификации сельского хозяйства (УНИИМЭСХ) в совхозе «Переможець» Акимовского района Запорожской области заложила опыт. В нем были использованы машины конструкции УНИИМЭСХ, а также другие, предназначенные для обработки земель. Целью такого испытания стало выявление машин, перспективных для использования в мелиоративных целях. Опыты велись на темно-каштановых солонцеватых почвах.

Как показали наблюдения за составом и свойствами обработанных почв, к перспективным следует отнести плоскорез-щелеватель (ПЩН-2,5) и плоскорез-удобритель (КПУ-2,2), которые обеспечивают разрыхление почвы на глубину 60-65 *см* и внесение гипса в иллювиальный горизонт. Кроме того, перспективным оказалось комбинированное орудие РКС-2, разрушающее иллювиальный горизонт и смешивающее его с карбонатным горизонтом самой почвы (Новикова А.В., Мамонтова Е.Г., Гаврилович Н.Е., Гуков Я.С. и др., 1986).

Как известно, основная цель мелиорации солонцов состоит в создании окультуренных высокоплодородных почв с гомогенным мощным слоем, в котором обеспечиваются оптимальные водный, воздушный, питательный и другие режимы, химические и водно-физические свойства, способствующие получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Для создания новой мелиоративной техники, обеспечивающей повышение плодородия солонцов, конструкторам потребовались данные об оптимальных параметрах окультуренных солонцовых почв.

С этой целью лаборатория мелиорации УНИИПА провела специальные исследования в ряде хозяйств Херсонской и Крымской областей на полях с темно-каштановыми солонцеватыми почвами и солонцами, где в прежние годы был поднят плантаж, а в период обследования произрастала озимая пшеница. Были выделены участки с разным состоянием растений, проведен дробный учет урожая в 10-кратной повторности, а на скошенных площадках отобраны послойно образцы почв. В лаборатории определены состав и свойства почв (количество и химический состав водорастворимых солей, поглощенные основания, гумус, питательные вещества и другие). С помощью корреляционного метода анализа определялась теснота связи между показателями состава и свойств почв и величиной урожая. Используя данные, полученные на обследованных участках, а также на стационарах по мелиорации солонцов, и результаты некоторых дополнительных исследований, были выделены диагностические показатели окультуренных методом плантажной вспашки солонцовых почв, установлена разная степень окультуренности и предложены некоторые оптимальные параметры окультуренных солонцеватых почв (Новикова А.В., 1987).

Лаборатория мелиорации УНИИПА в период 60-90-х годов заложила также и другие опыты на солонцовых почвах, связанные с устранением солонцеватости, борьбой с вторичным засолением и осолонцеванием

при орошении. Результаты их, как и исследования других научно-исследовательских учреждений, будут освещены во второй части очерка.

Заканчивая первую часть очерка, приходим к следующему заключению. Развитие науки о засоленных и солонцовых почвах отражало свое время, социальные и экономические условия. Начиная с первых единичных исследований, оно получило систематический характер, определяемый и направляемый государственными задачами, связанными с удовлетворением растущей потребности населения в продуктах питания.

Развитие науки о засоленных и солонцовых почвах проходило, как и во многих других областях знаний, неравномерно. Первые представления были часто противоречивыми, позже они становились упорядоченными, дополнялись последующими глубокими исследованиями, переросли в стройную систему знаний о природе засоленных и солонцовых почв. Главный фундамент учения был заложен К.К. Гедройцем, А.Н. Соколовским, затем оно совершенствовалось, углублялось на основании исследований большого коллектива ученых - В.А. Ковды, И.Н. Антипова-Каратаева, Г.Н. Самбура, Г.С. Гриня, А.М. Можейко, А.М. Гринченко, С.П. Семеновой-Забродиной. В Украине период наибольшего подъема этой отрасли науки приходится на 60-80-е годы, когда стало разворачиваться внедрение в сельскохозяйственное производство гипсования и плантажной вспашки солонцовых почв, тогда же усилилось изучение свойств и режимов, протекающих в таких почвах в богарных и особенно в орошаемых условиях. Применение новых методов исследований: определения термодинамических показателей (активности ионов, их соотношения), пламенно-фотометрического, рентген-дифрактометрического и других методов позволило усовершенствовать диагностику современных почвенных процессов, установить новые показатели, характеризующие со-лонцеватость и засоленность. Были разработаны градации степени солонцеватости по соотношению активностей натрия и кальция, степени физической солонцеватости по иллювиированности профиля, степени токсической засоленности по активности ионов натрия и др.

Параллельно с внедрением традиционных методов мелиорации стали разрабатываться новые, более совершенные методы - сочетание химической мелиорации с гидротехнической (Власюк И. А., Грабовский Н.П.), новый способ внесения гипса вместе с водой (Лазарчук Н.А., Болдырев, Борькин А.И.), новые химические мелиоранты, создание специальной машины для подачи суспензии гипса при поливах (Борькин А.И.), метод безотвальной обработки и подбор высокоурожайных солевыносливых сельскохозяйственных растений для освоения солончаковатых солонцов (Чапко П.М.). Кроме того, была установлена возможность проведения мелиоративной обработки в Украине ярусным плугом ПТН-40 (Новикова А.В., Пятакова А.М.), обработки почв орудиями конструкции

УНИИМЭСХ и других организаций - ПЩН-2,5, КПУ-2,2 и РКС-2,2 (Гуков Я.С., Нагорный, Новикова А.В., Гаврилович Н.Е. и др).

Однако уровень развития науки в XX веке таков, что существующим приемам мелиорации еще не под силу коренным образом изменить почвообразование, ликвидировать солонцовый процесс. Пока это достижимо только на степных и лугово-степных солонцовых почвах с помощью глубокой мелиоративной вспашки лишь при условии точного соблюдения рекомендаций (учет глубины залегания грунтовых вод, глубины карбонатного и гипсового горизонтов и др.)

Гипсование является важным средством химической мелиорации солонцовых почв, о чем можно судить по величине урожая сельскохозяйственных культур и разработанным нормативам его прибавки от внесения гипса. При гипсовании заметно улучшаются агрофизические свойства, снижается щелочность, несколько уменьшается количество поглощенного натрия. Но почвенный профиль, расчлененный в ходе почвообразования на элювиальный и иллювиальный горизонты, сохраняется. Окультуривается лишь пахотный слой, в то время как большая часть иллювиального горизонта сохраняется без существенных изменений. Особенно трудно поддаются химической мелиорации луговые солонцы содового химизма, развивающиеся при постоянном капиллярном подпитывании снизу от близко залегающих грунтовых вод. В таких условиях требуется комплексная мелиорация с применением гидротехнических мероприятий (дренаж), что экономически не всегда оправдывается.

Возникает вопрос, какие негативные последствия может повлечь применение химической мелиорации и глубокой мелиоративной вспашки на окружающую природу, то есть каковы их агроэкологические последствия.

Химическая мелиорация солонцовых почв в государственном масштабе осуществляется с помощью внесения сыромолотого гипса или фосфогипса. Если первый совершенно безвреден, то второй содержит до 0,3% фтора, частое повторное внесение его, особенно в больших дозах, может вызвать накопление фтора в почве и в растениях.

По имеющимся данным исследований лаборатории мелиорации УНИИПА (Гаврилович Н.Е.), в гипсованных почвах Крымского Присивашья, а также в выращиваемой сельскохозяйственной продукции (картофель) не было обнаружено токсичного содержания фтора. Однако нужны дальнейшие исследования на участках с частым внесением больших доз фосфогипса.

Как отмечает И.Н. Любимова (1996), мелиорация солонцов оказывает положительное влияние на экологию самих почв, поскольку способствует рассолению мелиорируемого пахотного горизонта. Вместе с тем, соли передвигаются не только вниз по профилю, но и отжимаются в

стороны с накоплением их в рядом расположенных немелиорируемых почвах. Следовательно, мелиорация солонцов может оказывать и некоторые негативные последствия на прилегающие массивы почв.

Применение концентрированной технической серной кислоты, которая в порядке пробного испытания изучалась в опытах Украинского института земледелия (Грабовский Н.П., Мельник К.К.), как говорилось выше, вызвало угнетение микрофлоры, хотя и ускорило рассолонцевание почв. Концентрированная кислота может привести к сгоранию части органики, а потому ухудшить экологию самой мелиорированной почвы (вопрос нуждается в уточнении).

Негативное воздействие на солонцовые почвы другого метода мелиорации - плантажной вспашки - возможно лишь при несоблюдении рекомендаций по ее проведению, в результате чего наверх могут выноситься часть иллювиального горизонта или токсичные соли, происходит усиление солонцеватости и засоленности с поверхности, вследствие чего ухудшается экология мелиорируемой почвы.

ЧАСТЬ 2

Изучение изменений свойств солонцовых почв под влиянием орошения, экологические последствия широкой ирригации, меры предупреждения и борьбы с ними

2.1. Этапы строительства ирригационных систем и их качество. Некоторые особенности природных условий Причерноморья

На протяжении многих веков передовые умы человечества вынашивали идею о введении орошения в южных районах Украины, Заволжья, Северного Кавказа, Молдавии и в других регионах.

Ирригация, химическая мелиорация, химизация и механизация могли способствовать интенсификации сельского хозяйства этих регионов с целью удовлетворения возрастающих потребностей населения в продуктах питания, а промышленности - в сырье. Но решать комплексно такие грандиозные задачи в довоенное время (30-е годы) наша страна еще не была готова. Лишь в послевоенные, 50-е годы, проектирование и строительство крупных оросительных систем в южных районах Советского Союза, в том числе и на Украине, стало реальностью.

В соответствии с правительственными постановлениями намечалось орошение прежде всего почв сухой и южной Степи Украины. Почти все почвогрунты юга Украины (в большей или меньшей степени) солонцеваты и засолены, поэтому вопрос об экологических последствиях орошения в этой зоне был очень актуальным.

На начальном этапе проектирования ирригационных систем предстояло установить влияние поливов на почвы имеющихся участков местного орошения, изучить природные условия территории для отбора земель под широкую ирригацию. Затем, по мере введения в строй и эксплуатацию новых крупных оросительных систем, возникла необходимость установить закономерности изменения гидрогеолого-мелиоративных условий и почвенных процессов в зоне орошения.

Со временем, когда после строительства первой очереди оросительных систем резко ухудшилась экологическая обстановка, потребовалось строительство коллекторно-дренажной сети. Был необходим прогноз возможного изменения положения грунтовых вод и засоления почв. Рассмотрение названных и других, связанных с орошением вопросов в исторической последовательности является предметом данной части очерка.

До начала широкой ирригации обследования некоторых участков местного орошения пресной водой были редкими и сводились к следующему.

В совхозе «Огородный гигант» Херсонской области И.Н. Антипов-Каратаев и В.Н. Филиппова (1955) обнаружили, что 17-летнее орошение темно-каштановых почв на относительно хорошо дренированных территориях привело к выщелачиванию солей ниже 300 *см*. В солонцах заметных изменений не произошло, соли по-прежнему располагались в пределах от 80 до 400 *см*.

В Херсонской области Г.Я. Чесняк (1959) установил, что под влиянием поливов в темно-каштановых почвах с глубиной залегания грунтовых вод 8-10 *м* происходит выщелачивание солей. Однако, при более близком залегании грунтовых вод (2-4 *м*) наблюдается пульсация процессов миграции солей: в период поливов соли выносятся вниз, а в послеполивной сухой период снова поднимаются вверх.

Г.Н. Самбур, Х.С. Спивак, С.М. Юник (1955) на участке местного орошения в Херсонской области установили, что в солонцах соли в горизонте их аккумуляции растворяются и подтягиваются наверх. Поэтому авторы пришли к заключению, что массовое орошение должно сопровождаться вторичным засолением за счет подъема солей самой почвы.

К.Э. Бурзи с сотрудниками (1968, 1970) также обнаружили, что орошение приводит к размыванию солевого горизонта в солонцах.

А.И. Гуменюк (1957) на основании изучения действия орошения пресной водой из артезианской скважины на темно-каштановые и другие почвы пришел к выводу, что при широкой ирригации возможно развитие вторичного засоления, причиной которого будут минерализованные грунтовые воды.

Таким образом, изучение опыта орошения из местных водоисточников на небольших участках показало, что орошение вызывает

опреснение темно-каштановых почв, размывание солевых горизонтов и подтягивание водорастворимых солей при неглубоком залегании грунтовых вод. В связи с чем встал вопрос о выборе участков для орошения с учетом природных условий и свойств почв.

На основании имевшихся к тому времени материалов делалась попытка предварительно оценить пригодность земель для широкого орошения с учетом галогенеза и характера распространения солей в почвогрунтах (Гринь Г.С.), условий почвообразования и свойств почв (Самбур Г.Н.), гидрогеологических условий, засоленности почв (Буданов М.Ф.).

Вплотную разработкой критериев оценки пригодности земель для орошения по заданию Министерства мелиорации и водного хозяйства УССР занимались гидрогеологи и почвоведы ряда научных и производственных организаций. Выше (в разделе, посвященном крымскому периоду исследований солонцовых почв), было отмечено, что В.П. Гусев и др. брали в расчет при этом особенности почв и гидрогеологические условия, А.В. Новикова - водно-солевой режим, опасность появления вторичного засоления. А.В. Новиковой была составлена карта мелиоративного районирования степного Крыма с учетом степени пригодности почв к орошению.

По заданию Минводхоза УССР лаборатория физики почв УНИИПА (Гаврик П.А., Медведев В.В., Назарова Д.И., Лавровский А.Б.) еще до начала орошения начала изучать водно-физические свойства почв Степи и Лесостепи. Был получен чрезвычайно ценный материал по характеристике водно-физических свойств разных типов и видов почв, на основании которого определены поливные нормы. Результаты исследований опубликованы в ряде статей (Гаврик П.А., Медведев В.В. и др. 1964, 1967-1973) и представлены в Справочнике агрофизических свойств почв Степи и Лесостепи (1981), кроме того, была изготовлена серия обзорных картосхем водно-физических свойств почв. Все материалы переданы в Укргипроводхоз для использования при проектировании и реконструкции оросительных систем.

Развитие орошения в Украине имело свои особенности. Если до революции площадь орошаемых земель составляла всего 17 *тыс. га* (преимущественно в Крыму), к довоенному периоду увеличилась до 78 *тыс. га*, то уже к 1965 г. она возросла до 650 *тыс. га*, а к 1990 г. составила 2,6 *млн га* (Коваленко П.И., Собко А.А., Калантаренко И.И. и др., 1990).

Уровень проектирования и строительства оросительных систем соответствовал тому времени, в котором оно велось. Первые шаги совпали с труднейшим периодом восстановления народного хозяйства после Великой Отечественной войны. Недоставало средств, материалов. Не было опыта проектирования и строительства гидросооружений

крупного масштаба. Отсутствовал и опыт эксплуатации оросительных систем на больших площадях.

Рассматривая историю развития широкой ирригации в Украине, Б.И. Стрелец и П.И. Коваленко (1977) выделили три следующие этапа. Первый – 1950-1960 гг. - характеризовался строительством каналов без противофильтрационной облицовки и без коллекторно-дренажной сети. Орошение велось на низком техническом уровне, преимущественно по бороздам. Тогда были построены 'оросительные системы - Ингулецкая, Краснознаменная, Каменская и более мелкие. На втором этапе – 1961-1970 гг. - началось строительство оросительных систем более высокого качества, магистральные каналы стали сооружать с противофильтрационным покрытием, межхозяйственная и внутрихозяйственная оросительные сети выполнялись из железобетонных лотков, предусматривалась и строилась коллекторно-дренажная сеть. Основным способом орошения стало дождевание. Наиболее крупными системами, введенными в эксплуатацию в тот период, были Северо-Крымская, первая очередь Фрунзенской и Татарбунарская. Сооружались системы закрытого типа. С 1970 г. начался третий этап строительства ирригационных сооружений с созданием высокотехнических оросительных систем, применением широкозахватной оросительной техники, устройством высоконапорной закрытой оросительной сети, автоматизацией водораспределения, саморегулированием подачи воды на поля (Каховская, Фрунзенская, Днепр-Донбасс и другие оросительные системы).

Одновременно осуществлялась реконструкция оросительной сети, сооруженной на самых первых государственных системах, ввиду резкого ухудшения гидромелиоративной обстановки (подтопление, заболачивание и т.п.).

Помимо недостатков, связанных с проектированием и строительством оросительных систем, большая интенсивность воздействия оросительных мелиораций на экологическую обстановку в значительной степени обусловлена естественно-историческими условиями - климатом, степенью естественной дренированности, качеством применяемых для полива вод.

Оросительные системы на юге Украины расположены в зонах сухой и южной Степи. Климат сухой Степи отличается высокими показателями температуры и испаряемости в летний период, что способствует большой интенсивности солепроявления в почвах и грунтовых водах зоны. Естественная дренированность территорий, где расположены оросительные системы, неодинакова в указанных зонах. В сухой Степи, в приосевой части Причерноморской впадины, условия дренированности значительно хуже, чем на более высоких равнинах Причерноморья в южной Степи. Поэтому воздействие оросительной мели-

орации должно было проявиться сильнее в зоне сухой Степи на самых первых оросительных системах, расположенных на территориях с низкой естественной дренированностью.

Качество оросительных вод в свою очередь оказывало сильное воздействие на почвы. Для орошения в зоне сухой Степи на государственных оросительных системах использовались воды Днепра, собранные в каскаде его водохранилищ (Каховское, Днепродзержинское, Кременчугское и др.). Эти воды имели хорошие показатели по минерализации и составу, особенно в начале ирригации, и пригодны для орошения. В зоне южной Степи для орошения применялись не только воды Днепра, Дуная, Днестра, но и озер-лиманов (Сасык, Китай и др.). Если вода Днепра пригодна почти по всем показателям, то вода Днестра и Дуная имела определенные ограничения. По данным Одесской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции (Баер Р. А.), за последние 10 лет даже в воде Днепра в 1,5 раза возросли минерализация, жесткость, количество хлора, пестицидов. Допустимые пределы содержания оказались превышенными по меди в 10-100 раз, цинку - в 20, свинцу - в 6, нефтепродуктам - в 10 раз. Воды озер-лиманов Сасык, Китай, Ялпуг по минерализации, соотношению натрия и кальция, величине pH непригодны для орошения без специальной подготовки. Водообмен озер-лиманов с водой Дуная (Дунай-Днестровская оросительная система в Одесской обл.) совершается недостаточно интенсивно, поэтому их вода ограничено пригодна для орошения.

С учетом сказанного, на темно-каштановые солонцеватые почвы крупных оросительных систем должны были оказывать воздействие воды преимущественно хорошего качества (за исключением некоторых местных условий, где применяются воды малых рек и прудов или где в оросительную воду сбрасываются промышленные стоки), а на черноземы - воды разного качества, в том числе малопригодные для орошения. Поразному должны были реагировать на орошение и сами почвы. Солонцовые темно-каштановые почвы сухой Степи ранее уже испытали негативные изменения под влиянием галоморфизма, а черноземы только с орошением водой повышенной минерализации начали испытывать его воздействие, оказавшись более уязвимыми.

Минводхоз УССР привлек различные научные и производственные учреждения к исследованиям по тематике, связанной с орошением. Создавались новые опытные станции, институты. В работах принимали участие Украинский НИИ гидротехники и мелиорации, Украинский институт инженеров водного хозяйства, Украинский НИИ орошаемого земледелия, Украинский НИИ почвоведения и агрохимии, Одесский государственный университет, кафедры учебных заведений почвенного и сельскохозяйственного профиля Украины и России (МГУ и др.).

Примерно с 1960 г. тематика исследований в УНИИПА, в частности в лаборатории мелиорации, значительно изменилась. Собственно солонцовая проблематика была сокращена, предпочтение отдавалось вопросам, связанным с широкой ирригацией, а финансирование их велось преимущественно на хоздоговорных началах. По заказу Минводхоза УССР и Укргипроводхоза УНИИПА был привлечен к обоснованию проектов орошения и реконструкции старых систем, в связи с чем лаборатория мелиорации УНИИПА организовала ряд стационаров в зонах Краснознаменского и Северо-Крымского массивов орошения. Здесь в течение ряда лет велись наблюдения за изменением гидромелиоративной обстановки и миграцией солей под влиянием орошения и искусственного дренирования с целью определения оптимальных параметров горизонтального дренажа. Лаборатория разрабатывала методы прогноза вторичного засоления для выбора участков под дренаж с составлением самих прогнозов, изучала приемы борьбы с вторичным засолением и осолонцеванием и способы окультуривания солонцовых почв при орошении.

Прежде чем перейти к рассмотрению результатов исследований по названным вопросам, остановимся кратко на проблеме борьбы с фильтрацией воды в каналах, поскольку все негативные последствия для экологической обстановки начинались именно с потерь воды на фильтрацию из каналов. Проблему исследовала лаборатория коллоидно-химической технологии УНИИПА.

2.2. Проблема борьбы с фильтрацией воды из каналов

При строительстве крупных ирригационных каналов, водохранилищ и различных водоемов-накопителей возникают трудности с фильтрацией воды и различных промышленных стоков. В мировой практике известны некоторые приемы предупреждения фильтрации: уплотнение, битуминизация, облицовка бетоном и т.д. Однако на первых каналах Украины, в связи с недостатком средств на более надежные, но дорогие способы, применялось только уплотнение. Учитывая, что значительная часть ложа Краснознаменского канала была проложена в песчаных или легкосуглинистых грунтах, становится понятным, что с наполнением канала водой фильтрация из него, как и из Каховского водохранилища, достигает огромных размеров, вызывая не только местное повышение уровня грунтовых вод, но и подтопление целых поселков (Новая Маячка, Подокалиновка и др.). Потому начались усиленные поиски иных способов борьбы с фильтрацией воды.

Один из них, основанный на физико-химических процессах взаимодействия катионов в грунтах, возник задолго до широкой ирригации и связан с именем А.Н. Соколовского. Еще в 1919-1924 гг. в серии опытов А.Н. Соколовский определил влияние отдельных катионов

на физико-химические свойства почв. Как и К.К. Гедройц, он установил, что при насыщении почвенно-поглощающего комплекса (ППК) натрием почвы приобретают повышенную дисперсность, пептизацию и набухание. Возникла идея использовать такое действие натрия для борьбы с фильтрацией.

В 1928 г. в статье «Колоїди замість бетону» ученый предлагал метод борьбы с фильтрацией путем искусственного осолонцевания грунтов. Н.К. Крупский (1940, 1945) продолжал разрабатывать эту тему и дал развернутое научное обоснование такому методу. Особое внимание он уделял карбонатности грунтов, которая может препятствовать процессу осолонцевания.

С организацией Украинского НИИ почвоведения (1956) впервые в подобных институтах создается лаборатория коллоидно-химической технологии, руководителем которой был Н.К. Крупский, затем А.Я. Демидиенко и в последние годы Г.М. Белоненко. Исследования велись в двух направлениях: изучение взаимодействия карбонатного грунта с поваренной солью в лабораторных условиях и проведение полевых опытов в одном из орошаемых хозяйств Херсонской области. Результаты исследований Н.К. Крупского и А.Я. Демидиенко (1960) сводятся к следующему.

Карбонатные грунты, с содержанием $CaCO_3$ около 8%, способны осолонцеваться при внесении поваренной соли около 4 *кг/м*^{2}. Процесс протекает в три этапа: растворение соли, взаимодействие с грунтом, развитие осолонцевания и, наконец, создание собственно солонцового экрана.

На втором этапе в ППК грунта внедряется натрий. При этом пористость снижается, растет дисперсность, пластичность, объемный вес. Образующийся экран снижает фильтрацию воды в несколько раз. Со временем пористость не увеличивается, хотя скорость фильтрации несколько повышается, оставаясь более низкой по сравнению с контролем. Для увеличения длительности последействия авторы предложили уплотнять осолонцованный грунт не сразу после внесения соли, а после осолонцевания.

Данные последующих наблюдений на осолонцованных каналах показали, что даже после 13-14 лет эксплуатации скорость фильтрации из них остается по-прежнему низкой. Однако были отмечены новые явления. В самой верхней части осолонцованного грунта величина обменного натрия значительно уменьшилась, приближаясь к контрольной. Значение электрокинетического потенциала снизилось. Вместе с тем накопились полуторные окислы (железа, алюминия), а также кремнекислоты. Увеличилась глинистость. Следовательно, сохранение антифильтрационных свойств на дальнейшей стадии эволюции осолонцованного грунта связано не с присутствием натрия, а с его последействием на фи-

зико-химические и химические свойства (Демидиенко А.Я., Ивашина А.Д., 1967, 1980). Авторы предложили конструкцию машины для внесения поваренной соли в ложе каналов. Однако из-за недостатка финансовых средств изготовление машин и широкое внедрение механизированного внесения соли не было осуществлено. А на втором этапе строительства ирригационных систем на юге Украины уже пошли по пути облицовки ложа каналов бетонным покрытием и сооружения бетонных лотков.

Другой важной проблемой, над которой работали сотрудники вышеназванной лаборатории, было предотвращение загрязнения дренажных вод гербицидами при выращивании риса. Установлено, что при затоплении рисового поля после обработки почв, посева риса и борьбы с сорняками с помощью гербицидов, остатки их поступают с фильтрующейся сквозь толщу почвогрунтов водой в коллекторно-дренажную сеть, а затем сбрасываются в Черное море, загрязняя его. Чтобы предотвратить вымывание гербицидов грунтово-ирригационными водами, лабораторией был разработан способ, позволяющий локализовать гербициды в пределах рисовых чеков (Белоненко Г.М., Ивашина А.Д. и др., 1976). Способ заключается в создании под корнеобитаемым слоем специальной прослойки (суглинок, обработанный гуматами натрия) толщиной не менее 10 см, которую укладывают на примыкающей к дрене части чека. Прослойка задерживает гербициды и их метаболиты, растворенные в фильтрующейся воде. Введение в пасту прослойки гумусовых веществ повышает биологическую активность грунта, в результате чего задержанные прослойкой гербициды разлагаются в течение одного вегетационного периода. Способ прошел опытную проверку на рисовых чеках в Херсонской области и Краснодарском крае, оказавшись эффективным.

Использование внутригрунтовых водонепроницаемых прослоек позволило в условиях полевого опыта выращивать затопляемый рис на Нижнеднепровских песках. А.Я. Демидиенко, А.Д. Ивашина, Е.Ф. Павленко (1970) провели модельный опыт и установили, что внутригрунтовая прослойка из осолонцованного грунта, уложенная на глубину 40, 50 и 60 *см* в толщу тонкозернистых песков резко снижает фильтрацию воды - с 700-1200 *см/сутки* до 0,5 *см/сутки*. В богарных условиях прослойка играет роль водоупора и способствует накоплению естественной влаги в почвах.

2.3. Экологические последствия первого этапа (7-10 лет) массового орошения в зонах Краснознаменской и Северо-Крымской оросительных систем

Краснознаменская оросительная система расположена на древней террасе-дельте Днепра. Оросительная сеть сначала была заложена

в земляном русле и лишь частично, после реконструкции, облицована плитами и оснащена лотками. Система введена в эксплуатацию в 1956-1960 гг.

Лаборатория мелиорации УНИИПА наблюдала за воздействием оросительных вод на почвы, начиная с 1959 г., в совхозах «Память Ильича» и «Приморский» Херсонской области. Эти хозяйства находятся в приморской части террасы-дельты Днепра. Абсолютные отметки местности снижаются к побережью Черного моря от 10 до 1 *м*.

В совхозе «Память Ильича» почвообразуюшие породы представлены легкосуглинистыми и супесчаными лессовидными отложениями, сменяемыми на глубине 1,5 *м* древнеаллювиальными песками. Грунтовые воды до орошения залегали на глубине 8 - 9 *м* на севере и до 1 *м* на юге. Почвенный покров представлен лугово-степными комплексами темно-каштановых почв и солонцов до 10%.

Основной массив почв характеризовался значительной опресненностью. Почвы восточной пониженной части с более тяжелым механическим составом содержали заметное количество солей (до 20-30 т/*га*) хлоридно-сульфатного типа. Магистральный канал проходил в легкосуглинистых и супесчаных грунтах.

Наблюдениями Каховской гидрогеологической экспедиции, располагавшей сетью наблюдательных скважин, было установлено, что с подачей в 1960 г. воды в канал в пределах данного хозяйства в первый же месяц уровень грунтовых вод поднялся на 1-2 *м* в полосе шириной 100 *м* от канала. Под каналом образовался водный купол высотой 6,5 *м* и шириной зоны влияния на грунтовые воды до 3 *км*. Исследования лаборатории (Новикова А.В., 1967; Ладных В.Я., Коваливнич П.Г., Новикова А.В., 1966; Ладных В.Я., 1967-1972) показали, что в первый год орошения в полосе шириной до 250 *м* от канала грунтовые воды поднялись на 3,4-3,6 *м*, а в течение последующих 5 лет - на 0,5 - 1 *м*.

Сезонный и многолетний режимы грунтовых вод определялись в основном режимом работы оросительной сети и вегетационными поливами. С достижением глубины 1,2-1,7 *м* от поверхности почвы подъем грунтовых вод несколько стабилизовался. Установилось некоторое равновесие за счет расхода воды на сток, испарение и транспирацию. Вблизи канала грунтовые воды опреснились с 2-5 до 0,2-0,7 *г/л*, состав их изменился, из гидрокарбонатно-натриевого и магниевого стал гидрокарбонатно-кальциевым. Но с удалением от канала на 300-600 *м* минерализация воды вследствие испарения из почвы повысилась до 1,2-1,6 *г/л*, а в подовых понижениях - до 2,8-6,9 *г/л* с преобладанием в составе солей хлоридов натрия и магния. В более минерализованных водах количество натрия достигало 66% от суммы катионов, что способствовало осолонцеванию почв. К концу шестого года орошения

(1967г.) произошло опреснение грунтовых вод на преобладающей более повышенной части массива орошения, представленного супесчаными и легкосуглинистыми почвогрунтами. В восточной подовой части минерализация грунтовых вод повысилась в связи с боковым притоком солей с вышележащей территории и расходом грунтовых вод на испарение и транспирацию.

В зависимости от механического состава почвогрунта почвенные растворы от грунтовых вод поднялись на высоту в супесчаных почвах до 70-120 *см*, в легко- и среднесуглинистых - до 2 *м* от поверхности почвы.

На преобладающей повышенной части орошаемого массива при глубине грунтовых вод 2-3 *м* и минерализации около 1 *г/л* в почвах не происходило накопление солей. В почвах пониженных участков мезорельефа, имевших более тяжелый механический состав, с более близким залеганием грунтовых вод и минерализацией до 4-6 *г/л* наблюдалось накопление солей в межполивные периоды и в конце летнего сезона. На некоторых пониженных участках на поверхности образовались выцветы солей. В составе солей помимо NaCl появились новые соли – $CaCl_2$, $CaSO_4$. В нижних горизонтах почв и в грунтовых водах была обнаружена нормальная сода. Образование среди вторичных солей хлористого кальция и сульфата кальция происходит вследствие обменных реакций между поднимающимися грунтовыми водами и поглощающим комплексом почв. Появление здесь соды можно объяснить как частичным поступлением ее из подземных вод, связанных с грунтовыми, так и процессом сульфатредукции в застойных грунтовых водах подовых понижений.

По данным В.Я. Ладных (1972), в результате нескольких лет орошения степень и типы засоленности почв изменились следующим образом. По-прежнему незасоленной осталась неорошаемая территория к северу от магистрального канала, а также западная возвышенная часть орошаемого массива. Вторичное засоление не отмечалось вблизи магистрального канала с опресненными почвами и почти пресными грунтовыми водами (ниже критической минерализации).

В орошаемых рассоляющихся почвах запасы солей во втором от поверхности метровом слое снизились до 5-20 т/*га*. В восточной пониженной части орошаемого массива, наоборот, сформировались вторично засоленные почвы. Содержание солей в горизонтах аккумуляции достигло 1-3,7 %, в том числе хлоридов до 1-2 %. Солевой состав стал хлоридно-сульфатным, натриево-кальциевым. До появления вторичного засоления преобладал гидрокарбонатный, в меньшей мере сульфатный состав солей.

На данном стационарном участке в 60-е годы был построен опытный горизонтальный дренаж с расстоянием между дренами 100,

150 и 300 *м* и глубиной заложения дрен 3 - 3,5 *м*, местами 2-2,5 *м* от поверхности. Влияние дренажа сказалось в первые же два года: подъем грунтовых вод остановился. Минерализация грунтовых вод снизилась с 3-5 *г/л* до 1-3 *г/л*. Средний вынос солей с дренажным стоком составил 3,6 т/*га* в год со всей дренируемой территории. Удалялись преимущественно хлориды натрия. Через 1-2 года работы дренажа почвы на большей части дренажного стационара стали незаселенными или слабозасоленными с содержанием солей в двухметровой толще не более 0,3%. Под влиянием поливов на фоне дренажа размылись горизонты аккумуляции солей, уменьшилось количество хлоридов.

В.Я. Ладных были изучены особенности водно-солевого режима почв при разных междренных расстояниях, размеры выноса солей, изменение их химизма и влияние на рост сельскохозяйственных растений. На основании исследований были даны конкретные рекомендации по мерам предупреждения подъема грунтовых вод и вторичного засоления почв. Оптимальные междренные расстояния для таких относительно легких почво-грунтов составили 150-300 *м*. Кроме того, было дано заключение по выбору глубины заложения дрен для разных по механическому составу грунтов, а также величины критических глубин и минерализации грунтовых вод.

Таким образом, работа сотрудников лаборатории мелиорации УНИИПА позволила показать воздействие крупных магистральных и внутрихозяйственных каналов, построенных без гидроизоляции на суглинистых и легкосуглинистых почвогрунтах, и влияние поливов на изменение гидрогеолого-мелиоративных условий и водно-солевого режима почв.

Были установлены существенные различия в солеобмене между почвами разного механического состава и грунтовыми водами. Определены также условия, при которых возникает вторичное засоление почв террасы-дельты Днепра, установлены размеры засоления и состав вторичных солей.

Помимо лаборатории мелиорации УНИИПА, в эти же годы на Краснознаменской оросительной системе проводили наблюдения научные и производственные организации - УНИИОЗ, УНИИГИМ, Каховская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция и другие. Особенно большой вклад в познание закономерностей изменения гидрогеологических и почвенно-солевых процессов внесли работы Каховской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции при научно-методическом руководстве В.Г. Ткачук. Располагая многочисленной стационарной сетью наблюдений за гидрогеологическими условиями В.Г. Ткачук, Р. А. Смирнов, Р. А. Баер, И.Б. Абрамов выявили ряд важных закономерностей по водообмену и засоленности почвогрунтов.

Исследованиями Брилевской опытной станции (Белякова Е.Т., 1962) установлено, что в первые годы орошения (1959-1961 гг.) грунтовые воды поднялись на 2-3 *м*, их минерализация возросла на 0,5-0,7 *г/л*. Причиной подъема грунтовых вод были как потери на инфильтрацию из Краснознаменского канала, межхозяйственных каналов, на полях при поливах, так и подпитывание снизу от увеличившегося напора неогеновых вод (Смирнов Р.А., Баер Р.А., 1965).

При мелиоративном обследовании, проведенном учеными УНИИОЗ (Бурзи К.Э. и др.), Каховской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции (Чернодоля Г.А., Сербин А.М., Абрамов И.Б.), Херсонской почвенной партии института Укрземпроект (Рябцева В.Ф. и др.), вторичное засоление было обнаружено во многих хозяйствах в зоне Краснознаменской оросительной системы. По данным Каховской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции (Абрамов И.Б.), площадь вторично засоленных почв уже в 1964 г. составляла 10 *тыс. га.*, а затем она удвоилась. В целом гидромелиоративная обстановка ухудшилась на 70% орошаемой площади. По наблюдению Укргипроводхоза (Чирва Ю. А.), на террасе-дельте Днепра более сильное понижение уровней грунтовых вод достигалось при устройстве вертикального дренажа (по сравнению с горизонтальным) вследствие откачки насосами больших объемов вод с глубины до 50 и более метров.

Оросительные системы Северного Крыма были построены позже - в 1962-1967 гг. и приурочены к плиоценовой террасе и равнинному плато. Впервые вода по Северо-Крымскому каналу поступила на Перекопский перешеек в октябре 1963 г., а с 1964 г. началось орошение.

Наблюдениями Крымской гидрогеолого-мелиора-тивной экспедиции (Ришес Е.А., 1967) установлено, что после заполнения первого отрезка канала под ним начал образовываться купол воды. В декабре 1964 г. в 100 *м* от канала уровни грунтовых вод повысились на 5-6 *м*, установившись на глубине 4,2-5,4 *м* от поверхности. Купол имел более крутые борта, гидродинамическое влияние его на грунтовые воды сказывалось на расстоянии 1 *км*.

В.Н.Ставицкий и И.А.Федосеева (1966) установили, что на повышенных элементах рельефа, где грунтовые воды залегали относительно глубоко, в результате орошения произошло опреснение их в пределах верхнего слоя воды. В местах пониженных, где грунтовые воды залегали близко (1,5-2*м*), произошло усиление их минерализации. Лишь возле канала, за счет фильтрации пресных вод и разбавления грунтовых, отмечалось опреснение.

В совхозе «Таврический» Красноперекопского района еще до начала орошения лаборатория мелиорации УНИИПА провела почвенное обследование и солевую съемку. Почвы были представлены темно-

каштановыми, лугово-каштановыми и солонцами. Земли этого хозяйства, расположенные на Перекопском перешейке, стали орошаться сразу же с пуском воды в магистральный канал. Повторное обследование земель хозяйства через пять лет орошения показало существенные изменения (Новикова А.В., Златина И.Г., Балюк С.А., 1973). Частые и неумеренные поливы при выращивании кукурузы вызвали изменение положения грунтовых вод. С глубины 7-8*м* они поднялись за 5 лет орошения и установились на глубине 1-3 *м* и ближе от поверхности почвы. Возле межхозяйственного распределителя, в полосе шириной 30-40 *м*, вода выступила на поверхность, появились болотные растения. Несколько дальше от канала, в полосе шириной 100-300 *м*, грунтовые воды залегали на глубине менее 1 *м*, на поверхности почв образовалась корка солей, количество которых достигало 8-10%. В составе солей преобладали (от общего количества 60-80%) сульфаты натрия, магния, кальция. Вторичное засоление отмечалось и в пониженной центральной части хозяйства, где грунтовые воды залегали на глубине 1-1,5 *м*. Однако засоление было слабым. Остальная площадь осталась незасоленной. Более того, почвы испытали опреснение, среди них выделился небольшой массив с содержанием солей 0,1-0,2%, в составе которых присутствовала сода. Грунтовые воды залегали в пределах 1-1,5 *м*.

Вторичное засоление установлено лабораторией мелиорации также в совхозах «Орловский», «Днепровский» и других хозяйствах Красноперекопского района Крымской области. Оно отмечено сотрудниками Крымского филиала УНИИГИМ (Супряга Н.К., Липатов А.Б.), Крымской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции (Лазукин В.И., Бродерзон Г.М. и др.). Вторичное засоление было обнаружено также на рисовых участках и за их пределами (Янчковский Ю.Ф., Иванов В.Н.). А.Б. Липатов (1981) подчеркивает, что при орошении засоляются почвы пониженных элементов рельефа, около каналов, прудов и рисовых систем, в местах, где грунтовые воды поднялись к отметкам выше 1,5 *м*. Почвы повышенных участков мезорельефа с залеганием грунтовых вод глубже 2,5 *м* от поверхности, наоборот, рассоляются.

К такому же заключению на основании результатов исследований на опытном дренажном стационаре (первом в зоне Северо-Крымского канала, построенном по настоянию УНИИПА) в совхозе «Днепровский» Красноперекопского района пришли П.И. Кукоба и С.А. Балюк. Здесь удалось проследить за динамикой процесса солеобмена между почвой и грунтовыми водами до начала орошения, после введения в эксплуатацию оросительной, а затем и с началом работы дренажной сети. Поступательные изменения гидрогеологических условий и миграции солей в почвах освещались в ряде статей (Новикова А.В., Кукоба П.И., 1971; Кукоба П.И., Балюк С.А., 1973, 1983). Итоги

многолетних исследований обобщены С.А. Балюком (1979). Они сводятся к следующему.

До орошения (1963 г.) грунтовые воды на стационаре находились на глубине 7-9 *м* от поверхности земли и имели минерализацию 7-14 *г/л* преимущественно хлоридно-натриевого состава. Почвенный покров представлен темно-каштановыми солонцеватыми почвами и солонцами на лессовидном тяжелом суглинке.

После заполнения каналов водой и начала орошения уровень грунтовых вод стал повышаться и к 1970 г. достиг высоты 3 м и ближе к поверхности почвы. Затем темп подъема вод замедлился, и на 8-й год после начала орошения наступила стабилизация уровня грунтовых вод. Установилось определенное равновесие между скоростью их подъема и расходом воды на транспирацию, испарение и дренажный отток.

Там, где горизонтальные дрены располагались на расстоянии 500 *м* друг от друга, грунтовые воды поднялись до глубины 1,5-2,0 *м* от поверхности почвы. В местах, где грунтовые воды залегали ближе, чем 2 *м* от поверхности, происходило вторичное засоление в пределах верхнего метрового слоя почвы. В 1973 г. здесь впервые в грунтовых водах и почвах была обнаружена сода (Кукоба П.И.).

На этих же почвах с расстоянием между дренами 240 *м* грунтовые воды не поднялись выше 2 *м*, происходило сезонно-необратимое рассоление почв поливными водами. Дренаж способствовал выносу солей и рассолению почв, не допуская вторичного засоления, такое явление отмечено не только на темно-каштановых почвах, но и на солонцах. Данные исследований позволили С.А. Балюку рекомендовать для борьбы с вторичным засолением почв применение горизонтального дренажа с междренным расстоянием 250 *м* и глубиной заложения дрен не менее 2,5-3,0 *м*.

Научная ценность работы состояла в том, что впервые для почв тяжелосуглинистого механического состава на плиоценовых террасах были установлены особенности формирования водно-солевого режима темно-каштановых солонцеватых почв при орошении на фоне горизонтального дренажа с различными междренными расстояниями. Определены условия регулирования водно-солевого режима и оптимальные параметры дренажа. Результаты работы были внедрены в проектирование новых и реконструкцию ранее построенных гидротехнических сооружений в зоне Северо-Крымского канала.

Заключения лаборатории мелиорации о влиянии широкого орошения на грунтовые воды и почвы Северо-Крымской оросительной системы подтверждены наблюдениями других научных и производственных учреждений - Крымским филиалом УНИИГИМ и Крымской гидрогеолого-мелиоративной экспедицией.

Таким образом, экологические последствия широкого орошения в зонах Краснознаменской и Северо-Крымской систем в первые 7-10 лет проявились двояко. С одной стороны, орошение устранило дефицит водного питания сельскохозяйственных культур, способствовало существенному повышению урожайности, стабилизации урожаев и в целом обеспечению населения продуктами питания.

С другой стороны, широкая ирригация на технически несовершенных системах в приосевой части Причерноморской впадины привела к негативным экологическим последствиям - затоплению и заболачиванию пониженных участков рельефа и локальному вторичному засолению, а местами - осолонцеванию почв.

2.4. Прогнозирование вторичного засоления почв и других почвенных процессов при орошении

В конце 50-х-начале 60-х годов, когда ухудшение мелиоративного состояния земель на первых оросительных системах юга Украины стало очевидным, возникла необходимость в строительстве коллекторно-дренажной сети. Для определения участков, нуждающихся в первоочередном строительстве дренажа, необходимо было составить прогноз возможного вторичного засоления почв при орошении. Однако, к тому времени существовали только методы прогноза возможного подъема уровня грунтовых вод при орошении, такие как: расчетный метод С.Ф. Аверьянова и др., метод ЭГДА (электрогидродинамических аналогий), В.С. Лукьянова и др. Освоением и дальнейшим совершенствованием этих методов, разработкой самих гидрогеологических прогнозов занимались гидрогеологи Укргипроводхоза (Петраш А.Д., Ивахненко В.П., Хмельницкая Н.И. и др.), а также гидрогеологи Днепропетровского госуниверситета (Филимонов В.Д. и сотрудники). Результаты прогноза в виде карт залегания грунтовых вод на разные периоды от начала орошения передавались проектантам оросительных систем. Вопрос же о том, как скажется динамика уровней грунтовых вод на содержании солей в водах и почвах, оставался невыясненным. Поэтому Укргипроводхоз предложил УНИИ почвоведения и агрохимии заняться разработкой метода солевого прогноза и на его основе составить солевой прогноз для ряда участков существующего и предполагаемого орошения.

Первый вариант метода солевого прогноза был составлен А.В. Новиковой (1967) и после обсуждения его в Почвенном институте им. В.В. Докучаева (г. Москва), а затем в Укргипроводхозе (г. Киев) был одобрен. На основе этого метода лаборатория мелиорации УНИИПА составила карты прогноза в масштабе 1:25000 для ряда участков зоны Краснознаменского и Северо-Крымского массивов орошения, которые были переданы Укргипроводхозу для определения участков, нуждаю-

щихся в первоочередном строительстве дренажа. В последующем после внесения ряда уточнений появился второй вариант метода солевого прогнозирования (Новикова А.В., 1975).

В основу теории прогноза вторичного засоления почв положено общеизвестное явление их засоления при близком уровне залегания минерализованных грунтовых вод. Метод солевого прогноза слагался из двух частей: гидрогеологического и собственно солевого прогноза. Сначала гидрогеологами разрабатывается прогноз возможного подъема уровня грунтовых вод на разные периоды от начала орошения (гидрогеологический прогноз), а затем, взяв этот прогноз за основу, почвоведы-мелиораторы разрабатывают прогноз возможного вторичного засоления почв (солевой прогноз) на разные периоды от начала орошения с учетом динамики гидрогеологических процессов и соответствующих им почвенных процессов.

Важной частью солевого прогноза является определение возможного изменения минерализации грунтовых вод, поднимающихся при орошении. Для составления солевого прогноза необходимо было предварительно провести полевые и лабораторные исследования почв и грунтов, а именно: определить запасы солей в толще зоны аэрации, установить исходные глубины и химический состав грунтовых вод, определить критическую глубину грунтовых вод и их критическую минерализацию; уточнить некоторые водно-физические показатели, необходимые для последующих расчетов; провести лизиметрические исследования для учета расхода грунтовых вод на испарение и транспирацию, выполнить сезонные наблюдения за водно-солевым режимом почв при разном мезорельефе и положении грунтовых вод. Следует подчеркнуть, что на ряде орошаемых участков к тому времени уже возникло вторичное засоление почв с образованием корки солей на поверхности. Поэтому при разработке метода солевого прогноза особое внимание было уделено установлению корреляционной связи между глубиной грунтовых вод, их минерализацией и количеством солей, аккумулирующихся на поверхности почвы и на некоторой глубине от нее. В ходе исследований обнаружилось, что кроме критической глубины, при которой соли появляются на поверхности почв, можно выделить еще такие интервалы глубин грунтовых вод, когда соли по капиллярам достигают лишь средней части профиля. Были выделены три градации критической глубины грунтовых вод.

Следующим этапом исследований стало определение изменений минерализации грунтовых вод после подъема их в толще засоленного грунта, т.е. разработка метода прогноза минерализации грунтовых вод. После ряда экспериментов с образцами нарушенного сложения почвогрунтов, а также с монолитами был разработан так называемый метод физического моделирования минерализации грунтовых вод. Он

состоял в последовательной обработке одним и тем же объемом грунтовой воды всех вышележащих слоев пород и почв. С учетом данных расхода влаги на испарение и транспирацию (лизиметрические наблюдения) расчетным путем определяли возможное накопление солей в почвах за один вегетационный период и изменение их состава в зависимости от режима полива и атмосферных осадков. Расчет солей вели по формуле (Новикова А.В., 1967, 1975):

$$S_{гр} \frac{C_{П} \times H}{d \times h \times 100}$$

где $S_{гр}$ - количество солей, поступающих в почву из грунтовых вод при испарении и транспирации, %; $C_{п}$ - прогнозируемая минерализация, *г/л*; d - объемный вес слоя почвы, *г/см*^{3}; H - высота столба грунтовой воды, расходуемой на транспирацию и испарение, *мм*; h - мощность слоя почвы, в котором будут откладываться соли.

Одновременно устанавливали виды сельскохозяйственных растений, способные выдержать ту или иную степень засоления почв.

На основе анализа полученных материалов были составлены графики распределения влажности и солей в почве, по которым определялась критическая глубина грунтовых вод; графики солевых профилей почв, картограммы типов засоления; планы глубин грунтовых вод от поверхности в гидроизогипсах; планы минерализации грунтовых вод; графики динамики солей и влаги в почве. После на основе карт гидрогеологического прогноза были созданы крупномасштабные карты прогноза вторичного засоления на разные сроки от начала орошения.

При некотором несовершенстве описанного метода солевого прогноза, он все же отличался тем, что основывался на наблюдаемых в природе изменениях гидрогеологических и почвенно-мелиоративных состояний. Поскольку метод разрабатывался, исходя из конечного результата (т.е. от наблюдаемых случаев засоления), то проверка подтвердила его правильность. На первом этапе ирригации, когда в малодренированной части Причерноморья возникло вторичное засоление, с помощью предложенного метода и карт солевого прогноза стало возможным установить места для строительства коллекторно-дренажной сети, а в целом обосновать необходимость строительства систематического дренажа в условиях низкой естественной дренированности территории. Впоследствии представленный метод уточнялся. Была определена величина солеотдачи из почвогрунтов ненарушенного (монолиты) и нарушенного сложения (Новикова А.В., Власенко П.П., 1972, Новикова А.В., 1975). С установлением влияния объемов и концентрации солей в грунтовых водах на солеотдачу выявлена тесная корреляционная связь между исходной засоленностью грунта и исходной и конечной минерализацией грунтовых вод. По полученной формуле связи

оказалось возможным составить прогноз минерализации грунтовых вод в процессе их подъема к поверхности, не прибегая к методу физического моделирования.

Был исследован также вопрос о влиянии инфильтрации пресной воды на конечную минерализацию грунтовой воды путем выявления соответствующей математической зависимости. В рассматриваемый период С.Ф. Аверьянов (1965) предложил аналитический метод прогнозирования солевого режима с учетом механизма конвективной диффузии. Результаты наблюдений за динамикой солей на разных орошаемых участках позволили А.В. Новиковой сделать заключение о необходимости использования поливариантного подхода к прогнозированию вторичного засоления, учитывающего не только различия водного баланса, но и воздействие инфильтрационных пресных вод на конечную минерализацию грунтовых вод. Для зоны Северо-Крымского орошаемого массива лаборатория мелиорации УНИИПА разработала прогноз водно-солевого режима почв, в котором сочетались данные физического моделирования минерализации грунтовых вод с поправкой на степень разбавления их пресными инфильтрационными водами и с последующим расчетом на ЭВМ возможного засоления по аналитическому методу С.Ф. Аверьянова (разработку программы и последующие расчеты выполнил С.Г. Цыгуткин). Прогноз был составлен не по одному, а по 12 вариантам, учитывающим несколько показателей водного и солевого балансов. Результаты прогноза были представлены в эпюрах распределения солей по каждому варианту (Новикова А.В., 1975).

Проверка прогноза на некоторых участках в ряде хозяйств Крыма, выполненная лабораторией мелиорации УНИИПА, показала в целом правильность составленного прогноза. Весь материал по исходной засоленности почвогрунтов степного Крыма, по впервые предложенной количественной оценке степени естественной дренированности территории, солевому прогнозу и мелиоративному районированию степного Крыма был передан Укргипроводхозу для обоснования проектного задания по Северо-Крымскому каналу, а также опубликован в монографии А.В. Новиковой «Прогнозирование вторичного засоления почв при орошении» (1975).

Проблема прогнозирования солевого режима почво-грунтов не ограничивается только определением возможного накопления количества солей в почвах при их орошении. Возникают и другие вопросы, такие как: скорость наступления вторичного засоления в связи со скоростью капиллярного передвижения солевых растворов в грунтах, прогнозирование качественного состава солей, прогнозирование направленности обменных реакций в почвенно-поглощающем комплексе при действии солей на почвы и др. Все перечисленные вопросы были ис-

следованы сотрудниками лаборатории мелиорации УНИИПА в ходе разработки и составления солевого прогноза. Так, Л.П. Кроткевич изучено воздействие разных факторов на скорость капиллярного передвижения солевых растворов и величину испарения в лизиметрах. Опыты велись с насыпными грунтами в стеклянных трубках высотой 20 *см*, а также в полнопрофильных монолитах с ненарушенным сложением высотой 1 *м*.

Результаты исследований обобщены в работах Л.П. Кроткевич(1969) и А.В. Новиковой и Л.П. Кроткевич (1970). Установлено, что капиллярное передвижение минерализованных водных растворов в песке и в лессовидном суглинке происходит неодинаково. В песке высокоминерализованные растворы хлористого, сернокислого натрия и магния поднимаются с одинаковой скоростью, а в лессовидном суглинке скорость передвижения сернокислого магния почти в два раза меньше, чем хлористого натрия. Хлоридно-сульфатный натриево-магниевый раствор с концентрацией до 50 г/л передвигается в лессовидном суглинке примерно так же, как и дистиллированная вода. При дальнейшем возрастании концентрации (до 100 *г/л*) скорость подъема заметно снижается. Испарение с поверхности почвы ускоряет подъем растворов вверх. В сухих грунтах капиллярное передвижение происходит медленно. С повышением влажности грунта скорость передвижения возрастает. Чем сильнее солонцеватость почвы, тем медленнее скорость передвижения раствора. В солонцах скорость подъема раствора в 2,5 раза ниже, чем в лугово-каштановой почве.

Полученные Л.П. Кроткевич данные показали, что при близком залегании грунтовых вод растворы солей могут достичь верхнего горизонта уже в первый год орошения. Растворы хлористых солей достигают поверхности почв быстрее, чем сульфатных. Вторичное засоление почв может появиться раньше на несолонцеватых почвах, поскольку солонцовый горизонт препятствует подъему растворов.

Была установлена также определенная дифференциация солей во вторично засоленных почвах Краснознаменской и Северо-Крымской систем с преобладанием хлоридов в первой и сульфатов во второй (Новикова А.В., Златина И.Г., Балюк С.А., 1973). Предстояло установить причины такой дифференциации. С этой целью аспиранткой Н.Е. Гаврилович были поставлены модельные опыты в цилиндрах высотой 10 см, содержащих массы отдельных генетических горизонтов, к которым подавались растворы преимущественно хлоридных или сульфатных солей. Оказалось (Новикова А.В., Гаврилович Н.Е., 1977), что в пределах каждой модели можно выделить три слоя по содержанию влаги и солей - солевая корка, испаряющий и транзитный слои. Состав солей в корке в значительной мере определялся солевым составом солей исходного раствора, подаваемого снизу, а также составом обменных ка-

тионов каждого генетического горизонта и составом солей в них. Солевые корки при испарении преимущественно сульфатного раствора состояли из гипса, а при испарении преимущественно хлоридного раствора - из хлористого кальция и частично гипса. Повышение степени солонцеватости сопровождалось снижением количества кальциевых солей, что соответствовало значительной насыщенности их коллоидного комплекса натрием. Опыты охарактеризовали качественную сторону процесса засоления. Нужно было определить роль процессов адсорбции катионов.

С этой целью естественные образцы почв из различных почвенных горизонтов и образцы искусственно насыщенные обменным кальцием приводились в соприкосновение с различными комбинациями солевых растворов, имеющих разную ионную силу и различное соотношение в них натрия и кальция. Была выявлена следующая закономерность (Гаврилович Н.Е, 1981). Направленность обменных реакций при воздействии растворов нейтральных солей на почву зависит от концентрации и соотношения катионов натрия и кальция в растворе, а также от соотношения раствора и твердой фазы почвы, от солевого состава и природы отдельных генетических горизонтов. При преобладании в исходном растворе натрия почва адсорбирует преимущественно натрий. Когда в растворе преобладает кальций, почва в основном сорбирует кальций. С увеличением соотношения «раствор: твердая фаза почвы» интенсивность обменных реакций значительно возрастает. При преобладании в растворе натрия над кальцием, с увеличением объема жидкой фазы усиливается адсорбция натрия. Становится понятным, почему при высоких поливных нормах минерализованной водой, в которой натрий преобладает над кальцием, происходит значительное осолонцевание почв. Наоборот, с возрастанием количества кальция в растворе (в поливной воде), при преобладании его над натрием, кальций адсорбируется по мере увеличения соотношения «раствор: почва» сильнее, предотвращая тем самым осолонцевание почвы. Именно так объясняется большая эффективность гипсования в случаях, когда гипс вносится в почву вместе с поливной водой (Болдырев А.И., Борькин А.И. и др.).

Математический анализ полученных данных позволил установить корреляционную связь между величиной адсорбции катионов почвой и соотношением в исходном растворе натрия и кальция при различном соотношении жидкой и твердой фаз. Получены соответствующие уравнения квадратичной модели и построены изокванты. Используя их, можно прогнозировать возможность осолонцевания почв при воздействии растворов нейтральных солей (Новикова А.В., Гаврилович Н.Е., 1986). Вычисленные Н.Е. Гаврилович константы обмена натрия на кальций и магний в темно-каштановых почвах позволяют осуществлять расчеты по адсорбции катионов. В современных

математических моделях переноса солей введен новый показатель, который учитывает ионный обмен в виде уравнения изотермы обмена Никольского (Шульгин Д.Ф. и др., 1978; Айдаров И.П. и др., 1978).

Лаборатория мелиорации разработала также прогноз образования соды при рассолении с десорбцией поглощенного натрия на фоне карбоната кальция (Новикова А.В., Златина И.Г., 1977).

Таким образом, лаборатория мелиорации почв УНИИПА, применив разнообразные методы исследований (полевые динамические наблюдения, физическое моделирование некоторых почвенных процессов и математический анализ), установила ряд новых закономерностей в характере процессов засоления и рассоления почв, показав важную роль не только исходного состава солей в растворах, но и значение отдельных генетических горизонтов (состава их солей, поглощенных катионов, механического состава и др.). Полученные результаты позволили впервые в Украине и в СССР предложить метод солевого прогнозирования и метод прогнозирования осолонцевания почв при орошении, а также представить прогноз образования соды при десорбции натрия на фоне карбоната кальция, что стало определенным вкладом в дальнейшее развитие мелиоративного почвоведения.

2.5. Изменение агроэкологических условий и почвообразования в связи с развитием рисосеяния на засоленных почвах юга Украины

Благоприятные климатические условия юга Украины позволяют выращивать ценную зерновую культуру - рис. Первые попытки возделывания риса были предприняты в Украине еще в 30-е годы сначала в богарных условиях, а затем при орошении в поймах рек.

Один из крупных (по тому времени) массивов рисосеяния располагался в пойме реки Южный Буг (Вознесенский район Николаевской области). В первые годы здесь получали высокие урожаи риса. Но со временем, при отсутствии коллекторно-дренажной сети, на рисовых участках произошло сильное засоление почв, особенно в притеррасной части плавней. Урожаи риса резко упали. Возникла необходимость в устройстве дренажа. В одном из хозяйств Вознесенского района (колхоз «Прогресс»), где рисовые участки были заложены еще в 1936 г., а позже, в 1956 г., построена дренажная сеть, предназначенная для снижения уровня грунтовых вод на рисовых чеках, сотрудники лаборатории мелиорации УНИИПА А.М. Можейко, П.Г. Коваливнич и аспирантка Бай-Ин провели исследования. В результате опытов были выявлены особенности миграции солей из почв рисовых чеков в зависимости от междренного расстояния и на разных расстояниях от дрен. Определялись количество и качественный состав солей в грунтовых, дренажных водах и почвах. Установлено (Бай-Ин, 1960), что имеющаяся дренажноколлекторная

сеть недостаточно интенсивно отводила грунтовые воды и на некоторых участках рисовых чеков ниже 80 *см* они не опускались. Вблизи дрен отмечалось опреснение верхнего слоя почв (0-20 *см*), с удалением от дрены процесс выщелачивания ослабевал и, наоборот, развивалось вторичное засоление.

Рисовые участки в связи с недостаточной глубиной дрен подтопляли прилегающую к ним неорошаемую территорию. В целом рисосеяние в поймах рек возможно при условии строительства коллекторно-дренажной сети.

Помимо негативного влияния рисовых полей на примыкающие земли (усиление притока минерализованных вод и развитие вторичного засоления), на некоторых участках отмечались явления просадки грунтов. Так, по данным исследований П.А. Гаврика (1966), на Копуловском орошаемом массиве Днепропетровской области, расположенном на правом коренном берегу Днепра, где рис выращивался с затоплением, лессовые грунты обладали значительной просадочностью. На глубине 0,5-5,0 *м* общая просадка составляла 5-19%, дополнительная просадка при замачивании – 2-16%. Автор пришел к заключению, что использовать под рисовые поля такие почвогрунты недопустимо.

Второй этап рисосеяния в Украине наступил в 60-е годы, когда начали строиться крупные ирригационные системы, такие как: Краснознаменская (Херсонская область), Северо-Крымская (Крымская область) и другие. Общая площадь под посевами затопляемого риса в Крымской, Херсонской и Одесской областях достигла за эти годы 62 *тыс. га*. В зоне Краснознаменской оросительной системы рисовые участки приурочены к древнеаллювиальным отложениям второй террасы Днепра. В Присивашье, в зоне Северо-Крымского орошаемого массива, они расположены на приморской части плиоценовой террасы. Характерной чертой территорий рисосеяния является близкое залегание грунтовых вод, солонцеватость и высокая засоленность почв. Механический состав почв орошаемых массивов различный. В Херсонской области почвы легкосуглинистые и супесчаные, в Крыму - тяжелосуглинистые. На названных орошаемых массивах много подов. Большие площади рисовых полей в Одесской области приурочены к плавням реки Дунай. Глубина грунтовых вод здесь колеблется от 0,2 до 3-5 *м*, минерализация их вдоль коренного берега – 25-35 *г/л*. Очень разнообразен почвенный покров: преобладают дерновые, луговые, болотные оторфованные почвы. Средняя многолетняя урожайность риса здесь достигала 50 *ц/га*, а в ряде хозяйств была выше 60-65 *ц/га*, особенно в первые годы возделывания культуры. Через несколько лет на некоторых участках сбор риса стал снижаться до 20-25 *ц/га*. Потребовалось выяснить причины снижения урожайности, чтобы выработать меры по предотвращению такого явления. Поскольку проблема оказа-

лась совершенно новой для Украины, к ее решению были привлечены многие научные учреждения и опытные станции: УНИИГиМ, УНИИОЗ, Крымская опытно-мелиоративная станция, УНИС риса, Укргипроводхоз и др.

По вопросу воздействия затопляемого рисосеяния на грунтовые воды, почвы и их плодородие имеются многочисленные публикации, по ним защищены кандидатские и докторские диссертации. Рассмотреть все работы не представляется возможным, поэтому остановимся лишь на некоторых.

Мировой опыт рисосеяния привел ученых к заключению, что выращивание риса на засоленных землях возможно только при устройстве дренажной сети для выноса солей (Кириченко К.С., 1937; Ковда В.А., 1947; Волобуев В.Р., 1949; Егоров В.В., 1954; Бобков В.П., 1968; Попов А.А., 1969 и др). Построенные на Украине рисовые инженерные системы в целом отвечали требованиям мировой инженерно-мелиоративной науки. Поверхность почвы в рисовых чеках подвергалась тщательной планировке, строились оросительная и коллекторно-дренажная сети. На вновь построенных орошаемых массивах предстояло выяснить: воздействие воды на солевой режим почв рисовых участков при разном положении грунтовых вод и их минерализации, изменение процесса почвообразования, влияние различных факторов на развитие и урожайность риса, рациональные севообороты при рисосеянии, виды и нормы удобрений.

Рисовой проблематикой в Украине занимались Б.И. Лактионов (1961, 1976), И.С. Жовтоног (1968), Т.Н. Кириенко (1961, 1969, 1985), Д.В.Ярмизин, А.Д. Обухов (1967), Ю.Ф. Янчковский (1967), И.К. Паламарчук (1967), Л.В. Скрипчинская (1968), Д.П. Химич (1969), И.К. Супряга (1971), Л.Г. Пекаторос (1971), С.М. Каленюк (1979), Н.Ф. Решетняк (1974) и др.

По наблюдению ученых УНИИГиМа (Жовтоног И.С, 1968, 1969 и др.), использование засоленных земель для рисосеяния возможно только при хорошо работающей дренажной системе и соответствующих условиях рельефа. Так, в совхозе «Россия» Голопристанского района Херсонской области отчетливое рассоление отмечалось в почвах повышенных территорий с абсолютными отметками 1,5-2,0 *м* над уровнем моря при глубине заложения дрен 1,2-1,3 *м*. На пониженных участках с абсолютной отметкой 1 м при глубине дрен 0,7 *м* рассоление протекало медленно.

Наблюдениями УНИИОЗ (Лактионов Б.И., 1976) установлено, что в первые два года затопления рисовых чеков из почвы выносится до 30-40 *т/га* хлоридов и сульфатов натрия. В течение 8-10 лет затопления рисовых полей водой происходит почти полное опреснение метрового слоя каштановой почвы. Однако интенсивность выщелачивания

солей зависит от степени дренированности территории и физико-химических свойств почвогрунтов. Низкая водопроницаемость иллювиального горизонта солонцов и солонцеватых почв препятствует вымыванию солей. Кроме того, интенсивность удаления солей из почвы зависит также от глубины залегания грунтовых вод. Однако не все участки, занятые под выращивание затопляемого риса, рассоляются. Ю.Ф. Янчковский (1976), В.Н. Иванов (1958), Б.И. Лактионов (1976) установили, что при большой разнице между уровнем поверхности смежных чеков (50-70 *см*) на участках, примыкающих к рисовым полям, происходило вторичное засоление почв. В наибольшей степени засоление проявлялось в первые годы освоения земель под рис.

Балансовые наблюдения на рисовых участках, проводимые в течение ряда лет Украинской станцией риса (Решетняк Н.Ф., Харченко О.В., 1976), дали возможность получить количественные показатели поступления воды и ее фильтрации на рисовых чеках. Так, на высоких чеках с глубиной грунтовых вод перед посевом риса 1,3 *м* приток грунтовых вод меньше оттока, что указывает на интенсивную фильтрацию оросительной воды (5-8 *мм/сут*), которая идет на поднятие уровня грунтовых вод. На низких чеках, где глубина грунтовой воды находится ближе к поверхности, приток ее больше оттока. Подъем уровня грунтовых вод здесь происходит как вследствие вертикальной фильтрации, так и в связи с их слабым оттоком. Как известно, на рисовых участках после планировки чеков поверхность массива имеет своеобразную террасированность. На чеках с глубиной грунтовых вод менее 1 *м* грунтовые воды становятся неподвижными и приобретают напорность, что препятствует фильтрации оросительных вод вглубь грунта. Минерализация грунтовых вод хорошо согласуется с данными водного балланса. Если на высоких чеках минерализация грунтовой воды равна 1-3 *г/л*, то на низких – 12-13 *г/л*. Количество солей в почве соответственно составляет 0,1-0,7% и 1,7-2,6%. О.В. Харченко (1968) установил, что промывка из метрового слоя почвы нижних чеков прекращается при скорости фильтрации поливной воды меньше 1 *мм/сутки*. Опреснение грунтовых вод наступает при скорости фильтрации 2 *мм/сутки*. Авторы пришли к заключению, что между величиной фильтрации и урожайностью риса существует прямая зависимость: при фильтрации равной нулю урожайность не превышает 25 *ц/га*, а при фильтрации 10 *мм/сутки* – 45-47 *ц/га*. В целом же наблюдения за водным и солевым балансами, а также скоростью фильтрации позволили получить конкретные количественные показатели и выявить особенности процесса изменения мелиоративной обстановки на рисовых участках.

Дальнейшие уточнения процессов, протекающих на рисовых полях при затоплении чеков, были сделаны С.М. Каленюком (1979) на

аналогичных рисовых системах Краснознаменского канала, расположенных в подах. Было установлено, что заполнение водой оросительных каналов и чеков, расположенных на окраине пода, усиливает напорность грунтовых вод в центральной пониженной части его, ухудшая естественную дренированность и замедляя процессы выщелачивания солей. Потому выращивание риса в подах возможно только при усилении их дренированности путем устройства дренажной сети. Для рассоления почв и предупреждения их заболачивания автор рекомендует несколько вариантов устройства дренажной сети.

Все исследователи, изучающие влияние затопления рисовых полей на почвы и грунтовые воды, единодушно отмечают, что минерализация грунтовых вод на них колеблется в очень больших пределах - от 1,5 до 35 *г/л*, а химизм изменяется от гидрокарбонатно-сульфатно-натриевого на повышенных участках до хлоридно-натриевого на низких. На всех участках в грунтовых водах появляется нормальная сода и сероводород. По данным Н.Ф. Решетняка, содержание соды в грунтовых водах достигает 60 *мг/л* на высоких участках и 60-120 *мг/л*, а иногда до 200 *мг/л*, - на низких. Количество сероводорода колеблется в пределах 6-12 *мг/л*. Реакция вод щелочная (pH = 8,2-9,1).

Из изложенного следует, что формирование солевого режима почв на рисовых чеках связано с рельефом местности и степенью ее дренированное™. На повышенных участках происходит рассоление почв. В понижениях грунтовые воды приобретают напорность, что препятствует выносу солей, и в почвах идет процесс вторичного засоления. Содержание сероводорода в почвах повышенных участков в 1,5-2 раза меньше, а содержание подвижного железа, обладающего способностью нейтрализовать сероводород, в 1,2-3 раза больше, чем на пониженных участках.

Д.Г. Шапошников (1962, 1973) установил, что урожайность риса зависит от глубины залегания грунтовых вод и при подъеме их выше 1,5 *м* начинает снижаться. Причиной снижения сбора являются не только засоление, но и другие процессы.

При выращивании риса затоплением резко изменяются условия почвообразования, в частности, под влиянием очень длительного (6-7 месяцев) стояния слоя воды на поверхности почвы развиваются элювиально-глеевые процессы, изменяющие окислительно-восстановительный потенциал среды, что приводит к изменению содержания подвижного железа, марганца, алюминия и подвижного органического вещества. Особенно заметен такой процесс на солонцах и солонцеватых почвах (Лактионов Б.И., 1976). Наблюдениями Т.Н. Кириенко, О. А. Кухты и Ю.Н. Грищенко (1976) установлено, что после десяти лет бессменного выращивания риса на темно-каштановых солонцеватых почвах происходят заметные изменения окислительно-восстановительных условий. По сравнению с целинны-

ми участками на рисовом поле весной величина окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) была ниже на 15-18%. В то же время на участках правильного рисового севооборота наблюдались меньшие изменения ОВП почв. Под влиянием затопления в почве увеличивается содержание закисного железа, марганца, аммиачного азота, а также сульфидов. Возрастает величина pH. Авторы установили тесную корреляционную связь между глубиной грунтовых вод и значением величины ОВП. Из полученного уравнения такой связи следует, что оптимальные окислительные процессы протекают при глубине грунтовой воды 140-150 *см*.

Т.Н. Кириенко (1981, 1985) уделила большое внимание изучению специфики почвообразования на рисовых полях, прибегнув к разным методам исследования. Так, с помощью микробиологических наблюдений было выявлено, что при затоплении водой количество микроорганизмов в почве увеличивается в 4-5 раз по сравнению с незатопляемым участком. Максимум их развития приходится на июнь. С установлением восстановительных процессов и накоплением токсических веществ количество микроорганизмов резко уменьшается и только после сброса воды и уборки риса вновь возрастает. Определен видовой состав микроорганизмов, динамика их численности.

Установлены также различия в минералогическом составе почв (Коваливнич П.Г., Кириенко Т.Н., 1978). Они состоят в трансформации глинистых минералов и перераспределении их по профилю. С увеличением длительности затопления снижается содержание гидрослюд, уменьшается количество каолинита. В верхних горизонтах, особенно на некоторой глубине, появляется хлорит. Все свидетельствует о начальной стадии деградационных явлений в темно-каштановых почвах на участках монокультуры риса. Т.Н. Кириенко приходит к заключению, что эволюция почв под влиянием затопления при возделывании риса может протекать в таких направлениях: 1) интенсивное развитие элювиально-глеевых процессов, происходящих в условиях монокультуры риса и приводящих к развитию деградационных процессов; 2) усиление интенсивности глеевого процесса на пониженных участках, вызывающее заболачивание почв и снижение их эффективного плодородия; 3) развитие процесса вторичного засоления почв при близком залегании минерализованных грунтовых вод и плохой работе коллекторнодренажной сети; 4) формирование естественно-антропогенного (культурного) почвообразовательного процесса на участках выдержаного рисового севооборота при условии применения комплекса агротехнических, агрохимических и мелиоративных мероприятий, направленных на создание высокопродуктивных культурных типов почв.

Остановимся еще на одной проблеме, связанной с рисосеянием, которую поднимает в работах И.К. Супряга. Посевы затопляемого

риса в Крыму занимали в разные годы от 20 до 30 *тыс. га* на почвах тяжелосуглинистых с низкой водопроницаемостью, солонцеватых и высокозасоленных. Чтобы обеспечить хорошую проточность и фильтрацию воды на рисовых полях с целью промывки солей, на рисовые чеки приходится подавать большое количество пресной воды. Эта вода по коллекторно-дренажной сети сбрасывается в море. Объем стоков достигает, по данным И.К. Супряги (1971), около 150-200 *млн* $м^3$ в год. Автор задался целью установить возможность повторного использования сбросных вод с рисовых полей. В результате исследований И.К. Супряга (1971, 1977) пришел к заключению, что сброшенные дренажные воды можно повторно использовать с учетом определенных ограничений, а именно: минерализация воды для повторного использования не должна быть выше 1 *г/л*. Полив водой, с минерализацией 3 *г/л* на почвах тяжелого механического состава при оросительной норме 2500 $м^3/га$ может вызвать сезонную аккумуляцию солей из поливных вод в количестве от 0,15 до 0,20%. Для полного удаления солей требуется 200-250 *мм* атмосферных осадков в осенне-зимний период, а если их недостаточно, то перед посевом риса необходимо провести профилактические промывочные поливы пресной водой. Песчаные и супесчаные почвы можно поливать водой с минерализацией до 8 *г/л*, не опасаясь их засоления. При поливе незаселенных почв минерализованными водами целесообразно применять малые поливные нормы до 350 $м^3/га$. В случае полива почв, в которых концентрация почвенных растворов выше минерализации поливной воды, целесообразно поливать большими нормами, добиваясь создания промывного режима орошения.

В заключение следует отметить, что агроэкологические последствия введения в производство посевов риса затоплением неоднозначны. Положительное воздействие выразилось в дополнительном вовлечении в фонд пахотных земель новых площадей, ранее непригодных для возделывания сельскохозяйственных культур вследствие своей засоленности. Рассоление таких почв с помощью промывок при рисосеянии позволило расширить посевные площади под культуру, что способствовало большему удовлетворению потребности населения в ценном продукте - рисе. Однако есть и негативные стороны такого орошения. Прежде всего это большой расход воды для обеспечения выноса солей из засоленных почв. Сбрасывание в Черное море дренажных вод повышенной минерализации с остатками гербицидов, вносимых для борьбы с сорняками, является экологически опасным. При повторном бесконтрольном использовании вод возможно осолонцевание почв при поливе культур зерновых и кормовых севооборотов. Могут произойти также заболачивание и вторичное засоление почв низких чеков и прилегающих к рисовым полям земель, явления деградации

интенсивно опресняемых почв. В целом следует считать, что при правильной эксплуатации рисовых участков, введении рисовых севооборотов, соблюдении технологии поливов, при очистке вод от гербицидов возможно продолжать выращивать рис, как это делают во всем мире.

Однако в последние годы поднимается вопрос о преобразовании в Крымском Присивашье района рисосеяния в зону производства грубых и сочных кормов, производства молока, молочных продуктов и мяса с целью прекращения дальнейшего загрязнения Черного моря (Половицкий И.Я., Николаев Е.В., Боков В.А., 1996). Вопрос о рисосеянии в Причерноморье нуждается в дальнейшем тщательном изучении с учетом всех экологических проблем.

2.6. Агроэкологические последствия применения минерализованных вод для орошения

(Раздел написан совместно с кандидатом сельскохозяйственных наук В.Я. Ладных)

Во многих странах мира с засушливым климатом, испытывающих недостаток пресной воды для орошения, используются минерализованные воды с количеством солей 1-7 *г/л*. В Украине еще до создания крупных государственных оросительных систем на отдельных небольших огородных участках для полива использовались воды малых рек, прудов и артезианских скважин. Это так называемое «малое» орошение позволяло выращивать овощи и кормовые культуры. Площадь таких участков в целом по республике достигала 400 *тыс. га*. Они были сосредоточены преимущественно в зоне сухой Степи и, частично, в центральной Степи на темно-каштановых почвах и черноземах. Уже в то время было замечено, что свойства почв на таких участках постепенно ухудшаются. Снижение плодородия почв после орошения минерализованными водами заставило ученых заняться выяснением причин и разработкой способов борьбы с этим явлением. Прежде всего необходимо было найти критерии оценки пригодности вод для поливов. В мировой практике такая оценка делалась прежде всего по количеству солей. В.И. Вернадский подразделял воды на пресные, соленые и рассолы. Считалось, что для орошения можно применять только пресные воды, в которых минерализация не превышала по А.Н. Костякову 0,5 *г/л*, а по А. Алешину 1 *г/л*. Позже качество воды стали оценивать по составу катионов и их соотношению.

В Украине впервые предложил оценивать таким путем качество воды еще в 30-е годы М.Ф.Буданов. Департамент сельского хозяйства США в 1955 г. рекомендовал вычислять так называемый коэффициент поглощаемости натрия почвой из воды по такой формуле:

$$K = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}, мг - экв / л$$

Если К не превышает величину 8, то воду можно использовать для орошения.

И. Арани (1958) предлагал учитывать в воде процентное содержание натрия от суммы катионов и применять воду в случае, если содержание Na не превышает 50-60%. Таким образом, вода может быть пресной, но наличие в ней заметного количества натрия делает ее непригодной для орошения.

Кроме качества воды (минерализация и катионный состав), имеют значение свойства и химизм почв, используемых для орошения. Исследователи начали работать над этой проблемой. Обследовав ряд участков «малого» орошения в Херсонской области, где для орошения применялись преимущественно минерализованные артезианские воды, и проанализировав пробы воды из 180 источников, А.М. Можейко и Т.К. Воротник (1958) обнаружили значительную агрессивность этих вод по отношению к темно-каштановым почвам. Она обусловливалась повышенной минерализацией вод местных водоемов, высоким содержанием в них натрия от суммы катионов, повышенной щелочностью, присутствием сероводорода и другими причинами. Авторы установили, что вместе с осолонцеванием почв при поливе происходило также их засоление, которое было особенно заметным в первые три года. Затем наступала некоторая стабилизация. Внесение гипса в осолонцованную почву повышало содержание обменного кальция и снижало количество натрия. Но даже повышенные дозы гипса (6 *т/га*) не могли полностью рассолонцевать почву. Гипсование снижало гидрофильность почвенных коллоидов, повышало урожайность сельскохозяйственных культур и позволяло уже в первый год внесения гипса окупить затраты на это мероприятие. Полное восстановление плодородия почвы возможно лишь при прекращении орошения минерализованной водой с дальнейшим гипсованием.

А.М. Можейко и Т.К. Воротник (1958) разработали классификацию вод по их пригодности для орошения. В ней выделено три класса по минерализации воды, группы по содержанию натрия и кальция от суммы катионов в процентах, типы по характеру реакции (pH) и подтипы по составу анионов. Ирригационная оценка дается по процентному содержанию натрия и калия от суммы катионов, выраженных в *мг-экв* на 1 *л* воды. Если эта величина не превышает 66%, вода считается пригодной, при 66-75% вода опасна для орошения, при величине более 75% - непригодна.

Несколько иную оценку пригодности воды для орошения для юга Украины дал М.Ф. Буданов (1958, 1959). В основу ее положены минерализация, жесткость воды, отношение содержания в воде натрия к кальцию и натрия к сумме кальция и магния. К минерализованным водам автор отнес воды с содержанием солей более 1 *г/л*. Кальцинирование воды гипсом требуется тогда, когда соотношение Na:Ca в *мг-экв/л* более 1,0 или при соотношении Na:(Ca+Mg) более 0,7. Доза гипса вычисляется по разности между содержанием натрия и жесткостью в *мг-экв/л*. Следует отметить, что все классификации применимы для вод нейтральной реакции.

С организацией лаборатории мелиорации УНИИПА исследования, начатые А.М. Можейко в 50-60-е годы, продолжили Т.К. Воротник, В.Я. Ладных и другие. Целью их работы было дальнейшее совершенствование методов оценки минерализованных вод на крупных государственных системах орошения и на участках «малого» орошения, исследование влияния минерализованных вод на физико-химические свойства почв и на урожайность сельскохозяйственных культур.

В Донбассе для орошения используются шахтные и промышленные воды, сбрасываемые в пруды и реки. Воды содержат повышенное количество солей, что увеличивает их концентрацию в прудах, реках, водохранилищах, откуда берется вода для орошения земель. По данным Т.К. Воротника (1969), из обследованных в 1961-1965 гг. 149 источников воды, 57% из них оказались с повышенной минерализацией с неблагоприятным соотношением катионов. Автор обратил внимание на то, что зачастую в данном регионе количество натрия в воде не превышает установленного критического уровня (66% от суммы катионов), а почва все же имеет ярко выраженные признаки осолонцевания. При этом было обнаружено повышенное содержание магния. Автор потому счел необходимым выделить два типа осолонцевания почв. Первый тип - осолонцевание вызывается натрием, второй - оно обусловлено натрием и магнием. На возможное участие в процессе осолонцевания почв магния обратила внимание и А.М. Корж (1958) в Одесской области.

В другом регионе - центральной части Причерноморской низменности (Херсонская и Запорожская области) - для орошения используются подземные щелочные минерализованные воды. В Акимовском районе Запорожской области Т.К. Воротник, В.Я. Ладных, В.М. Соловьева (1973) установили, что под влиянием таких вод осолонцевание протекает очень интенсивно. В весенний период поверхность почв была покрыта окремнелой коркой, под которой находится сильно диспергированная набухшая почвенная масса. Физико-химические показатели этой почвы свидетельствуют о значительной ее осолонцованности. К оценке пригодности щелочных вод для орошения потребовался не-

сколько иной подход, с учетом остаточной щелочности. Авторы предложили оценивать такие воды по соотношению кальция к магнию и натрия к сумме всех катионов, дав такие градации (табл.4).

4. Классификация щелочных вод

Ca : Mg мг-экв/л	Эквивалентное соотношение Na к сумме всех катионов, мг-экв/л			
	благо-приятное	неблаго-приятное	очень неблаго-приятное	чрезвычайно не-благоприятное
> 1.5	до 0,5	0,5 – 0,6	0,6 – 0,7	> 0,7
< 1,5	до 0,4	0,4 – 0,5	0,5 – 0,6	> 0,6

При благоприятном соотношении катионов почвы не осолонцовываются; при неблагоприятном - воды обладают средней солонцующей способностью, а урожайность снижается на 15-25 %; при очень неблагоприятном - почвы быстро солонцуются, а урожайность снижается на 25-50%, при чрезвычайно неблагоприятном соотношении урожайность снижается на 50-70% и более.

Внесение гипса на осолонцованные почвы несколько улучшает их свойства и повышает урожайность сельскохозяйственных культур, но все же плодородие почв не поднимается выше 65-75% от уровня несолонцеватых орошаемых пресной водой почв. Кроме отрицательного воздействия на почву, подземные щелочные воды оказывают влияниг и на ее микрофлору. А.Д. Михновская, Т.К. Воротник, С.О. Губина (1974) установили, что при преобладании в воде кальция, в почвах усиливаются биохимические процессы, улучшается фосфатный и азотный балансы. При преобладании натрия отмечается негативное действие вод на биохимические процессы. При длительном орошении такой водой изменяется соотношение аэробных и анаэробных микроорганизмов в сторону увеличения количества анаэробов. Возрастает количество грибной микрофлоры, что оказывает токсическое воздействие на развитие сахарной свеклы, томатов и др. культур. Термическая обработка и длительное промерзание почв полностью уничтожают грибную микрофлору, повышают количество бактерий, что уменьшает токсическое воздействие вредной микрофлоры на растения. Удобрения, особенно органические, благоприятно воздействуют на микрофлору. Поэтому рекомендуется внесение в почву навоза и гипса, а также введение в орошаемых севооборотах богарного периода с посевом однолетних и многолетних трав.

Негативное воздействие производственной деятельности человека на почву, выразившееся в ее осолонцевании при использовании

для орошения неблагоприятных по качеству вод, не ограничилось участками «малого» орошения. Оно обнаружилось также и на отдельных крупных участках государственных оросительных систем, со временем расширяясь и приобретая характер своеобразной «эпидемии». В начале ввода в эксплуатацию крупных орошаемых массивов осолонцевание почв от орошения было обнаружено на Ингулецкой оросительной системе (Мусиенко А.В., 1968). Для орошения здесь использовалась вода р. Ингулец и днепровская вода, поступающая в устье Днепра. В верховьях Ингульца в него сбрасывались сильноминерализованные стоки Криворожского железорудного комбината. Вследствие чего в поливной воде периодически повышалась минерализация (до 500 *мг/л* и более), а состав катионов становился неблагоприятным для орошения. В почвах отмечалось изменение физических и физико-химических свойств, указывающее на их осолонцевание, подтверждающееся снижением их плодородия. Автор рекомендовал перед орошением периодически вносить гипс на поверхность почвы.

Осолонцевание темно-каштановых почв было отмечено и в Придунайском районе Одесской области. А.М. Корж (1968), исследуя состав воды и ее влияние на содержание поглощенных катионов в почвах, установила, что осолонцевание происходит не только при большом содержании натрия, но и в том случае, когда сумма натрия и магния превышает 30% от всех катионов.

Большой вклад в разработку данной проблемы внес УНИИОЗ (Болдырев А.И., Красутская Н.В., Сафонова Е.П., 1977 и др.). В 1970-1988 гг. учеными проводились интенсивные исследования влияния минерализованной воды на свойства почв (они продолжаются и до настоящего времени). Работы осуществлялись как на участках местного орошения, так и на Ингулецкой оросительной системе. Минерализация оросительных вод на Ингулецком массиве колебалась в пределах 0,5-1,5 *г/л*, содержание натрия достигало 40-70% от суммы катионов. Установлено, что после 7-9 лет орошения в верхнем метровом слое почв произошло накопление солей. Количество солей возросло почти в два раза от исходного. Кроме того, наблюдалось четко выраженное осолонцевание почв с накоплением в них поглощенного натрия в 1,7-3,4 раза превышающего исходный уровень. Изучалось также действие гипса и извести на осолонцованные почвы при поливе их минерализованными водами. Обнаружено, что на второй год после внесения гипса в лугово-черноземной почве количество натрия снизилось вдвое, в черноземе южном - в 1,6 раза. Под влиянием извести снижение натрия составило соответственно 1,4 и 1,9 раза по сравнению с контролем. Улучшились физические и водно-физические свойства, в частности, количество водопрочных агрегатов возросло на 10%, что сказалось на повышении урожайности сельхозкультур. В среднем за три года при-

бавка урожая люцерны составила от гипсования 17,3%, от известкования - 21,3%, а семян костра безостого соответственно - 19,0 и 22,5%. А.И. Болдырев и его аспирант А.И. Борькин (1984) длительное время работали над созданием специальной машины для механизированного внесения гипса вместе с поливной водой («Геничанка»). Гипс вносится в воду и затем диспергируется с помощью специальной гидроциклонной установки. Образующаяся суспензия подается в поливную воду и вместе с ней на поверхность почвы, лучше всего путем дождевания агрегатами ДДА-100, ДДН-75, «Днепр» и др.

На следующем этапе изучения проблемы потребовались новые подходы к оценке пригодности воды для орошаемых массивов юга Украины. С этой целью коллективы лабораторий мелиорации двух институтов - УНИИПА и УНИИОЗ - объединили свои усилия и совместно составили рекомендации «Пригодность воды для орошения по опасности осолонцевания и засоления» (Воротник Т.К., Болдырев А.И., Красутская Н.В., 1982). В них выделены следующие группы вод по их пригодности для орошения: вполне пригодные, ограниченно пригодные, условно пригодные и непригодные. Возможность осолонцевания почв определяется по содержанию в воде натрия и магния. По опасности засоления выделен ряд градаций с учетом суммы солей (от низкой до средней). Предложена формула для вычисления потребности в мелиоранте. При этом учитываются водно-физические свойства почв. В случае малого содержания натрия в воде и значительного преобладания в ней магния над кальцием в расчеты вносится соответствующая поправка. Для удобства определения норм гипса составлены номограммы, по изоплетам которых быстро определяется норма.

В 1975-1985 гг. в Херсонском Присивашье в зоне распространения темно-каштановых почв, орошаемых хлориднонатриевыми подземными водами, длительные исследования в полевых опытах были проведены Всесоюзным институтом кукурузы (г. Днепропетровск) - Ю.Е. Кизяковым. Исследования, результаты которых опубликованы в 1982-1985гг., развили и углубили ранее проводимые в этом регионе работы А.М. Можейко, Т.К. Воротника и др. В диссертационной работе Ю.Е. Кизякова (1985) было показано, что при орошении темно-каштановых почв хлоридно-натриевыми водами с содержанием солей 1-3 *г/л*, применение инженерных и агромелиоративных мероприятий по предупреждению ирригационного засоления, осолонцевания, декальцинации, обесструктуривания почв эффективны лишь при орошении сроком до 5-8 лет. В дальнейшем процессы деградации почв хотя и ослабляются, но продолжают развиваться, несмотря на сохранение в какой-то период высоких урожаев сельхозкультур. Возникает необходимость ставить вопрос с экологической точки зрения о целесообразности применения таких вод для длительного орошения.

В 1983 г. сотрудники лабораторий мелиорации УНИИПА, УНИИОЗ и специалисты других научных учреждений, объединив усилия, разработали первый региональный Украинский Госстандарт на качество оросительной воды (ГОСТ 25900-83), в котором нашли отражение результаты исследований по использованию минерализованных вод для орошения в Украине. В стандарте, как и в ранее опубликованных «Методических рекомендациях по составлению проектно-сметной документации на химическую мелиорацию почв, орошаемых минерализованными водами» (1982), дана классификация природных вод Украины по содержанию в них солей с выделением 4 классов вод по их пригодности для орошения и предложены методы расчета доз мелиорантов для предупреждения осолонцевания почв (по формулам и номограммам). В названном нормативном документе использован новый метод оценки качества вод в зависимости от свойств орошаемых ими почв. Его авторы исходили из оспариваемого многими исследователями (Егоров В.В., Айдаров И.П., Зимовец Б.А.) постулата о том, что почвы с более благоприятными водно-физическими и химическими свойствами (незаселенные и несолонцеватые, а также хорошо оструктуренные черноземы) могут поливаться водой более плохого качества, чем рекомендовано для каштановых почв, т.к. они обладают большей буферностью к процессу осолонцевания. Многие исследователи Почвенного института имени В.В. Докучаева все же предлагают разработать для черноземов наиболее щадящий режим орошения и более жесткие требования к качеству оросительной воды. Так, вполне пригодными водами для черноземов они предлагают считать воды с минерализацией 0,25-0,50 *г/л*, опасными - 0,5-0,7, непригодными - с минерализацией больше 0,7 *г/л* независимо от качественного состава солей.

В 1982-1995 гг. в зоне обыкновенных и южных черноземов Заднестровья возник новый район орошения, где использовались воды нового водохранилища - бывшего соленого озера Сасык, трансформированного в водонакопительний приемник больших объемов вод Дуная. Как впоследствии оказалось, вода Дуная в этом водохранилище резко ухудшается по качеству, становится устойчиво щелочной и слабо минерализованной. Здесь в новой зоне орошения (Дунай-Днестровская оросительная система) были начаты широкие гидрологические, почвенно-мелиоративные и экологические исследования многими научными учреждениями России и Украины. Уже в первые годы результаты исследований по почвенным вопросам - работы Б.Г. Розанова, Е.Н. Аникановой, И.М. Поповой из МГУ, А.В. Новиковой, Н.Е. Гаврилович, В.Я. Ладных, Н.И. Полупана из Института почвоведения и агрохимии (УНИИПА), Е.П. Сафоновой из Института орошаемого земледелия, И.Н. Гоголева, Т.Н. Хохленко, С.П. Позняка, Я.М. Беланчина из Одесского государственного университета и др.) показали, что для чернозе-

мов этой зоны, установленные ГОСТом 1983 года нормативы оценки качества воды и рекомендации комплекса мероприятий по защите почв от осолонцевания малопригодны и недостаточны. При использовании вод водохранилища Сасык с минерализацией 1,5-2 *г/л* хлоридно-натриевого типа и pH 7,8-8,5 черноземы обыкновенные и южные осолонцевались уже в первые три года орошения до слабой и средней степени, при содержании 2-3% натрия и калия в составе поглощенных оснований обладали всеми признаками агрофизической солонцеватости. Глубоко исследовались не только процессы миграции и трансформации солей в почвогрунтах, оросительных и грунтовых водах, но и влияние минерализованных вод на валовой химический состав, глинистые минералы почв, гумус, состав микрофлоры, питательный режим, агрофизические и водно-физические свойства почв. В полевых опытах изучались комплексные инженерные, агротехнические и агромелиоративные приемы - химическая мелиорация воды различными способами (Ладных В.Я., 1988), система химической мелиорации почв и использование удобрений (Гоголев И.Н. и др., 1988.; Ладных В.Я. и др., 1993; НосоненкоА.А., 1995), режим орошения (Писаренко В.А., Иванов И.Т., Иокич, 1988-1992), технологии возделывания сельскохозяйственных культур в орошаемых почвозащитных севооборотах и т.д.

На основании наблюдений в полевых условиях за действием на почвы минерализованных вод Н.И. Полупан (1994) пришел к выводу, что между степенью осолонцевания и интенсивностью солонцового процесса имеется прямая связь. Автор выделил пять типов интенсивности солонцовых процессов и качественных показателей оросительных вод и солевого состава почв, которые обусловливают протекание этих процессов. Начиная с минерализации 1 *г/л* с последующим возрастанием ее до 2,5 *г/л* и выше, солонцовый процесс возрастает от слабого до агрессивного при изменении соответствующих величин отношения активностей ионов кальция к натрию в водах и почвах.

Особое внимание в процессе всех исследований уделялось проблемам загрязнения водных источников и почв токсичными веществами - солями натрия, тяжелыми металлами, нефтью, патогенными микроорганизмами, сине-зелеными водорослями. В последующие годы на основании результатов исследований были разработаны новые нормативные документы для проектирования, строительства, сельскохозяйственного использования земель и охраны окружающей среды. Прежде всего следует отметить «Руководство по использованию орошаемых черноземов», подготовленное сотрудниками Института гидротехники и мелиорации (ИГиМ) В.П. Остапчиком, О.И. Жовтоног, Л.А. Филипенко и др., Института почвоведения и агрохимии С.А. Балюком, П.И. Кукобой, В.Я. Ладных, Л.А. Чаусовой (1991) с участием многих других научных учреждений Украины. В руководстве впервые всесто-

ронне обобщен научный и практический опыт орошения черноземов в Украине. Дана характеристика качества оросительных вод, классификация и эколого-мелиоративная характеристика черноземов, их экономическая оценка и технология использования. Приведены количественные параметры, необходимые для проектирования и планирования, даны современные и вновь разработанные методики оценки степени деградации почв, их засоления, осолонцевания, загрязнения токсикантами.

Издана «Инструкция по ирригационной оценке и качеству природных вод Украины» (1992), и на ее основе подготовлен ГОСТ 2730-94 «Качество природной воды для орошения. Агрономические критерии» (1994), в которых устранены недостатки ранее изданного ГОСТа. В новом стандарте даны более жесткие и более точные детальные, применительно к разным почвам, параметры химического состава вод по опасности засоления, осолонцевания, ощелачивания почв и воздействия их на сельскохозяйственные растения. Использованы новые теоретические разработки. Так, опасность засоления воды по отношению к разным группам почв оценивается по содержанию токсичных солей, приведенных к общему эквиваленту токсичности хлора. Опасность осолонцевания оценивается по содержанию катионов натрия, калия и магния с учетом общей засоляющей и ощелачивающей способности воды. Для экспрессной оценки качества воды по опасности осолонцевания и ощелачивания почв предлагаются параметры термодинамических показателей воды и почвы (соотношение активных концентраций натрия , кальция, pH, pNa, pCa и их потенциалов).

Институтом почвоведения и агрохимии (Балюк С.А., Кукоба П.И., Ладных В.Я., Чаусова Л.А.) подготовлен нормативный документ на оценку вод по экологическим критериям (1996), в котором указаны безопасные, опасные и критические параметры содержания в оросительных водах тяжелых металлов, нитратов и других специфических токсичных веществ. Следует отметить, что проблеме загрязнения вод этими веществами уделяется самое серьезное внимание, особенно в регионах орошения Донбасса, в бассейне Днепра, Днестра и Дуная. В настоящее время этими вопросами занимается ряд отделов и лабораторий ИПА и других научных учреждений Украины. Опубликован ряд научных статей по загрязнению вод, почв и выращенной продукции на орошаемых землях Донбасса (Балюк С.А., Ладных В.Я., Чаусова Л.А., Головина Л.П. и др., 1994), изданы отдельные рекомендации по борьбе с фтористым загрязнением почв.

Все выполненные исследования свидетельствуют, что использование минерализованных вод для орошения сопровождается существенными негативными экологическими последствиями. Такие воды, как правило, содержат соли натрия и вызывают осолонцевание и даже

засоление почв. Более того, когда в водоемы сбрасываются промышленные стоки (промышленные предприятия Приднепровья и Донбасса), то, кроме собственно токсичных легкорастворимых солей, в воду попадают тяжелые металлы и другие вредные химикаты, оказывающие токсическое действие на растения, животных и человека. Проблема экологии в связи с использованием таких вод остается очень острой.

2.7. Влияние относительно длительного (20-30 и более лет) орошения на солонцовые и другие почвы

В разделе 2.3 были рассмотрены экологические последствия широкого орошения на почвы малодренированной части Причерноморья в первые 7-10 лет орошения. Действие орошения проявилось резким изменением гидромелиоративных условий с развитием подтопления почв, подъемом минерализованных грунтовых вод, что вызвало вторичное засоление почв на локальных участках, а также их осолонцевание. В последующие годы в связи с реконструкцией старых оросительных систем, устройством коллекторно-дренажной сети и некоторым упорядочением режимов орошения произошло определенное улучшение гидромелиоративных условий.

Воздействие орошения на почвы в течение более длительного срока изучали многие научные учреждения. По данным гидрогеологов (Баер Р.А., Лютаев Б.В., 1978), подъем уровня грунтовых вод на оросительных системах происходит в зависимости от исходной глубины их залегания. При исходном уровне 30-12 *м* от поверхности воды поднимаются ежегодно со скоростью 0,2-0,8 *м/год*. При глубине 12-2 *м* скорость их подъема снижается и интенсивность прироста колеблется в пределах от 0,8 до 0 *м/год*, так как наступает гидродинамическое равновесие между скоростью подъема и испарением вод с поверхности, расходом на транспирацию и оттоком в дрены. В начальный период в процессе подъема грунтовых вод происходит растворение солей в породах и переход их в грунтовые воды, вследствие чего их минерализация повышается в 2-3 раза, затем наступает разбавление грунтовых вод поливными водами и снижение их минерализации до величины 1-4 *г/л*. На конечной стадии в бездренажных условиях минерализация грунтовых вод возрастает до 4-20 *г/л*, а на фоне дренажа понижается до 0,6-1,2 *г/л*.

Под влиянием орошения сложилось два следующих вида условий увлажнения: ирригационно-автоморфный, при глубине залегания грунтовых вод ниже 5-6 *м* и ирригационно-гидроморфный, при залегании их ближе 5 м. За 20-30 лет орошения пресными водами (0,6-0,7 *г/л*) при ирригационно-автоморфном водном режиме происходит выщелачивание солей из почвогрунтов зоны аэрации с уменьшением запасов солей в 2-5 раз. Если для орошения используются минерализованные

воды (до 4 *г/л*), то в верхней двухметровой толще почвогрунта происходит увеличение количества солей в 2-3 раза. При ирригационно-гидроморфном водном режиме, невысокой минерализации грунтовых вод (1-3 *г/л*) и небольшом содержании солей в почвах (0,01-0,1%) засоленность почв возрастает в 1,5-2 раза. В соответствии с изменением уровня грунтовых вод и условий мелиоративного режима в зоне аэрации Б.А. Тупицын и В.В. Морозов (1987) выделяют три периода воздействия длительного орошения на почвы. Первый - от начала орошения до достижения грунтовыми водами установившегося уровня при отсутствии дренажа. Второй - от начала работы дренажа до установления уровня грунтовых вод на постоянной глубине. Третий период характеризуется установившимся уровнем грунтовых вод при работе дренажа.

В первый период происходит вымывание солей из почв и пород, во второй идет накопление солей и возникает опасность осолонцевания почв, в третий период, когда грунтовые воды залегают ниже критической глубины (2,2-2,6 *м*), снижается минерализация грунтовых и дренажных вод, почвы рассоляются. В этот период может усиливаться сульфатность и карбонатность вод, появляться в них сода. Потому необходимы постоянные наблюдения за изменениями гидромелиоративных и других условий (мониторинг) и разработка соответствующих мер предупреждения неблагоприятных экологических последствий на разных стадиях воздействия орошения на почвы (Ушкаренко О.В., Золотун В.П., Морозов В.В., Писаренко В.А., 1994). Подводя итоги изучению влияния длительного орошения на свойства почв, Р.А. Баер, Б.В. Лютаев, Я.М. Биланчин (1982) приходят к выводу, что по ряду показателей нет однозначных изменений. Так, не обнаружилось четкой закономерности в изменении содержания гумуса, карбонатов, объемной массы и других свойств. Количество гумуса в одних случаях уменьшалось, а в других возрастало. В метровом слое запасы гумуса оставались постоянными. Мало изменялось и содержание карбонатов в нижних горизонтах. В то же время четко выражены изменения таких показателей: содержание солей, pH, обменные основания, микроагрегатный и агрегатный состав. Они изменялись в зависимости от длительности орошения, глубины грунтовых вод и минерализации поливной воды. Авторы считают, что при орошении минерализованными водами происходило четкое увеличение содержания поглощенного натрия, орошение же пресной водой не изменяло его.

По данным А.В. Новиковой, А.М. Пятаковой, Н.Е. Гаврилович (1984), при длительном орошении пресной водой происходит не только рассоление, но и рассолонцевание почв с удалением поглощенного натрия. Такой же вывод делает В.Д. Муха (1978). Наблюдения П.И. Кукобы и С.А. Балюка за влиянием длительного орошения на темно-каштановых почвах Каховской оросительной системы, расположенной в

более высокой части Причерноморской равнины, показали, что за период орошения почвы мало изменились. Они не подверглись подтоплению и вторичному засолению. В них несколько уменьшилось содержание поглощенного кальция (на 1-2 *мг-экв*), немного возросло количество обменного натрия (на 0,2-0,3 *мг-экв*), за счет чего повысилось отношение активностей натрия к кальцию (Чаусова Л.А. и др). Величина pH имела тенденцию к возрастанию на 0,4-0,5 единицы. В орошаемых почвах несколько ухудшались водно-физические свойства, хотя и не по всем показателям (Медведев В.В., Цибулько В.Г., 1978, Кукоба П.И., Балюк С.А., 1976; Пятакова А.М., 1984 и др.). Все исследователи были едины в том, что при длительном орошении происходил интенсивный вынос питательных веществ - азота, калия, фосфора (Попова И.М., Филипьев И.Д., 1980, 1987; Левенец П.П., Кривоносова Г.М., 1978; Носко Б.С., 1978 и др.). Прямыми лизиметрическими исследованиями в зоне Краснознаменской оросительной системы Г.М.Кривоносова установила, что после орошения в фильтрационных водах на глубинах 50 и 80 *см* обнаруживаются нитратные и аммонийные формы азота, а также подвижный калий. Вынос нитратов и других подвижных питательных веществ в грунтовые воды, реки и водоемы оказывает негативное влияние на живые организмы и здоровье человека.

Воздействие длительного орошения на черноземы во многом аналогично тому, что происходит в почвах сухой Степи, все же имеются определенные различия, которые обусловлены большим разнообразием черноземов, характером почвообразования. Учитывая результаты наблюдений, С.А. Балюк, П.И. Кукоба и другие исследователи разработали агромелиоративную классификацию орошаемых черноземов. В ней выделены следующие группы почв.

А. Орошаемые черноземы с глубиной залегания грунтовых вод не более 2 *м* от поверхности. Относятся к ирригационно-подтопленным, с луговым почвообразованием и опасностью вторичного засоления.

Б. Орошаемые черноземы с глубиной грунтовых вод в пределах 2-3 *м*. Относятся к ирригационно-подтопленным, с потенциальной опасностью вторичного засоления и луговым процессом почвообразования.

В. Орошаемые черноземы с уровнем грунтовых вод 3-5 м. Относятся к ирригационно-обводненным, с преобладанием лугово-степного почвообразования .

Г. Орошаемые черноземы с глубиной грунтовых вод более 5 *м*. Относятся к ирригационно-автоморфным. На формирование их свойств влияют только поливы.

Как отмечает И.Н. Гоголев (1978), длительное орошение черноземов способствует накоплению в них обменного натрия, выщелачиванию кальция, появлению повышенной щелочности, трансформации

минералов. Излагая агроэкологическую концепцию орошения черноземов, И.Н. Гоголев, Б.А. Зимовец, С.А. Балюк и В.Я. Ладных (1994) отмечают, что к числу наиболее распространенных деградационных процессов в черноземах относятся следующие: подъем уровня грунтовых вод и развитие процессов заболачивания, вторичного ирригационного гидроморфизма почв; активизация галогенно-химических процессов на локальном, региональном и глобальном уровнях. Орошение приводит к увеличению содержания в почвах водорастворимого и поглощенного натрия, ощелачиванию почв, усилению эрозионных процессов, дегумификации орошаемых черноземов и их агрофизической деградации, преобразованию минеральной компоненты черноземов с увеличением количества аморфного кремния, техногенному и сельскохозяйственному загрязнению, биологическим и биохимическим изменениям черноземов.

По мнению В.В. Егорова (1982), степное орошение, в отличие от орошения более аридных областей, является более благоприятным. Это положение еще нуждается в тщательном изучении.

Что касается эффективности оросительных мелиорации, их влияния на развитие и урожайность сельскохозяйственных культур, то, по данным УНИИОЗ и других научных учреждений, оросительные мелиорации позволяют повышать урожайность сельскохозяйственных культур в 2-4 раза. В период 1986-1992 гг. средняя урожайность сельскохозяйственных культур была выше при орошении в Херсонской области в 1,4-2,8 раза, чем на богаре, в Крымской области - в 1,3-2,3 раза (Ушкаренко В.А., Золотун В.П., Морозов В.В., Писаренко В.А., 1994). По расчетам Украинского НИИ экономики и организации агропромышленного комплекса срок окупаемости капиталовложений в водную мелиорацию колеблется от 4-7 до 10-12 лет, что свидетельствует о высокой экономической эффективности вложения средств.

2.8. Ирригационное ощелачивание и содопроявление в почвах юга Украины

С увеличением длительности орошения ранее незасоленных почв и таких, в которых солевой горизонт представлен нейтральными солями, в почвах начало появляться небольшое количество соды. Она обнаруживалась также в воде водохранилищ, каналов и в грунтовых водах Северно-Крымской оросительной системы (Кукоба П.И., Новикова А.В., Супряга И.К., Липатов Б.А.), в зоне Краснознаменского массива орошения (Новикова А.В., Ладных В.Я., Баер Р.А., Кириенко Т.Н.) и на некоторых других оросительных системах. Несколько позже сода появилась в южных черноземах (Гоголев И.Н., Хохленко Т.Н., 1978). Авторы объяснили ее образование трансформацией состава почвенных

растворов в связи с изменением растворимости CO_2 при повышении температуры воздуха.

Сода в почвах нейтрального засоления появлялась и на оросительных системах Северного Кавказа, Заволжья, Прикаспийской низменности (Славный Ю.А., 1971; Бобков В.П., 1976, Буйлов А.В., 1978; Зимовец Б.А., 1975, 1982). Учитывая неясность вопроса о причинах появления высокотоксичной соды при орошении, Минводхоз УССР в 1983 г. поручил УНИИПА установить географию и интенсивность содового засоления при орошении почв на юге Украины. В работе принимали участие также гидрогеолого-мелиоративные экспедиции Минводхоза (Крымская, Каховская, Одесская, Днепропетровская), располагающие данными солевых съемок на крупных государственных оросительных системах. В соответствии с разработанной программой и методикой исследований была проведена обработка данных анализов водных вытяжек, в ходе которой содовое засоление определялось по так называемому «коэффициенту содовости» (Посохов Е.В., 1969), как отношение иона НСОз к сумме кальция и магния. Дополнительно определяли отношение катиона натрия к сумме анионов хлора и сульфатов по методу Сулина. Выборочно рассчитывали вероятный состав солей. В горизонтах, относимых к содовому химизму, на долю НСОз, связанной с натрием, приходилось около 60%. В результате работ были составлены карты содопроявления в орошаемых почвах Одесской и Николаевской областей (Лютаев Б.В.), Херсонской и Запорожской (Кривульченко А.И., Галаган А.П.), Днепропетровской (Покутнев Г.И.), Крымской области (Лазукин В.И., Бродерзон Г.М., Кукоба П.И.). Созданы также обзорные схематические карты разного масштаба и картосхема мелиоративного районирования. Полученные материалы частично опубликованы (Новикова А.В., Гаврилович Н.Е., Калиниченко В.Н., Лютаев Б.В., Лазукин В.И. и др., 1987).

Сода обнаруживалась не во всех опробованных разрезах и скважинах, а спорадически. Поэтому по характеру распространения содопроявления на картах были выделены такие градации: весьма частая встречаемость - более 50% от опробованных точек, частая – 25-50, ограниченная – 10-25 и единичная встречаемость - менее 10%. Глубина содопроявления также неодинакова, что объясняется различием генезиса образующейся соды. На карте выделены три интервала глубин первого горизонта появления соды (0-0,5 *м*; 0,5-1 *м* и 1-2 *м*). Наиболее близко к поверхности сода встречалась на юго-западе Причерноморья - в Одесской области в орошаемых южных черноземах (0,3 *м*), в Днепропетровской области в типичных черноземах (0,6 *м*), в остальных областях она обнаруживалась глубже 0,7-0,8 *м* и особенно глубоко в почвах Запорожской области - 1,1 *м*. В большинстве случаев сода установлена во втором и третьем полуметровых слоях (в Одесской области - в первом полуметровом слое).

Интенсивность содопроявления также неодинакова, о чем свидетельствуют данные таблицы 5, составленной по результатам статистической обработки массовых материалов.

Анализ данных позволяет прийти к заключению, что общая щелочность, связанная с натрием, возрастает по мере продвижения от юго-запада Причерноморья (Одесская, Николаевская области) к приосевой части Причерноморской впадины (Херсонская, Крымская области). Так, в почвах Одесской и Николаевской областей, в которых преобладают южные черноземы, количество HCO_3 наиболее низкое (0,5-0,6 *мг-экв*), а величина pH находится в щелочном интервале. К востоку и югу в Запорожской и Херсонской областях, в северной части которых распространены южные черноземы, а южнее - темно-каштановые почвы, содержание НСОз возрастает до 0,7 *мг-экв*, величина pH - до 7,8-8,6. Максимальная величина HCO_3-1,1 *мг-экв* - обнаружена в почвах Крымского Присивашья, где развиты темно-каштановые почвы различной степени солонцеватости и солонцы.

5. Глубина и интенсивность содопроявления в орошаемых почвах юга Украины

Почвы. Оросительные системы (ОС), административные области	Количество точек	Глубина, м		HCO_3, мг-экв на 100г почвы		pH	
		x	D	x	D	x	D
Черноземы южные, лугово-черноземные. Татарбунарская ОС Одесской обл.	540	0,3	0,1-0,7	0,5	0,4-0,7	8,0	7,8-8,4
Черноземы южные, темно-каштановые. Ингулецкая ОС Николаевской обл.	437	0,7	0,3-1,1	0,6	0,4-0,8	–	–
Черноземы обыкновенные, южные, лугово-черноземные. Фрунзенская ОС Днепропетровской обл.	597	0,6	0,2-1,0	0,8	0,6-1,0	8,0	7,6-8,4
Черноземы обыкновенные, южные. Васильевская, Михайловская и др. ОС Запорожской обл.	138	1,1	0,6-1,7	0,7	0,6-0,8	7,8	7,6-8,0
Темно-каштановые солонцеватые, лугово-черноземные, солонцы. Краснознаменская ОС Херсонской обл.	443	0,8	0,2-1,3	0,7	0,4-1,0	7,8	7,5-8.1
Темно-каштановые со-	1127	0,7	0,3-1,1	1,1	0,7-1,5	8,4	8,1-9,3

лонцеватые, лугово-каштановые, солонцы. Северо-Крымская ОС Крымской обл.							

Примечание: x — средняя арифметическая, D — доверительный интервал.

Касаясь вопроса оценки полученных величин HCO_3 в отношении их токсичности для растений, отметим, что в литературе сода известна как наиболее губительная для них. Так, для плодовых косточковых культур, произрастающих в степном Крыму, критический уровень содержания бикарбонатов натрия и магния в 1,5-5 раза ниже, чем хлоридов (Иванов В.Ф., 1977). Е.С. Мигунова (1985) установила, что порог токсичности зависит не только от состава солей (он ниже для содового химизма и выше для сульфатного засоления), но и от степени увлажнения почв. Порог токсичности иона CO_3 при недостаточном увлажнении почв равен 0,01%, при умеренном - 0,02% и при повышенном - 0,04%. Н.И. Базилевич и Е.И. Панкова (1968) считают токсичной общую щелочность, равную 1,4 *мг-экв*, но для HCO_3, связанной с натрием, порог токсичности понижается до 0,8 *мг-экв*. Такую величину относит к токсической и В. А. Ковда. Для условий Заволжья Б.А. Зимовец предложил следующую градацию токсичности HCO_3 связанной с натрием и магнием: слабощелочные 0,7-1,0, среднещелочные 1,1-1,6, сильнощелочные - более 1,8 *мг-экв* на 100 *г* почвы.

С учетом литературных данных и некоторых полевых и вегетационных опытов, проведенных лабораторией мелиорации УНИИПА (Гаврилович Н.Е.), нами предложена такая градация по величине HCO_3 связанной с натрием (по средней арифметической и доверительному интервалу): весьма слабощелочные - 0,5 (0,3-0,7), слабощелочные - 0,7 (0,4-1,0), среднещелочные - 1,1 (0,9-1,3) *мг-экв* на 100 *г* почвы.

Оценивая в целом полученные массовые данные по величине HCO_3, связанной с натрием в орошаемых почвах юга Украины, можно прийти к заключению, что интенсивность содопроявления в данный период относительно невелика, не превышает в большинстве случаев величин среднещелочных почв (в Крыму значения ее выше). Разумеется, что такое состояние проявляется в недоборе урожая, но пока не носит катастрофического характера, как это было, например, при резко выраженном вторичном засолении, с коркой солей на поверхности почв, на пятнах которых вообще не произрастали культурные растения. Все же появление соды свидетельствует о деградационном процессе в почвах, дефиците кальция, поэтому необходимы меры по охране плодородия почв и предупреждению негативных экологических последствий орошения.

Анализ полученных материалов и ознакомление с литературными источниками позволили прийти к заключению, что в условиях юга Украины содовое засоление при орошении может возникнуть в результате нескольких процессов, таких как: сульфат-редукция, воз-

действие напорных подземных вод содового химизма, десорбция поглощенного натрия при рассолении на фоне карбоната кальция, ощелачивание поливной воды при нарушении карбонатно-кальциевого равновесия, а также при поступлении в поливную воду соды из озер и других источников.

Изменение состава поливной воды, поступающей из каскада Днепровских водохранилищ, хорошо изучено Институтом гидробиологии АН Украины. В обстоятельной монографии А.И. Денисовой (1979) отмечается, что вода всех водохранилищ относится к типу гидрокарбонатно-кальциевой. Минерализация ее невысокая - 0,3-0,4 *г/л*. Преобладают катионы Са (28-37%), а из анионов – HCO_3 (0,32-0,41%). Наблюдаются значительные колебания в содержании HCO_3 в связи с изменением величины углекислоты, появляющейся в воде при окислении органических веществ. Уменьшение содержания углекислоты происходит при фотосинтезе, а также при повышении температуры воды, с выделением CO_2 в атмосферу.

Во время интенсивного фотосинтеза, когда происходит полное потребление газообразной CO_2 и сдвиг карбонатного равновесия, углекислота может быть выделена из ионов HCO_3 с образованием иона CO_3 по реакции: $2HCO_3 <> CO_3^{2-} + CO_2 + H_2O$. Концентрация ионов CO_3, выведенная из уравнения второй степени диссоциации, находится в обратной зависимости от концентрации ионов водорода или в прямой - от величины pH. С увеличением в воде ионов CO_3 увеличивается pH воды. Потому в летнее время в поверхностном слое воды водохранилища величина CO_2 бывает равна нулю, иона CO_3- 50 *мг/л*, а pH - 9,7. В то же время в нижних слоях воды, наоборот, величина СОг может достигать 2,5 *мг/л*, CO_3^- падать до нуля, pH - 7,8. Такая же причина повышения щелочности и в почвенных растворах, водных вытяжках, а сам процесс рассматривается как протонная недостаточность (Dickson A.G., Воробьева Л.В., Замана С.П., 1984).

Из названных всевозможных путей появления соды в почвах районов, тяготеющих к приосевой части Причерноморской впадины, наиболее вероятным является процесс десорбции натрия на фоне карбоната кальция при рассолении почв. Как известно, такой концепции содопроявления придерживаются многие исследователи. Б.П. Бобков (1976) даже высказал мнение о том, что содовое засоление знаменует собой стадию естественного или искусственного рассоления территории.

В этом отношении весьма показателен степной Крым, который в отдаленные геологические эпохи испытал прогиб земной коры с трансгрессией морских вод и последующим поднятием и рассолением почвогрунтов. При анализе материалов карты типов засоления почв степного Крыма (Новикова А.В., 1959, 1962) было обращено внимание на то, что в нижней части профиля (перед солевым горизонтом) обнаруживается незасоленный или слабозасоленный горизонт, в котором преобладает двууглекислая, а иногда и нормальная сода.

К такому же заключению пришел В.Ф. Иванов (1969, 1977), который первым подметил спорадичность содопроявления в неорошаемых почвах степного Крыма. При изучении пригодности почв под сады, автор установил, что на глубине 50-100 *см* горизонты с содовым химизмом обнаруживаются не во всех опробованных точках, а в 4% разрезов темно-каштановых слабосолонцеватых почв, в 37% темно-каштановых средне- и сильносолонцеватых почв и в 45% на солонцах.

Специально проведенные нами исследования по составу водорастворимых солей в неорошаемых почвах степного Крыма с целью выявления содопроявления до начала орошения показали (Новикова А.В., Калиниченко В.Н., 1988), что сода встречается в незасоленных или слабозасоленных горизонтах солонцов на глубине 18-34 *см*, темно-каштановых средне- и сильносолонцеватых почв – 43-61, темно-каштановых слабосолонцеватых почв – 53-95 и южных черноземов - 82-125 *см*. При этом величина HCO_3 связанная с натрием, колеблется в пределах 0,9-1,5 *мг-экв* на 100 *г* почвы в солонцах и несколько меньше - 0,9-1,1 *мг-экв* - в темно-каштановых почвах и южных черноземах.

Для прогнозирования содообразования при десорбции натрия на карбонатном фоне и выявления количественной связи между содержанием обменного натрия и величиной образующейся соды при промывке почв водой на фоне карбоната кальция лаборатория мелиорации УНИИПА провела специальный модельный опыт. Обработка его данных позволила установить прямую среднюю корреляционную связь между появлением двууглекислой соды и величиной обменного натрия (Новикова А.В., Златина И.Г., 1977). Уравнения регрессии, описывающие такую связь для каштаново-луговой легкосуглинистой почвы, имеют вид:

$$y = 0,39 + 0,23x,$$

где y - щелочность в мг-экв; x - поглощенный натрий в мг-экв на 100 *г* почвы, в пределах колебания величины x - 0,2-1,4 *мг-экв*. Для лессовидной глины аналогичная связь описывается уравнением:

$$y = 0,42 + 0,14x.$$

Располагая данными содержания обменного натрия в почве и пользуясь приведенными формулами, представляется возможным прогнозировать ожидаемое количество соды в почве при орошении с соблюдением промывного режима. Разумеется, что такое прогнозирование правомерно лишь для условий, которые соблюдались в опыте - образование соды за счет десорбции натрия на фоне карбоната кальция, промывной водный режим, отсутствие заметного количества хлоридных и сульфатных солей.

Результаты проведенных лабораторией мелиорации полевых и вегетационных опытов, обобщение литературных данных позволили

разработать принципы борьбы с содопроявлением в зависимости от возможных путей образования соды, которые кратко будут изложены в разделе 2.11.

2.9. Агроэкологические последствия создания каскада Днепровских водохранилищ

Хотя этот вопрос не связан непосредственно с основной тематикой очерка но, учитывая, что подтопление и затопление оказывает воздействие на все почвы, в том числе и солонцовые, следует остановиться на нем.

Широкомасштабные оросительные мелиорации на Украине стали возможными после устройства каскада водохранилищ на Днепре. Однако создание водохранилищ наносило и определенный ущерб народному хозяйству, поскольку вода затапливала часть плодородных пойменных земель и лесов. Хозяйства прилегающих районов лишились 12% сельхозугодий, которые ушли под воду. При этом часть земель оказалась затопленной небольшим слоем воды (1,5-2 *м*), образовались обширные площади мелководий - до 200 *тыс. га*, что составило 30% от площади водохранилищ.

В связи с тем, что для производства электроэнергии мелководья не представляют существенной ценности, Укргипроводхоз в 1972 г. внес предложение о строительстве отсечных дамб и рекультивации мелководных участков на площади 132 *тыс. га*. В порядке эксперимента небольшая часть мелководной зоны, в частности Ольшанский массив на правобережье Днепра в Черкасской области, была осушена, для чего была специально построена дамба и осушительные каналы. Осушенные земли в 1975 г. переданы колхозам для освоения.

Однако в первые годы стало очевидным, что почвы, освободившиеся от воды, обладают очень низким плодородием, причина которого не была ясна. Потому дальнейшее осушение мелководий было приостановлено.

Следует отметить, что по вопросу влияния длительного затопления на почвы было опубликовано сообщение К.П. Альтмана (1981). Он провел отбор образцов солонцовых почв в затопленной части Днепродзержинского водохранилища в Полтавской области. Автор пришел к заключению, что под влиянием затопления изменилась в основном верхняя часть лугового содового солонца. Вместо элювиального горизонта на его поверхности образовался наилок толщиной 15-18 *см*. По агропроизводственным свойствам наилок был лучше, чем солонцы незатопленные, что, как полагал автор, могло облегчить освоение этих почв после осушения мелководий. Верхняя часть погребенного под наилком горизонта подверглась интенсивному оглеению.

Учитывая отсутствие всякого опыта освоения осушенных мелководий и важность данной проблемы для народного хозяйства, Совет Министров УССР в 1979 г. обязал институты ЮО ВАСХНИЛ (УКРНИИЗ и УНИИПА) провести соответствующие исследования, определить причины низкой продуктивности осушенных земель и разработать приемы повышения их плодородия. В УНИИПА работы поручили лаборатории мелиорации под руководством А.В. Новиковой. В исследованиях принимали участие Л.П. Щербова, Н.Г. Погребной, аспирант А.И. Бондарь.

Была проведена почвенная съемка осушенных земель, установлены стационарные наблюдения за динамикой окислительно-восстановительных и других процессов и поставлены опыты по химической мелиорации осушенных земель. Результаты исследований (Новикова А.В., Щербова Л.П., Погребной Н.Г., Бондарь А.И., 1983; Новикова А.В., Бондарь А.И., 1984, 1985) сводятся к следующему. Под влиянием длительного затопления на поверхности почв образовался наилок - донные отложения. Они представляют собой гумифицированную массу с содержанием гумуса 1,5-3% вверху и 1% в нижней части, где протекают анаэробные процессы. Величина окислительно-восстановительного потенциала очень низкая. В донных отложениях содержится много подвижных форм железа, представленных в основном закисными формами, много подвижных форм азота и калия (10-15 *мг* на 100*г*), мало подвижного фосфора (2-3 *мг* на 100 *г*). Реакция среды близка к нейтральной (pH 6,8-7,0). Почвы мелководной зоны, развивающиеся в условиях чередования затопления и его отсутствия в засушливые летние месяцы, представлены аллювиально-луговыми глеевыми супесчаными разновидностями. Они имеют четкие признаки оглеения прямо с поверхности и до грунтовых вод (зеленоватосизая окраска, охристо-желтые примазки, оолиты). Отметим, что в аллювиально-луговых почвах, развивающихся в естественных условиях, признаки оглеения обнаруживаются обычно в нижней части профиля над грунтовыми водами. Грунтовые воды пресные. Механический состав почв легкосуглинистый или супесчаный. Содержание гумуса невелико - 2%, что типично для почв легкого механического состава. Сумма поглощенных оснований в верхней части почв 26 - 29, книзу падает до 12-18 *мг-экв* на 100 *г* почвы. Из подвижных питательных веществ заметное место принадлежит азоту (10 *мг* на 100 *г*), в то же время калием и фосфором почвы обеспечены слабо. Окислительно-восстановительный потенциал выше, чем в донных отложениях и колеблется в пределах 280-310 *мв*. Содержится много подвижного железа (до 70 *мг* на 100 *г*), 70% которого приходится на закисные формы. Реакция среды близка к нейтральной, а профиль опреснен.

Вообще все почвы, испытавшие поверхностное затопление (аллювиально-луговые карбонатные, аллювиально-луговые оподзоленные, аллювиально-луговые осолоделые, луговые глеевые и др.), а затем осушенные, имеют следы оглеения с самой поверхности (сизоватость, ржавые пятна) и по всему профилю легкий механический состав, неглубокое залегание пресных грунтовых вод, опресненность профиля от солей, невысокое содержание гумуса – 3-4%. В большинстве случаев в почвах отмечена кислая (pH 4,8-5,0) реакция. Сумма поглощенных оснований невысокая - 16-20 *мг-экв*. Вскипание от 10% HC1 не обнаруживается по всему профилю, кроме карбонатных разновидностей таких почв. Отмечается повышенное содержание подвижного азота и низкое - калия и фосфора.

В целом осушенные аллювиальные почвы, сформированные на песчаных отложениях, имеют общие признаки: сильно выраженное оглеение, железистые примазки, оолиты непосредственно с поверхности, кислую реакцию среды, малое содержание питательных веществ и опресненность. Отмечается большая плотность почв и низкая их водопроницаемость.

Общими причинами невысокого плодородия периодически затопляемых и осушенных территорий являются чрезмерно развитое глееобразование и неблагоприятный водно-воздушный режим. Глееобразовательный процесс в осушенных почвах сопровождается увеличением подвижности железа (до 200-300 *мг* на 100 *г* почвы) и алюминия (до 42 *мг* на 100 *г* почвы), что приводит к снижению щелочности почвенного раствора и возрастанию гидролитической кислотности. Такие особенности почвообразования весьма напоминают условия формирования деградированных почв под посевами затопляемого риса, хотя существуют различия по реакции почвенного раствора. Такие почвы следует, повидимому, отнести к особой разновидности – ирригационно-деградированным.

Как показали опыты, наиболее эффективным средством, снижающим почвенную кислотность, является внесение фосфогипса, а также смеси извести и фосфогипса на фоне осушения. В этом случае происходит увеличение величины pH солевой вытяжки с 4,2 до 5,6 и уменьшение гидролитической кислотности. Внесение химических мелиорантов оказывает тормозящее воздействие на глееобразовательные процессы и позволяет снизить содержание закисного железа с 160-180 до 60-70 *мг* на 100 *г* почвы.

Применение комплекса приемов — дренаж, внесение химических мелиорантов, минеральных удобрений, посев многолетних трав - способствует повышению плодородия почв и увеличению урожая многолетних трав на 25-30 %.

2.10. Антропогенная эволюция солонцовых почв под влиянием оросительных мелиораций

Ранее приведенные материалы свидетельствуют, что если в Лесостепи и частично Полесье ирригационное строительство с созданием водохранилищ привело к некоторому подтоплению прилегающих территорий и усилению гидроморфности почв, то в сухой Степи его действие проявилось значительно сильнее и вызвало изменение процессов солонцеобразования. Можно выделить четыре основные направления антропогенной эволюции солонцовых почв сухой Степи (Новикова А.В., 1984).

На преобладающей территории юга Украины, где автоморфные солонцовые почвы прежде эволюционировали в сторону естественного рассоления и рассолонцевания и находились в стадии степного (дернового) почвообразования, после введения орошения установились автоморфно-ирригационные условия увлажнения при залегании грунтовых вод на глубине ниже 7-8 *м*.

Под влиянием поливов пресной водой резко усилилось выщелачивание солей из почвогрунтов. Вместе с ними удалялась часть поглощенного кальция (Кукоба П.И., Балюк С.А.) и, по данным ряда авторов (Новикова А.В., Пятакова А.М., Гаврилович Н.Е., Муха В.Д.), наблюдалось также снижение содержания обменного натрия. Другие исследователи (Кукоба П.И., Балюк С.А.), наоборот, отмечали некоторое возрастание натрия.

При поливах усилилась интенсивность микробиологических процессов, возросло количество микроорганизмов (Михновская А.Д.). Спустя некоторое время после начала орошения под воздействием пресной поливной воды гидрокарбонатно-кальциевого состава в почвах стала образовываться сода, как этап их рассоления и рассолонцевания на фоне карбонатов кальция.

Возникли и некоторые негативные последствия - усиленный вынос питательных веществ, ухудшение некоторых показателей водно-физических свойств почв. Все сказанное позволяет считать, что антропогенная эволюция таких почв может быть охарактеризована как ирригационное рассолонцевание.

Иное направление эволюции солонцовых почв происходит при подъеме ирригационно-грунтовых вод с превышением критической глубины (1,5-2,0 *м*) и критической минерализации грунтовых вод, и также при отрицательном водном балансе в корнеобитаемом слое (поступление воды меньше, чем расход влаги на суммарное испарение) и положительном солевом (накопление солей в верхнем горизонте преобладает над их выносом).

В таких условиях в почвах развивается процесс вторичного их засоления с накоплением солей в пахотном слое, что было установлено многими исследователями в зонах Краснознаменской и Северо-Крымской оросительных систем и освещено в этом очерке в разделе 2.3. Вторичному засолению подвержены солонцовые и другие почвы.

Д.Г. Виленский в свое время называл солонцы, в которых наступил солончаковый процесс, реградированными солончаками. Сохраняя преемственность терминологии, считаем возможным назвать такой процесс, протекающий под влиянием орошения, ирригационной реградацией.

Третий путь антропогенного воздействия орошения и эволюционного развития солонцовых почв можно охарактеризовать как ирригационную деградацию, протекающую в условиях их затопления при рисосеянии. Она характеризуется особенно резким снижением плодородия почв с разрушением их алюмосиликатной части, оглеением всего профиля, перемещением гумуса, подвижного железа, алюминия и марганца в нижнюю часть почвы. Названные процессы были изучены многими исследователями (Жовтоног И.С., Кириенко Т.Н., Решетняк Н.Ф.) и освещены выше в разделе 2.5. Элювиально-глеевые явления сопровождаются трансформацией вторичных минералов (Кириенко Т.Н., Коваливнич П.Г.). Могут протекать и процессы осолодения.

Четвертое направление антропогенного воздействия орошения на солонцовые почвы и их эволюционного развития - ирригационное осолонцевание, протекающее при орошении почв минерализованной водой (освещенно в разделе 2.6) или при подъеме минерализованных грунтовых вод к поверхности с засолением почв, сменяемым их сезонным рассолением.

Таким образом, под воздействием орошения естественный процесс солонцеобразования сменяется антропогенным, при этом эволюция солонцовых почв может идти в разных направлениях - в сторону ирригационного рассолонцевания, ирригационной деградации, ирригационной реградации и ирригационного осолонцевания.

Возникает необходимость в более глубоком изучении состава и свойств почв, испытавших такие воздействия, особенно в отношении изменений их поглотительной способности, прочности связи поглощенных катионов, скорости их вытеснения под влиянием орошения. В свое время К.К. Гедройц показал значение поглотительной способности и катионного обмена для физико-химических свойств солонцовых и других почв. В более поздний период, с развитием смежных наук, созданием новых приборов, привлечением методов физической химии, появилась возможность расширить представления о солонцовых почвах, развивающихся в естественных условиях при неорошаемом земледелии. Были изучены особенности катионного обмена (Антипов-Каратаев И.Н., 1935,1953), поглотительной спо-

собности почв (Горбунов Н.И., 1945, 1948), прочности связи катионов кальция и магния , ассоциации ионов, карбонатно-кальциевого равновесия (Минкин М.Б., 1977, 1978; Минкин М.Б., Горбунов Н.И., Садименко П.Д., 1982). Из указанных работ, в частности данных Н.И. Горбунова, следует, что в солонцах связь поглощенного кальция с почвенным поглощающим комплексом в 4-6 раз сильнее, чем поглощенного натрия. Отсюда вывод, что при орошении пресной водой в первую очередь должен вытесняться натрий, а затем уже кальций. Однако некоторые украинские исследователи отмечают, что в орошаемых черноземах и темно-каштановых почвах наблюдается усиленное вымывание поглощенного кальция. Количество поглощенного натрия, по мнению одних исследователей, сохраняется без изменения, по мнению других, - уменьшается, третьих - возрастает.

Именно потому необходимы фундаментальные исследования орошаемых почв с применением методов физической и коллоидной химии. Автор данного очерка считает, что в почвах степной зоны, испытавших длительное орошение, предстоит уточнить количественные показатели, характеризующие процессы ионного, кислотно-щелочного и окислительно-восстановительного равновесий, прочность связи катионов, кинетику катионного обмена, а также изменения электрокинетических, структурно-механических и других показателей солонцовых почв и почв, подвергнувшихся химической мелиорации, а также глубокой мелиоративной обработке.

В последние годы в Украине создается система службы почвенного мониторинга, в задачу которого входит периодический контроль за процессами почвообразования в естественных условиях и при антропогенном воздействии. Первые итоги исследований в этом направлении приведены в книге «Родючість грунтів. Моніторинг та управління» под редакцией В.В. Медведева (1992).

Включение солонцовых почв в систему почвенного мониторинга будет способствовать дальнейшему углублению знаний о причинах солонцеобразования и разработке мер по повышению плодородия этих почв.

2.11. Предупреждение и устранение негативных агроэкологических последствий широкой ирригации, регулирование плодородия солонцовых почв

В настоящей работе обобщенно представлены результаты исследований в Украине по профилактике и борьбе с неблагоприятными явлениями, возникающими при орошении почв, эволюция которых направлена в сторону рассолонцевания, реградации, деградации и осолонцевания.

1. Солонцовые почвы, испытавшие воздействие пресных вод при глубоком залегании грунтовых вод (ирригационное рассолонцевание).

Такие орошаемые почвы приурочены к высокому Крымскому и Херсонскому Присивашью, где почвенный покров представлен темно-каштановыми, реже каштановыми солонцеватыми почвами с пятнами солонцов (до 10–20%).

Примером названных почв являются темно-каштановые слабосолонцеватые почвы совхоза «Воинский» Красно-Перекопского района Крымской области, на которых в 1965 г. лабораторией мелиорации УНИИПА был заложен опыт (Новикова А.В., Пятакова А.М., Гаврилович Н.Е., 1984).

Почвы рассолены, солонцеватость их очень небольшая (количество обменного натрия в пахотном слое всего 1 *мг-экв* на 100 *г*), но почвенный профиль расчленен на гумусово-элювиальный и гумусово-иллювиальный горизонты. В схему опыта были включены плантажная вспашка на глубину 50-60 *см*, ярусная вспашка на глубину 45-50 *см* и гипсование в разных дозах. Вносились также минеральные и органические удобрения.

В результате плантажирования часть карбонатов кальция почвы была перемещена в верхний слой (0-20 *см*), их количество составило 2,3%. При проведении ярусной вспашки содержание карбонатов кальция на глубине 30 *см* возросло с 0,2 до 2,57 %. Поливы дождеванием осуществлялись водой Северо-Крымского канала, в составе которой в жаркие месяцы эпизодически обнаруживались небольшие количества соды (как результат нарушения карбонатно-кальциевого равновесия при удалении CO_2 под влиянием высокой температуры или потреблении фитопланктоном). Воздействие такого орошения на почвы проявлялось в выщелачивании солей, сопровождавшемся некоторым снижением количества обменного натрия (с 1 до 0,6 *мг-экв*). Наметилась также тенденция к уплотнению почвы.

Не останавливаясь подробно на изменении состава и свойств почв в условиях опыта под воздействием разных приемов окультуривания за 15-20 лет, отметим главное.

На фоне орошения наиболее сильное положительное влияние на свойства почв (особенно водно-физические) оказала плантажная и несколько слабее ярусная вспашка, что проявилось в резком возрастании рыхлости почв, их водопроницаемости, впитывании воды, глубины промачивания, улучшении агрегатного состава. Объемная масса почвы на глубине
30-60 *см* контрольной делянки была равна 1,4-1,5 *г/см*^{3}, в плантажированной же почве даже после 15-летнего орошения она составила 1,1-1,2 *г/см*^{3}. Коэффициент водопроницаемости почвы контрольной делянки в

разные годы колебался в пределах 12-24, а на плантажированной почве 28-70 *мм/час*. Растворение карбонатов привело к увеличению содержания кальция в почве, что проявилось в снижении в плантажиованной почве соотношения активности ионов натрия к активности ионов кальция с 1,1 до 0,2-0,3 *мг-экв* на литр. Несколько улучшился питательный режим. Все процессы способствовали существенному повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Так, прибавка урожая озимой пшеницы на 7-й год после проведения плантажной вспашки достигла 16,7 *ц/га* при урожае на контроле 38,3 *ц/га*, на 12-й год - 11,3 *ц/га* при урожае на контроле 47,7 *ц/га*. Эффективность ярусной вспашки и гипсования была ниже.

По данным опытов П.И. Кукобы и С.А. Балюка (1983), заметное окультуривание орошаемых темно-каштановых солонцеватых почв достигается также внесением гипса в дозе 5 *т/га* по глубокой (40 *см*) вспашке.

В.Д. Муха (1978) считает, что внесение в темно-каштановые почвы кальцийсодержащих веществ и высоких доз органических и минеральных удобрений на фоне орошения вызывает усиление микробиологической и ферментативной активности, повышает емкость обмена, количество поглощенного кальция, содержание разных форм азота, фосфора и в целом ускоряет окультуривание почв.

По данным И.Н. Гоголева (1978), гипсование и внесение высоких доз минеральных удобрений с проведением один раз в 4 года глубокой (40 *см*) вспашки для разрыхления уплотняющегося при орошении подпахотного горизонта оказывает положительное влияние на окультуривание орошаемых южных черноземов.

Для восполнения кальция в почвенном поглощающем комплексе с целью улучшения структурного состояния орошаемых почв и ослабления содопроявления в них все исследователи единодушно рекомендуют внесение кальциисодержащих веществ.

Использование повышенных норм вносимых удобрений на орошаемых землях, как следствие высокой подвижности питательных веществ, интенсивного их выщелачивания и потребления растениями, обосновано исследованиями И.М. Поповой (1966), И.Д. Филипьева (1978, 1980, 1984), Б.С. Носко (1978), Г.М. Кривоносовой (1984) и др.

Все перечисленные мероприятия необходимы для повышения эффективности водных мелиораций и окультуривания солонцовых почв.

2. Солонцовые почвы, испытавшие ирригационную реградацию.

Примером таких почв являются почвы колхоза «Россия» Голопристанского района Херсонской области в приморской части древней террасы-дельты Днепра.

Под небольшим слоем (1,5-2 *м*) почвообразующих лессовидных легких суглинков здесь залегают древнеаллювиальные пески. Подземные воды связаны с грунтовыми и содержат до 40 *г/л* солей хлоридно-натриевого типа.

Орошение таких земель вызвало повсеместный подъем грунтовых вод, которые установились на глубине около 1 *м* от поверхности, что привело к ярко выраженному вторичному засолению почв с появлением солей на поверхности в виде корки. Наиболее эффективным средством борьбы с вторичным засолением в этих условиях являются промывки на фоне дренажа. Опыта их проведения к началу 70-х годов в Украине не было. Поэтому по поручению министра мелиорации и водного хозяйства УССР Н.А. Гаркуши в 1975 г. лаборатория мелиорации УНИИПА заложила многолетний опыт по изучению способов промывки почв от солей и разработке комплекса мероприятий по повышению плодородия солонцовых вторично-засоленных почв.

Почвенный покров опытного участка представлен комплексом вторичных хлоридно-натриевых солончаков с коркой солей на поверхности и средним содержанием токсичных солей в слое 0-50 *см* - 0,: -0,8%, в слое 50-100 *см* - 0,2-0,8%, а также вторично-солончаковых каштаново-луговых солонцеватых почв с содержанием токсичных солей в верхнем слое 0,1-0,5%. По механическому составу верхнего метрового слоя эти почвы легко- и среднесуглинистые, ниже - супесчаные. Емкость поглощения равна 10-16 *мг-экв* на 100 *г* почвы, объемная масса - 1,4-1,7 *г/см*^{3}. Коэффициент фильтрации верхних горизонтов - от 0,07-0,12 в оглееных солончаках до 0,8 *м/сутки* в каштаново-луговых почвах. Глубина залегания грунтовых вод - 1-1,5 *м*, их минерализация около - 20 *г/л*.

Перед закладкой опыта на участке была построена скважина вертикального дренажа на глубину 50 *м*, обеспечившая снижение уровня грунтовых вод глубже критического уровня в радиусе 300 *м* на площади около 30 *га*.

В схему опыта включены промывка дождеванием нормой 1500 *м*^{3}*/га*, промывка затоплением по отдельным чекам нормой 7500 *м*^{3}*/га* и вариант без промывок. После одноразового проведения промывок в последующие годы проводилось обычное орошение. На одной части участка был создан высокоудобренный мелиоративный фон (внесли 6 *т/га* фосфогипса, 30 *т/га* навоза и полную норму минеральных удобрений), на другой - низкоудобренный мелиоративный фон (только минеральные удобрения при посеве сельскохозяйственных культур). Кроме основного, был заложен микрополевой опыт с испытанием различных химических мелиорантов и моделей плантажной вспашки.

Исследования проводились в период 1975-1983 гг. (Новикова А.В., Ладных В.Я., 1982; Ладных В.Я., Гаврилович Н.Е., 1982; Ладных В.Я., 1984). Результаты их следующие.

Промывка вторичных солончаков и солончаково-солонцеватых почв легкого механического состава методами дождевания и напуском в чеки способствовала почти полному удалению токсичных солей из верхнего полуметрового слоя. Количество выносимых солей (80-90% от общего содержания токсичных солей) было примерно одинаковым для названных приемов. Глубже 50 *см* соли вымывались лишь частично. Близкой оказалась и урожайность сельскохозяйственных культур, хотя при поливе напуском расход воды был в 4,6 раза больше, чем при дождевании. Следовательно, для почвенно-климатических условий сухой Степи Украины с темно-каштановыми солонцеватыми легкосуглинистыми почвами промывку вторично засоленных почв экономически выгоднее осуществлять методом дождевания (без дорогостоящего строительства промывочных чеков) с подачей воды в течение 2-3 суток, с перерывами для предупреждения поверхностного стока и усиления эффекта солеотдачи. Промывки следует проводить только на фоне дренажа (вертикального или горизонтального) с поддержанием уровня грунтовых вод на глубине 2-2,5 *м*. Перед промывкой необходимо провести обычную глубокую на 25-30 *см* (а лучше плантажную) вспашку и внести на поверхность почвы гипс или фосфогипс для предупреждения послепромывного осолонцевания почвы, а затем ежегодно применять минеральные и органические удобрения. Прибавка урожая только за счет промывок на фоне оптимального уровня грунтовых вод составляла 30-80% (в зависимости от вида сельскохозяйственных культур). По результатам опыта были разработаны и переданы производству технологические рекомендации по промывке дождеванием (Ладных В.Я. и др., 1982).

Изучением промывок почв тяжелосуглинистого состава занимались Ю.А. Чирва (1980), И.К. Супряга и А.Б. Липатов (1981).

Другой объект исследований вторично-засоленных почв в зоне Краснознаменской системы орошения находился в совхозе «Знамя коммунизма» Цюрупинского района Херсонской области. Здесь подземные воды содержат соду, которая при водообмене поступает в грунтовую воду. Орошение вызвало повышение уровня последних и образование вторично-содозасоленных почв.

Для улучшения мелиоративной обстановки на данном участке в начале 70-х годов был построен вертикальный дренаж. В 1975 г. лаборатория мелиорации заложила здесь опыт.

Грунтовые воды залегали на глубине 2,3-2,5 *м*, минерализация их - 6 *г/л*, тип засоления - гидрокарбонатно-хлоридно-натриевый.

Почвенный покров участка представлен комплексом темно-каштановых солонцеватых вторично-луговых почв и солонцов каштановых, вторично-луговых солончаковых и солончаковатых (до 20%). Тип засоления почв хлоридно-гидрокарбонатно-натриевый. Содержание токсичных солей в слое 0-50 *см* - 0,1-0,2%. Помимо двууглекислой имеется нормальная сода, обнаруживаемая в солонце с глубины 27 *см*. Карбонатный горизонт в почве залегает на глубине 50-65 *см* и представлен мергелизованной глиной белесого цвета.

В схему опытов было включено воздействие химических мелиорантов из промышленных отходов, имеющих кислую реакцию (фосфогипс, сернокислое железо), по обычной и по плантажной вспашке. В условиях микроопыта изучалось воздействие на почву однопроцентной серной кислоты.

Наблюдения за свойствами вторично-содозасоленных почв (Новикова А.В., Гаврилович Н.Е., 1984) показали следующее.

Под влиянием дренажа, орошения, химической мелиорации, удобрений и обработки произошло опреснение почв с уменьшением содержания двууглекислой соды в солонце на глубине 20 *см*. Активность иона натрия снизилась с 35 *мг-экв/л* до 4-5 *мг-экв/л* после внесения мелиорантов. Одновременно возросла активность ионов кальция с 2,0 до 4,5 *мг-экв/л* за счет внесенного фосфогипса. Снизилась степень насыщенности ППК натрием с 3,0 до 0,3-0,7 *мг-экв* на 100 *г* почвы на глубине 30-40 *см*.

Заметно улучшились физические свойства почв. На глубине 20-40 *см* естественная дисперсность уменьшилась более чем в 7 раз, а по плантажной вспашке при действии мелиорантов еще сильнее. Снизилась плотность почв.

В результате комплекса приемов возросла урожайность сельскохозяйственных культур. Наибольшие прибавки урожая за период 1975-1980 гг. получены при внесении фосфогипса и сернокислого железа по половинной норме на фоне минеральных удобрений (авторское свидетельство на способ мелиорации Новиковой А.В., Гаврилович Н.Е., Мамонтовой Е.Г.).

Проведенные опыты показали, что при ирригационной реградации почв следует дифференцировать приемы комплексной мелиорации. В случаях сильного проявления вторичного засоления нейтральными солями необходимы: дренаж, промывка дождеванием с предварительным внесением кальцийсодержащего мелиоранта для предотвращения вторичного осолонцевания, орошение в период вегетации, внесение органических и минеральных удобрений, подбор солевыносливых культур.

При ослабленном вторичном засолении почв солями, содержащими соду, необходимы: дренаж для снижения уровня грунтовых

вод ниже критического уровня, внесение кислых мелиорантов в сочетании с фосфогипсом и сернокислым железом по половинной норме, орошение, внесение минеральных и органических удобрений, посев многолетних трав.

3. Солонцовые почвы, испытывающие ирригационную деградацию при орошении.

Выше было отмечено, что при выращивании риса затоплением процесс почвообразования резко изменяется, по наблюдениям Т.Н. Кириенко, могут наблюдаться различные его проявления. Наиболее типичным процессом для рисовых полей является деградация солонцовых почв, при которой разрушается алюмосиликатная часть почвы, происходит перемещение вниз подвижных веществ, трансформация вторичных минералов (Кириенко Т.Н. и др., 1978; Любимова И.Н., Корнблюм Э.В., 1973 и др.).

Опыты ряда авторов (Жовтоног И.С, Лактионов Б.И., Дубовская Н.В.) позволили определить основной комплекс приемов повышения плодородия таких почв. И.С. Жовтоног с сотрудниками (1969) рекомендуют перед затоплением риса вносить на поверхность почвы гипс дозой 2-4 *т/га*, Б.И. Лактионов (1976) - вносить в почву сернокислое железо, А.И. Болдырев, Г.П. Кочубей - железный купорос, перед посевом замачивать семена риса и подкармливать растения железом, Н.В. Дубовская (1978) - применять фосфоритную муку в дозе 8 *т/га*.

Разумеется, названные приемы должны сочетаться с гидротехническими мероприятиями - устройством дренажной сети, поддержанием уровня грунтовых вод не выше 1,5-2,0 *м* (Жовтоног И.С, Паламарчук И.К., Каленюк С.М., Решет-няк Н.Ф. и др.), внесением удобрений, введение специальных рисовых севооборотов и др.

4. Почвы, испытывающие ирригационное осолонцевание.

Процессы, протекающие в таких почвах, освещены в разделе 2.6. Были названы также приемы предупреждения осолонцевания и борьбы с этим явлением, разработанные коллективом авторов (Буданов М.Ф., Можейко А.М., Воротник Т.К., Болдырев А.И., Красутская Н.В., Ладных В.Я и др.). Такими являются - химическая мелиорация поливной воды (подкисление, разбавление пресной водой, очистка) и внесение химических мелиорантов на поверхность почвы. В дополнение к названным приемам необходимо корректировать и всю систему агротехнических мероприятий (севообороты, обработку, режимы орошения и др.).

Наилучшим способом гипсования почв при орошении является внесение гипса вместе с поливной водой (Болдырев А.И., Борькин А.И., Красутская Н.В.). В этом случае значительно ускоряется взаимодействие кальция с почвенным поглощающим комплексом. Кроме гипсования, необходимо внесение минеральных и органических удобре-

ний. Известны и другие мелиоранты, содержащие кальций (мел, известковые и меловые шламы, хлористый кальций, азотнокислый кальций и др.), также серу, железо (пиритные огарки, сернокислое железо), различные минеральные кислоты. Широкое внедрение их сдерживается по разным причинам (ограниченность промышленного производства, недостаточное изучение действия на почву, возможность загрязнения и др.).

5. Орошаемые почвы с признаками ирригационного ощелачивания и содопроявления.

Проведенные лабораторией мелиорации УНИИПА полевые, модельные и вегетационные опыты, а также обобщение литературных источников позволили дифференцировать приемы борьбы с содопроявлением в орошаемых почвах в зависимости от источников появления соды и природы щелочности (сульфат-редукция, поступление соды с напорными подземными водами, десорбция обменного натрия, щелочные поливные воды). Они сводятся к следующим (Новикова А.В., Гаврилович Н.Е., Калиниченко В.Н. и др., 1987).

Для участков затопляемого риса, особенно тех, что расположены в подообразных понижениях, где содопроявление связано с процессами сульфатредукции, необходимы меры, направленные на усиление аэрации почв. Для устранения восстановленных продуктов следует проводить глубокую зяблевую вспашку и весеннюю перепашку, осуществлять сброс воды из чеков в период появления всходов риса с целью снижения восстановительных процессов и ослабления токсичного их действия на проростки риса. Для пополнения почвенного воздуха кислородом рекомендуется вносить легковосстанавливающиеся вещества (окислители), которые могут служить акцепторами при окислительно-восстановительных реакциях (перекись водорода, перманганат калия, нитраты). Для нейтрализации повышенной щелочности почв лучше вносить хлористый кальций, поскольку гипс и сернокислое железо, как вещества, содержащие сульфаты, могут усилить процессы сульфатредукции. Положительное действие оказывает фосфоритная мука, являющаяся также удобрением. Ослабляя подвижность алюминия, она снижает его токсичное действие на растения.

На рисовых участках важно выдерживать правильные севообороты, не допускать длительной монокультуры риса, обязательно вводить посевы люцерны и других многолетних трав и кормовых культур с целью использования их фитомелиорирующего воздействия. Учитывая, что при возделывании риса создается интенсивный промывной режим, рекомендуется вносить повышенные нормы удобрений с учетом особенностей рисового севооборота.

На участках, где повышенная щелочность вызвана воздействием содовых напорных грунтовых вод, необходимо с помощью дренажа понизить их уровень до глубины 2,4-2,6 *м*.

Целесообразно совместное внесение фосфогипса и сернокислого железа в половинной норме каждого мелиоранта. Фосфогипс вызывает ослабление щелочности почв и вытеснение натрия из поглощающего комплекса. Сернокислое железо (или пиритные огарки) способствует оструктуриванию почв, а также снижению их щелочности.

Значительно сильнее понижает щелочность почв однопроцентный раствор серной кислоты. В присутствии карбоната кальция при этом образуется свежеосажденный гипс, который способствует более интенсивному рассолонцеванию почв (Агабабян В.Г.). На таких участках необходимо применять комплекс мероприятий: дренаж, орошение, химические мелиоранты, минеральные и органические удобрения, посев многолетних трав.

На плато и террасах, где сода в почвах образуется за счет десорбции натрия в присутствии карбоната кальция, необходимо усилить процесс вытеснения натрия. Для этого следует вносить кальцийсодержащие вещества - гипс, фосфогипс, смесь фосфогипса и сернокислого железа, осуществлять плантажную вспашку, вводить посевы многолетних трав и сидератов с ежегодным их запахиванием в качестве зеленого удобрения или вносить навоз в большой дозе (до 80-100 т/*га*). Из минеральных удобрений следует отдавать предпочтение физиологически кислым их видам.

Для почв, ощелачивание которых вызвано поливной водой, необходимо мелиорировать воду внесением кислот и кальциевых мелиорантов, а также вносить фосфогипс и другие кальций содержащие мелиоранты в почву.

В данном очерке основным объектом анализа исследований являются солонцовые почвы. Что касается черноземов, то они затронуты лишь в связи с ирригацией, поскольку в случае применения минерализованных вод и в них начинается процесс осолонцевания. С учетом сказанного отметим некоторые работы, посвященные предупреждению негативных последствий орошения на черноземах. Выше была приведена классификация орошаемых черноземов (Балюк С.А. и др., 1990). В соответствии с ней предлагаются такие меры по устранению негативных последствий орошения черноземов: а) на площадях с ирригационно подтопленными черноземами при залегании грунтовых вод ближе 2 *м*, рекомендуется проводить дренирование территории для регулирования водно-солевого режима. При появлении вторичного засоления следует осуществлять промывку солей дождеванием. На орошаемых черноземах с глубиной грунтовых вод 2-3 *м* дренирование

проводится выборочно. Необходимо дифференцировать и комплекс агротехнических мероприятий по возделыванию сельскохозяйственных культур (севообороты, обработка почв, удобрения, режим орошения); б) на площадях с более глубоким залеганием грунтовых вод (ниже 5 *м*) целесообразно вводить севообороты, в которых два поля засеваются многолетними травами. Один раз в ротацию следует проводить глубокую (до 40 *см*) вспашку с внесением химических мелиорантов (фосфогипс от 5 до 10 т/*га*) и применением повышенных доз навоза и минеральных удобрений. Поливные нормы - от 300 $м^3/га$ для наиболее неблагоприятных условий при близком залегании грунтовых вод до 300-500 $м^3/га$ при залегании их ниже 5 *м*. Минеральные удобрения и фосфогипс целесообразно вносить вместе с поливной водой.

В работе, посвященной агроэкологической концепции орошения черноземов (Гоголев И.Н., Зимовец Б.А., Балюк С.А., Ладных В.Я., 1994), сформулированы общие и дифференцированные принципы экологически обоснованного орошения черноземов. К общим относятся - ландшафтно-геохимический подход при выборе экологически сбалансированных гидромелиоративных и других воздействий на почву, применение почвоохранных технологий. К дифференцированным - проведение реконструкции оросительных систем, создание новых поколений оросительных и дренажных систем, применение дифференцированных технологий орошения. Авторы рекомендуют вводить экологические ограничения по качеству поливных вод, комплексности почвенного покрова, степени загрязнения почв тяжелыми металлами, фтором и другими токсикантами.

Дальнейшее развитие водных мелиорации в Украине будет осуществляться в более сложных условиях рыночной экономики. Поэтому требуется новое экономическое и экологическое обоснование мелиорации, необходимы разработки новых технических и технологических решений.

С учетом реалий сегодняшнего дня требует коренной переработки «Концепция развития водных мелиораций в Украинской ССР» (Киев, 1980), разработанная по материалам исследований ряда научно-исследовательских организаций, в том числе и УНИИПА. Разработка новой концепции позволит более обоснованно планировать дальнейшее развитие орошения, предупреждать возможные негативные его последствия и в целом способствовать постоянному повышению плодородия орошаемых почв.

Заключение

Настоящий исторический очерк представляет собой обзор работ многих исследователей, занимавшихся изучением происхождения и мелиорации солонцовых почв в России и Украине. Рассмотрен более вековой период - со времен сбора первых единичных сведений и становления науки о засоленных и солонцовых почвах до настоящего времени (1996 г.).

Показано развитие представлений об источниках появления солей на земной поверхности, генезис солонцовых почв. Освещены различные подходы к классификации почв по степени солонцеватости и засоленности с использованием новейших методов исследований, в том числе термодинамических показателей. В области разработки методов борьбы с солонцеватостью показано постепенное изменение приоритетов - от признания гипсования, как единственного универсального способа для всех солонцовых почв, к необходимости дифференцирования приемов разработки комплекса мелиоративных и агротехнических мероприятий по повышению плодородия солонцов и до альтернативного (для зоны сухой Степи) - глубокой мелиоративной плантажной вспашке.

Особое внимание в очерке уделено новому периоду освоения солонцовых почв, совпавшему по времени с периодом проведения широкомасштабной ирригации.

С учетом возможных экологических последствий орошения рассмотрены результаты изучения изменений гидрогеологических условий, состава и свойств почв на территориях с разной степенью естественной дренированности при выращивании зерново-кормовых культур, риса и орошении их как пресной водой, так и в разной степени минерализованной. При этом особо охарактеризован начальный (около 10 лет) и последующие (30 лет и более) этапы орошения.

Рассмотрены результаты опытов по мелиорации солонцов, проведенных в период с 30-х по 80-е годы, а также исследований по предупреждению и борьбе с негативными экологическими последствиями орошения. Определены основные направления эволюции солонцовых почв, возникающие под влиянием длительного орошения.

В очерке выделены следующие этапы проведенных исследований солонцовых почв в XX веке.

Исследования на территории России (частично в Украине).

1. Первые сведения о засоленных почвах, полученные в дореволюционный период учениками и сотрудниками В.В. Докучаева под его руководством (конец XIX века - начало XX века).

2. Становление и дальнейшее развитие науки о засоленных и солонцовых почвах в послереволюционный период. Коллоидно-химические исследования К.К. Гедройца и А.Н. Соколовского, почвенно-географические и генетические исследования (Глинка К.Д., Прасолов, Герасимов И.П., Димо Н.А. и др.). Организация стационарных опытов по мелиорации в связи с освоением солонцовых земель в России, Украине, Сибири. Обобщающие работы по генезису и мелиорации солонцовых почв (Виленский Д.Г., Ковда В.А., Антипов-Каратаев И.Н., Самбур Г.Н.).

Исследования в Украине

3. Организация систематического изучения природы солонцовых почв и методов их мелиорации в Полесье, Лесостепи, сухой Степи (Соколовский А.Н., Самбур Г.Н., Можейко А.М., Гринченко А.М., Гринь Г.С., Семенова-Забродина С.П., Новико-ва А.В. и др.) - 30-50-е годы.

4. Обобщение результатов многолетних стационарных исследований с рекомендациями по внедрению разработанных приемов мелиорации. Начало государственного планомерного внедрения гипсования и плантажной вспашки (конец 50-х - начало 60-х годов).

5. Развитие почвенно-мелиоративных исследований в период 1960-1990 гг. Продолжение изучения генезиса солонцовых почв с применением современных методов исследований. Постановка опытов с разработкой более совершенных приемов мелиорации, способов внесения гипса, новых химических мелиорантов и др.

6. Изучение влияния орошения, в том числе длительного, на гидрогеологические условия и почвы, включая изменения эволюции солонцовых почв. Разработка методов предупреждения и борьбы с негативными экологическими последствиями широкой ирригации, исследования по созданию современной экологической концепции орошения черноземов.

История почвенно-мелиоративных научных работ свидетельствует о том, что освоение и мелиорация солонцов, орошение и осушение земель были одними из главных направлений интенсификации земледелия, осуществляемой в Украине на протяжении последних 70 лет.

Также интенсивно развивалась и химизация сельского хозяйства. По данным Б.С. Носко (1996), в период 60-90 гг. внесение удобрений возросло с 31 до 160 *ц/га*, баланс питательных веществ в почвах стал положительным. В это же время распаханность земель в Украине достигла 81%.

Последствия интенсификации земледелия, по мнению Б.С. Носко, были как позитивными, так и негативными. Позитивные выразились в положительном балансе питательных веществ с накоплением их остаточных форм, негативные - в усилении эрозии почв в связи с

распашкой земель, в потерях гумуса, засолении почв при орошении и загрязнении.

В связи со сложившейся ситуацией, Институт почвоведения и агрохимии УААН разработал концептуальную программу охраны и рационального использования земельных ресурсов (Медведев В.В., Трускавецкий Р.С, Балюк С.А. и др., 1996), в которой предлагается повысить роль площадей, отводимых под экологостабилизирующие угодья (леса, луга, пастбища), уменьшая роль экологодестабилизирующих (пахотные земли). На орошаемых землях с целью улучшения экологической обстановки предлагается осуществить реконструкцию оросительных, дренажных систем на площади 400 *тыс. га* и устройство дренажа на площади 40-50 *тыс. га*, произвести промывку засоленных почв на площади 10-20 *тыс. га*, проводить химическую мелиорацию поливной воды и орошаемых земель и другие мероприятия. С учетом предложенного нового направления в земледелии должны осуществляться работы и по мелиорации солонцовых почв.

Несмотря на большой объем научно-исследовательских работ по проблеме мелиорации почв, проведенных многочисленными коллективами ученых в XX веке, еще много важных вопросов осталось не решенными. На пороге XXI века крайне важно назвать узловые задачи, которые предстоит решать будущему поколению исследователей в области генезиса и мелиорации солонцовых почв Украины. К ним относятся следующие.

1. Провести углубленные исследования генезиса малонатриевых солонцов, особенно для доказательств таких теорий, как: 1) магниевая солонцеватость; 2) современное солонцеобразование за счет процессов импульверизации солей и внутрипочвенной сезонной их миграции; 3) солонцеватость, вызванная минеральными и органоминеральными соединениями, воздействующими на пептизацию и стабилизацию коллоидов. Для выполнения работ необходима постановка строгих экспериментов, модельных лабораторных и полевых опытов с применением новейших методов физической и коллоидной химии, с определением количественных показателей интенсивности процессов осолонцевания и их прогнозом. Уточнение генезиса солонцов позволит обосновать выбор методов мелиорации.

2. Организовать мониторинг на естественно развивающихся солонцовых почвах зоны Лесостепи и Степи и на солонцах, подвергшихся мелиоративному воздействию в предыдущие годы.

3. При изучении солонцовых почв следует шире использовать современные методы физической и коллоидной химии, такие как: изучение взаимодействия твердой, жидкой и газообразной фаз, исследова-

ние природы и прочности связи поглощенных катионов в ППК, скорость замещения поглощенного натрия кальцием гипса в богарных и орошаемых условиях, последовательность удаления из поглощающего комплекса катионов при воздействии вод разной минерализации, активность иснов натрия, кальция, магния в растворах, ассоциация ионов, карбонатно-кальциевое равновесие, трансформация вторичных минералов под влиянием мелиораций и др.

4. Изучить и дать оценку податливости разных видов солонцовых почв химической мелиорации и мелиоративной плантажной вспашке.

5. Уточнить длительность положительного действия гипсования и плантажной вспашки в богарных и орошаемых условиях на разных почвах и в разных зонах.

6. Усовершенствовать методы расчета норм внесения гипса для солонцов Лесостепи и Степи.

7. На основе изучения степени податливости солонцов разным видам мелиорации разработать агропроизводственные группы и провести эколого-мелиоративное районирование солонцовых почв применительно к адаптивно-ландшафтному экологически безопасному земледелию.

8. Разработать новые методы химической мелиорации с использованием различных мелиорантов, в том числе отходов промышленного производства, уточнить механизм воздействия на почвы кислотных отходов, сернокислого железа, их сочетания с кальцийсодержащими веществами. При этом следует уделить большое внимание поиску совершенно новых способов мелиорации с использованием достижений современной науки.

9. Изучить экологические последствия химической мелиорации (загрязнение почв тяжелыми металлами, токсическими веществами и др.) и экологию мелиорированных солонцовых почв.

10. Исследовать степень воздействия на солонцовые и другие почвы газообразных отходов химических заводов, кислотных дождей и др.

11. Для районов сухой Степи сконструировать новый плуг для ярусной вспашки солонцовых почв типа ПТН-40 с большей глубиной пахоты (до 60-70 *см*), извлекающий карбонаты кальция и сохраняющий при этом на поверхности почвы ее верхний гумусовый горизонт. Желательно изучить конструкции виброплугов и плугов фрезерного типа. Для почв, в которых карбонаты залегают глубже 60 *см*, создать плуг-удобритель, с помощью которого можно одновременно вносить гипс и перемешивать его с плотным солонцовым горизонтом почв.

12. На основе использования материалов крупномасштабного картирования, проведенного как в 60-е годы, так и позже, составить картосхемы залегания карбонатного горизонта во всех солонцовых почвах юга Украины.

13. Определить оптимальные параметры свойств корнеобитаемого слоя окультуренных разными методами солонцовых почв для использования их при разработке новых мелиоративных машин и технологий химической мелиорации почв.

14. Силами почвоведов-мелиораторов разработать классификацию окультуренных солонцовых почв с учетом их видов и на основании имеющихся данных конкретных полевых опытов.

15. Разработать нормы внесения удобрений в солонцовые почвы в системе севооборотов для богарных и орошаемых условий зоны Лесостепи и Степи.

16. Глубоко изучить уникальный по площади опыт широкомасштабной мелиорации солонцовых почв методом мелиоративной плантажной вспашки на примере Крымского Присивашья, где площадь плантажированных солонцовых почв превысила 220 *тыс. га*. Учитывая то, что плантажная вспашка была проведена силами колхозов с возможными нарушениями рекомендаций по ее технологии, необходимо выборочно выполнить маршрутное почвенное обследование плантажированных участков, зафиксированных на планах землеустройства. При обнаружении плантажированных участков солонцовых почв с низким плодородием следует проводить повторную мелиорацию путем внесения гипса по поверхности или повторную вспашку на глубину 60 *см*, а также вносить минеральные, органические удобрения и высевать многолетние травы. Установить мониторинг на ряде староплантажированных почв с учетом разной глубины залегания грунтовых вод и видов исходных солонцовых почв.

17. Продолжить ранее начатые исследования состава карбонатов, извлекаемых на поверхность при плантажировании, а также появления и интенсивности содопроявления на таких почвах в богарных и орошаемых условиях.

18. Организовать повторное исследование процессов содопроявления на отдельных участках орошаемых территорий, где солевая съемка проводилась в последние годы XX века, для определения направленности и интенсивности процесса содопроявления во времени.

КРАТКИЕ ВОСПОМИНАНИЯ О НЕКОТОРЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПОЧВОВЕДАХ[1]

Кто-то из историков правильно подметил, что в конце или начале следующего столетия зачастую происходят судьбоносные события и войны. Это вполне применимо и к XX веку. В его начале, грянула Первая мировая война, затем в России совершилась Февральская революция, после нее - Октябрьская социалистическая революция, а затем гражданская война. В 1941 г. в связи с нападением фашистской Германии началась Великая Отечественная война. Так что населению пришлось пережить все тяготы войн и смены социально-политического строя: сперва переход от капитализма к социализму - семидесятилетний период строительства первого в мире социалистического государства, когда удалось превратить отсталую крестьянскую страну в крупное индустриальное государство с мировым уровнем развития в некоторых областях, затем - развал советской страны и обратный переход от социализма к капитализму.

Автору этих строк довелось прожить долгую жизнь и на своей судьбе испытать перипетии каждого времени. Было много тяжелого, но были и яркие периоды творческого подъема, встречи с крупными почвоведами. И хотелось бы рассказать о них на фоне того времени, не вдаваясь глубоко в социально-политические вопросы, по которым имеется большая литература.

Учеба. Ростовский Госуниверситет. С.А. Захаров.

Современная молодежь, по-видимому, совсем не знает, что означает аббревиатура - ФЗС. Рабфак. Поэтому несколько слов об этом.

Мне довелось родиться в Ставропольском крае в одной из станиц и получить начальное, затем семилетнее образование в станице и провинциальном городке. Не знаю, везде ли в России была введена такая система образования, но там она имела такие особенности. Надо сказать главное, что в политической идеологии того времени подчеркивалась следующая идея. Поскольку в старом обществе при капитализме самым угнетаемым являлся рабочий класс, то после его победы над капитализмом следовало приложить все усилия, чтобы этот класс

[1] Статья опубликована в сб. трудов международной конференции по вопросам «Проблемы истории, философии и социологии почвоведения». Памяти основателя теоретического почвоведения В.В. Докучаева, ноябрь 2003. Москва, Изд. Наука, 2005. С. 151-162.

получил хорошее образование и приобщился к культуре. Молодое поколение не должно было просто учиться разным наукам, но и должно получить некоторые производственные навыки. Поэтому создавались не только обычные школы, но и ФЗС - фабрично-заводские семилетки. В них группа разбивалась на бригады. Эти бригады со временем проходили производственную практику на заводах данного региона. В нашем случае это были механический, маслобойный и др. заводы, где обучали слесарному делу и другим профессиям. В системе обучения в школе по бригадному методу допускалось, что на вопросы учителей отвечал тот ученик, который больше всех знал этот предмет. Таким образом, уровень знаний был неодинаковым. В то же время в школе было много кружков - литературный, художественной гимнастики и др. Была и так называемая «Синяя блуза», выступавшая на школьных вечерах с гимнастическими упражнениями, чтением стихов, пением революционных песен и с обязательным построением гимнастической пирамиды в конце выступления.

После окончания ФЗС предстояло получить хотя бы небольшой трудовой стаж, а уже затем можно было поступить на Рабочий факультет (Рабфак) при одном из высших заведений и после его окончания поступить в ВУЗ без вступительных экзаменов.

Мне довелось учиться на Рабфаке при Ростовском Госуниверситете. Здесь-то и вскрылись недостатки учебы по бригадному методу. Надо было наверстывать упущенные знания, научиться упорно работать над учебником, просиживая часто до глубокой ночи. Кроме молодежи на Рабфаке занимались люди среднего возраста, часто бывшие рабочие. Им было особенно трудно. Приходилось брать ночную работу на железной дороге (разгрузка вагонов) или в других местах, чтобы содержать семью.

Нельзя умолчать о том, что в 30-е годы в стране ощущался большой политический подъем. Впервые строилось социалистическое государство, ставились задачи завоевания первых мест во многих областях науки и техники. Именно в те годы был осуществлен первый в мире перелет советских летчиков (Валерий Чкалов и др.) в США через Северный полюс. Папанинская эпопея с организацией метеонаблюдений на Северном полюсе, перелет женщин-летчиц во главе с М. Гризодубовой на Дальний Восток и др.

На Северном Кавказе также поставили задачу - совершить массовое восхождение колхозников на одну из горных вершин Кавказа. В университете были созданы курсы инструкторов-альпинистов для организации такого восхождения (автор этих строк тоже закончил такие курсы).

Создавались также многочисленные кружки - музыкальный, с организацией самодеятельного оркестра народных инструментов, мас-

совиков-затейников для проведения студенческих вечеров. Студенты стремились познать художественную литературу, много читали, слушали факультативные курсы, например, по древней истории и т.д.

На фоне всеобщего энтузиазма, которым было охвачено студенчество, в те годы просачивались смутные слухи о некоторых политических репрессиях, даже в стенах вуза. Но об этом открыто не говорили.

Надо подчеркнуть, что Ростовский университет являлся старейшим учебным заведением, где преподавали ученые с мировым именем в области химии, ботаники, геологии и др. На геологическом факультете, где мне пришлось учиться, читали курсы лекций интересно. Однако первая же академическая практика по общей геологии в равнинных окрестностях Ростова была неинтересной, поэтому приехали с нее разочарованными. И вдруг узнаем, что в университет приехал работать крупнейший почвовед, ученик В.В. Докучаева, основателя этой науки - профессор Сергей Александрович Захаров. Он организован кафедру почвоведения на геологическом факультете. Последний переименовали в геолого-почвенный. Нашей группе геологов предложили разбиться на две части с тем, чтобы одна продолжала оставаться геологической, в вторая - почвенной. Она и явилась самым первым выпуском почвоведов в РГУ (1939 г.).

Сергею Александровичу Захарову в период переезда в Ростов было 56 лет. Он был высоким, стройным, выделялся особой мягкостью в обращении, интеллигентностью. Он читал несколько курсов - общее почвоведение, географию почв, почвы мира и др. Поражала его многосторонняя эрудиция и сильная пристрастность к своей науке. На лекции он приходил не только со стандартными наглядными пособиями в виде таблиц, но и с пачкой книг авторов, на которые он делал в лекциях ссылки и знакомил с ними студентов. В процессе лекций он на доске вычерчивал графики, поясняющие текст, захватывал слушателей своей страстностью и приведением большого фактического материала. Особенно интересными были лекции о почвах Кавказа, которые С.А. Захаров долго обследовал, а также был здесь вместе с В.В. Докучаевым. В учение о почвенных зонах он внес свое дополнение о том, что вертикальные зоны не просто повторяют горизонтальные, но последовательность их обусловлена той зоной, где располагается горная страна.

Усвоению курса помогал замечательный учебник почвоведения, написанный им простым и ясным языком. В нем содержался большой фактический материал – табличный, графический. Часть рисунков была выполнена самим автором (структурные элементы почв и др.). Вообще следует подчеркнуть, что С.А. Захаров первый предложил учение о морфологии почв (окраска, структура, сложение), без которого эта наука не была бы полной. Важно то, что все особенности морфологии были авто-

ром тесно увязаны с процессом почвообразования, поэтому знание морфологии позволяло представить и генезис почвы. В своем учебнике С.А. Захаров предвосхитил современные тенденции развития почвенных методов исследования, например, мониторинг, выделив в учебнике раздел «Жизнь почвы». Он всегда подчеркивал необходимость познания динамики почвенных процессов, что довел до совершенства его ученик В.А. Ковда в своей монографии «Происхождение и режим засоленных почв». В вопросе о том, что же представляет собой почва, Захаров неуклонно поддерживал точку зрения В.В. Докучаева. Почва - это самостоятельное природное тело, возникшее под воздействием ряда факторов почвообразования. Как известно, не все это поддерживали. Некоторые считали почву геологическим телом - корой выветривания, несколько измененную биосферой. Иные, наоборот, придавали биологическому воздействию растений первостепенное место, а изменение почвы объясняли лишь сменой растительности. Захаров изложил в учебнике принципы и основную схему классификации почвы. На учебнике С.А. Захарова выросло несколько поколений почвоведов.

Желая расширить научный кругозор почвоведов самого первого выпуска С.А. Захаров организовал в период зимних каникул экскурсию в Москву, в самые крупные почвенные центры - в Московский Госуниверситет и Почвенный институт им. В.В. Докучаева. Запомнились встречи в МГУ с проф. В.В. Геммерлингом, Н.А. Качинским. Поразил замечательный почвенный музей с почвенными монолитами со всего Союза из разных природных зон. В Почвенном институте нас принимали руководители разных отделов, показывали новые приборы и оборудование. Запомнилась серия модельных опытов на монолитах, проводимая под руководством И.Н. Антипова-Каратаева.

В 1938 г. С.А. Захаров впервые проводит академическую практику по Северному Кавказу, с пересечением горизонтальных и вертикальных природных зон. По заранее намеченному маршруту делались остановки. Выкапывали почвенные разрезы, описывали почвы, отбирали почвенные образцы, собирали гербарий. В своих полевых дневниках делали зарисовки геоморфологии, мезо- и микрорельефа, строения почвенного профиля. Вечером подводили итоги увиденного. Захаров кратко описывал геологические, геоморфологические особенности места, растительность и особенность почв данной природной зоны. Перед студентами выступали и работники опытных станций или представители вузов конкретного региона. Отмечу, что одна из остановок была в окрестностях г. Буденновска, где уже в современные годы развернулись террористические события с гибелью людей. Последним объектом практики были горные массивы возле г. Кисловодска с описанием горно-луговых почв. Делались фотографии. В целом это была потрясающая практика, раскрывающая тайны природной зональности почв и растений. Не ошибусь, если скажу, что

это был своеобразный обряд посвящения в почвенную науку. Сохранившийся у меня до последних лет Полевой дневник, представляется реликвией, имеющий не только историческую, но и научную ценность.

С.А. Захаров стремился увязать почвоведение с запросами производства, в частности, с сельским хозяйством. Когда в стране стали создавать сортоучастки с целью подбора наилучших для данной местности сортов сельскохозяйственных культур, кафедра почвоведения организовала проведение детальной почвенной съемки на территории будущих сортоучастков. Общее руководство этой работой осуществлял С.А. Захаров, а непосредственное – доцент Ф.Я. Гаврилюк, как руководитель производственной практики, читавший курс по почвенной съемке. Мне пришлось обследовать и составлять почвенную карту Усть-Джагутинского сортоучастка недалеко от г. Черкесска. Такая практика очень много дала для становления почвоведом. Приходилось не только составлять карту детального масштаба, но и выполнять в лаборатории химические анализы, а также писать почвенный очерк к карте. После такой практики почвовед мог работать самостоятельно.

После окончания университета мне предложили поступить в аспирантуру. И здесь С.А. Захаров, сам всецело преданный науке, на предварительном собеседовании буквально поразил меня вопросом: - «А способны ли Вы в своей жизни поставить научные исследования на первое место, а семью и быт - на второе? Если - да, то поступайте в аспирантуру (участвуя в конкурсе)». Пришлось ответить положительно, потому что прекрасный педагог уже сумел зажечь глубокий интерес к почвоведению. Начавшаяся вскоре Финская, а затем и Великая Отечественная война приостановили учебу в аспирантуре, университет эвакуировался в Среднюю Азию (Киргизию), я с семьей уехала в Сибирь по путевке мужа в один из промышленных центров, где строились новые заводы оборонного значения. После Победы над врагом университет возвратился в Ростов. Мне в Сибирь был послан вызов из университета для завершения аспирантуры.

Автору этих строк представляется, что современной научной молодежи (аспирантам и др.) будет не лишним узнать как приходилось учиться в аспирантуре в послевоенный период.

Во время войны Ростов несколько раз переходил из рук наших частей в руки немцев. Он был сильно разрушен. В послевоенный период предстояло восстановить предприятия, вузы, школы, жилища. В университете не хватало оборудования, приборов, химической посуды и, главное, было очень мало денежных средств. Все материалы по диссертации, собранные до войны, были утрачены. Надо было взять новую тему, сообразуясь с реальными возможностями. По совету научного руководителя С.А. Захарова новая тема кандидатской диссертации касалась почв реки Дона, водно-солевого режима их и вопросов рационального использования в сельском хозяйстве.

Аспирантке пришлось оставить на попечение родных годовалого ребенка и начинать почвенное обследование на разных террасах этой большой реки, неоднократно переходя по пояс в воде участки речных стариц. Время было голодное, в поле можно было взять только кусочек хлеба. А затем в лаборатории предстояло все дни до глубокой ночи выполнять химические анализы. Руководитель тяжело заболел и не смог даже прочесть и выправить рукопись подготовленной диссертации. Для перепечатывания рукописи могли выдать деньги только один раз. Слабой от сильного переутомления и полуголодного состояния, аспирантке выдали путевку в местный дом отдыха для того, чтобы набраться сил для защиты диссертации. Защита прошла успешно.

Тяжелая болезнь С.А. Захарова прогрессировала, и в январе 1949 г. его не стало. Однако остались его многочисленные труды, его школа, воспитанная им преданность науке, большое трудолюбие и желание быть полезным своей стране.

Восстановление народного хозяйства, подготовка к широкой ирригации. Крымский Филиал Академии Наук. Д.Г. Виленский, В.А. Ковда, И.Н. Антипов-Каратаев

После Великой Отечественной войны возникла острая необходимость в быстром восстановлении народного хозяйства. Предстояло изучить местные природные ресурсы каждого региона для рационального их использования. С этой целью в стране создаются Филиалы Академии наук СССР, в том числе Крымский в Симферополе. В его составе было несколько отделов: геологический, химии, ботаники, почвоведения, археологии и др. Забегая наперед отмечу, что хотя Филиал просуществовал относительно недолго, порядка одного десятка лет, но благодаря новизне вопросов исследований, работа велась с большим энтузиазмом и было получено много полезного для развития народного хозяйства Крыма.

Так, геологи (В.Ф. Малаховский и др.) выявили особенность образования железных руд на Керченском полуострове и предложили пути их утилизации; гидрогеологи (С.В. Альбов и др.) определили запасы питьевых вод; химики (А.М. Понизовский и др.) исследовали состав и физико-химические свойства рассолов Сиваша и разработали пути рационального использования минеральных ресурсов Сиваша; ботаники (Н.М. Чернова и др.) уточнили зональность природной растительности, выделили виды растений для их размножения и использования в сельском хозяйстве. Археологи раскопали древнее поселение скифов и захоронение царя Скилура. Почвоведы изучали генезис почв, закономерности географического их распространения, а также приемы повышения плодородия солонцовых и др. почв. Расскажу немного подробнее о почвенных исследованиях.

В начале 50-х годов в стране начали осуществляться крупные проекты по преодолению засухи, которая периодически поражала южные районы, вызывая неурожаи. Один из них вынашивался давно, он воплощал идеи Докучаева, Костышева и Вильямса - это проект «Преобразования природы» путем насаждения лесных полос вокруг сельскохозяйственных полей. Его успешно потом реализовали в жизнь. Появился проект широкой ирригации южных областей, со строительством крупных оросительных систем. В Украине намечалось использование воды крупных рек - Днепра, Днестра, Дуная и др. В ходе реализации проекта на реке Днепр от верхней до нижней части долины был построен целый каскад водохранилищ.

С особой остротой возникал вопрос правильного отбора почв под орошение. Некоторые оросительные системы должны были размещаться в приосевой части Причерноморской впадины, т.е. на низких абсолютных отметках, где относительно близко залегали минерализованные грунтовые воды (Краснознаменская оросительная система, часть Северо-Крымской). Поэтому изыскания, охватывающие весь комплекс природных условий - геологию, геоморфологию, гидрогеологию и почвы проводились с особой тщательностью. Такие изыскания и соответствующие съемки осуществляли специалисты разных министерств и ведомств. В частности, почвенным обследованием занимались не только почвоведы Крымского Филиала (В.П. Гусев и др.) и Управления землеустройства Крыма, но и специалисты временно создаваемых экспедиций (в МГУ, ЛГУ и др.).

В Филиале были организованы также сезонные наблюдения за водно-солевым режимом и определением запасов солей в почвогрунтах. Расширены опыты по мелиорации солонцов, начатые в 1949 г. (А.В. Новикова и др.). Под руководством А.В. Жигачева велось исследование водно-физических свойств почв. Все это позволило составить почвенную карту зоны предстоящего орошения из Северо-Крымского канала на площади 1,2 *млн. га*. На основе данных по динамике солей при разном положении грунтовых вод были выделены почвы и комплексы: луговые, лугово-степные и степные. Разработано почвенно-мелиоративное районирование с предложениями о рациональном использовании земель в сельском хозяйстве и приемов мелиорации солонцовых земель. Отмечу, что в последующие годы, после реорганизации Крымского Филиала и создания на части его штатных единиц в Украине нового института - Украинского НИИ почвоведения (позже добавлено слово - и агрохимии), тематика, связанная с орошением, как и крупномасштабное картирование, была продолжена уже в стенах этого института. Часть почвоведов, как и автор этого текста, были переведены на работу в него.

Поскольку орошение на очень больших площадях степной зоны в стране вводилось впервые, то разумеется, возникали дискуссионные вопросы. Так, например, было хорошо известно, что спутником орошения почв пустынной и полупустынной зон являлось вторичное засоление. Но в какой мере оно будет проявляться в степной зоне, было неясно. А поскольку меры борьбы с ним требовали крупных финансовых затрат, то необходимо было предотвратить возможность появления вторичного засоления почв еще на стадии составления проекта. Почвоведы (в числе их и автор данных строк), располагающие конкретными материалами о запасах солей в почво-грунтах, об особенностях водно-солевого режима в почвах с близким залеганием минерализованных грунтовых вод, настаивали на необходимости включения в проект орошения строительство коллекторно-дренажной сети. Проектировщики же не соглашались с таким мнением (удорожание сметы).

В этот период Крым посетил профессор Московского Госуниверситета Виленский Дмитрий Гермагенович. Он давно уже занимался исследованием засоленных почв Заволжья, написал первую крупную монографию о засоленных почвах (1924) и очень хороший учебник «Почвоведение».

В Крымском Присивашье была специально организована экскурсия. В ней приняли участие и местные почвоведы (в том числе и автор данного сообщения). Закладывались почвенные разрезы по створу от берегов Сиваша к югу, на более высокие отметки, охватывая почвы с разным уровнем минерализованных грунтовых вод. В некоторых разрезах вскрывался солонец, с четко выраженными элювиальным и иллювиальным горизонтами, которые могли ранее образоваться только при опреснении почвы, с выносом из верхних горизонтов водорастворимых солей. Только тогда поглощенный натрий мог способствовать диспергации и пептизации коллоидов с образованием иллювиального горизонта. А в обнаруженных профилях солонцов на их поверхности находилась корочка водорастворимых солей. Такие почвы Д.Г. Виленский называл реградированными солонцами.

Появление такого вида почвы он объяснял процессом естественного вторичного засоления ранее образовавшегося солонца поднявшимися грунтовыми водами после тектонического опускания территории Присивашья. Виленский поддерживал мнение почвоведов о возможности подъема грунтовых вод после начала орошения, если на территории не будет построен дренаж.

Несколько позже в Крым приезжал Ковда Виктор Абрамович. Он был одним из руководителей так называемого комитета содействия великим стройкам (по вопросам ирригации). На заседание этого комитета приглашались почвоведы, занимавшиеся вопросами ирригации. Довелось быть там с отчетом о полученных результатах исследований

и автору этих строк. В.А. Ковда руководил также лабораторией борьбы с засолением в Почвенном Институте им. В.В. Докучаева. Участвуя в многочисленных экспедициях и стационарных исследованиях, он собрал и творчески обобщил огромный фактический материал. Выявил генезис солончаков и солонцов. Предложил свою классификацию почв засоленного ряда и наметил возможные приемы их мелиорации. Все это изложил в книге «Солончаки и солонцы» (1939 г.). В другой 2-х томной монографии «Происхождение и режим засоленных почв» (1946-1947 гг.) рассматриваются вопросы появления солей на земном шаре в поверхностных, грунтовых водах и почвах. В тесной увязке с глубиной грунтовых вод и сезонными и многолетними циклами погоды, он рассматривает особенности миграции солей. Предлагает интегральный показатель оценки направленности процессов засоления-рассоления (коэффициент сезонной аккумуляции). Анализирует процессы воздействия солей на растения, их солевыносливость. Обосновывает мероприятия по борьбе с засолением, в числе которых главное место отводится дренажу.

Эта последняя монография стала крупным событием не только в Союзе, но и за рубежом. Она была настольной книгой почвоведов, особенно работающих в области ирригации. Можно без преувеличения считать, что именно В.А. Ковда создал отечественную школу почвоведов-мелиораторов. Многие (в их числе автор этих строк), не проходя у него аспирантской подготовки, все равно считают его своим учителем. Большое влияние В.А. Ковда оказал и на зарубежных исследователей, что с особой силой проявилось в 1959-1964 годах, когда он стал работать директором Департамента естественных и точных наук ЮНЕСКО. Под его редакцией была подготовлена многотомная монография «Международное руководство по ирригации и дренажу». Позднее он стал научным руководителем проекта «Земельные ресурсы мира» и организовал Международные курсы для специалистов развивающихся стран Азии и Африки по вопросам мелиорации засоленных почв. Несколько позже В.А. Ковда вышел из узких рамок почвенной мелиорации и посвятил себя проблемам общего почвоведения. Это вопросы направленного регулирования почвенных процессов системой комплексных мелиораций, проблемы биосферы и биологической продуктивности почв и другие. Стал заниматься охраной почв и окружающей среды от загрязнения. Среди его последних работ выделяется двухтомная монография «Основы учения о почвах», являющаяся теоретическим обоснованием современных знаний о почвах мира.

Нельзя не отметить, что В.А. Ковда был очень внимательным к почвоведам всех республик, помогал их научному росту. Был простым и доброжелательным в общении.

Но вернемся к периоду начала ирригации на Украине. В.А. Ковда также приезжал в Крым в период острой дискуссии о возможности вторичного засоления и необходимости проектирования дренажа. Он осматривал почвенные разрезы, заложенные в Присивашье и на Керченском полуострове, знакомился с программой и результатами исследований по засолению и борьбе с солонцеватостью и согласился с необходимостью устройства дренажа в зоне предстоящего орошения. Порекомендовал нам заблаговременно организовать многолетние стационары по наблюдению за сезонной динамикой солей, что было выполнено и позволило получить ценнейший материал о воздействии «большой воды» на гидрогеологические условия и водно-солевой режим почв.

Следует отметить, что последующая история развития ирригации в Украине показала правомерность опасения почвоведов в отношении подъема грунтовых вод и засоления в бездренажных условиях в пониженной части приморской низменности. В первые же годы орошения на Краснознаменской оросительной системе произошел быстрый подъем грунтовых вод, подтопление части орошаемых земель и даже некоторых населенных пунктов. Возникло очаговое вторичное засоление на площади около 100 *тыс. га*. Появилось вторичное засоление и в зоне Северо-Крымского канала, хотя и на меньшей площади. Это вынудило Укргипроводхоз пересмотреть подходы к проектированию. Был разработан проект мелиоративного улучшения орошаемых земель на юге Украины. В соответствии с ним оросительные каналы стали делать с водонепроницаемой защитой. Была построена дренажно-коллекторная сеть, предусмотрена строгая подача воды для орошения и др. мероприятия. Нашей лаборатории мелиорации поручили разработать метод, а затем и прогноз вторичного засоления. В окончательном виде был предложен поливариантный метод прогноза, позволяющий выбрать такое сочетание водного баланса и минерализации грунтовых вод, при котором можно было не допустить вторичного засоления. Разработан также и метод промывки почв от солей путем дождевания для территорий с почвами легкого механического состава.

В последующем проектировались и строились технически совершенные оросительные системы, с устройством дренажа. Вопрос вторичного засоления был снят. В итоге же большие затраты на орошение были вполне компенсированы высокими урожаями. Цель ирригации была достигнута, засушливые степи преобразились, зазеленели. Конечно же орошение вызвало некоторые негативные изменения в направлении почвообразовательных процессов. Но усилиями большого коллектива были разработаны комплексные приемы, позволяющие разрешить эту проблему. Необходимо было поддерживать гидросооружения в хорошем состоянии и выполнять рекомендации.

В Почвенном институте им. В.В. Докучаева была лаборатория физико-химии и мелиорации солонцов, возглавляемая академиком Иваном Николаевичем Антиповым-Каратаевым. Он был известным химиком, разработавшим ряд коллоидно-химических методов исследований почв (электродиализ, электрофорез, коагуляция и пептизация почвенных коллоидов). Провел исследования природы почвенной структуры, механизма поглощения ионов почвами, с определением констант обмена, установил зависимость поглощения катионов от кислотно-основных свойств растворов. Предложил метод динамического определения обменной адсорбции. Большие успехи получены им при исследовании генезиса, географии и мелиорации солонцов. Он разработал первую количественную классификацию солонцов по поглощенному натрию, которая используется до сих пор. Среди многочисленных публикаций И.Н. Антипова-Каратаева наиболее значимой является книга «Мелиорация солонцов в СССР». Он был ответственным редактором книги и автором большей части текста. В ней излагаются результаты работы по происхождению, закономерностям распространения солонцов и по ряду теоретических вопросов (интенсивность осолонцевания при действии нейтральных солей натрия и соды; применимость к почвам закона действующих масс; обоснование предложенной классификации солонцов по поглощенному натрию данными исследования коллоидных свойств и др.). В конце приведены материалы исследований по мелиорации солонцов Заволжья, в частности, предложен так называемый агробиологический метод мелиорации солонцов полупустынной зоны в условиях орошения. В него входят плантажная вспашка, с извлечением карбоната кальция самой почвы, орошение, травосеяние, внесение органических и минеральных удобрений. Этот метод проходил производственную проверку, поэтому И.Н. Антипов-Каратаев проявил интерес к аналогичным опытам в Украине, в том числе в Крыму, в сухостепной зоне. Он приезжал на Херсонщину, где проводились опыты С.П. Семеновой-Забродиной, а затем в Крымское Присивашье и Керченский полуостров на наши опыты. Сделал ряд замечаний и предложил применять методы математической статистики при изучении динамики солей с целью получения достоверных результатов.

В общении с ним в полевых условиях поражало непритязательное, простое отношение, скромность в быту и физическая выносливость пожилого уже человека. Он активно помогал научному росту почвоведов, приглашал на совещания с докладами, способствовал публикации статей. В 1965 году при Почвенном Институте создается Координационный совет по мелиорации солонцов. Первым председателем его был И.Н. Антипов-Каратаев, а после ухода его из жизни – К.П. Пак, затем П.Н. Панов. На заседаниях совета рассматривались научно-

исследовательские планы всех республик, где солонцовые земли занимали заметную площадь. Ежегодно заслушивались научные отчеты. Министерство сельского хозяйства, ВАСХНИЛ и Почвенный институт регулярно проводили в разных республиках совещания по мелиорации солонцов, с осмотром опытов по улучшению солонцов, научными диспутами. Участие в работах Координационного совета способствовало творческому обмену полученных данных, развитию дискуссий. Важно, что все материалы регулярно издавались. Разрабатывались зональные рекомендации по мелиорации солонцов, что способствовало быстрейшему внедрению в сельскохозяйственное производство.

Создание научного центра по почвоведению. Украинский НИИ почвоведения и агрохимии. А.Н. Соколовский. А.М. Можейко

С 1960 года автору этих строк пришлось переехать в Харьков для работы в созданном Украинском научно-исследовательском институте почвоведения в должности заведующего лабораторией мелиорации. Директором института был академик Алексей Никанорович Соколовский. Он пользовался большим уважением Украинского правительства и научных сотрудников. Как создатель школы почвоведов сельскохозяйственного профиля, ученик Д.Н. Прянишникова и В.Р. Вильямса, последователь воззрений П.А. Костычева, он считал, что в почвоведении важно изучать взаимоотношение почвы с растениями и найти пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

В начале своей научной деятельности А.Н. Соколовский исследовал воздействие разных катионов на почвенные коллоиды. Установив, что кальций способствует созданию хорошей структуры почвы, он считал его стражем плодородия. Поэтому большое внимание уделял солонцовым почвам и улучшению их плодородия внесением гипса. По его инициативе с 30-х годов в Украине стали создавать многолетние стационары по изучению генезиса и приемов мелиорации солонцов. На таких стационарах трудились его ученики – Г.Н. Самбур (Северная Лесостепь), А.М. Гринченко (Центральная Лесостепь) и А.М. Можейко (Южная Лесостепь). Позже такие же стационары были организованы на юге в степной зоне в Херсонском Присивашье (С.П. Семенова-Забродина), Крымском Присивашье и Керченском полуострове (А.В. Новикова) и в других местах. В результате на Украине раньше, чем, например, в Сибири или Казахстане, были разработаны коллективные рекомендации по мелиорации солонцов и началось внедрение мероприятий в сельскохозяйственное производство. Именно к этому и призывал А.Н. Соколовский.

На основе данных о диспергирующем воздействии на почву поглощенного натрия, А.Н. Соколовский предложил оригинальный метод борьбы с фильтрацией воды в прудах и каналах путем осолонцевания мелкоземистой части бортов и днищ. Этот метод получил в по-

следствии широкое внедрение в промышленности, как метод предотвращения загрязнения грунтовых вод токсическими отходами производства, находящимися в отстойниках.

Из многочисленных работ А.Н. Соколовского следует отметить его статью о недровых источниках солей на земном шаре (соляные купола и др.), являющихся причиной появления засоленных почв. Кроме того, им написан учебник по сельскохозяйственному почвоведению, на котором воспитывалось несколько поколений почвоведов. Он был прекрасным педагогом и помогал некоторым одаренным студентам, выплачивая из личных средств дополнение к стипендии. Воспитанная им школа и создала возможность в организации Национального научного центра по почвоведению и агрохимии в г. Харькове.

В созданном Институте почвоведения и агрохимии все лаборатории возглавлялись в основном учениками А.Н. Соколовского. Среди них автору этих строк больше всего приходилось общаться с Алексеем Михайловичем Можейко, который одновременно заведовал кафедрой земледелия в Харьковском сельскохозяйственном институте и был первым руководителем лаборатория мелиорации в научно-исследовательском институте. Он был прекрасным лектором и обаятельным человеком. Студенты и сотрудники очень уважали его и просто любили за человеческую обаятельность. Научные интересы его были обширные: вопросы земледелия, мелиорация солонцов, воздействие минерализованных вод на осолонцевание почв и, наконец, генезис и повышение плодородия дерново-подзолистых глеевых почв Прикарпатья. Он умело сочетал лекторскую работу в вузе с научно-исследовательскими работами в институте почвоведения. Ездил на ряд стационаров, особенно на главный свой, Кременчугский стационар по мелиорации солонцов в Среднем Приднепровье, где наблюдения проводились более 20-ти лет. У него было немало аспирантов, в том числе приехавших из-за рубежа. В период подготовки к предстоящим наблюдениям по орошению, мы вместе с ним и его аспиранткой из Китая ездили в Азербайджан на Джафарханскую опытную станцию по орошению, где еще в 20-е годы был построен горизонтальный дренаж. Знакомились с методикой длительных наблюдений на дренажных системах за грунтовыми водами и динамикой солей в почвах. Тогда стояла 50-ти градусная жара в тени, работать в поле можно было только ранним утром. Все изнемогали от жары и только Алексей Михайлович был неутомим. Ознакомились с историей создания опытной станции, осмотрели ирригационные сооружения. Поездка была очень полезной для составления подробной программы исследовательских работ по орошению на юге Украины. Будучи первым заведующим лабораторией мелиорации в научном институте, он много сил отдавал оснащению ее новыми приборами, оборудованием, а также постановкой глубоких исследовательских работ.

А.М. Можейко оставил большой след в науке, прежде всего, по мелиорации солонцов. На созданном им Кременчугском стационаре изучил генезис гидроморфных солонцов Лесостепной зоны. Вместе с А.М. Гринченко разрабатывал методику опытного дела на почвах с

сильно выраженным микрорельефом. Этот метод, с некоторыми дополнениями, используется до сих пор. Он установил оптимальные дозы гипса для повышения плодородия местных почв, которые вошли в рекомендации по Украине. Большие исследования проведены им по воздействию минерализованных вод на почвы юга. Вместе с Т.К. Воротником им была разработана классификация вод, пригодных к орошению, и приемы предупреждения снижения плодородия почв внесением гипса перед проведением поливов.

В последующие годы этой проблемой занялись совместно несколько институтов на Украине: Институт почвоведения и агрохимии. Институт орошаемого земледелия и Институт гидротехники и мелиорации. В результате был составлен ГОСТ на оросительные воды, разработан прием внесения гипса вместе с водой специальной машиной, предложены другие химические мелиоранты. На юге, в Херсонщине, он первый показал на модельном опыте возможность применения плантажной вспашки вместо гипсования. В последующем, после проведения другими авторами ряда опытов на разных комплексах солонцов, было установлено - в каких условиях метод мелиоративной плантажной вспашки может дать положительные результаты. Метод получил широкое внедрение, особенно, в Крымском Присивашье (на площади более 220 *тыс. га*). Таким образом, идеи А.М. Можейко продолжают свое дальнейшее развитие в работах последующих поколений почвоведов.

Заканчивая краткие воспоминания, охватывающие период с 20-40-х до 80-х годов XX века отмечу следующее.

Главной чертой эпохи, в которой пришлось жить нашей стране, являлась идея, что на первое место ставились интересы государства, в то время, как личные - на второе место. Однако, государственные интересы включали социальную защиту населения, повышение его материального благосостояния. Эта идея и объединяла общество, раскрывала творческие возможности и вызывала энтузиазм.

Такая идейная направленность была и у почвоведов, стремящихся разработать новые пути повышения плодородия почв, повысить урожайность сельскохозяйственных культур для удовлетворения запросов населения. Крупные ученые, о которых говорилось выше, обладали ярким природным дарованием и большим трудолюбием. Они также стремились воплотить в жизнь свои идеи на благо своего государства и народа. Это им вполне удалось сделать. Они оставили свои научные школы, продолжающие развивать как их, так и новые идеи, а труд их был на пользу своему отечеству.

С.А. ЗАХАРОВ И ЕГО НАУЧНЫЙ ВКЛАД В ОТЕЧЕСТВЕННОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ (личные воспоминания к 130-летию со дня рождения)[1]

[1] Статья опубликована в сб. «Агрохімія і ґрунтознавство», вып. 70. Харьков ННЦ ИПА, 2009. С. 150-154.

Сергей Александрович Захаров родился в 1878 году в г. Тифлисе в семье художника-преподавателя.

Он учился в Московском университете на естественном отделении физико-математического факультета, где, прослушав публичные лекции В.В. Докучаева, заинтересовался новой наукой - почвоведением. Изучал почвы реки Куры на одном из участков ее долины. Большие его творческие способности и трудолюбие обращают внимание к нему руководителя кафедрой А.Н. Сабанина. По просьбе В.В. Докучаева порекомендовать ему помощника в третье путешествие по Кавказу, А.Н. Сабанин советует пригласить С.А. Захарова. В 1900 г. в должности сотрудника-практиканта С.А. Захаров отправляется вместе с В.В. Докучаевым на Кавказ. Он продолжает общаться с В.В. Докучаевым и после этой поездки до конца его жизни.

Всю дальнейшую жизнь С.А. Захаров посвятил почвенной науке. Он работал в Москве, Петербурге, Краснодаре и в 30-х годах переехал в Ростов-на-Дону, где создал кафедру почвоведения в Ростовском университете.

Автору этих строк довелось в те годы учиться в Ростовском университете и оказаться в составе самой первой группы выпускников почвоведов (1939 г.). С.А. Захаров читал курс общего почвоведения, географию почв и другие дисциплины. Лекции его слушали с большим интересом, потому, что он излагал материал простым и ясным языком, иллюстрировал отдельные положения не только готовыми таблицами и графиками, но и писал и рисовал на доске, приносил на лекции монографии исследователей по конкретному вопросу и знакомил с ними студентов.

В те годы в стране стала создаваться сеть Государственных сортоучастков. С.А. Захаров возглавил работу по обследованию почв участков, отведенных под сортоиспытание. Наша производственная практика состояла из проведения детальной почвенной съемки на конкретном сортоучастке. Мне довелось обследовать Усть-Джегутинский сортоучасток в Кабардино-Балкарии.

После окончания университета мне было предложено поступить в аспирантуру.

По совету С.А. Захарова мне предстояло заняться изучением горно-луговых почв Кавказа. Ездила на Высокогорный стационар АН СССР, отобрала образцы почв, развернула в лаборатории университета аналитическую работу, но вскоре началась Великая Отечественная война. Университет эвакуировался в Киргизию. Лишь после окончания войны и получения вызова из университета, удалось продолжить учебу в аспирантуре, но уже по другой теме (прежние материалы были утрачены). Сергей Александрович помогал, как мог в это трудное послевоен-

ное время. Сам он потерял двух сыновей на войне. Помещение кафедры почвоведения было разрушено, надо было все восстанавливать. Здоровье С.А. Захарова пошатнулось, он слег. Диссертацию мне удалось написать и защитить в 1948 г. А в январе 1949 г. С.А. Захарова не стало.

Это было большой потерей для университета, сотрудников кафедры, студентов и аспирантов. Ушел из жизни не только крупный ученый, но и глубоко порядочный человек, деликатный и мягкий по натуре, помогавший всем.

Но остались его труды и память о нем, как сооснователе почвенной науки. И хотя прошло уже много лет, и почвоведение встало на более высокий уровень развития, но вклад Захарова в эту науку забыть нельзя. Поэтому хотелось бы напомнить современникам о тех важных положениях в почвоведении, которые впервые были разработаны им.

Учение о морфологии почв. Как известно, каждый объект органической и неорганической природы имеет свойственные ему морфологические показатели. Докучаев и его соратники отмечали ряд таких признаков, но они не систематизировали их. Одной из важных заслуг С.А. Захарова является не просто систематизация, а разработка цельного учения о морфологии почв. Со свойственной ему дотошностью он не только выделил отдельные морфологические признаки, но и, во-первых, увязал их с генезисом почв и, во-вторых, привел количественные показатели там, где это было необходимо.

К числу морфологических признаков он отнес: окраску, структуру, сложение, новообразования, почвенный «скелет», органические остатки и включения, мощность почвы в целом и отдельных генетических горизонтов, строение или общий облик почвы.

Он отмечает, какие из веществ придают окраску почвам. Выделяет главные типы окраски, отражает их разнообразие.

Структуру почв он характеризует по формам и размерам структурных агрегатов. Разрабатывает классификацию структурных элементов (типы, виды и роды структуры). Приводит рисунки отдельных видов структуры. Строго увязывает появление типов структур с тем или иным почвообразовательным процессом.

И самое важное - Захаров приводит названия генетических горизонтов, которые полностью используются в современном почвоведении (гумусовоаккумулятивный, элювиальный, иллювиальный, переходный, горизонт почвообразующей породы). Приводит индексы горизонтов почв (A,B,C), которые до сих пор используются в России и других государствах, но изменены в Украине по рекомендации А.Н. Соколовского на такие индексы, которые полностью согласуются с названием этих горизонтов (гумусовый - H, элювиальный - E, иллювиальный - I, порода - P). Если в горизонте отмечаются несколько процессов, то это выражается несколькими индексами.

Говоря в целом, можно отметить, что учение С.А. Захарова о морфологии почв находит свое отражение и в самых последних работах. Оно полностью воспринято отечественным почвоведением (с некоторыми дополнениями).

Учение о почвообразовательных процессах. Образование почв из почвообразующих пород С.А. Захаров рассматривает, как воздействие ряда процессов, которые он подразделяет на основные, типовые и элементарные. К основным он относит такие процессы, которые вызывают дифференциацию почвы на генетические горизонты.

В результате основных процессов образуются перегнойно-аккумулятивные, элювиальные и иллювиальные горизонты. Но в каждом из них совершаются особые типовые процессы. К примеру, в первом из вышеназванных горизонтов происходит гумификация, аккумуляция зольных элементов и другие процессы, в элювиальных - выщелачивание, вымывание и др., в иллювиальных - иллювиация (солонцеобразование, карбонатизация и др.). Элементарные процессы разделяют на три группы: физические, химические и биологические.

Эти особенности генезиса почв, детальная характеристика процессов получили свое дальнейшее развитие и в современных работах. Так в России вышла монография «Элементарные почвообразовательные процессы» (1992), а несколько позже. (2006) «Почвообразовательные процессы». В этих книгах - истоки учения С.А. Захарова о почвообразовании.

Хотелось бы отметить важную мысль С.А. Захарова, в отношении того, что почвы не представляют собой нечто застывшее, а происходит их постепенное изменение под влиянием внутренних процессов, т.е. совершается эволюция почв (например, переход слабоподзолистых в сильноподзолистые) или метаморфизм почв при изменении внешних условий (при надвигании леса на степь происходит переход черноземов в серые лесные почвы).

Эта идея об эволюции почв получила свое развитие в работах А.А. Роде (1947), В.А. Ковды (1937), Е.Н. Ивановой и В.М. Фридлянда (1954) и других. Мало того, она воспринята в современной классификации солонцов (луговые, лугово-степные, степные).

Жизнь почвы. С.А. Захаров впервые в почвоведении ввел понятие «жизнь почвы». Под этим термином он понимал периодические изменения состава и свойств почв под влиянием внешних условий и процессов почвообразования. Он считал необходимым изучать такие режимы в почвах: тепловой, водный, воздушный, динамику почвенных растворов, питательного режима, состав поглощающего комплекса, физические свойства и другие.

Эта идея полностью реализуется и в современное время. Пожалуй, нет показателей состава и свойств почв, которые не изучались бы в динамике. Результативность таких исследований показана В.А. Ков-

дой в его монографии «Происхождение и режим засоленных почв» (1946). Изучение режимов осуществляется и почвоведами Украины, в том числе, в связи с изучением влияния орошения на солевой режим (А.В. Новикова, 1962 и др.).

В последние годы появился новый термин «мониторинг». Он означает периодические наблюдения на одном объекте за изменением состава и свойств почв, особенно необходимые для контроля возможного загрязнения природной среды отходами промышленного производства. Ныне рекомендуется осуществлять мониторинг на солонцовых землях для прогнозирования изменения их плодородия и на других почвах.

Закон корреляции в почвоведении. С.А. Захаров в 20-е годы ввел понятие о законе корреляции в почвоведении. Он подметил, что между отдельными показателями состава почв существует корреляционная связь, например между цеолитной частью и количеством поглощенных оснований. Этот метод исследования почв в те годы был новым. В последующее время корреляционный анализ нашел широкое применение, были изданы соответствующие учебники по математическим методам. Даже в шестидесятые годы прошлого столетия в некоторых институтах читались специальные лекции по математической статистике, для широкого использования ее в почвоведении. В настоящее время этот метод получил широкое распространение в почвенных исследованиях. Так предложенный автором этих строк новый метод определения степени солонцеватости по иллювиированности опирается на данные корреляционного анализа (А.В. Новикова, 2007).

Разработка проблемы окультуривания почв. С.А. Захаров имел, кроме почвенного, ещё и агрономическое образование. Поэтому он занимался и проблемой повышения плодородия почв, их окультуривания. Считал, что необходимо разработать методы повышения плодородия почв применительно к каждой почвенной зоне.

Он отмечал, что плодородие почв определяется не только составом самого верхнего горизонта, но и составом ниже залегающих горизонтов. Для выяснения вопроса об уровне плодородия всех генетических горизонтов, он предложил так называемый метод развернутого разреза. Это микрополевой мелкоделяночный опыт, с размером делянки около одного метра и такой же глубиной. Выкапывается траншея, масса каждого горизонта складывается отдельно и помещается в траншею в изолированные друг от друга отсеки. Высеваются растения, учитывается урожай. На основании данных химического анализа и учета урожая определяется уровень плодородия каждого генетического горизонта. Такие опыты проводились С.А. Захаровым и сотрудниками кафедры на черноземах и каштановых почвах Ростовской области, а также и нашей лабораторией на солонцах Крымского Присивашья.

Было установлено, что нижние горизонты обладают более низким плодородием по сравнению с верхними, но со временем оно повышается. Опыт позволяет выявить потребность растений в элементах питания в каждом генетическом горизонте, ряд других показателей (по мелиорирующим веществам и т.д.).

Учение о вертикальной зональности почв. Известно, что В.В. Докучаев впервые открыл, что почвы располагаются на равнинной территории в соответствии с изменением климата и растительности, образуя горизонтальную зональность. После его путешествия на Кавказ, он установил, что и там прослеживается зональное изменение почвенного покрова, т.е. существуют вертикальные почвенные зоны.

Вместе с тем, ряд почвоведов обнаружили, что местами такая зональность строго не выдерживается и на одной и той же высоте могут встречаться разные почвы.

С.А. Захаров сам родился на Кавказе и очень часто совершал поездки в отдельные его регионы. Многие годы он посвятил выявлению закономерностей почвообразования в горах, распределению почв на разной высоте, поискам причин нарушения зональности и, по существу, разработал целое учение о вертикальной зональности.

Главную причину появления вертикальных зон он видит в изменении климата: с повышением изменяется инсоляция, снижается температура, меняется относительная влажность. Образуются климатические пояса. С изменением климатических условий меняется растительность и почвы. Большое значение имеет экспозиция склонов - на южных образуются горно-степные почвы, на северных - лесные. Выявляется существенная закономерность в появлении почв на разной высоте: вертикальные зоны в горах начинаются внизу с той горизонтальной зоны, почвы которой сформировались у подножия горной системы. Так по южному склону Кавказских гор расположена зона сероземов, а в южном Закавказье - зона каштаново-бурых почв. Захаров выделяет ряды, серии или системы вертикальных почвенных зон. Вводит новые понятия, об *инверсии* почвенных зон (нижние зоны расположены выше, чем это должно быть в горизонтальных зонах), *миграции* почвенных зон (внедрение одной зоны в другую по долинам рек и вершинам хребтов), *интерференции* почвенных зон (выклинивание отдельных зон в системе нормальных рядов). Впервые устанавливает изменение почв по формам макро- и микрорельефа.

Разрабатывает классификацию горных почв. Выделяет агропочвенные районы на Кавказе. Это учение Захарова широко используется другими почвоведами при исследовании почв горных систем Крыма (М.А. Кочкин, 1967), Карпат (Г.А. Андрющенко, 1969) и гор Средней Азии.

Учебник почвоведения С.А. Захарова был написан в двадцатых годах прошлого столетия и несколько раз переиздавался. Не будет пре-

увеличением сказать, что многие годы это был самый лучший из подобных учебников. По своему содержанию и объему (550 страниц) он больше походил на монографию, с приведением большого фактического материала своих исследований и других почвоведов. Написан учебник простым и понятным языком, сопровождался многочисленными таблицами, графиками и рисунками. В нем представлены такие разделы, как учение о морфологии почв, учение о почвенной массе, почвообразование или генезис почв, выветривание, почвенная классификация, систематика, география почв и жизнь почвы. Приложена карта почвенных зон СССР. Этот учебник представляет большой интерес даже в настоящее время.

Краткое изложение нами отдельных положений учения о почвах, разработанных С.А. Захаровым, убеждает в большой значимости работ этого крупного ученого в становлении и последующем развитии отечественного почвоведения. Имя С.А. Захарова, как и имя В.В. Докучаева не будет забыто и следующими поколениями почвоведов.

О жизни и научной деятельности С.А. Захарова написано немало работ. В наиболее полной книге И.А. Крупенникова (1979), приводится полный список работ С.А. Захарова. Мы же приводим список некоторых работ С.А. Захарова.

1. Кора выветривания и горные черноземы. - Почвоведение, 1906, т.8, № 1-4. - С. 91-159.

2. Особенности почвообразовательных процессов в горных областях. Докл. на XII съезде естествоиспытателей и врачей в Москве. - Почвоведение, 1911, № 1. - С. 136-137.

3. Курс почвоведения. Изд. второе, М-Л, 1931. - 550 с.

4.Вертикальная зональность почв на Кавказе. - Почвоведение, 1934, № 6. - С. 795-823.

5. О культурных почвах и плановом создании их в разных почвенно-климатических зонах. - Почвоведение, 1936, № 4. - С. 540-561.

6. Почвы Предкавказья. - В кн. Почвы СССР. Т. 3, 1939. - С. 297-355.

7. Эволюция почвообразования в связи с историей земной коры. - Почвоведение, 1945, № 1. - 54 с.

2. ПРОЦЕССЫ СОЛЕНАКОПЛЕНИЯ И ОСОЛОНЦЕВАНИЯ ПОЧВ

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И РЕЖИМНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОЛЕНАКОПЛЕНИЯ В СТЕПНОМ КРЫМУ[1]

В плане развития сельского хозяйства на двадцатилетие, особое значение придается ирригации. Ставится задача расширить площади орошаемых земель до 28 *миллионов гектаров*. В числе объектов предусматривается развернуть орошение земель в Крыму и других южных районах УССР и в Молдавии на базе водных ресурсов Днепра, Буга, Днестра, Дуная на площади 4,5 *млн.* гектаров для увеличения производства риса, кукурузы, сахарной свеклы, винограда, фруктов, овощей и развития животноводства.

В текущем семилетии уже начато строительство Северо-Крымского канала, из которого будет орошаться 600 *тысяч гектаров* колхозных и совхозных земель (560 *тысяч* в Крымской и 40 *тысяч гектаров* в Херсонской области). Первая очередь строительства с площадью орошения 145 *тыс*. гектаров должна быть закончена в 1966 году.

Чтобы правильно освоить большие массивы орошения и получать высокие и устойчивые урожаи, предстоит решить вопрос о создании и последующем поддержании хорошего мелиоративного состояния орошаемых земель. Исходное (до орошения) состояние земель Присивашья нельзя признать удовлетворительным по причине высокой солонцеватости. Она обусловливает пониженное плодородие почв, снижение урожая сельскохозяйственных культур и резкую неустойчивость его по годам.

Орошение солонцовых почв без их предварительного улучшения может повлечь развитие заболоченности и засоления солями, залегающими неглубоко от поверхности. Поэтому возникает необходимость комплексного решения этой проблемы - гидромелиоративными и агротехническими приемами.

Но задача последующего поддержания хорошего мелиоративного состояния орошаемых земель является далеко нелегкой в условиях Крыма. Необходимо отметить, что геоморфологи-

---

[1] Опубликовано в монографии А.В.Новиковой с тем же названием//Труды Харьковского сельскохозяйственного института им. В.В. До-кучаева, том 39, Харьков, 1962, разделы I-VI. С.242 - 334.

ческие и гидрогеологические условия Крымского Присивашья неблагоприятны для широкого развития орошения. В этом достаточно хорошо убеждает нижерассматриваемый материал. Кроме того, опыт эксплуатации Волго-Донского, Ингулецкого и Краснознаменского каналов показал, что практически на второй и третий годы начинается заболачивание, а местами даже засоление почв в районах, менее неблагоприятных или таких же, как и Крымское Присивашье.

Поэтому более рационально было бы отказаться от орошения Крымского Присивашья и отступить южнее в центральную степную часть Крыма, захватив лишь наиболее высокие территории Присивашья.

Однако, по соображениям удешевления стоимости строительства Северо-Крымского канала, проектирующие организации вынуждены разрабатывать проект освоения и более низких территорий. В этом случае возникает особая необходимость в выявлении закономерностей накопления и миграции солей как в сезонном, так и в геохимическом плане, для обоснования необходимых мероприятий по предупреждению и борьбе с вторичным засолением. Настоящая работа ставит перед собой именно эту задачу.

I. Краткая история изученности процессов соленакопления в Крыму

На обширной территории Союза ССР самые первые исследования солевого режима были начаты в зоне сухих степей и полупустынь, высокая засоленность почв которых препятствовала развитию орошения. Сюда относятся работы Н.А. Димо (1911), который установил в Голодной Степи связь солевого режима с микрорельефом местности, Б. Б. Полынова (1930, 1933), который ввел понятие о критической глубине грунтовых вод и доказал зависимость между сезонными процессами миграции солей и движением восходящих и нисходящих токов влаги. Особое место занимают работы А.Н. Соколовского (1941, 1942), в которых он показал связь галогенеза почв с подземными солевыми аккумуляциями.

Огромный вклад в развитие теоретических представлений о водно-солевом режиме засоленных почв внес В.А. Ковда (1939, 1946, 1947, 1954), рассматривающий процессы передвижения солей в почвах в связи с географической средой (геоморфология, гидрогеология, климат, растительность), в богарных условиях и под влиянием орошения.

В зависимости от глубины залегания грунтовых вод он выделяет три типа режима влажности: элювиального увлажнения, пленочно-капиллярного грунтового увлажнения и капиллярно-грунтового увлажнения. В соответствии с водным режимом он различает три основных направления солевого режима: сезонно-необратимого солевого режима засоления (запас солей от цикла к циклу растет), сезонно-обратимого солевого режима (запас солей в почве остается стабильным), сезонно-необратимого солевого режима рассоления (запас солей уменьшается).

Для оценки интенсивности сезонного засоления он вводит понятие о коэффициенте сезонной аккумуляции солей (САС), который представляет собой отношение осеннего содержания их к весеннему. Если этот коэффициент равен единице, то сезонное засоление не имеет места. Если он больше единицы, то происходит сезонное засоление и если меньше единицы - имеет место рассоление.

Несколько забегая вперед, отметим, что в процессе данных исследований автор убедился в правильности теоретических воззрений В. А. Ковды и в большой практической их значимости.

На Украине вопросами водно-солевого режима засоленных почв занимались многие авторы: Г.С. Гринь (1939, 1958), Г.Н. Самбур (1954), А.М. Можейко и Т.К. Воротник (1961), А.И. Гуменюк (1957), К.Э. Бурзи, Б.И. Лактионов, Е.Т. Писанец (1959), Г.Я. Чесняк (1958) и др. Большая часть этих работ проводилась в связи с ирригацией Украины и посвящена изучению влияния орошения на изменение содержания солей в почвах.

В связи с этим следует отметить монографическую сводку И.Н. Антипова-Каратаева и В.Н. Филипповой (1955) о влиянии длительного орошения на различные почвы, в том числе и на некоторые почвы Украины.

В Крыму до 1951 г. процессы засоления в почвах были очень плохо изучены. Начало научных исследований почв Крыма было положено В.В. Докучаевым в 1878 г. Им указано на эволюционный переход морского дна Сиваша в солонцы и степные почвы.

В 1900 г. на почвенной карте Перекопского уезда А.П. Черным, Н.И. Прохоровым и Н.Н. Клепининым (руководитель) впервые показаны границы распределения солонцов на побережье Сиваша.

Несколько позднее Н.Н. Клепинин подразделяет засоленные почвы на солончаки, бурые и черные солонцы, солоди, а также каштановые солонцеватые суглинки. Отмечает зональность их

распределения, комплексность, приводит краткую химическую характеристику. В работе Н.П. Дубровского и Н.Н. Клепинина (1931) делается первая попытка увязать распределение пород, грунтовых вод с почвами Присивашья. Однако, вследствие несопряженности и ограниченности фактического материала, такая взаимосвязь остается не раскрытой.

Итоги своих многолетних исследований почв Крыма Н.Н. Клепинин представил в виде карты почв Крыма и очерка к ней (1935).

В связи с изысканиями Гипровода, в целях сбора материала для обоснования первого проекта орошения Северного Крыма водами Днепра в конце тридцатых годов публикуются данные о составе артезианских вод (М.В. Апполосов, 1927), о некоторых свойствах почв в связи с орошением (А.И. Михаловский, 1931, Д. П. Русинов, 1939).

Н.Н. Дзенс-Литовской в 1938 г. впервые описываются засоленные почвы Евпаторийского побережья. С. С. Соболевым в обзорной статье о почвах Украины и степного[1] Крыма (1939) отмечается опускание побережья Азовского моря, следствием которого является вторичное засоление почв Присивашья, впервые описанное Д.Г. Виленским в 1924 г. Образование засоленных почв С.С. Соболев объясняет сухостью климата, засоленностью лёссов и современной импульверизацией.

Значительный интерес представляет работа И. Г. Розмахова «К вопросу о возникновении и развитии солонцовых комплексов» (1940). В ней автор приходит к выводу, что микрорельеф возникает в период образования солончаков и развивается по мере перехода их в солонцы, а затем в зональные почвы.

В связи с большими работами, начатыми в Союзе с 1938 г. по организации и почвенному обследованию госсортоучастков, в Крыму проводятся детальные почвенные съемки территорий сортоучастков. Результаты этого обследования опубликованы в статье П. Е. Соловьева (1950). Вопросы соленакопления в ней не рассматриваются.

Таким образом, до начала постановки данных исследований (1949-1951 гг.) в Крыму в разные годы производились в основном почвенно-географические обследования. Стационарных наблюдений за водно-солевым режимом почв не велось и процессы соленакопления специально никем не изучались.

В 1951 г. в связи с организацией комплексных исследований для обоснования проекта орошения степного Крыма водами Северо-Крымского канала были начаты крупномасштабные почвенные обследования (В.П. Гусев и др.), изучение водно-

физических свойств почв (А.В. Жигачев) и стационарные наблюдения за водно-солевым режимом и солевым составом (А.В. Новикова). При постановке стационарных исследований ставились задачи: а) выявить характер водного и солевого режимов почв, б) дать качественно-количественную оценку солевого состава почв и указать границы географического распространения почв различных типов засоленности, в) на основе выявления направления процессов засоления-рассоления определить возможность использования почв под орошение. В настоящей работе подводится итог этим исследованиям.

II. Методика исследований

Для стационарного изучения водно-солевого режима почв в неорошаемых условиях были выбраны площадки в основных геоморфологических и гидрогеологических районах степного Крыма, на главных почвенных типах и разновидностях. Расположены площадки были но трем поперечникам, пересекающим западное Присивашье (Красно-Перекопский район), центральное (Джанкойский район) и восточное (Азовский район) и охватывали территорию степного Крыма с абсолютными отметками от 1 до 40 *м*.

Крайней южной точкой являлся южный чернозем (Красногвардейский район).

На этих площадках размером 15-25 $м^2$ отбирались образцы почв, пород и грунтовых вод из 2-3 параллельных скважин, смешивались по-горизонтно в один, а затем анализировались. Для определения влажности образцы отбирались из каждой скважины отдельно. Сроки отбора образцов были приурочены к периоду наибольшего увлажнения (весна) и максимального иссушения (осень).

В образцах первого срока (1951 г.) выполнен ряд химических анализов для общей генетической характеристики почв: гумус по Тюрину, углекислота карбонатов кальциметром, обменные кальций и магний по Жорикову, натрий по Гедройцу, валовой анализ, щелочные вытяжки 5% КОН, механический анализ методом «пипетки». Водная вытяжка приготовлялась при отношении почвы к воде как 1:5, пятиминутном взбалтывании и суточном отстаивании суспензии.

С целью изучения солевого состава почв степного Крыма дополнительно были сделаны маршрутные обследования различ-

ных районов степного Крыма. Кроме того были собраны и обработаны расчетным путем многочисленные данные анализов водных вытяжек, полученные при сплошном крупномасштабном картировании зоны орошения степного Крыма Крымской почвенной партией и др. организациями. Качественно-количественная оценка солевого состава почв производилась на основании данных водных вытяжек 300 разрезов.

Варьирование водорастворимых солей в некоторых почвах степного Крыма

Изучение солевого режима почв осложняется пестротой почвенного покрова и варьированием химических свойств в одной и той же разновидности. Это относится прежде всего к комплексному почвенному покрову, где на небольшом пространстве быстро меняются некоторые качества почв, в частности глубина залегания солей. Если не принять во внимание такой быстрой изменчивости в пространстве, то можно прийти к неверным заключениям о сезонной динамике солей.

Поэтому, наряду с сезонными наблюдениями, была определена степень пестроты в распределении солей в солонце и в темно-каштановых слабосолонцеватой и солонцеватой почвах путем отбора проб в один из сроков (весной) из пяти - десяти параллельных скважин, расположенных друг от друга на расстоянии около 30 см. В таблице 1 представлены результаты вариационной обработки данных водной вытяжки из этих образцов.

Таблица 1

Степень варьирования водорастворимых веществ (плотный остаток в %, остальные компоненты в милли-эквивалентах на 100 г почвы. М - среднее арифметическое, V - вариационный коэффициент в %)

Глубина в *см*	Число вариантов	Плотный остаток		HCO_3'		Cl'		SO_4''		$Ca^{\cdot\cdot}$		$Mg^{\cdot\cdot}$	
		M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
Луговой глубокосолончаковатый солонец (аналог р. 124)													
0—10	9	0,088	36,7	0,569	54,9	0,087	54,8	—	—	—	—	—	—
25—35	9	0,162	39,3	0,747	25,3	0,110	75,5	—	—	—	—	—	—
75—85	9	2,259	12,2	0,433	17,0	7,599	24,1	—	—	—	—	—	—
Темно-каштановая солонцеватая почва (аналог р. 119)													
0—10	5	0,199	95,0	0,118	27,7	0,168	28,6	0,582	50,0	0,286	36,9	0,314	37,9
25—35	5	0,097	48,9	0,074	15,4	0,100	28,3	0,420	36,5	0,212	19,2	0,236	20,0
37—47	5	0,198	30,0	0,108	31,6	0,286	34,1	0,500	52,6	0,166	46,5	0,306	38,7
85—95	5	0,654	52,0	0,108	15,2	4,992	33,8	2,840	20,6	1,666	69,7	1,904	68,5
95—105	5	0,861	91,4	0,092	25,9	3,966	78,9	4,822	76,2	3,084	105,3	2,846	100,4
Темно-каштановая слабосолонцеватая почва (аналог р. 126)													
0—10	9	0,053	51,7	0,09	39,6	0,114	21,0	0,548	28,5	0,301	40,5	0,339	29,1
22—33	9	0,064	40,2	0,082	28,4	0,109	25,7	0,500	22,1	0,295	34,0	0,298	24,5
35—45	9	0,066	57,5	0,120	45,4	0,103	28,8	0,631	24,7	0,371	29,7	0,365	20,4
50—60	9	0,073	52,1	0,126	15,4	0,117	50,9	0,518	25,3	0,333	29,3	0,350	23,4
70—80	9	0,076	42,5	0,161	30,1	0,177	69,4	0,487	58,4	0,357	56,3	0,373	42,9
140—150	9	0,148	14,0	0,230	52,1	0,179	59,3	0,699	66,0	0,281	31,0	0,334	33,2
190—200	9	0,769	49,7	0,107	40,5	0,183	67,6	8,860	54,4	3,389	78,1	2,000	58,8

Обращает на себя внимание большая пестрота в содержании всех компонентов водной вытяжки. Вариационный коэффициент колеблется в широких пределах - от 12 до 100%. Некоторое уменьшение коэффициента вариации наблюдается лишь в солевом горизонте лугового солонца, где он равен по плотному остатку 12%, по HCO_3'-17% и по C1'-24%.

В солевом горизонте темно-каштановой солонцеватой почвы он увеличивается по указанным компонентам соответственно до 52, 15 и 33% и еще больше возрастает в темно-каштановой слабосолонцеватой почве, соответственно до 49, 40 и 67%. Создается впечатление, что в почве с более близким к поверхности залеганием солевого горизонта и высоким засолением пестрота в содержании солей выражена в меньшей степе-

ни, чем в более промытых почвах с пониженным горизонтом солевых аккумуляций.

В верхних опресненных горизонтах всех почв величины вариационного коэффициента очень пестры и колеблются от 15 до 69%.

Для того чтобы подсчитать число образцов, необходимых для получения достоверных данных, был произведен расчет по формуле:

$$n = \frac{t^2 \times v^2}{p^2},$$ где n - число взятых для анализа

образцов, v - коэффициент вариации, t - показатель вероятности, p - показатель точности. Величина t принималась равной 2, т. е. дальнейшие расчеты производились с вероятностью, равной 95,4% (И. Н. Антипов-Каратаев, 1953).

В таблице 2 приведено число образцов, которое следовало брать для обеспечения точности в 10 и 30%. При этом коэффициенты вариации приняты максимальные.

Как видно из таблицы 2, для обеспечения точности .в 30% необходимо было отбирать образцы из 25-40 параллельных скважин, что практически сделать не представлялось возможным вследствие большой глубины некоторых скважин (11 метров), большого числа наблюдательных площадок, расположенных далеко друг от друга и др. причин.

Расчет показывает, что при 3 параллельных образцах точность определений составляла 29-70% (по средним коэффициентам вариации) и 45-110% (по максимальным коэффициентам вариации).

Таблица 2

Определение числа образцов для составления смешанного образца при изучении солевого режима и точность определения при взятии 3-х образцов

Определения	Колебания вариационного коэффициента	Минимальное число образцов для получения среднего с точностью		Точность определения в % при количестве образцов = 3	
		10 %	30 %	По среднему коэффициенту вариации	По максимальному коэффициенту вариации
Луговой глубокосолончаковатый солонец					
Плотный остаток	12—39	61	7	29	45
HCO'_3	17—55	121	13	42	63
Cl'	24—75	225	25	57	87
Темно-каштановая солонцеватая почва					
Плотный остаток	30— 95	361	40	72	110
HCO'_3	15— 31	38	4	27	36
Cl'	28— 79	250	28	61	91
SO''_4	20— 76	231	26	55	88
$Ca^{\cdot\cdot}$	19—105	441	49	72	121
$Mg^{\cdot\cdot}$	20—100	400	44	69	115
Темно-каштановая слабосолонцеватая почва					
Плотный остаток	14—57	130	14	40	66
HCO'_3	15—52	108	12	38	60
Cl'	21—69	190	21	52	80
SO''_4	22—66	174	19	51	76
$Ca^{\cdot\cdot}$	29—78	243	27	61	90
$Mg^{\cdot\cdot}$	20—59	139	15	45	68

Таким образом, данные содержания солей из трех параллельных образцов, взятых в разные сроки, следует рассматривать скорее как качественно-количественные показатели.

Для иллюстрации динамики солей приводятся в основном данные по хлор-иону, поскольку он не участвует в обменных реакциях с почвой и является наиболее подвижным компонентом.

III. Краткий обзор естественноисторических условий

Крымский полуостров по характеру рельефа делится на четыре части: северную равнинную степную, предгорную, южную горную и Керченский полуостров.

Равнинная степная часть неоднородна по рельефу и в свою очередь разделяется на три части: высокую или центральную степь, низкую степь или Присивашье (Северо-Крымская низменность) и возвышенный район Тарханкутского плато, входящий в Тарханкутский полуостров, расположенный на западе Крыма.

Высокая степь начинается на севере с абсолютных отметок 30-40 *м* и примыкает непосредственно к предгорью Крыма. Она наклонена на север, имеет полого-волнистый рельеф, расчлененный неглубокими балками и речными долинами.

На поверхности равнины встречаются отложения галечника и россыпи верхнетретичных известняков, образование которых обязано деятельности флювио-гляциальных потоков горного Крыма (А. И. Дзенс-Литовский, 1958).

Низкая степь или собственно Присивашье начинается у берегов Сиваша и Каркинитского залива и заканчивается на территории с отметками около 30-40 *м*. Переход низкой степи в высокую постепенный и внешне мало заметен. Рельеф низкой степи более спокойный, чем высокой и имеет равнинный характер, местами нарушаемый балками с слабо-пологими склонами. Поверхность равнины слабо наклонена на север и северо-восток. На фоне общей выравненности макрорельефа в низкой степи довольно хорошо выражен микрорельеф, особенно в прибрежной части.

Гидрографическая сеть в степном Крыму представлена небольшим количеством мелких рек с выположенными долинами, которые наполняются текучими водами в весенний период и пересыхают летом. Наиболее значительными по протяженности являются р. Салгир и ныне затухшая река-балка Чатырлык.

В Западном Присивашье расположена большая группа соленых озер (Старое, Красное, Айгульское и др.), вытянутых в меридиональном направлении и изолированных от моря. Озера имеют обрывистые берега от 3 до 10 *м*. Глубина озер колеблется от 0,2 до 0,5 *м.* Солевое питание в них происходит за счет поверхностного стока и подземных вод, выходы которых обнаружены по всей площади озер и у береговых обрывов (П. Т. Данильченко, А. М. Понизовский, 1958).

Сиваш представляет собой залив Азовского моря, площадью 2,5 *тыс. км*^{2} с чрезвычайно изрезанной береговой линией, множеством полуостровов и заливов. Режим Сиваша непостоянен: наиболее низкий уровень воды в нем бывает летом 0,2-0,3 *м*, наиболее высокий - весной и зимой 1-1,5 *м*. Изменение

уровня происходит в результате сгонно-нагонных течений, а также испарения воды.

В тектоническом отношении степной Крым располагается в альпийской складчатой области юга Советского Союза, входящей в пределы Средиземноморской геосинклинали (Д.В. Наливкин, 1957). Последняя разделяется на несколько самостоятельных тектонических областей, к которым относится Причерноморская впадина (А.Д. Архангельский, 1923). В последнее время Причерноморская впадина рассматривается в качестве молодой платформы с гетерогенным основанием, т. н. Скифской платформы (М.В. Муратов, 1955, Г.А. Лычагин, 1958). Восточной границей впадины, по М.В. Муратову, является орографически и тектонически выраженная перемычка в районе Перекопского перешейка. Сиваш относится к Азово-Кубанской впадине.

Сивашская ветвь Азово-Кубанской впадины или Сивашская мульда (Н. Головкинский) представляет собой плоскую складку, с отлогим падением крыльев (1-5°). Северное крыло ее представлено Украинским кристаллическим массивом, где известняки неогена падают на юг, а южное крыло - Тарханкутским поднятием, где известняки неогена падают на север. Наивысшие абсолютные отметки на крыльях мульды достигают 100-140 *м*, в то время, как по оси не превышают 2-10 *м* (Н.И. Дзенс-Литовский). Сивашская мульда выполнена четвертичными отложениями, покрывающими известняки неогена.

В различных стратиграфических горизонтах впадины содержатся воды древних морей (К.И. Маков, 1939). Современной областью питания подземных вод являются неогеновые известняки и другие породы, которые выходят на поверхность вдали от осевой части впадины на склонах Украинской кристаллической гряды, а также в степном Крыму в районе Тарханкутского поднятия. По мере удаления от области питания воды становятся напорными (Е.А. Ришес, 1954, С.В. Альбов, 1956, А.И. Дзенс-Литовский, 1958).

По данным Е.А. Ришес (1956), грунтовые воды в степном Крыму представляют собой единый в гидравлическом отношении водоносный горизонт, повсеместно распространенный, с общим наклоном с юга на север и северо-восток. В месте стыка с береговой зоной Присивашья происходит подпор грунтовых вод водами Сиваша, что доказывается залеганием нулевой гидроизогипсы на некотором расстоянии от берега. Стационарными наблюдениями Е.А. Ришес установлено, что основными статьями расхода грунтовых вод являются испарение, эксплуатация и частично отток.

Глубина залегания грунтовых вод зависит от высоты над уровнем моря и рельефа местности. В высокой степи уровень грунтовых вод находится глубоко от поверхности земли (40-60 *м*), затем он постепенно поднимается в Присивашье, достигая глубины 0,5-1 *м* возле берегов Сиваша и Каркинитского залива. Вместе с приближением уровня грунтовых вод к поверхности земли усиливается их минерализация с 3-5 *г/л* до 20-60 и более *г/л*. Одновременно растет и хлоридность грунтовых вод.

В связи с закономерным повышением уровня грунтовых вод, роль грунтового потока в почвообразовании неодинакова.

На территориях с высокими гипсометрическими уровнями (высокая степь, повышенные участки низкой степи), где грунтовые воды залегают глубже 10 *м* от поверхности земли, непосредственного влияния на почвообразование они не оказывают, но вместе с тем транспортируют соли, выщелачиваемые из почв и пород, и уносят из данного района к побережью Сиваша. Таким образом, грунтовые воды способствуют оттоку солей из почв повышенных территорий и тем самым создают условия для развития процессов рассоления.

Наоборот, в местах с низким гипсометрическим уровнем, где сильноминерализованные грунтовые воды подходят непосредственно к поверхности, они вызывают засоление почв.

Почвообразующими породами степного Крыма являются четвертичные отложения: континентальные (отложения водоразделов, аллювиальные и аллювиально-делювиальные) и морские (морские, лиманно-морские и озерные отложения).

Наибольшее распространение получили континентальные отложения водоразделов. В их толще выделяют четыре подгоризонта, разделенных гумусированными слоями: древнечетвертичные, среднечетвертичные, новочетвертичные и современные (почвенный слой).

Почвы образуются в основном на новочетвертичных отложениях в виде желто-бурых макропористых и пылеватых лессовидных глин, содержащих карбонаты кальция и гипс. Мощность их равна 2,5-3 *м* на западе и 5-7 *м* на востоке Присивашья.

По механическому составу лессовидные глины довольно однородны и содержат свыше 60% частиц физической глины. Преобладающими фракциями в них являются фракции крупной пыли и ила, что позволяет отнести их к пылевато-иловатым глинам.

Гипс распределен в толще породы неравномерно, приурочен к различным глубинам, вследствие чего создается ярусное залегание его. В местах скоплений содержится до 13% гип-

са. Многоярусность гипсовых скоплений, округлая форма их свидетельствуют о том, что образование его происходило не в момент отложения континентальных глин, а позже, во время циркуляции в породах грунтовых вод. Надо полагать, что в Присивашье неоднократно изменялся гидрогеологический режим (различные фазы обводнения, по Г.С. Гриню, 1959) и это изменение зафиксировалось в виде нескольких ярусов гипса.

Карбонаты кальция встречаются в породе в рассеянном состоянии, а вблизи уровня грунтовых вод нередко в виде расплывчатых пятен или твердых стяжений. Наибольшее количество карбонатов 10-17%.

Водорастворимые соли содержатся в породе в среднем от 0,5 (в местах, где отсутствуют скопления гипса) до 1,5-2% (где сосредоточены его стяжения). В безгипсовых участках породы основная масса водорастворимых солей складывается из хлоридов и сульфатов натрия.

Морские и лиманно-морские отложения занимают в Присивашье значительно меньшую площадь и в качестве почвообразующих пород встречаются на низменных берегах и заливах Сиваша и Каркинитского залива. Представлены они серовато-зелеными илами и темными, зачастую засоленными глинами. Эти осадки слагают засухи и морские террасы, на которых иногда встречаются отложения ракушечного детритуса. Мощность морских отложений местами достигает 25-30 *м*.

Территория Крыма, примыкая своей северной частью к континенту и окруженная с трех сторон морями, представляет собой арену воздействия двух разных типов климата – континентального и морского (средиземноморского). Поэтому климат степной части не является типично-континентальным, как, например, в Заволжье, или умеренно-континентальным, как климат северного Присивашья. Климат степного Крыма является умеренно-теплым степным с жарким засушливым летом и мягкой зимой (Н. Н. Иванов, 1948). Средняя годовая температура воздуха достигает 10-11°, при средней температуре января от 0,6 до минус 2,5° и средней температуре июля 23°.

В холодный период наблюдается переход среднесуточной температуры через нуль градусов, поэтому зимой зачастую бывают положительные температуры воздуха. Снежный покров зимой часто отсутствует. Промерзание почвы бывает незначительным, температура ниже нуля обычно не распространяется глубже 20 *см*, хотя в отдельные годы достигает 70 *см*. Безморозный период довольно продолжителен - 180-220 дней в году.

Таблица 3

Средняя месячная и годовая температура воздуха и осадки
(по данным Крымского гидрометеобюро)

Метеостанции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Температура воздуха													
Соленое озеро	—2,5	—2,6	2,5	8,8	15,7	20,1	23,4	22,3	16,8	11,5	4,9	0,1	10,1
Красногвардейское	—2,0	—1,6	3,4	8,4	15,3	19,6	23,2	22,2	16,9	11,4	4,8	0,9	10,2
Осадки													
Соленое озеро	15	24	14	32	45	33	44	53	44	45	25	23	397
Красногвардейское	27	24	24	27	31	55	46	21	27	26	98	30	436

Сумма осадков по сезонам года	XII—II	III—V	V—VIII	IX—XI
Соленое озеро	62	91	130	114
Красногвардейское	81	82	122	151

Среднегодовое количество осадков колеблется в пределах 350-450 *мм*, распределение их по сезонам года неравномерное и наблюдаются два максимума осадков - летний и осенний. Относительная влажность воздуха высокая, достигает в среднем за год 76-79%.

Однако не на всем протяжении степного Крыма климат сохраняет одинаковые черты.

Южная часть - высокая степь - испытывает большое влияние прилегающих к ней предгорий и морского климата. Сюда опускаются фены, движущиеся с юга, поэтому в зимнее время здесь бывает больше оттепелей. Продолжительность зимнего периода несколько меньше 2,5 месяца. Количество осадков выпадает более 400 *мм*.

Северная часть степного Крыма (низкая степь или Присивашье), наоборот, испытывает большее влияние континентальных степей, примыкающих к Сивашу с севера. Это проявляется в большей продолжительности зимнего периода (более 2,5 мес.) и меньшем количестве осадков (325-375 *мм*).

При агроклиматическом районировании Крыма (1959) Присивашье отнесено к очень засушливому подрайону с умеренно мягкой зимой, а высокая степь Крыма к засушливому подрайону с умеренно мягкой зимой.

По характеру растительности Присивашье относится к типчаково-полынной степи, с узколистыми дерновинными злаками и мелкими полукустарничками. Высокая степь является областью ковыльных степей (Н.А. Троицкий, 1952, М.С. Шалыт, 1939, 1948, Н.Н. Дзенс-Литовская, 1955, Н.М. Чернова, 1954).

По данным почвенно-географических исследований (В.П. Гусев. В.Т. Колесниченко, 1955, 1958, Н.Ф. Севастьянов, 1959, Т.В. Попова, 1957, 1958, Н.Н. Дзенс-Литовская, 1952, 1953, В. Н. Иванов, 1958) почвенный покров степного Крыма имеет следующие особенности.

Низменные побережья Сиваша и Каркинитского залива заняты комплексами солончаков и солончаковых солонцов. Несколько выше они переходят в комплексы солонцов, луговых каштановых сильносолонцеватых почв и лугово-каштановых осолоделых почв западин. На территориях с абсолютными отметками 3-8 *м* эти комплексы сменяются лугово-степными комплексами лугово-каштановых и темно-каштановых солонцеватых почв с солонцами. На более высоких гипсометрических уровнях около 12 *м* они переходят в степные комплексы остаточно-солонцеватых темно-каштановых почв, которые незаметно переходят в остаточно-солонцеватые слабогумусированные южные черноземы, а в высокой степи - в южные слабогумусированные черноземы.

IV. Особенности водного режима почв степного Крыма

Изучение процессов засоления и рассоления возможно лишь при выявлении роли водного и солевого режима в этих процессах, при установлении зависимости между динамикой влажности, солевым режимом и грунтовыми водами.

Необходимость установления взаимосвязи между динамикой солей и влаги диктуется тем, что процессы миграции и аккумуляции солей протекают главным образом в водной среде, и без учета особенностей режима этой среды невозможно правильно объяснить процессы соленакопления и разработать мероприятия по их предупреждению.

Водный режим почв тесно связан с целым рядом внешних факторов, усиливающих или ослабляющих его колебания. К таким факторам относятся атмосферные осадки, грунтовые воды, воды рек, каналов и т. д.; они пополняют запас влаги в почве. Расход ее обусловлен другими факторами: испарением, транспирацией, подземным оттоком.

Вышеуказанные особенности климата степного Крыма (высокая среднегодовая температура воздуха, длительный безморозный период, неглубокое промерзание почв, оттепели в зимний период и т. д.) накладывают особый отпечаток на процессы водного и солевого режимов.

В то время, как в степной зоне Европейской части Союза в зимний период прекращается циркуляция почвенных растворов в большей части почвенного профиля, в Крыму движение их зачастую продолжается и зимой. Вследствие частой смены промерзания и оттаивания почвы, выпадающие атмосферные осадки (около 150-160 *мм* за зимне-весенний период) могут впитываться в почву и увлажнять ее до глубины от 20-50 до 100 *см*, а иногда и глубже. При неглубоком залегании уровня грунтовых вод инфильтрация атмосферных осадков вызывает подъем грунтовых вод. Так, по данным степной гидрогеологической режимной станции (Е. А. Ришес), максимальное повышение уровня грунтовых вод приходится на весенний и отчасти зимний периоды года. Расходование грунтовых вод на испарение, транспирацию и растекание влечет за собой снижение уровня воды, вследствие чего наиболее низкое положение их наблюдается в летний период и в начале осени. Амплитуда колебания уровня грунтовых вод достигает 0,29-1,06 *м*. Эта величина совпадает с данными наших наблюдений (0,2-1 *м*).

Грунтовые воды оказывают большое влияние на водный режим почв. В зависимости от того, находятся ли почвы в состоянии грунтового увлажнения или утратили связь с грунтовыми водами, процесс почвообразования идет в сторону засоления или рассоления.

Запасы влаги тесно связаны с уровнем залегания грунтовых вод. Так, при близких уровнях (150 *см*) запас влаги осенью 1951 г. в толще почвы слоем 0-100 *см* составляет 3683 $м^3/га$, в то время как в другой почве с уровнем грунтовых вод в 800 *см* он равен всего 1895 $м^3/га$. Естественно, и водно-солевой режим этих почв будет различным.

Один из элементов, определяющих режим - расходование влаги, - зависит прежде всего от испарения с самой поверхности почвы. Интенсивность испарения определяется температурой, влажностью воздуха и почвы, силой ветра, густотой стояния растительности, рельефом местности, степенью структурности почвы и уровнем залегания грунтовых вод.

Известно, что испарение усиливается при более близком залегании грунтовых вод, бесструктурности почв, оголенности от растений, высокой температуре и сильном ветре. Наибольшее

испарение наблюдается с водной поверхности, и в степной зоне оно обычно достигает 1000 *мм*. Почвам, не связанным с близким уровнем грунтовых вод, свойственно невысокое испарение, для условий степного Крыма равное примерно 400 *мм*.

Однако, в случае близкого залегания грунтовых вод, величина испарения будет приближаться и даже превышать испарение с водной поверхности и, следовательно, будет иметь место концентрация солей в толще почвы.

Поэтому очень существенно было выявить различия в водном режиме почв, которые определяют характер динамики солей.

Стационарные исследования, проводившиеся в течение 1951-1953 гг., позволили установить, что почвенный покров степного Крыма, в зависимости от глубины залегания грунтовых вод, испытывает на своем протяжении различный водный и солевой режим.

В наименее дренированной части Присивашья, где грунтовые воды залегают на глубине до 1,5 (2) *метров*, почвы испытывают капиллярно-грунтовое увлажнение[2]. С удалением от берегов Сиваша дренированность усиливается, грунтовые воды опускаются с 1,5 (2) до 8 *метров*, капиллярно-грунтовый тип режима влажности сменяется пленочно-капиллярным типом. С дальнейшим удалением от берегов Сиваша на юг и снижением уровня грунтовых вод на большую глубину (ниже 8 *метров*) устанавливается элювиальный тип режима влажности.

Рассмотрим особенности водного режима крымских почв разных типов увлажнения.

Режим влажности почв капиллярно-грунтового увлажнения

Вдоль побережья Сиваша, где грунтовые воды залегают не ниже 150 (200) *см*, расположены почвы, испытывающие капиллярно-грунтовое увлажнение. Примером такой почвы может служить приморский солончак, расположенный на территории совхоза «Молодая Гвардия» (р. 121).

Как показали наблюдения (табл. 4), зимой и ранней весной весь почвенный профиль, начиная от самой поверхности и до уровня грунтовых вод, находится в состоянии капиллярного насыщения. Последнее хорошо иллюстрируется на рисунке 1 по

[2] Терминология типов увлажнения и солевого режима В.А. Ковды.

интервалу между естественной влажностью и максимальной молекулярной влагоемкостью.

Абсолютный запас влаги в метровой толще равен 3389 *м³/га* в 1952 году и 3348 *м³/га* в 1953 году.

С наступлением теплого периода и расходом влаги на испарение уровень грунтовых вод снижается и в верхних горизонтах почвы влажность падает до 9-4%. Поскольку просыхание в таких почвах не идет глубже 10-12 *см*, то нижняя часть профиля находится постоянно в пределах влияния капиллярной каймы, восходящей от грунтовых вод. Запас влаги к концу лета уменьшается до 2866 *м³/га* в 1952 г. и 3085 *м³/га* в 1953 году.

Таблица 4

Динамика влажности почв капиллярно-грунтового увлажнения

Почва	Глубина в *см*	Влажность в процентах					
		1951 г. XI	1952 г. II	1952 г. IV	1952 г. IX	1953 г. IV	1953 г IX
Р. 121	0— 4	25,49	29,69	9,35	17,42	15,97	4,00
Приморский солончак	4— 12	27,48	26,04	21,83	11,49	19,15	9,15
	15— 25	31,09	28,48	28,29	20,98	28,28	25,10
	40— 50	29,72	26,91	26,24	22,22	25,24	24,85
	60— 70	27,53	25,75	27,88	25,01	—	27,64
Грунтовая вода 150 *см* 21/VII 1951 года	110—120	27,28	35,23	28,71	26,15	—	—
Запас влаги в слое 0—100 *см* в *м³/га*		3683	3431	3389	2866	3348	3085

Аналитик А.Д. Ивлев

Если исходить из фактических запасов влаги в почве (поскольку специально балансом влаги автор не занимался) и принять разность между весенним и осенним запасом влаги как известный показатель расхода на испарение и транспирацию, то эта величина составит в 1952 г. 523 *м³/га*, в 1953 году - 263 *м³/га*, а в среднем за два года около 400 *м³/га*.

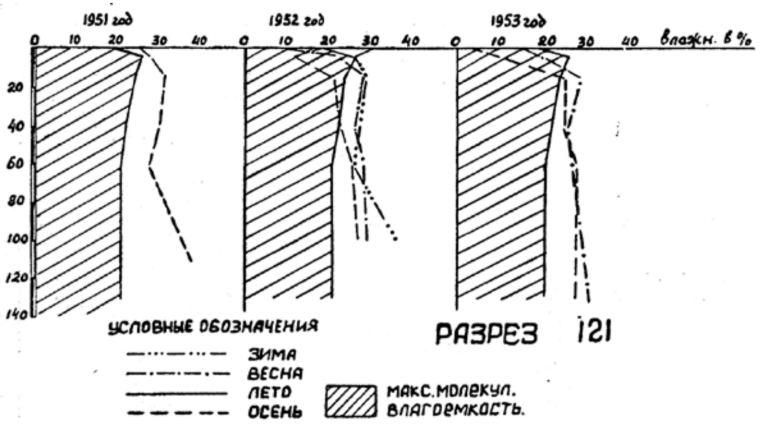


Рис 1. *Динамика влажности приморского солончака. Разрез 121. Капиллярно-грунтовое увлажнение.*

Поскольку за эти периоды уровень грунтовых вод понижался в среднем за два года на 1 *метр*, то при коэффициенте водоотдачи, равном 8%, потеря воды на испарение увеличивается еще на 800 $м^3/га$. Всего за вегетационный период испаряется примерно 400 + 800 = 1200 $м^3/га$.

Этот приближенный расчет показывает, что испарение такого большого количества минерализованной воды обусловливает высокое накопление солей в почвах.

Таким образом, для почв этого типа влажности характерно преобладающее в течение года увлажнение всего профиля почвы капиллярными растворами, поднимающимися снизу от грунтовых вод. Влияние атмосферного увлажнения и соответствующее ему выщелачивание солей проявляется здесь не так значительно, как грунтовое увлажнение.

Режим влажности почв пленочно-капиллярного увлажнения

Режим влажности этих почв определяется воздействием атмосферных осадков сверху и увлажнением снизу за счет притока влаги от грунтовых вод.

Сезонный профиль влажности этих почв (солонец, р. 117; темно-каштановая солонцеватая почва, р. 119) составляется изследующих элементов.

1. Зона элювиального увлажнения и поверхностного испарения. Для нее характерны значительные амплитуды колебания влаги, обусловливаемые выпадением осадков и их испарением.

В период наибольшего просыхания почвы (лето - осень) глубина этой зоны протягивается от поверхности до 55 *см* в солонцах и 85-100 *см* в темно-каштановых почвах (табл. 5). Наибольшая влажность приходится на зимний период, когда она достигает в верхних горизонтах 26-30, а на глубине 40–50 *см* 22-25%.

В летний период и в начале осени, в связи с просыханием, влажность падает в верхних горизонтах до 11 -13%, а иногда и ниже (5%).

Эта часть профиля почвы является зоной динамики капиллярно-подвешенной влаги.

2. Зона внутрипочвенного испарения восходящих пленочно-капиллярных растворов хорошо определяется в летне-осенний сухой период. Она протягивается от 55 *см* в солонцах и от 85-100 *см* в темно-каштановых почвах до 150 *см* и совпадает в солонцах с соленосным подсолонцовым горизонтом остаточного и современного засоления. Влажность почвы изменяется не так резко и в зависимости от сезона года колеблется от 17 до 20% летом, а зимой и весной, когда в этой части профиля происходит смыкание капиллярно-подвешенной и капиллярно-подпертой воды, повышается до 22%. Максимальная молекулярная влагоемкость ее равна 17-19%.

Таблица 5

Динамика влажности почв пленочно-капиллярного грунтового увлажнения

Почва	Глубина в *см*	Влажность в процентах						
		1951 г. VII	1951 г. XI	1952 г. II	1952 г. IV	1952 г. IX	1953 г. IV	1953 г. IX
Р. 117	0— 10	2,67	33,12	32,66	17,99	11,80	19,08	13,05
	20— 30	31,97	26,73	30,34	25,09	21,39	25,36	20,80
Лугово-степной солонец	45— 55	21,34	21,00	22,26	21,03	15,85	23,74	22,20
	60— 70	18,73	19,80	21,40	20,41	17,30	21,23	—
	70— 80	19,75	20,04	21,54	21,02	18,91	21,48	20,30
Грунтовая вода 480 *см* 18.VIII 1951	80— 90	18,84	19,65	22,05	20,73	19,03	21,08	20,20
	160—170	22,01	21,73	22,43	22,51	20,51	22,22	—
	180—190	21,24	21,52	22,90	23,24	19,81	21,48	15,10
	240—250	20,66	21,53	21,39	21,49	20,27	—	—
	280—290	22,29	23,50	24,48	23,16	23,37	—	—
	340—350	23,93	24,65	24,21	24,24	22,14	—	—
	390—400	24,62	25,41	24,18	25,86	25,99	—	—
	440—450	23,92	24,87	25,69	28,94	27,49	—	—
	470—480	30,06	—		—	—	—	—
Р. 119	0— 10	5,53	23,00	30,68	19,07	14,22	20,32	3,19
	25— 35	23,01	22,54	26,42	21,36	20,70	24,24	—
Лугово-степная темно-каштановая солонцеватая почва	37— 47	21,51	22,48	25,42	20,00	16,01	23,67	23,90
	55— 65	17,24	19,94	22,77	16,90	13,29	21,15	20,00
	85 95	19,46	19,74	21,27	21,61	13,45	20,36	19,15
	140—150	21,09	22,34	19,94	22,30	21,30	20,85	22,00
Грунтовая вода 470 *см* 18/VII 1951	190—200	21,46	22,54	20,31	21,98	21,34	20,49	22,40
	240—250	22,81	23,83	23,85	23,35	23,67	—	—
	290—300	20,68	24,34	22,09	23,25	21,67	—	—
	340—350	19,95	23,63	25,07	23,86	22,62	—	—
	390—400	21,64	23,12	25,13	22,22	24,29	—	—
	440—450	26,08	28,51	25,08	27,62	27,69	—	—

Аналитик А.Д. Ивлев.

Влияние атмосферных осадков на эту часть почвенного профиля ослабляется, хотя оно и имеет место, причем оно зависит от степени выраженности солонцеватого горизонта, препятствующего продвижению нисходящего тока влаги вниз. Поэтому в солонцах верхняя зона элювиального увлажнения имеет меньшее распространение вглубь, чем в темно-каштановых почвах, а следующая за ней зона внутрипочвенного испарения начинается выше по профилю.

3. Зона пленочно-капиллярного восходящего увлажнения расположена начиная от 150 *см* вниз до грунтовой воды. Влажность в верхней ее части более постоянна и равна 20-21%, а ниже над грунтовой водой возрастает до 24-26%, при максимальной молекулярной влагоемкости, равной 17-19%.

Для динамики влажности этого типа характерно увлажнение почвенного профиля сверху и медленное нисходящее движение растворов в осенне-зимний период. Вместе с тем увлажнение снизу, вызываемое сезонным подъемом уровня грунтовых вод в периоды ослабления или отсутствия испарения.

Благодаря такому двухстороннему току влаги в осенне-зимний период происходит смыкание нисходящих и восходящих растворов, сброс влаги и небольшой (на 10-20 *см*) подъем уровня грунтовых вод.

Летом идет просыхание почвенного профиля, более резко выраженное в верхней части почвы (до 55-100 *см*). Оно сопровождается отрывом верхних горизонтов от пленочно-капиллярных вод, поднимающихся снизу.

Таким образом, в почве происходит то рассоление, вызываемое атмосферными осадками и движением влаги вниз, то засоление растворами, поднимающимися снизу. Это приводит к накоплению под солонцеватым горизонтом солевых новообразований.

В тех почвах, где солонцеватый горизонт почти не выражен, например, в лугово-каштановой осолоделой почве (р. 139), профиль влажности более простой и состоит из 2-х зон: элювиального увлажнения и пленочно-капиллярного восходящего увлажнения (табл. 6).

Зона элювиального увлажнения простирается до 80-100 *см*. В зимнее время влажность верхних горизонтов достигает 26-28%, а в нижней части снижается до 15-16%. В период лета

здесь происходит более глубокое просыхание, чем в солонцах, охватывающее почву до глубины 80-100 *см*, влажность в этот период снижается до 8-13%.

Зона пленочно-капиллярного восходящего увлажнения расположена с глубины 100 *см* до грунтовой воды (400 *см*). Влажность здесь равна 19-20%, повышается с приближением к грунтовой воде. Западинный рельеф таких почв способствует значительному скоплению влаги на поверхности и усиленному выщелачиванию солей из профиля почвы.

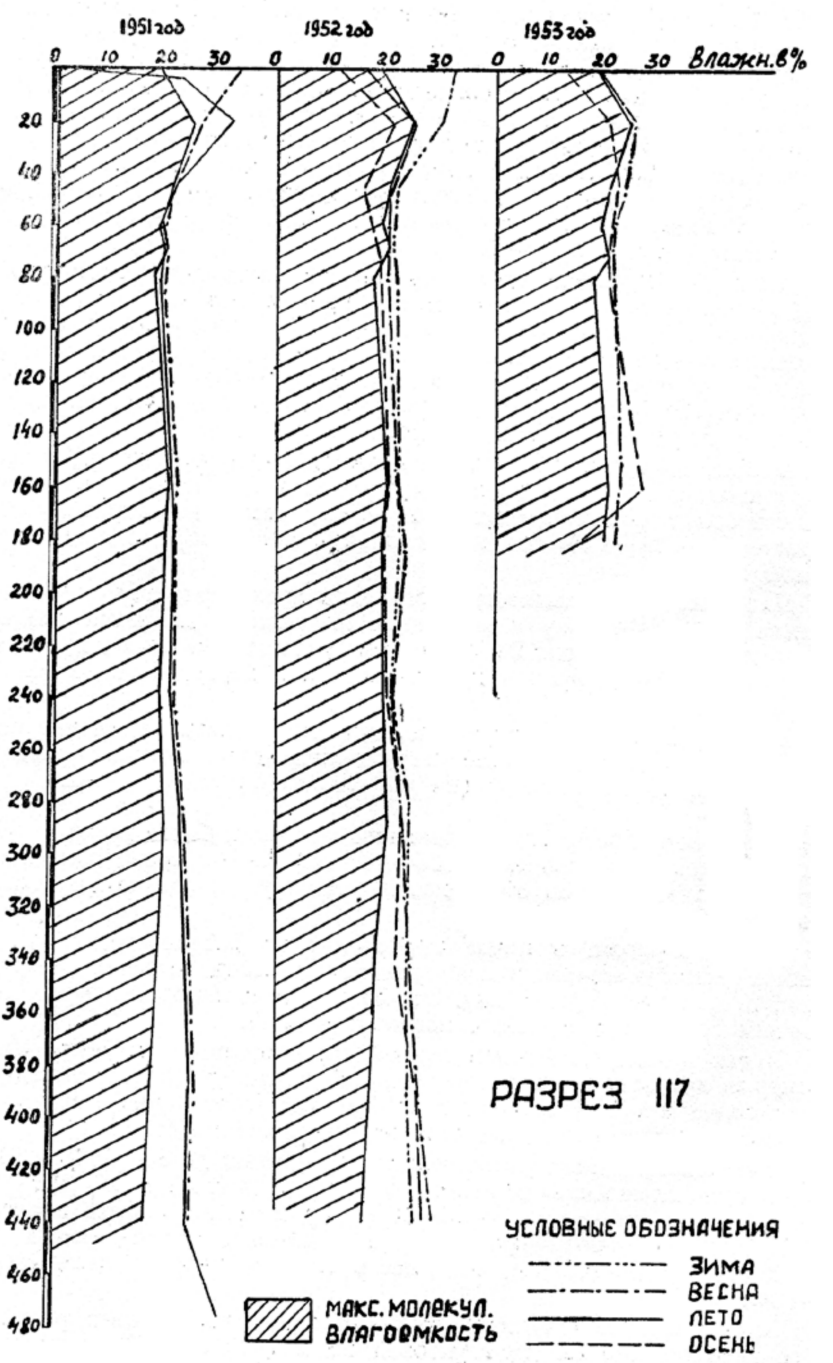


Рис. 2. *Динамика влажности лугово-степного солонца. Разрез 117. Пленочно-капиллярное увлажнение*

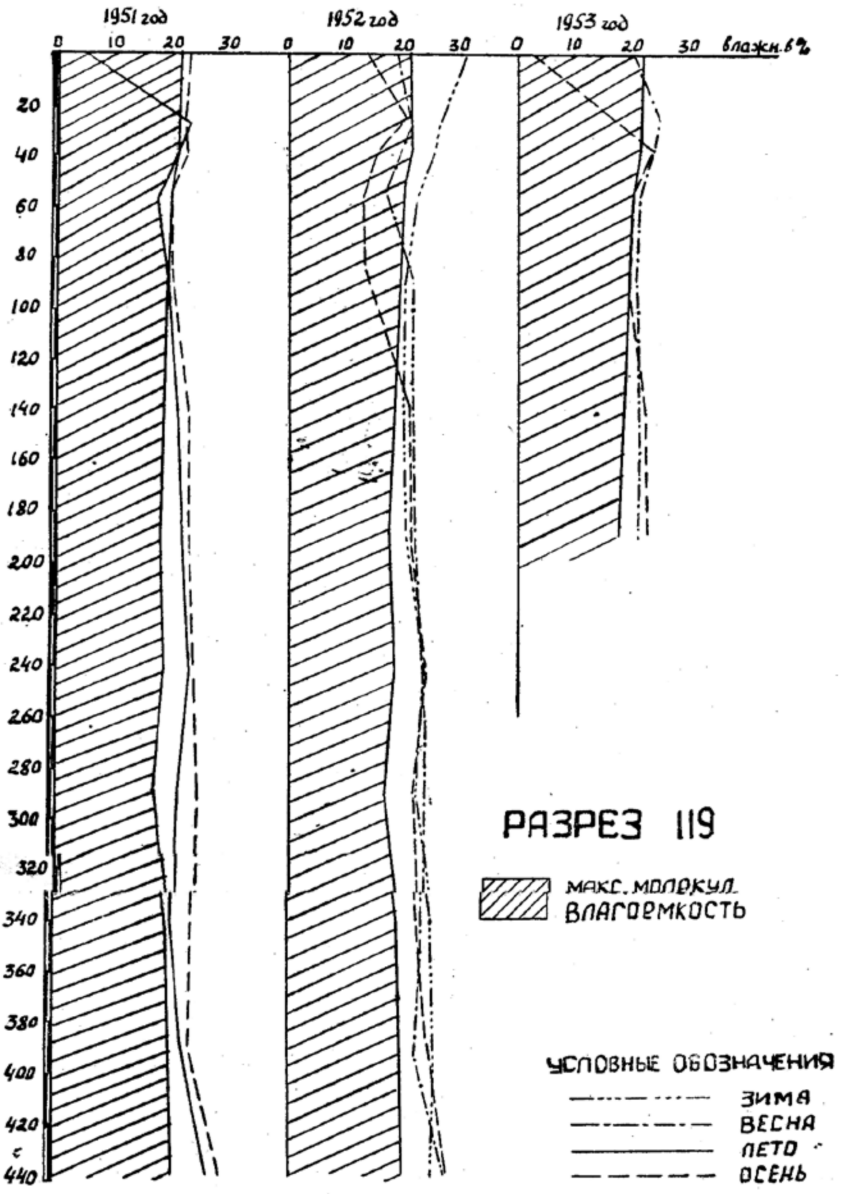


Рис. 3. *Динамика влажности лугово-степной темно-каштановой солонцеватой почвы. Разрез 119. Пленочно-капиллярное увлажнение*

Таблица 6

Динамика влажности почвы

Почва	Глубина в *см*	Влажность в процентах						
		1951 г. VII	1951 г. XI	1952 г. II	1952 г. IV	1952 г. IX	1953 г. IV	1953 г. IX
Р. 139	0 — 6	8,17	21,25	28,17	20,49	8,55	17,31	3,43
	6 — 12	10,55	10,95	26,07	22,75	9,03	20,09	8,93
Лугово-каштановая осолоделая почва	16 — 26	12,79	13,45	24,94	25,08	10,78	22,71	8,60
	32 — 42	13,16	14,41	23,50	24,57	13,01	29,37	12,60
	45 — 55	13,14	14,86	15,32	—	13,58	24,49	12,74
Грунтовая вода 420 *см* 2/VII 1951	58 — 68	12,11	15,51	16,29	24,48	13,91	23,54	12,89
	75 — 85	14,44	19,30	20,65	22,21	15,13	23,73	13,87
	95 —105	19,36	21,22	20,86	20,79	19,59	22,25	19,32
	120—130	23,12	22,79	20,66	20,79	20,90	23,06	21,40
	180—190	20,57	25,29	19,62	20,25	25,59	20,15	18,39
	240—250	19,72	21,43	18,84	19,16	22,75	—	—
	290—300	17,76	17,84	17,78	18,35	19,86	—	—
	340—350	19,74	20,56	22,34	20,41	20,38	—	—
	390—400	27,90	28,00	30,15	28,32	23,20	—	—

Аналитик А. Д. Ивлев.

Режим влажности почв элювиального увлажнения

Элювиальный тип режима влажности характерен для большей части зоны орошения, имеющей уровень грунтовых вод глубже 8 *м*. Профиль влажности таких почв состоит из следующих зон (табл. 7).

Зона элювиального увлажнения и поверхностного испарения располагается сверху до глубины 140-200 *см*. Здесь происходит заметное изменение влажности, обязанное влиянию атмосферных осадков и последующему иссушению.

Наибольшие колебания количества влаги происходят в верхней части этой зоны. В солонцах и сильносолонцеватых почвах, где солонцеватый горизонт препятствует движущемуся вниз току влаги, глубина резкого колебания влаги охватывает верхние 40-45 *см*, в темно-каштановых почвах она увеличивается до 80-100 *см*.

Зона постоянной влажности протягивается от 200-250 до 450 *см*. Здесь на протяжении разных сезонов года сохраняется одна и та же величина - 15-17%. Такое постоянство может быть вызвано прекращением на этой глубине нисходящего движения атмосферных осадков, иссушением корнями растений, отсутствием грунтового подпитывания, и по своему характеру этот горизонт породы возможно отнести к «мертвому» горизонту Высоцкого.

Глубже 450 *см*, до 700-750 *см* протягивается зона пленочно-капилляркого увлажнения. Она характеризуется более высокой величиной влаги (18-22%). Ниже она сменяется зоной капиллярно-

грунтового увлажнения, простирающейся вплоть до уровня грунтовой воды. Влажность ее достигает 20-24%.

В зависимости от глубины залегания грунтовых вод, находящихся в степных почвогрунтах от 8 до 70 *метров* и глубже, глубины распространения зон могут изменяться, но общий характер смены их сохраняется.

Таким образом, для этого типа увлажнения свойственно отсутствие непосредственного влияния капиллярно-грунтового увлажнения на почвенный профиль, наличие зоны с пониженной влажностью, которая как бы изолирует выше- и нижележащие горизонты, капиллярно-подвешенный характер влаги в верхних горизонтах, медленное нисходящее движение этой влаги. Все эти факторы действуют на почвенный профиль в направлении выноса легкорастворимых соединений из почвы и рассоления.

Таблица 7

Динамика влажности почв элювиального увлажнения

(Разрезы 128, 129)

Почва	Глубина в *см*	Влажность в процентах					
		1951 г VII	1951 г. XI	1952 г. IV	1952 г. IX	1953 г. IV	1953 г. IX
Р. 128	0 — 10	4,80	19,37	21,64	6,52	14,25	6,26
	18 — 30	13,95	15,38	27,82	10,72	23,49	15,95
Степной солонец	30 — 44	11,26	15,42	22,46	12,14	24,85	17,99
	44 — 55	12,92	13,38	14,28	12,40	23,84	16,92
Грунтовая вода 10,6 *м* 26/VII 1951	65 — 75	12,79	12,90	13,82	15,75	19,74	14,40
	105 — 115	13,55	13,41	15,17	14,86	16,49	16,50
	190 — 200	15,76	17,41	16,53	16,52	16,91	13,82
	240 — 250	15,86	16,53	17,38	15,98		
	290 — 300	14,98	15,66	15,79	14,92		
	340 — 350	14,75	15,64	16,11	15,00		
	390 — 400	15,39	15,60	16,50	15,77		
	440 — 450	15,04	17,82	17,26	17,00		
	490 — 500	16,72	19,57	18,16	17,90		
	540 — 550	17,01	19,12	18,68	17,10		
	590 — 600	18,38	19,97	—	19,54		
	640 — 650	18,38	19,90	20,79	21,05		
	690 — 700	21,52	21,72	22,43	20,12		
	740 — 750	19,38	22,11	21,17	21,35		
	790 — 800	21,71	24,70	24,00	24,74		
	840 — 850	30,88	24,52	24,19	23,73		
	890 — 900	23,22	23,32	24,17	22,56		
	940 — 950	27,13	25,75	23,75	23,43		
	990 —1000	23,33	23,13	23,73	22,74		
	1040 —1050	22,26	23,26	22,79	25,08		
	1090 —1100	22,17	—	23,65	—		
Р. 129	0 — 10	9,80	10,17	23,29	16,48	16,39	3,80
	15 — 25	12,72	15,06	23,79	15,19	22,10	17,40
Темно-каштановая слабо-солонцеватая почва	30 — 40	13,56	14,37	23,63	16,63	23,06	21,40
	43 — 54	13,17	12,26	22,47	—	22,98	17,45
	60 — 70	12,23	11,92	14,01	14,94	21,29	13,58
Грунтовая вода 10,8 *м* 26/VII 1951	115 — 125	12,80	12,87	14,18	13,49	20,81	17,59
	170 — 180	12,00	13,24	13,90	13,10	15,07	17,40
	210 — 220	15,23	16,69	15,14	12,89	13,97	17,05
	290 — 300	15,74	16,45	15,42	13,12		
	340 — 350	15,76	16,58	16,04	13,86		
	390 — 400	15,86	19,19	18,99	17,56		
	440 — 450	15,95	20,36	19,23	18,68		
	490 — 500	19,48	20,39	18,98	18,51		
	540 — 550	—	21,60	18,76	18,67		
	590 — 600	19,81	20,46	18,91	18,44		
	640 — 650	19,36	20,26	19,58	19,99		
	690 — 700	19,63	20,09	20,10	20,64		
	750 — 760	20,61	21,40	21,79	22,35		
	790 — 800	21,39	22,68	22,94	22,83		
	840 — 850	21,85	23,97	21,29	21,16		
	890 — 900	22,09	25,34	23,42	23,94		
	940 — 950	25,18	27,99	25,26	25,42		
	990 —1000	25,49	24,19	24,88	25,89		
	1040 —1050	21,96	24 55	26,71	23,90		
	1070 —1080	27,66	—	—	—		

Аналитик А. Д. Ивлев.

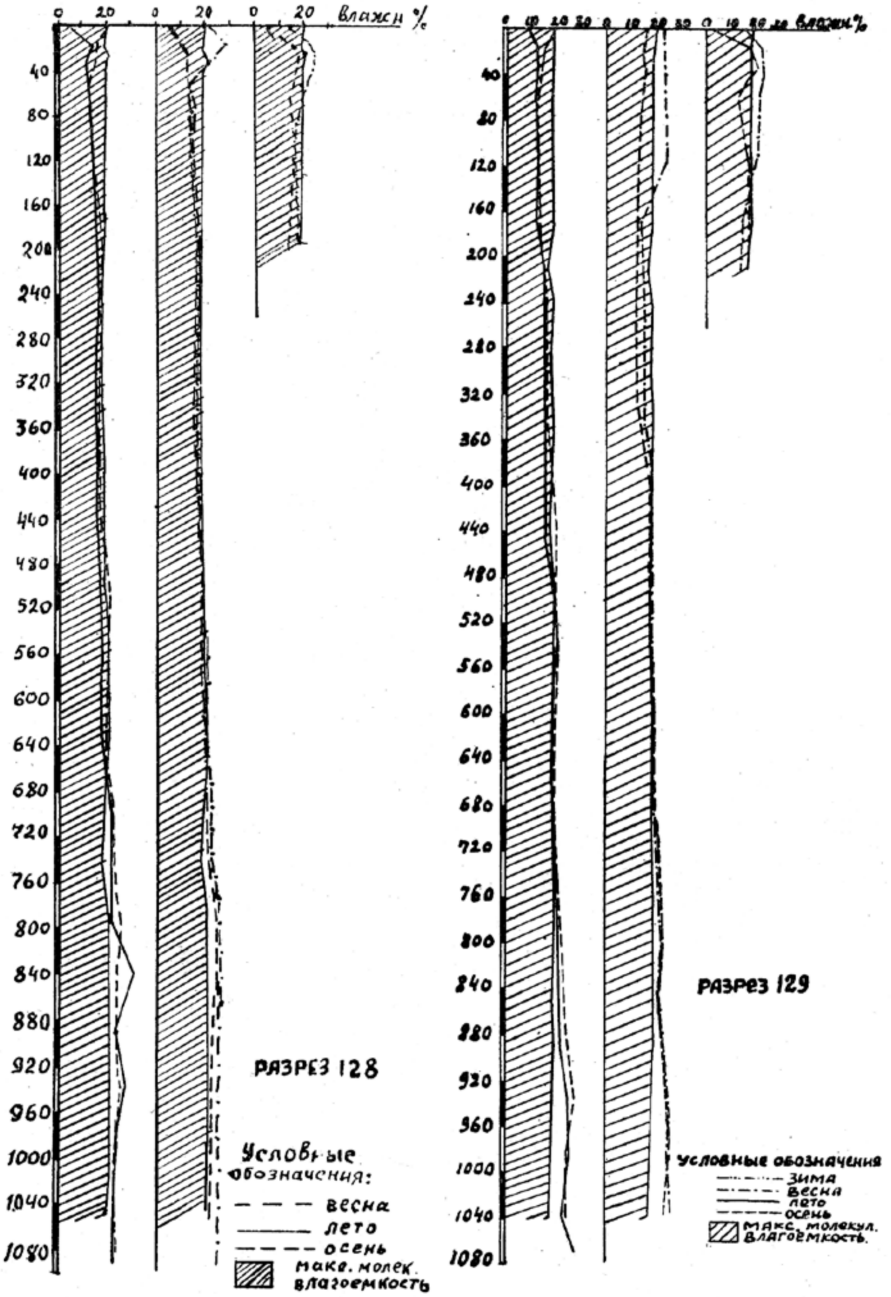


Рис. 4. *Динамика влажности степного солонца. Разрез 128. Элювиальное увлажнение.*

Рис. 5 *Динамика влажности темно-каштановой слабосолонцеватой почвы. Разрез 129. Элювиальное увлажнение.*

Таким образом, нами установлено, что в степном Крыму в зависимости от уровня залегания грунтовых вод создается различный водный режим: капиллярно-грунтового, пленочно-капиллярного грунтового и элювиального увлажнения. Это различие водного режима определяет целый ряд особенностей процесса засоления-рассоления почв, учет которых необходим при организации орошаемого земледелия.

V. Современные процессы соленакопления в почвах степного Крыма

Процессы передвижения и накопления солей в почвах определяются характером водного режима. Современным водным режимом хорошо объясняется засоление почв самых низких прибрежных территорий и рассоление высоких. Однако засоление реликтовое современным водным режимом объяснить нельзя, для этого необходимо знать палео-гидрогеологическую обстановку древнего периода.

Известно, что на протяжении четвертичного периода область Причерноморья испытывала неоднократные эпейрогенические движения положительного и отрицательного знаков. В периоды оледенения Русской платформы в области Причерноморья происходили поднятия материка, сопровождавшиеся регрессией моря, а одновременно с этим увеличивался приток пресных вод и снижалось испарение, вследствие чего морской бассейн опреснялся (Н.А. Андрусов, 1929, А.Д. Архангельский и Н.М. Страхов, 1932). Гидрографическая сеть была многочисленной и деятельность ее в этот период усиливалась (П.И. Луцкий, 1929).

Надо полагать, что в этот период зона Присивашья являлась зоной транзита солей, а не аккумуляции, и водно-солевой режим был направлен в сторону рассоления.

Наоборот, в межледниковые эпохи, когда происходило опускание суши, и морской бассейн трансгрессивно надвигался, деятельность гидрографической сети ослабевала, а вместе с тем ослаблялся транзит солей и усиливалась их аккумуляция. Это могло способствовать усилению процессов соленакопления в межледниковые периоды. Следы подобных изменений обнаруживаются в солевом составе континентальных лессовидных глин, где гипс распределен ярусами по всей их толще.

В связи с тем, что засоленность глин и особенно ярусность залегания гипса является следствием различного стояния уровня грунтовых вод в разные геологические эпохи мы попыта-

лись определить границу такого влияния с точки зрения ближайшего к нам периода - новочетвертичной эпохи (А.В. Новикова, 1959). Для этого использовали карту четвертичных отложений, составленную Южной гидрогеологической экспедицией.

Граница распространения лагунно-морских отложений принята условно за береговую линию Сивашской палеолагуны. Полагая, что для накопления толщи лагунно-морских осадков слоем в 15-20 *м* должен был существовать постоянный слой воды около 1 *м* (как это имеет место в настоящий период), а также учитывая, что высота капиллярного увлажнения не превышает 3 *м*, мы выделили область максимального подпора грунтовыми водами, в которой почвы испытывали капиллярно-грунтовое увлажнение, отступив от лагунно-морских отложений на 4 *м*, до абсолютных отметок 6 *м*.

На 6-8 *метров* выше этой первой зоны была выделена вторая зона более ослабленного подпора, с пленочно-капиллярным грунтовым увлажнением почв. Южная граница ее проходила по абсолютной отметке около 13-15 *м*. Более высокая территория Присивашья в этот период не испытывала влияния грунтовых вод на почвы, здесь устанавливался элювиальный тип водного режима почв.

Эта попытка восстановить палеогидрогеологическую обстановку в конце новочетвертичной и начале современной эпохи, однако, не может объяснить наличия засоления пород и почв территорий, залегающих выше 15 *м*. Как было автором ранее отмечено (1959), по-видимому, нужно было бы иметь дополнительные данные о распространении сред-нечетвертичных отложений. Известно, что в среднечетвертичную эпоху произошло более сильное опускание суши, чем в рассматриваемую новочетвертичную эпоху. Видимо, береговая линия палеолагуны простиралась в среднечетвертичное время дальше на юг, и зона подпора грунтовых вод и былого засоления почв охватывала значительно большую территорию степного Крыма. Вопрос о южной границе подпора грунтовыми водами нуждается в дальнейшем разрешении.

Исходя из представлений о значительно большем распространении процессов засоления в отдаленные эпохи четвертичного периода (среднечетвертичная, конец новочетвертичной эпохи), а также учитывая фактический материал по водно-солевому режиму и солевому составу почв, автор считает возможным выделить следующие области почв по стадиям соленакопления и районы по интенсивности процессов засоления-рассоления:

1. Область почв современного засоления (гидроморфные почвы).

а) Район почв интенсивного засоления.

б) Район почв ослабленного засоления с слабо выраженным рассолением.

2. Область современного рассоления почв с остаточным современным ослабленным засолением (гидроморфные и полугидроморфные почвы).

а) Район начального рассоления почв.

б) Район хорошо выраженного рассоления почв.

3. Область современного рассоления почв (автоморфные почвы).

а) Район глубокого рассоления почв с остаточным засолением и солонцеватостью.

б) Район глубокого современного и древнего рассоления почв.

4. Область почв современного опреснения, не испытавших засоления в древний период (автоморфные и гидроморфные почвы).

а) Район опреснения почв на плотных породах (Тарханкутского плато).

б) Район опреснения почв на рыхлых (аллювиальных и др.) отложениях.

В последующем изложении автор пользуется терминологией почв, принятой при составлении почвенной карты зоны орошения степного Крыма, составленной под редакцией В.П. Гусева. Как уже было сказано, на карте выделены луговые комплексы с грунтовыми водами не глубже 3-х *метров*, лугово-степные с залеганием грунтовых вод от 3 до 8 *м* и степные с грунтовыми водами глубже 8 *м*.

По глубине залегания солевого горизонта было принято следующее подразделение. При залегании солевого горизонта на глубине: 0-5 *см* - солончаки, 5-30 *см* - солончаковые почвы, 30-70 *см* - солончаковатые, 70-100 *см* глубокосолончаковатые, 100-150 *см* глубокозасоленные, 150-200 *см* очень глубоко засоленные, глубже 200 *см* не засоленные.

1. Область почв современного засоления (гидроморфные почвы)

а) Район почв интенсивного засоления

Солевой режим - сезонно-необратимого засоления.

Приморский солончак

Развитие почв современного соленакопления приурочено непосредственно к береговому поясу Сиваша и Каркинитского залива и связано в основном с испарением сильноминерализованных грунтовых вод сульфатно-хлоридного засоления. Почвы эти обычно приурочены к усыхающим заливам Сиваша, («засухам»), прибрежным низменным территориям, морским террасам.

Грунтовые воды под ними максимально минерализованы и зачастую относятся к классу рассолов.

Наиболее типичными представителями .таких почв являются солончаки приморские, формирующиеся по днищам заливов Сиваша, на морской террасе Каркинитского залива и др. прибрежных территориях. Растительность на таких солончаках или отсутствует (корковые солончаки) или представлена солянками: саликорнией, сведой и др.

Примером приморского (коркового) солончака является разрез 121, заложенный в восточном Присивашье на землепользовании совхоза «Молодая гвардия», в 1 *км* на северо-запад от хут. Амур.

Вскипание от соляной кислоты обнаруживается с глубины 32 *см*, сульфаты - с 15 *см*, хлориды с поверхности в солевой корке и по всему профилю.

She 0-4 *см* Тонкая корочка солей, ниже темно-бурый, слоистый, рыхлый, тяжелосуглинистый, не вскипает, переход постепенный.

Jhs 4-13 *см* Коричневато-бурый, ясно-зернистый, влажный, тяжелосуглинистый, пылеватый, рыхлый, переход постепенный.

ihs 13-33 *см* Темно-бурый, зернистокомковатый, легкосуглинистый, пылеватый, влажный, пестрый от тонких прожилок солей хлоридов и сульфатов, переход ясный.

ipks 34-57 *см* Светло-бурый, неоднородный от прожилок сульфатов и ходов землероев, комковатый, сырой.

Pqlks 58-120 *см* Желто-бурый с прожилками сульфатов, которые становятся здесь более толстыми; мокрый, со 120 *см* появляется грунтовая вода.

Грунтовые воды в наиболее сухой период года залегают на глубине 140-150 *см* и содержат 34 *г/л* солей хлоридно-натриевого-магниевого типа.

Как показывают данные анализа (табл. 8), в верхних горизонтах почвы содержится заметное количество (до 2%) гумуса.

Хорошая морфологическая выраженность комковато-зернистой структуры на некоторой глубине от поверхности почвы и повышенное для солончака содержание гумуса свидетельствует о том, что почва ранее прошла дерновую стадию почвообразования. Вместе с тем, почвенный профиль несет следы былого осолонцевания, о чем можно судить по данным механического анализа, в частности по возрастанию илистой фракции на глубине 15-25 *см* с 18,67 до 52,60%.

Таблица 8

Данные содержания гумуса (по Тюрину), карбонатов и механического анализа методом «пипетки» (в % от сухого веса почвы) в приморском солончаке

(Разрез 121)

Глубина в *см*	Гумус по Тюрину	$CaCO_3$	Потеря от обработки 0,05-н. HCl	Фракции в *мм*						
				1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	Сумма <0,01
0— 4	2,04	Следы	1,42	0,66	7,10	55,50	5,51	12,56	18,67	36,74
4—12	1,97	»	1,07	0,21	7,26	33,10	4,62	8,98	45,83	59,43
15—25	1,51	»	4,19	0,09	—	33,87	5,06	8,38	52,60	66,04
60—70	0,45	11,74	17,69	0,11	0,47	34,40	10,04	15,31	39,67	65,02

Аналитик В. А. Хасапова.

В солевом профиле солончака в летне-осенний период 1951 года наблюдалось два максимума солей: на поверхности 3,3% и на глубине 15-25 *см* - 3,7%; ниже по профилю количество их несколько уменьшалось - до 2,8% (таблица 9, рис. 6).

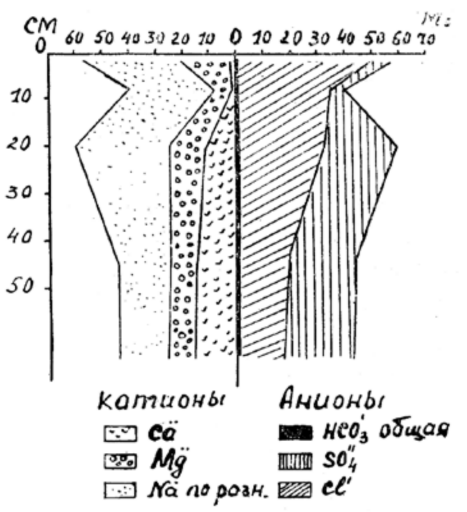


Рис. 6. *Солевой профиль приморского солончака. Разрез 121. Совхоз «Молодая гвардия» Азовского района*

Подсчет вероятного состава солей в солончаке показывает, что в верхней части профиля, до 25 *см*, основное место в составе солей принадлежит NaCl - 53-65% и $MgCl_2$-17,9%.С глубины 40 *см* резко возрастает сульфатность за счет хлоридности, преобладает гипс $CaSo_4$-33% и $MgSO_4$-23%.

Солевой состав в почве претерпевает большие изменения в зависимости от сезонов года. Вы-

павшие в зимне-весенний период атмосферные осадки в количестве 132 *мм* (данные станции Нижнегорск) растворили часть солей и промыли их вглубь почвы. Вместе с тем они пополнили запас грунтовых вод, вызвав подъем их уровня на 80 *см* (в 1952-1953 гг. на 1 *м*). Максимальный подъем уровня наблюдался в марте, когда грунтовые воды находились на глубине 45 *см*, в апреле начался спад и они снизились до 92 *см*.

Таблица 9

Данные анализа водных вытяжек из образцов приморского солончака
(Разрез 121. 18.VII 1951 года)

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Щелочность: От норм. карбонатов, проц.	Щелочность: От норм. карбонатов, *мг-экв.*	Щелочность: Общая в HCO_3', проц	Щелочность: Общая в HCO_3', *мг-экв.*	Cl', проц.	Cl', *мг-экв.*	SO_4'', проц.	SO_4'', *мг-экв.*	$Ca^{\cdot\cdot}$, проц.	$Ca^{\cdot\cdot}$, *мг-экв.*	$Mg^{\cdot\cdot}$, проц.	$Mg^{\cdot\cdot}$, *мг-экв.*	$Na^{\cdot}$ по разн., проц.	$Na^{\cdot}$ по разн., *мг-экв.*
0— 4	3,380	нет	нет	0,032	0,52	1,735	48,87	0,378	7,87	0,039	1,95	0,224	18,67	0,843	36,64
4—12	2,530	.	.	0,049	0,80	1,229	34,14	0,300	6,25	0,022	1,10	0,091	7,58	0,723	31,51
15—25	3,793	.	.	0,030	0,49	1,192	33,11	1,249	26,02	0,229	11,45	0,171	14,25	0,780	33,92
40—50	2,890	.	.	0,034	0,56	0,659	18,31	1,214	25,29	0,295	14,75	0,125	10,42	0,438	18,99
60—70	2,835	.	.	0,026	0,42	0,589	16,36	1,270	26,46	0,318	15,90	0,128	10,67	0,383	16,67
Грунтовая вода 120 *см* в *г/л*	32,981	.	.	0,298	4,88	17,104	475,11	4,304	86,67	1,327	66,35	1,781	148,41	8,163	334,90

Вероятный состав солей в приморском солончаке (в процентах)

Глубина в *см*	NaCl	Na_2SO_4	$NaHCO_3$	$MgCl_2$	$MgSO_4$	$Mg(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	$CaCl_2$	$CaCO_3$	$Ca(HCO_3)_2$
0— 4	65,90	—	—	17,91	11,89	—	3,01	—	—	1,29
15—25	53,57	1,57	—	—	23,43	—	20,35	—	—	1,08
40—50	39,93	1,78	—	—	23,61	—	33,01	—	—	1,67
Грунтовая вода	63,95	—	—	17,27	5,09	—	13,61			

Аналитик Е. А. Архонтова.

В весеннем профиле почвы содержание солей в верхнем горизонте упало с 3,2 до 0,3%, на глубине 4-12 *см* с 2,4 до 0,99%. Максимум солей по плотному остатку оказался смещенным с поверхности на глубину 40 *см*. В составе солей произошли следующие изменения (табл. 11).

Резко уменьшилось содержание хлоридов по всему профилю, особенно в верхней части с передвижением максимума иона хлора на глубину 40 *см*. Роль сульфатов в верхней части профиля в целом относительно усилилась при некотором количественном снижении. Из катионов наиболее резкой миграции вниз подвергся натрий и отчасти магний.

Таблица 10

Осадки (в мм*) за период 1951-1953 гг. по ст. Нижнегорск*

Сроки	20.VII—20.XI 1951	20.XI—20.XII 1952	20.II—20 IV 1952	20.IV—1.XI 1952	1.IX—1.IV 1953	1.IV—1.IX 1953
Фактически по сезонам	106	97	35	248	213	217
Среднемноголетние	181	183	64	249	257	262

В весеннем составе грунтовых вод наметилось опреснение с 33 *г/л* до 29 *г/л*, при слабом уменьшении хлоридов натрия и магния и увеличении сульфатов кальция.

С наступлением высоких температур и расходом грунтовых вод на испарение начинается миграция солей вверх по капиллярам почвы и аккумуляция их в верхних горизонтах, где происходит выпадение солей в твердую фазу. К началу осени 1952 г. уровень грунтовых вод снижается на глубину 145 *см*. В почве резко возрастает содержание солей как в верхнем горизонте, так и по всему профилю, максимум устанавливается на глубине 15-25 *см* (табл. 12).

Процесс сезонного рассоления с последующим соленакоплением в почвах прослеживался и в 1953 г. (табл. 13 и 14).

В зависимости от особенностей элементов погоды в тот или иной год (количества осадков, температуры, ветра и т. д.) интенсивность засоления может значительно колебаться. Особенно это заметно по содержанию солей в верхнем горизонте, испыты-

вающем непосредственное и более сильное влияние атмосферных агентов, чем нижележащие горизонты. В 1951 г. в поверхностном горизонте 0-4 *см* содержалось более 3% солей. Зимне-весенними осадками они были выщелочены и в этом горизонте сохранилось 0,3%. За период сравнительно влажного лета 1952 г., отличавшегося от 1951 и 1953 гг. большим количеством осадков (272 *мм*), в верхнем горизонте к концу лета сконцентрировалось всего 0,7% солей. В 1953 г., когда за такой же период выпало меньше осадков (238 *мм*) и, следовательно, выщелачивание было более слабым, аккумуляция солей возросла до 2,4%.

Однако даже при различной интенсивности соленакопления в почвах преобладало сезонное засоление над рассолением. Коэффициент сезонной аккумуляции солей (отношение осеннего содержания к весеннему достигает больших величин. Так, для горизонта 0-4 *см* коэффициент САС составляет по хлору 20, по плотному остатку 9, по SO_4" 6 (данные 1953 г.). Порядок величин 6-20 указывает на сезонно-необратимый характер засоления (В. А. Ковда, 1946).

Если сопоставить состав солей почвы (горизонт относительно постоянного соленакопления 40-50 *см*) с составом солей в грунтовой воде, то обнаруживается дифференциация солей между ними. В почве на глубине 40-50 *см* происходит накопление $CaSO_4$, $MgSO_4$, Na_2SO_4, в то время в грунтовой воде - NaCl и $MgCl_2$. Следовательно, в солончаках идет процесс сезонного засоления, который сопровождается накоплением более трудно-растворимых соединений в профиле почвы и легкорастворимых солей в грунтовых водах.

Сезонная динамика солей в солончаках выражена очень резко, особенно хлоридов, запас которых достигает 80 *т/га* осенью и падает до 40-60 *т/га* весной.

Запас солей в метровой толще солончака равен 389,4 *т/га*, в двухметровом слое - 545 *т/га* (лето 1951 г.).

Среди солончаков приморских встречаются разновидности, в которых хорошо выражен солонцовый профиль. Такие солончаки Д.Г. Виленский называл реградированными или осолончакованными почвами (1924). Примером такого солонца - солончака хлоридного типа засоления может служить разрез 147-а, описанный вместе с В. А. Ковда в 1952 году.

Таблица 11

Данные анализа водных вытяжек из образцов приморского солончака. Разрез 121 (18. IV 1952 г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Водно-раствор. гумус в %	Щелочность: Нормальн. карбонатов, проц.	Щелочность: Нормальн. карбонатов, *мг-экв.*	Щелочность: Общая в HCO_3', проц.	Щелочность: Общая в HCO_3', *мг-экв*	Cl', проц.	Cl', *мг-экв.*	SO_4'', проц.	SO_4'', *мг-экв*	$Ca^{\cdot\cdot}$, проц.	$Ca^{\cdot\cdot}$, *мг-экв.*	$Mg^{\cdot\cdot}$, проц.	$Mg^{\cdot\cdot}$, *мг-экв.*	$Na^{\cdot}$ по разн., проц.	$Na^{\cdot}$ по разн., *мг-экв.*
0 — 4	0,330	0,010	нет	нет	0,03	0,49	0,111	3,17	0,098	2,04	0,005	0,25	0,008	0,68	0,109	4,77
4 — 12	0,993	0,010	„	„	0,023	0,38	0,425	12,14	0,141	2,93	0,082	4,10	0,065	5,42	0,136	5,93
15 — 25	1,756	0,002	„	„	0,015	0,24	0,384	10,97	0,770	16,04	0,172	8,64	0,051	4,28	0,339	14,33
40 — 50	2,386	0,002	„	„	0,013	0,21	0,790	22,57	...	...	—	—	—	—	—	—
110 —120	1,125	—	„	„	0,030	0,49	0,354	10,11	0,377	7,85						
Грунтовая вода в *г/л* с 92 *см*	29,0	—	„	„	0,324	5,30	14,413	400,36	4,356	90,76	1,456	72,80	1,425	118,73	7,020	304,89

Таблица 12

Данные анализа водной вытяжки из образцов приморского солончака. Разрез 121 (2. IX 1952г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Водно-раствор. гумус в %	Щелочность: Нормальн. карбонатов, проц.	Щелочность: Нормальн. карбонатов, *мг-экв.*	Щелочность: Общая в HCO_3', проц.	Щелочность: Общая в HCO_3', *мг-экв*	Cl', проц.	Cl', *мг-экв.*	SO_4'', проц.	SO_4'', *мг-экв.*	$Ca^{\cdot\cdot}$, проц.	$Ca^{\cdot\cdot}$, *мг-экв.*	$Mg^{\cdot\cdot}$, проц.	$Mg^{\cdot\cdot}$, *мг-экв.*	$Na^{\cdot}$ по разн., проц.	$Na^{\cdot}$ по разн., *мг-экв.*
0 — 4	0,740	0,013	нет	нет	0,036	0,59	0,30	8,51	0,106	2,21	0,021	1,50	0,028	2,33	0,172	7,48
4 — 12	—	0,014	„	„	0,024	0,39	0,655	18,71	1,053	21,93	—	—	—	—	—	—
15 — 25	3,775	0,014	„	„	0,025	0,41	1,070	30,57	1,222	25,46	0,235	11,74	0,120	10,00	0,798	34,70
40 — 50	2,043	0,007	„	„	0,035	0,57	0,199	5,68	0,727	15,14	0,127	6,35	0,070	5,83	0,212	9,21
60 — 70	2,259	0,006	„	„	0,031	0,51	0,424	12,11	1,005	21,13	—	—	—	—	—	—
130 —140	1,239	0,008	„	„	0,044	0,72	0,132	3,77	0,662	13,79	—	—	—	—	—	—
Грунтовая вода в *г/л* с 145 *см*	31,70	—	„	„	0,415	6,80	13,584	386,40	4,607	95,97	1,889	94,45	1,301	108,41	6,585	286,31

Аналитик Е. А. Архонтова.

Таблица 13

Данные анализа водной вытяжки из образцов приморского солончака. Разрез 121 (3.IV. 1953 г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Водорастворимый гумус в %	Щелочность: Нормальн. карбонатов, проц.	Щелочность: Нормальн. карбонатов, *мг-экв.*	Щелочность: Общая в HCO_3', проц.	Щелочность: Общая в HCO_3', *мг-экв.*	Cl′, проц.	Cl′, *мг-экв.*	SO_4'', проц.	SO_4'', *мг-экв.*
0— 4	0,260	0,018	нет	нет	0,056	0,91	0,048	1,37	следы	следы
4— 12	0,475	0,022	„	„	0,047	0,77	0,122	3,48	„	„
15— 25	3,231	0,013	„	„	0,017	0,27	0,785	22,42	1,157	24,10
40— 50	2,834	0,007	„	„	0,025	0,41	1,261	36,02	—	—
60— 70	—	0,006	„	„	0,020	0,32	0,762	21,77	1,230	25,62
130—140	1,221	0,006	„	„	0,030	0,49	0,373	9,80	0,349	7,27

Аналитик Е. А. Архонтова

Таблица 14

Данные анализа водной вытяжки из образцов приморского солончака. Разрез 121 (4.IX. 1953 г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Щелочность: Нормальн. карбонатов, проц.	Щелочность: Нормальн. карбонатов, *мг-экв.*	Щелочность: Общая в HCO_3', проц.	Щелочность: Общая в HCO_3', *мг-экв.*	Cl′, проц.	Cl′, *мг-экв.*	SO''_4, проц.	SO''_4, *мг-экв.*	Коэфф. САС: По плотному остатку	По Cl′	По SO_4
0 — 4	2,446	нет		0,031	0,51	0,975	27,86	0,328	6,83	9,40	20,30	—
4 — 12	1,166	„		0,021	0,34	0,465	13,28	0,226	4,71	2,46	3,80	—
15 — 25	3,579	„		0,017	0,28	0,853	27,23	1,16	24,10	1,10	1,20	1,0
40 — 50	3,458	„		0,022	0,36	0,742	21,20	1,42	29,50	1,22	0,59	—
60 — 70	2,750	„		0,022	0,36	0,407	11,62	1,312	27,33	0,87	0,54	0,94
130 —140	1,910	„		0,034	0,35	0,290	8,28	0,407	8,48	1,57	0,85	1,2
Грунтовая вода в *г/л* H=145 *см*	34,12	„		0,371	6,08	13,698	391,31	4,652	96,91	—	—	—

Аналитик Е. А. Архонтова.

Таблица 15

Данные анализа водных вытяжек из образцов солонца - солончака. Разрез 147а.

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Водорастворимый гумус	Щелочность: Нормальных карбонатов, проц.	Щелочность: Нормальных карбонатов, *мг/экв.*	Щелочность: Общая в HCO_3', проц.	Щелочность: Общая в HCO_3', *мг-экв.*	Cl', проц.	Cl', *мг-экв.*	SO_4'', проц.	SO_4'', *мг-экв.*	$Ca^{\cdot\cdot}$, проц.	$Ca^{\cdot\cdot}$, *мг-экв.*	$Mg^{\cdot\cdot}$, проц.	$Mg^{\cdot\cdot}$, *мг-экв.*	$Na^{\cdot}$ по разн., проц.	$Na^{\cdot}$ по разн., *мг-экв.*
0—5	0,802	0,014	нет	нет	0,034	0,56	0,412	11,77	0,053	1,10	0,014	0,70	0,014	1,16	0,266	11,57
5—17	1,485	0,017	.	.	0,034	0,56	0,715	20,42	0,105	2,19	0,028	1,40	0,034	2,83	0,435	18,94
17—30	3,756	0,017	.	.	0,032	0,52	1,709	48,82	0,196	4,08	0,062	3,01	0,040	3,33	1,083	47,08
30—50	4,206	0,011	.	.	0,020	0,33	1,262	36,00	1,148	23,91	0,399	19,95	0,088	7,33	0,758	32,96
50—80	2,860	0,008	.	.	0,024	0,39	0,634	18,11	0,959	19,97	0,348	17,40	0,089	7,41	0,314	13,66
80—110	3,143	0,008	.	.	0,022	0,36	0,852	24,34	0,889	18,52	0,309	15,45	0,030	2,50	0,581	25,27
110—125	3,724	0,007	.	.	0,023	0,37	0,916	26,17	0,983	20,47	0,403	20,15	0,103	8,58	0,420	18,28
125—140	4,579	0,009	.	.	0,024	0,39	1,407	40,20	1,093	22,77	0,433	21,65	0,157	13,08	0,658	28,63
Грунтовая вода с глубины 125 *см* в *г/л*	140,87	—	.	.	0,195	0,19	65,00	1857,3	3,095	64,47	3,679	168,95	4,510	225,49	35,19	1530,57

Аналитик А. Рысина.

Р. 147-а, побережье Каркинитского залива, в 5 *км* на юго-запад от с. Ишунь. Микробугорок, покрытый, главным образом, сарсазаном и отчасти саликорнией. Вскипает с поверхности, хлориды с 17 *см*, гипс мелкокристаллический с 30 *см*, крупножилковатый с 50 *см*, в гнездах - с 110 *см*. Карбонаты неясно оформленные с 25 *см*.

SEh 0-5 *см* Пепельно-светло-серый со слабым желтоватым оттенком, тонколистоватый, мелкопористый со слабыми буроватыми пятнами, сухой, рыхлый, переход резкий.

Jhs 5–17 *см* Бывший верхний солонцовый горизонт, ныне засолен. Бурый, рыхлый, рассыпчатый, мелкокомкова тозернистый, пронизан большим количеством корней. Суглинистый, влажноватый, переход резкий.

ihsk 17–30 *см* Темно-бурый с белесовато-желтыми пятнами карбонатов, еще не оформленными в четкую белоглазку, влажный, при подсыхании стенки разреза покрываются белоголубоватой пленкой хлоридов, глинистый. Это бывший нижний солонцовый горизонт, более солонцеватый, чем предыдущий, ныне сильно вторично засолен.

ihsk 30-50 *см* Такой же с желтоватым оттенком. Пестрый от большого количества тонких прожилок мелкокристаллического гипса, мелкокомковатый, изредка стяжения извести, влажный.

Pglsk 50-80 *см* Желто-бурый, с большим количеством тонких белых и более толстых кремоватых прожилок гипса. Глинистый, очень влажный, тонкопористый, встречаются марганцовые примазки.

Pglsk 80-110 *см* Желтовато-бурый, много марганцевых пятен.

Pglsk 110-125 *см* Такой же, мокрый, большое количество сростков чешуйчато-кристаллического гипса. C_0 125 *см* появилась грунтовая вода.

Как видно из таблицы 15 и рис 8, в верхнем горизонте 0-5 *см* содержится 0,8% солей, а ниже -1,4%. Состав солей хлормагниевого типа. Грунтовые воды наиболее высокой степени минерализации - 140 *г/л* хлоридно-натриевого-магниевого типа.

Таким образом, при залегании грунтовых вод на глубине не ниже 150 *см* почвы испытывают капиллярно-грунтовое увлажнение и сезонно-необратимый солевой режим. Засоленность этих почв приобретает максимальные размеры и имеет хлоридно-натриевый или хлоридно-магниевый характер.

С некоторым углублением уровня грунтовых вод капиллярно-грунтовое увлажнение начинает переходить в пленочно-капиллярное грунтовое. Однако в природе этот переход совершается очень постепенно. Первые признаки его обнаруживаются в почвах, у которых солевой горизонт несколько сдвинут вглубь почвы (20-30 *см*). Такие почвы названы солончаковыми солонцами. Объединяет их с солончаками высокое содержание солей и хлоридный тип засоленности.

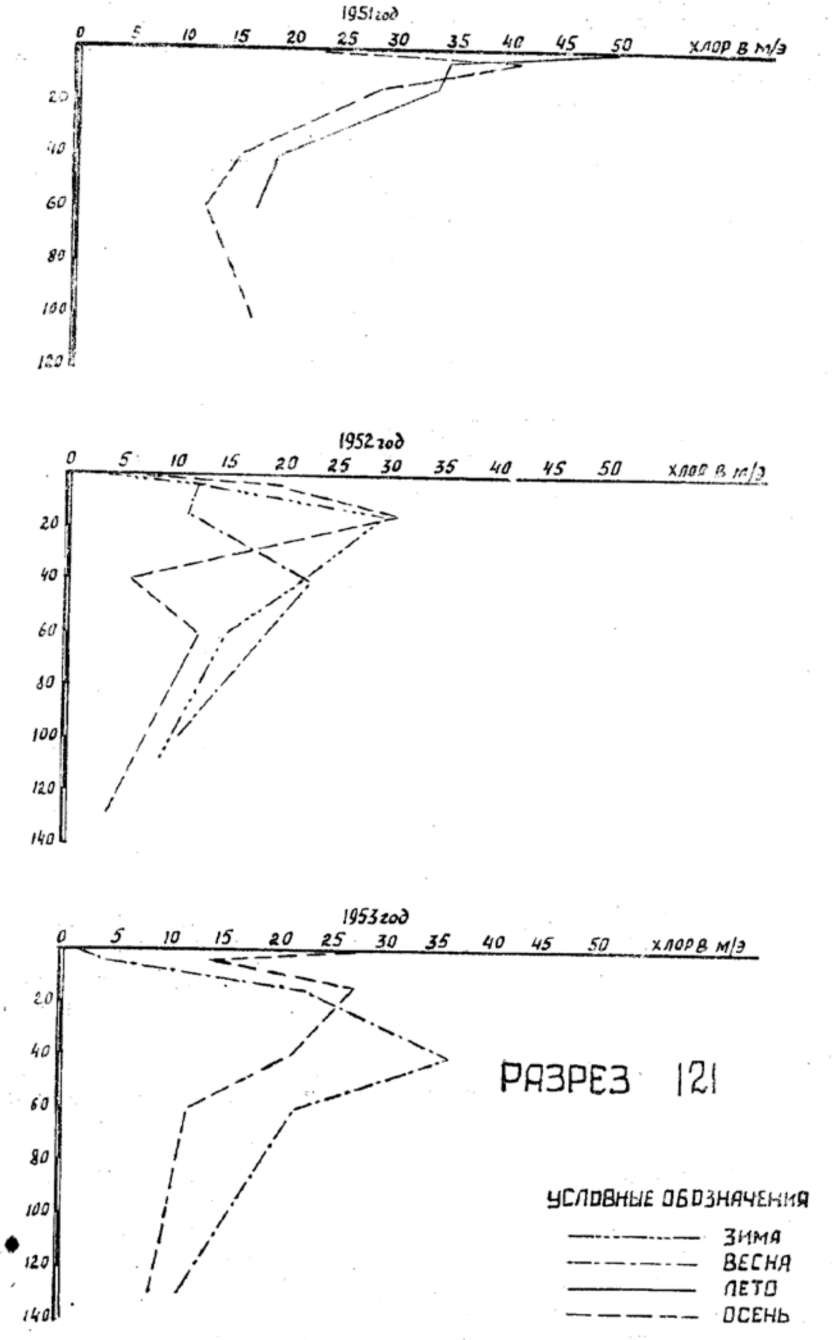


Рис. 7. *Динамика хлоридов в приморском солончаке. Разрез 121.*

Примером солончакового солонца может служить разрез 133, заложенный в Джанкойском районе в 1 *км* на северо-запад от с. Солонцовое, на участке древнего залива - палеолагуне Сиваша, покрытом целинной растительностью (бескильница, кермек и др.).

Вскипание обнаруживается с глубины 34 *см*, сульфаты - с 34 *см*, выцветы хлоридов - с 20 *см*, карбонаты - с 63 *см* в виде неясновыраженных пятен, бобовая руда - с 16 *см*, грунтовая вода 196 *см* в июле 1951 года.

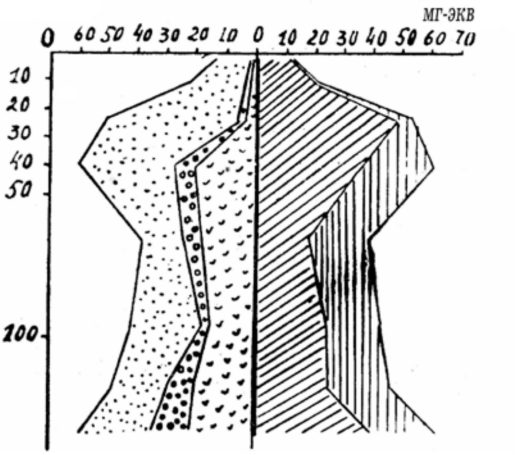


Рис. 8. *Солевой профиль солонца-солончака побережья Каркинитского залива. Разрез 147а, 10.08.1952 г. Колхоз «Герои Сиваша» Красно-Перекопского района.*

НЕ 0-16 *см* Пепельно-серый, золистый, листоватый, тонкопористый, суглинистый, переход резкий.

IhSgI 16-25 *см* Серо-коричневый, столбчатый, разбит трещинами, головки столбов разрушены процессом осолодения, ширина столбов 6-15 *см*, плотный, глинистый, встречается бобовая руда.

PSgI 35-62 *см* Желто-бурый, суглинистый, испещрен редкими прожилками гипса, встречается бобовая руда.

PкSgI 62-97 *см* Белесовато-бурая омергелеванная глина с коричневыми примазками окиси железа, неясные пятна белоглазки, бобовая руда.

PSgI 97–200 *см* Желто-бурый с сизоватым оттенком, сырой, более темный от марганцево-железистых примазок, много бобовой руды.

В этом разрезе обращает на себя внимание особенно четкая выраженность признаков засоленности и осолодения.

Осолодение хорошо заметно морфологически по пепельно-серной окраске и листоватой структуре. Следует отметить также и большую мощность элювиального осолоделого горизонта.

Данные механического анализа хорошо согласуются с представлением о миграции элементов коллоидного комплекса. Количество фракции ила с 23,30% в верхнем горизонте сильно возрастает в иллювиальном горизонте до 51,79%. Таким образом, здесь налицо глубокое осолонцевание, сопровождаемое осолодением.

Таблица 16

Данные механического анализа методом «пипетки», содержание гумуса по Тюрину, карбонатов (в % на сухую почву) и pH в солончаковом солонце. Разрез 133

Глубина в *см*	Потеря от обработки 0,05 HCl	Фракции в *мм*							Гум с по Тюрину	$CaCO_3$	pH
		1,0—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	< 0,001	Сумма < 0,01			
0—10	2,48	0,12	2,97	40,71	14,31	18,59	23,30	56,20	1,82	—	8,09
20—30	2,94	0,27	1,10	19,34	9,0	16,50	51,79	79,29	0,80	—	7,57
35—45	7,65	0,10	0,81	21,94	8,69	16,89	49,77	77,15	0,41	1,06	7,68
65—75	20,79	0,02	7,73	18,58	9,39	17,95	46,33	73,67	0,17	19,20	—
105—115	17,64	0,10	7,19	18,85	12,81	17,02	44,03	73,84	—	13,40	7,86

Аналитик В. А. Хасапова.

Вместе с тем высокое содержание солей в почве должно препятствовать пептизации и транспортировке коллоидов.

Как показывают данные таблицы 17, уже в самом верхнем горизонте содержится около 0,4% солей, а с глубины 20 *см* - их количество возрастает до 1,26%, с максимумом на глубине 35-40 *см*.

Состав солей преимущественно хлоридно-натриевый и хлоридно-магниевый. Вместе с тем замечается преимущественное залегание в верхней части почвы - хлоридов, в средней - сульфатов, а еще ниже - карбонатов. Такой солевой профиль свидетельствует о преобладании засоления, что хорошо подтверждается последующими наблюдениями за динамикой солей.

Из таблицы 18 с динамикой хлоридов видно, что в почве резко выражено их подтягивание к поверхности почвы в летне-осенний засушливый период и выщелачивание вниз в холодный и влажный сезон года. Колебания в содержании иона хлора достигают десятикратной величины в верхнем горизонте (с 3,66 до 0,41 *мг-экв.*).

Коэффициент сезонной аккумуляции, вычисленный по хлору, имеет большой порядок величин 6-9, что снова согласуется с представлением о резком сезонном засолении.

На фоне такого сильного сезонного засоления навряд ли может происходить пептизация коллоидов. Скорее всего осолодение предшествовало засолению. Если сейчас оно и происходит, то лишь очень ограниченно в периоды наибольшего увлажнения почвы.

б) Район почв ослабленного засоления со слабо выраженным рассолением

Тип засоленности - сульфатно-хлоридный.

Солевой режим - переходный от сезонно-необратимого засоления к режиму перемежающегося засоления - рассоления.

Более заметен переход от капиллярно-грунтового увлажнения к пленочно-капиллярному грунтовому в солончаковатых солонцах. Здесь снижение солевого горизонта сопровождается ослаблением хлоридности и усилением сульфатности. Тип засоленности становится сульфатно-хлоридным:

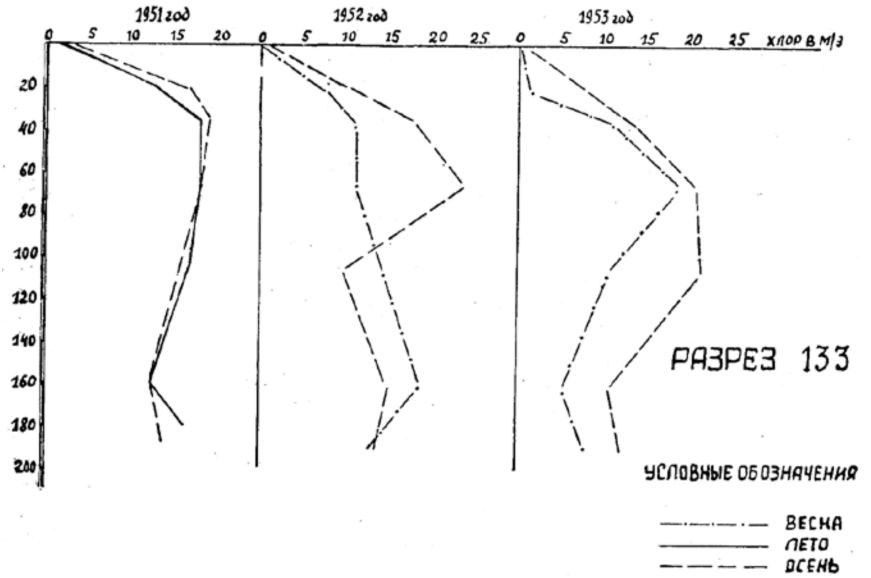


Рис. 9. *Динамика хлоридов в солончаковом солонце. Разрез 133.*

Таблица 17

Данные анализа водных вытяжек из образцов солончакового солонца. Разрез 133.
(30. X 1951 г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Щелочность: Нормальных карбонатов, проц.	Щелочность: Нормальных карбонатов, *мг-экв.*	Щелочность: Общая в HCO_3', проц.	Щелочность: Общая в HCO_3', *мг-экв.*	Cl', проц.	Cl', *мг-экв.*	SO_4'', проц.	SO_4'', *мг-экв.*	Ca'', проц.	Ca'', *мг-экв.*	Mg'', проц.	Mg'', *мг-экв.*	Na' по разн., проц.	Na' по разн., *мг-экв.*
0—10	0,363	нет	нет	0,033	0,54	0,130	3,66	0,042	0,87	0,009	0,45	0,004	0,33	1,099	4,29
20—30	1,260	„	„	0,028	0,46	0,593	16,70	0,196	4,08	0,021	1,05	0,043	3,58	0,382	16,61
35—40	1,484	„	„	0,029	0,48	0,677	19,07	0,272	5,66	0,037	1,85	0,067	5,58	0,409	17,78
65—75	1,375	„	„	0,029	0,48	0,649	18,28	0,184	3,84	0,035	1,75	0,064	5,33	0,357	15,52
105—115	1,178	„	„	0,029	0,48	0,572	16,11	0,132	2,75	0,027	1,35	0,046	3,83	0,326	14,16
160—170	0,948	„	„	0,042	0,68	0,440	12,39	0,118	2,46	—	—	—	—	—	—
190—200	1,045	„	„	0,041	0,67	0,501	14,11	0,122	2,54	—	—	—	—	—	—
Грунтовая вода в *г/л* с 235 *см*	66,044	„	„	0,305	5,00	22,14	632,7	5,3597	111,66	1,854	92,70	1,975	164,60	11,316	42,949

Вероятный состав солей в солончаковом солонце. Разрез 133.
(30. X 1961 г.)

Глубина в *см*	NaCl	Na_2SO_4	$NaHCO_3$	$MgCl_2$	$MgSO_4$	$Mg(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	$CaCl_2$	$CaCO_3$	$Ca(HCO_3)_2$
0—10	65,30	12,40	—	—	5,30	4,40	—	—	—	12,10
20—30	77,40	—	—	0,36	16,90	—	3,20	—	—	1,90
35—40	69,50	—	—	4,09	17,30	—	6,80	—	—	2,70
65—75	68,90	—	—	10,20	11,50	—	6,70	—	—	2,40
105—115	73,08	—	—	8,30	9,50	—	5,40	—	—	3,50
Грунтовая вода с 235 *см*	66,68	—	—	15,55	3,34	—	13,60	—	—	0,92

Аналитик Л. Дубинко

Таблица 18

Динамика иона-хлора в солончаковом солонце в мг-экв. на 100г сухой почвы

Глубина в *см*	30 X 1951 г.	10 IV 1952 г.	18 IX 1952 г.	31 IV 1953 г.	30 VIII 1953 г.	Коэффициент сезонной аккумуляции по хлору
0 — 10	3,66	0,41	2,06	0,14	1,37	9
20 — 30	16,70	7,17	9,97	1,34	7,82	6
35 — 45	19,07	10,81	17,71	10,57	13,09	1,3
65 — 75	18,28	11,32	23,62	18,68	20,40	1
105 — 115	16,11	—	9,57	10,31	21,11	2
160 — 170	12,39	18,83	15,00	5,22	10,60	2
190 — 200	14,11	12,81	13,42	3,17	12,25	1,5

Аналитик Л. Дубинко.

Почвы с таким типом засоленности встречаются в той же прибрежной полосе, но на большем отдалении от берега, а также по древним заливам Сиваша, на более приподнятых участках. Примером такой почвы является разрез 132, заложенный в 300 *м* па запад от вышеописанного р. 133.

Луговой солончаковый солонец

Вскипает с 36 *см* до дна. Сульфаты в виде тонких прожилок с 35 до 74 *см*, в виде гнезд с 100-130 *см*. Карбонаты с 74-95 *см* в виде неясно выраженной белоглазки, макс. 75-85, увлажнение с 65 *см*.

НЕ 0-18 *см* Пепельно-серый, глыбистый, неясно расслаивающийся на пластинки, среднесуглинистый, пылеватый, сухой, переход резкий.

НІ 18-35 *см* Темно-коричневый, столбчатый с хорошо выраженными осолоделыми головками, ширина столбиков 3-4 *см*. длина 10-15 *см*, распадаются на мелкие острогранные зерна, легкоглинистый, плотный, переход постепенный.

ІН 35-51 *см* Коричнево-бурый, призмовидный, распадающийся на орехи и зерна, пестрит от прожилок сульфатов, глинистый, пылеватый, влажноватый, переход постепенный.

Ps 51–75 *см* Желто-бурый, влажный, тяжелосуглинистый, пылеватый, пестрый от большого количества сульфатов.

Рк 75-95 *см* Легкая глина с небольшим количеством ясно выраженной белоглазки и редких пятен сульфатов, влажный.

Грунтовые воды с 245 *см* в августе 1951 г.

В солевом профиле летне-осеннего периода (табл. 19) заметное количество солей обнаруживается уже с глубины 18 *см* - 0,4%, а первый солевой максимум залегает с 35 до 60 *см* 2%). Ниже до 130 *см* содержание солей несколько убывает (0,8%), а затем с приближением к грунтовой воде снова возрастает до 1,4-1,9%.

Таблица 19

Данные анализа водных вытяжек из образцов лугового солончакового солонца. Разрез 132.
(Ноябрь, 1951г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Щелочность нормальных карбонатов		Щелочность общая в HCO_3'		Cl'		SO_4''		$Ca^{\cdot\cdot}$		$Mg^{\cdot\cdot}$		$Na^{\cdot}$ (по разн.)	
		проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*
0—10	0,030	нет	нет	0,018	0,29	0,013	0,37	0,015	0,31	0,007	0,35	0,002	0,17	0,010	0,47
18—32	0,403	0,002	0,03	0,048	0,79	0,131	3,69	0,089	1,85	0,008	0,40	0,003	0,25	0,132	5,74
35—52	2,036	нет	нет	0,057	0,28	0,270	7,61	1,146	23,87	0,220	11,00	0,097	8,08	0,2 2	12,68
52—62	2,405	„	„	0,016	0,26	0,350	9,86	1,300	27,08	0,298	14,90	0,111	9,25	0,300	13,05
75—85	0,302	„	„	0,030	0,49	0,339	9,55	0,157	3,27	0,020	1,00	0,028	2,33	0,229	9,98
120—130	0,870	„	„	0,019	0,71	0,338	9,52	0,216	4,50	—	—	—	—	—	—
170—180	1,412	„	„	0,019	0,31	0,303	9,53	0,613	12,77	0,136	6,80	0,072	6,00	0,203	8,81
200—210	1,830	„	„	0,025	0,41	0,237	6,68	1,014	21,12						
Грунтовая вода в *г/л* с 260 *см*	37,192	„	„	0,330	5,40	12,54	358,28	5,154	107,3	1,178	58,90	1,756	146,30	6,114	265,85

Аналитик А. Рысина.

В то время, как в верхней части профиля (кроме 0-10 *см*) преобладают сульфаты натрия и кальция над хлоридами, при высоком абсолютном количестве хлоридов (7-9 *мг-экв*.), в нижней части почвы, до 130 *см*, наоборот, преобладают хлориды над сульфатами.

По горизонту повышенного содержания солей, на глубине 18 *см*, где плотный остаток равен 0,4%, солонец относится к сульфатно-хлоридно-натриевому.

Щелочность по профилю невысокая, за исключением верхней части солонцеватого горизонта, где она достигает 0,05%).

Запас солей в толще 1 *м* равен 195,8 *т/га*, 2 *м* - 361 *т/га* (лето 1951 г.). Атмосферными осадками в холодный и влажный период года выщелачивается заметное количество хлора, вследствие чего на глубине 18-35 *см* оно падает с 3,69 *мг-экв*. до 0,88 *мг-экв*., в следующем горизонте с 7,61 до 2,95 *мг-экв*. (табл. 20).

Осенью происходит реставрация прежнего засоления, причем количественно оно даже превышает засоление в 1951г. На глубине 18-35 *см* снова обнаруживается токсическое содержание хлора -4,59 *мг-экв*., несколько возрастает к этому времени и содержание SO_4- с 1,85 до 2,97 *мг-экв*.; более заметно это увеличение сульфатов прослеживается на глубине 35-52 *см* - с 23,87 *мг-экв*. до 28,10 *мг-экв*.

Следовательно, солевая динамика сопровождается накоплением сульфатов в горизонте первого максимума и высоким подъемом хлоридов в токсических для культурных растений величинах.

Залегание сульфатов выше белоглазки, большое количество хлоридов в верхней части профиля (в 1Н) и преобладание их над сульфатами, резкая динамика хлора - все это свидетельствует о том, что процесс засоления - рассоления этой почвы идет при высокой роли засоления, но по сравнению с солончаками оно несколько ослабляется.

Вместе с тем, эти признаки указывают на то, что такое интенсивное засоление наложилось уже после того, как сформировался профиль солонца.

Таблица 20

Данные анализа водных вытяжек из образцов лугового солончаковатого солонца
Разрез 132

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Водорастворимый гумус в %	Щелочность нормальных карбонатов, проц.	Щелочность нормальных карбонатов, *мг/экв*	Щелочность общая в HCO_3', проц.	Щелочность общая в HCO_3', *мг/экв.*	Cl', про	Cl', *мг/экв.*	SO_4'', проц.	SO_4'', *мг/экв.*
			10 IV 1952 г.							
0—10	0,064	0,024	нет	нет	0,017	0,27	0,005	0,14	0,028	0,58
18—35	—	0,025	„	„	0,052	0,85	0,031	0,88	0,062	1,29
35—52	1,251	0,013	„	„	0,021	0,34	0,103	2,95	—	—
52—62	2,610	0,011	„	„	0,016	0,22	0,302	8,62	—	—
75—86	0,829	0,011	„	„	0,023	0,39	0,294	8,40	0,225	4,71
105—115	1,246	0,011	„	„	0,021	0,31	1,203	—	—	—
120—130	0,866	0,006	„	„	0,018	0,30	0,634	—	—	—
170—180	1,382	0,004	„	„	0,018	0,30	0,725	—	—	—
200—210	0,972	—	„	„	0,013	0,22	0,531	—	—	—
Грунтовая вода в *г/л* с 250 *см*	34,36	—	„	„	0,249	4,08	12,47	356,41	4,841	100,88
			18 IX 1952 г.							
0—10	0,060	0,013	нет	нет	0,014	0,22	0,002	0,06	0,020	0,42
18—35	0,579	0,015	„	„	0,071	1,16	0,161	4,59	0,143	2,9
35—52	2,677	0,004	„	„	0,033	0,54	0,300	8,57	1,349	28,1
52—62	2,217	0,006	„	„	0,030	0,49	0,320	9,14	1,047	21,8
75—85	1,008	0,002	„	„	0,045	0,73	0,328	9,37	0,250	5,2
120—130	0,888	0,005	„	„	0,042	0,69	0,325	9,28	0,175	3,6
170—180	0,967	0,005	„	„	0,039	0,63	0,315	9,00	0,227	4,7
200—210	0,920	—	„	„	0,042	0,69	0,293	3,37	0,220	4,5

Аналитик А. Рысина.

Данные механического анализа достаточно ясно указывают на передвижение илистых частиц вниз по профилю и сосредоточении их в солонцеватом горизонте до 43-49% против 21,51% в элювиальном горизонте (табл. 21).

Таблица 21

Данные механического анализа методом «пипетки»лугового солончакового солонца (в % сухой почвы). Разрез 132

Глубина в *см*	Потеря ст обработки	Фракции в *мм*						Сумма <0,01
		1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	
0—10	2,19	0,34	1,26	50,34	9,53	17,02	21,51	48,06
18—35	1,98	0,03	8,52	25,80	5,17	11,45	49,03	65,65
35—52	7,20	0,12	3,14	37,11	2,77	13,42	43,44	59,63
75—85	20,89	0,20	1,98	36,45	9,40	11,03	40,94	61,37
170—180	22,73	0,17	4,40	38,83	8,46	9,06	39,08	56,60

Аналитик В. А. Хасапова.

Такому распределению механических фракций по профилю соответствует содержание обменного натрия с максимумом до 36% от суммы на глубине 18-35 *см*.

Таблица 22

Содержание $CaCO_3$ и гумуса в %, pH, обменных катионов в луговом солончаковатом солонце. Разрез 132

Глубина в *см*	$CaCO_3$ в проц.	pH	Гумус проц.	Обменные катионы (в *мг-экв.* на 100 г)				
				Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	Сумма	Проц. Na от суммы
0—10	—	6,84	3,17	10,82	6,95	2,52	20,29	12
18—35	—	8,00	1,50	10,48	11,11	15,10	36,69	41
35—52	1,03	7,69	0,77	—	—	—	—	—
52—62	10,23	7,68	0,40	—	—	—	—	—
75—85	15,82	—	0,35	—	—	—	—	—
120—130	13,75	7,66	0,24	—	—	—	—	—

Аналитик Е. А. Архонтова.

2. Область современного рассоления почв с остаточным и современным ослабленным засолением (гидроморфные почвы)

а) Район начального рассоления почв

Тип засоленности - хлоридно-сульфатный.

Солевой режим - перемежающегося засоления-рассоления.

К этому типу засоленности относятся отчасти луговые комплексы, но главным образом солонцовые лугово-степные комплексы, под которыми уровень грунтовых вод залегает на глубине от 3 до 8 *м*. Нередко и на более дренированных терри-

ториях в солонцах степного типа встречается также хлоридно-сульфатный тип засоленности. Это особенно характерно для солонцов Керченского полуострова, развивающихся на третичных глинах без всякого влияния грунтовых вод.

Однако в Присивашье такое засоление обычно характеризует почвы, поддерживающие связь с грунтовыми водами.

Ниже рассмотрим несколько видов почв хлоридно-сульфатного типа засоления, испытывающих пленочно-капиллярное увлажнение и сезонный режим перемежающегося засоления-рассоления.

Луговой солончаковатый солонец может быть охарактеризован разрезом 124, заложенным в Азовском районе на землепользовании совхоза «Молодая гвардия», в 1 *км* на северо-запад от хут. Амур, в 250 *м* на восток от р. 121.

Вся территория возле хут. Амур представляет бывший залив - лагуну Сиваша, в которой в настоящее время вода Сиваша заполняет небольшую узкую часть. Вода из находящегося здесь артезианского колодца постоянно стекает в залив и создает условия для развития лугово-болотной растительности.

По берегу этого залива и на дне высохшей части «засухи» протягивается полоса солончаков, которая выше сменяется комплексами луговых солонцов, типичным для которых является р. 124.

Вскипание обнаруживается с 57 *см*, карбонаты с 58 *см*, сульфаты в виде тонких прожилок гипса - с 70 до 117 *см* и в виде друз крупнокристаллического гипса с 150 *см*; грунтовая вода с 180 *см*.

EH 0-21 *см* Пепельно-серый, слоеватый, среднесуглинистый, пылеватый, переход резкий.

IH 21-44 *см* Темно-серый с коричневатым оттенком, призмовидный, плотный, глинистый, свежий, разбит трещинами.

Ih 44-58 *см* Коричневато-бурый, призмовидный, неоднородный от более темных затеков, легкоглинистый, влажный, плотный.

Рк 58-71 *см* Светло-бурый, неоднородный от ходов землероев, пестрый от гонких затеков органического вещества и марганцовых примазок, влажный.

Pks 71-117 *см* Желто-бурый, пестрый от большого количества сульфатов и пятен карбонатов, ореховато-комковатый, тяжело-суглинистый, сырой.

Рк 117-150 *см* Желто-бурая глина без морфологически различимых солей.

Pks 150 *см* и ниже. Второй горизонт залегания гипса в виде друз. Грунтовая вода со 180 *см*.

Как показывают данные анализов (табл. 23 и 24), в почве содержится довольно высокое для солонцов количество гумуса - 3,44% на глубине 0-10 *см* с постепенным снижением вниз по профилю, при котором даже на глубине 60-70 *см* гумуса обнаруживается еще 0,62%. Повышенная гумусированность профиля является свидетельством былой дерновой стадии, которую прошла почва в своем развитии.

Таблица 23

Гумус, карбонаты, обменные катионы и pH в луговом солончаковатом солонце. Разрез 124

Глубина образца в *см*	Гумус в %	$CaCO_3$ в %	SO_4 гипса в %	pH	Обменные катионы (в *мг-экв.*)				
					Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	Сумма	Проц. Na от суммы
0—10	3,44	—	—	6,82	12,18	5,75	1,34	19,27	6,9
25—35	1,66	—	—	7,27	17,38	7,95	9,70	35,03	27,6
45—55	1,25	—	—	8,04	14,65	9,90	7,32	31,87	22,6
60—70	0,62	12,1	—	—					
75—85	0,36	15,6	0,94	7,83					
120—130	0,18	15,0	—	—					
150—160	0,07	9,9	13,35	—					

Аналитик Е. А. Архонтова.

Близкая связь с минерализованными грунтовыми водами, богатыми солями натрия, проявляется в высоком содержании обменного натрия, достигающего в первом солонцеватом горизонте 27% от суммы всех катионов.

Таблица 24

Данные механического анализа методом «пипетки» лугового солончакового солонца в % на сухую почву. Разрез 124

Глубина в *см*	Фракции в *мм*						Сумма <0,01	Потеря от обработки HCl
	1,0—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001		
0—10	0,10	1,39	51,0	9,99	15,28	22,24	47,51	0,92
25—35	0,06	1,31	35,24	8,72	9,41	45,26	63,39	0,83
45—55	0,11	2,26	33,62	8,02	10,18	45,81	64,01	2,53
60—70	0,10	0,33	40,81	17,25	13,28	28,23	58,76	14,24
120—130	0,10	5,18	35,17	5,21	14,36	39,98	59,55	18,07
150—160	0,02	2,04	22,43	5,29	21,05	49,17	75,51	43,31

Аналитик В. А. Хасапова.

По данным механического анализа почва относится к пылевато-иловато-глинистой разновидности. Распределение механических элементов по профилю указывает на заметное перемещение частиц тонких фракций вниз: фракция ила возрас-

тает до 45% в солонцеватом горизонте, при содержании ее в элювиальном в количестве 22,24%.

Данными валового анализа (табл. 25) устанавливается накопление кремнезема в верхнем элювиальном горизонте до 74,16% при последующем снижении его по профилю, и в то же время обеднение этого горизонта полуторными окислами, которые накопляются в иллювиальном солонцеватом горизонте, что особенно заметно по гидроокиси алюминия, достигающей здесь 17,16% вместо 12,27% в горизонте 0-10 *см*.

Таблица 25

Данные валового анализа лугового солончаковатого солонца в процентах к сухой, безгумусной, бескарбонатной навеске. Разрез 124

Глубина в *см*	Потеря от прокаливания	SiO_2	Fe_2O_3	$Al_2O_3+P_2O_5$	CaO	MgO
0—10	5,83	74,16	4,16	12,27	4,31	0,96
25—35	4,50	66,66	5,86	17,16	1,30	1,57
45—55	4,28	67,41	5,77	16,27	1,28	1,11
120—130	9,10	65,42	5,34	15,34	11,68	2,01

Отличительной особенностью луговых солонцов Присивашья является выщелоченность от карбонатов гумусовой части профиля почвы. Карбонаты, как правило, обнаруживаются только ниже гумусового иллювиального горизонта, в данном разрезе - с 60 *см*.

Как можно будет убедиться дальше, и содержание карбонатов даже в нижних горизонтах этих почв меньше, чем в почвах лугово-степных и степных комплексов. Вместе с тем в луговых солонцах довольно четко выражено осолодение в осветленном элювиальном горизонте (табл. 26).

Таблица 26

Данные анализа щелочной вытяжки из образцов лугового солончаковатого солонца

Глубина в *см*	SiO_2 проц.	Al_2O_3 проц.	SiO_2 *мг-экв.*	Al_2O_3 *мг-экв.*	$2SiO_2 \cdot Al_2O_3$ проц.	$2SiO_2 \cdot Al_2O_3$ *мг-экв.*	Избыток SiO_2 проц.	Избыток SiO_2 *мг-экв.*
0—10	3,50	0,23	29,2	22,2	4,92	44,4	0,84	7,0
25—35	2,30	0,69	19,2	6,75	1,49	13,5	1,49	12,45

Аналитик Е. А. Архонтова.

Пониженная величина pH -6,82 и данные щелочных вытяжек 5% KOH дают основание считать процесс осолодения в этих почвах выраженным довольно сильно.

Солевой профиль имеет следующие особенности (табл. 27). Сверху до 70 *см* выделяется зона опреснения, совпа-

дающая по глубине с зоной переменного поверхностного увлажнения и испарения. Она характеризуется незначительным содержанием солей - до 0,1%, более высокой щелочностью, чем в предыдущем солонце.

Таблица 27

Данные анализа водных вытяжек из образцов лугового солончаковатого солонца. Разрез 124.

(Июль 1951 г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Водорастворимый гумус в %	Щелочность				Cl'		SO_4''		$Ca^{\cdot\cdot}$		$Mg^{\cdot\cdot}$		$Na^{\cdot}$ (по разн.)	
			нормальных карбонатов		общая в HCO'_3											
			проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*
0—10	0,065	0,038	нет	нет	0,033	0,54	0,001	0,03	0,017	0,35	0,005	0,25	0,003	0,25	0,010	0,42
25—35	0,097	0,036	„	„	0,048	0,79	0,001	0,03	0,025	0,52	0,006	0,30	0,003	0,25	0,018	0,79
45—55	0,105	0,033	„	„	0,079	1,29	0,001	0,03	0,013	0,27	0,004	0,20	0,004	0,33	0,024	1,05
60—70	—	0,032	„	„	0,108	1,77	0,001	0,03	0,013	0,27	0,005	0,25	0,002	0,17	0,038	1,65
75—85	0,865	0,017	„	„	0,030	0,49	0,004	0,11	0,573	11,94	0,106	5,30	0,027	2,25	0,115	4,99
120—130	0,974	0,027	„	„	0,030	0,49	0,071	2,03	0,570	11,87	0,069	3,45	0,030	2,50	0,194	8,44
150—160	1,857	0,038	„	„	0,022	0,36	0,168	4,80	1,132	23,58	0,297	14,85	0,066	5,50	0,193	8,39
Грунтовая вода с 198 *см* в *г/л*	22,20	—	„	„	0,188	3,08	10,65	304,50	3,119	64,98	1,273	63,65	1,154	96,16	4,788	212,75

Аналитик Л. Дубинко.

С 70 до 120 *см* протягивается зона подсолонцового современного и остаточного засоления, совпадающая с зоной внутрипочвенного испарения. Плотный остаток возрастает здесь до 1%, тип засоления хлоридно-сульфатно-кальциевый.

С 120 до 200 *см* выделяется зона восходящего движения солей, совпадающая с нижней частью зоны постоянного пленочно-капиллярного увлажнения. Содержание водорастворимых солей равно 0,4-0,8%, в составе преобладают сульфаты над хлоридами.

Общее количество карбонатов кальция в почве достигает 12-15%, SO_4 гипса 1%.

Подобный солевой профиль по залеганию гипса под карбонатным горизонтом и преобладанию над хлоридами характеризует солонец в стадии рассолонения с подсолонцовым засолением.

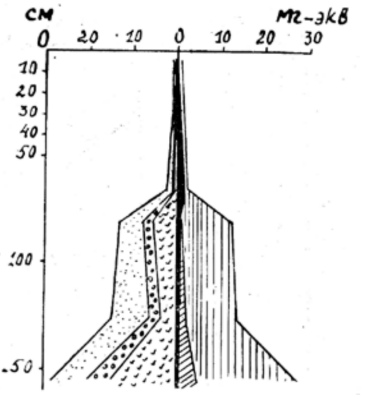


Рис. 10. *Солевой профиль лугового солончаковатого солонца низменного побережья Сиваша. Разрез 124. Совхоз «Молодая гвардия»*

Запас солей в метровой толще равен 106 *т/га*, в двухметровой - 299 *т/га* (лето 1951 г.).

Осенью 1951 г. наблюдалось некоторое подтягивание хлоридов вверх. Однако весьма характерно, что даже в этот период токсическое для растений количество хлора не поднималось выше 70-75 *см*, хотя по сравнению с предшествующим сроком в верхних горизонтах роль Cl довольно заметно усилилась.

В зимне-весенний период происходит некоторое выщелачивание солей, вследствие чего содержание хлора заметно падает.

Таблица 28

Динамика иона-хлора в луговом солончаковатом солонце Разрез 124 (в мг-экв. на 100 г почвы)

Глубина в *см*	IX 1951 г.	IV 1952 г.	IX 1952 г.	IV 1953 г.
0—10	0,37	0,14	0,06	0,02
18—35	3,69	0,72	4,59	0,28
35—52	7,61	2,95	8,57	2,43
52—62	9,86	8,52	9,14	4,80
75—85	9,55	8,40	9,77	9,68
120—130	9,52	18,00	9,28	10,37
170—180	8,53	20,03	9,00	9,08
200—210	6,68	15,19	8,37	9,08

Аналитик Л. Дубинко

Осенью снова наблюдается подъем хлоридов до глубины 45–55 *см*. Запах хлора в метровой толще колеблется с 8.7 т*/га* осенью до 7,5 т*/га* весной.

Следовательно, при глубине залегания солевого горизонта в 60-70 *см* не происходит подъема хлоридов в заметных количествах в верхние горизонты, как это наблюдалось в р. 132. Динамика хлоридов здесь выражена хорошо, но содержание хлора и амплитуда колебания его по профилю значительно слабее.

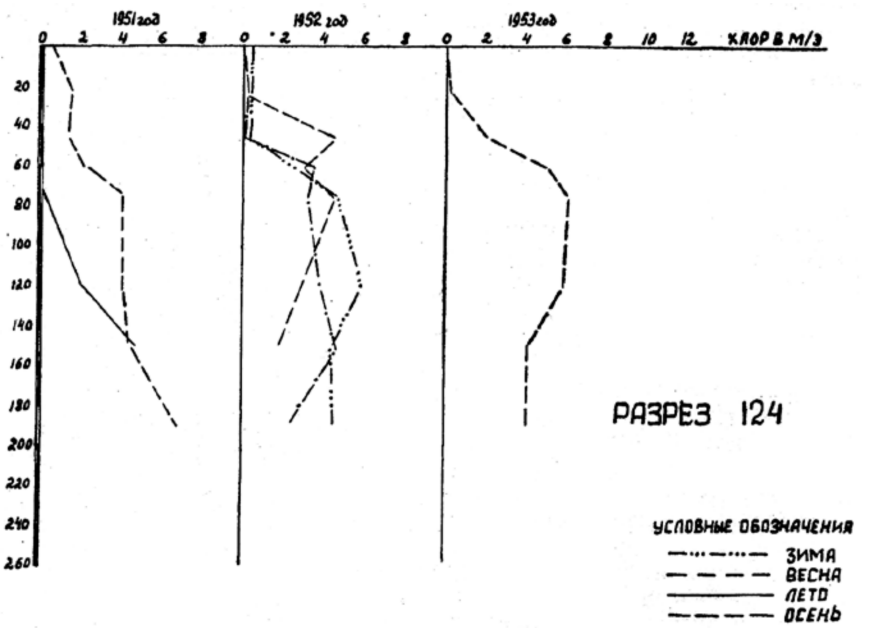


Рис. 11. *Динамика хлоридов в луговом солончаковатом солонце. Разрез 124.*

б) Район хорошо выраженного рассоления почв

Тип засоленности - хлоридно-сульфатный.

Солевой режим - перемежающегося засоления-рассоления

Лугово-степной глубокосолончаковатый солонец

Сюда относятся почвы, в которых сильнее проявляется действие исходящего тока влаги над восходящим. Примером

таких почв может служить р. 117, заложенный в Азовском районе, на территории совхоза «Молодая гвардия», в 2 *км* на юг от д. Благодатное, на поле черного пара.

В среднепризматически-ореховатом глубокосолончаковатом солонце вскипание обнаруживается с глубины 57 *см*, скопление белоглазки с 67 *см* и сульфатов - с 80 *см*.

EH 0-17 *см* Серый, комковатый, влажный, среднесуглинистый, переход ясный.

IH 17-39 *см* Буровато-коричневый, призмовидно-ореховатый, влажный, глинистый, поверхность излома глянцевидная.

Ih 39-57 *см* Коричнево-бурый, призмовидно-ореховатый, глинистый, влажный, переход ясный.

P 57-71 *см* Светло-бурый, ореховатый, неоднородный от гумусовых затеков легкоглинистый, переход постепенный.

Pks71-121 *см* Желто-бурый, ореховатый, легкоглинистый. Карбонаты с 71 *см* в виде небольших пятен кремового цвета. Ниже, с 80 *см*, появляется гипс в виде тонких белых прожилок (местами он обнаруживается с 70 *см*).

Рк 121-180 *см* Желто-бурая глина, без видимых скоплений гипса.

Pks 180 *см* и ниже. Желто-бурая лессовидная глина с вторым сульфатным горизонтом в виде гнезд. Грунтовая вода с глубины 480 *см*.

Данные химических анализов (табл. 29) указывают на то, что содержание гумуса в лугово-степных солонцах, подвергнутых обработке, уменьшается по сравнению с луговыми до 2,17%. Карбонаты щелочно-земельных металлов выщелочены здесь в меньшей степени, в гумусовой части профиля обнаруживается небольшое их содержание - до 0,5%, а на глубине 70-80 *см* количество их возрастает до 20%.

Таблица 29

Содержание гумуса, карбонатов, обменных катионов и pH. Р. 117

Глубина образца в *см*	Гумус (по Тюрину) в %	$CaCO_3$ в %	SO_4 гипса	pH	Обменные катионы (в *мг-экв.*)				
					Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	Сумма	Проц Na от суммы
0—17	2,17	0,43	—	6,91	10,27	5,67	3,91	19,85	19,6
20—30	1,44	0,28	—	7,86	17,37	9,60	6,70	33,67	19,8
45—55	1,10	0,48	—	8,53	23,24	7,92	7,65	38,81	19,7
60—70	0,62	13,41	—	8,65					
70—80	0,42	20,14	—	—					
80—90	0,28	16,20	1,7	—					
160—170	0,18	13,14	—	8,35					

Аналитик Е. А. Архонтова.

В составе обменных катионов натрию принадлежит значительное место - около 20% от суммы катионов, в луговых солонцах оно достигало 27-40%.

Распределение механических элементов по профилю почвы свидетельствует о передвижении илистой фракции, вследствие чего элювиальный горизонт обеднен иловатыми частицами, здесь их содержится всего 27,64%. В иллювиальном горизонте количество этой фракции возрастает почти вдвое.

По содержанию фракций меньше 0,01 *мм* почва относится к легкоглинистым разновидностям.

Изучение валового состава солонцов этого типа обнаруживает отчетливый вынос из элювиального горизонта Fe_2O_3, $A1_2O_3$, с накоплением их в иллювиальном горизонте. Однако этот вынос выражен слабее, чем в ранее рассмотренных солонцах.

Процесс осолодения имеет место и в этих почвах. Данные щелочной вытяжки показывают, что в элювиальном горизонте имеется избыток SiO_2, равный 1,9%. Реакция почвенной суспензии в этом горизонте соответствует представлению об осолодении, составляя 6,9 pH.

Таблица 30

Данные механического анализа методом «пипетки» лугового-степного глубокосолончаковатого солонца (в % сухой почвы). Разрез 117

Глубина образца в *см*	Фракции в *мм*							Потеря от обработки HCl
	1,0—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	сумма <0,001	
0—17	0,40	3,05	37,30	16,69	14,92	27,64	59,25	2,20
20—30	0,18	—	27,25	11,91	14,71	46,08	72,57	3,07
45—55	0,16	—	29,55	12,46	11,89	45,94	70,29	8,12
60—70	0,17	—	30,65	10,79	15,43	42,96	69,18	20,42
80—90	0,32	—	33,26	15,15	11,69	39,58	66,42	20,84
160—170	0,24	—	35,52	11,98	16,08	36,38	64,44	16,61
240—250	0,12	—	34,63	9,50	17,56	38,19	65,25	29,48
340—350	0,08	4,08	23,08	12,18	21,46	39,12	72,76	17,99
440—450	0,27	0,82	28,80	7,21	22,29	40,61	70,11	17,68

Аналитик В. А. Хасанова.

Таблица 31

Данные валового анализа лугово-степного глубокосолончаковатого солонца в процентах к сухой, безгумусной бескарбонатной навеске. Разрез 117

Глубина в *см*	Потеря от прокаливания	SiO_2	Fe_2O_3	$Al_2O_3+P_2O_5$	CaO	MgO
0—17	5,7	72,18	4,12	14,93	1,29	0,65
20—30	6,7	65,45	5,80	16,10	1,47	1,40
45—55	6,1	64,50	5,15	15,06	4,47	1,44
160—170	8,3	67,37	4,96	15,09	9,86	1,72

Аналитик Р. С. Галанина.

Таблица 32

Данные анализа щелочной вытяжки из образцов лугово-степного глубокосолончаковатого солонца. Разрез 117

Глубина в см	SiO_2 проц.	Al_2O_3 проц.	SiO_2 мг-экв.	Al_2O_3 мг-экв.	$2SiO_2 \cdot Al_2O_3$ проц.	$2SiO_2 \cdot Al_2O_3$ мг-экв.	Избыток SiO_2 проц.	Избыток SiO_2 мг-экв.
0—17	2,8	0,51	21,5	5,01	1,11	10,00	1,92	16,3
20—30	1,65	0,56	13,7	5,54	1,22	11,00	0,97	8,16

Аналитик Е. А. Архонтова.

Как показывают данные водных вытяжек (табл. 33), солевой профиль представлен следующими тремя зонами.

1. Зона опреснения, совпадающая по глубине с зоной переменного поверхностного увлажнения и испарения с поверхности до 70-80 *см*. Она характеризуется небольшим количеством солей - 0,06-0,1%, высокой щелочностью, с максимумом 0,08% на глубине 45-55 *см*, выщелоченностью от Cl' и SO_4□ Эта зона бикарбонатно-натриевая.

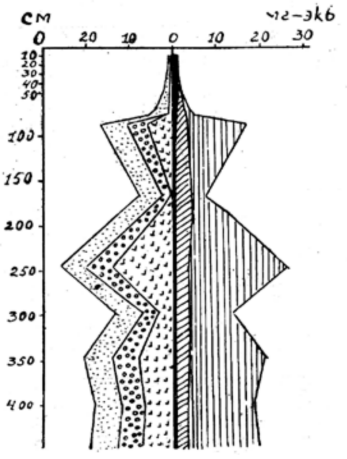


Рис. 12. *Солевой профиль лугово-степного глубокосолончаковатого солонца слабоприплоднятого Присиващья. Разрез 117. Совхоз «Молодая гвардия» Азовского района.*

2. Зона подсолонцового современного и остаточного засоления, накопления гипса и карбонатов кальция, от 70-80 до 160 *см*. Она совпадает с зоной внутрипочвенного испарения пленочно-капиллярных растворов, поднимающихся от грунтовых вод. Плотный остаток достигает 1,1%; $CaCO_3$ почвы 13-20%, гипс - 2%. Тип засоления хлоридно-сульфатно-кальциевый.

3. Зона восходящего движения солей, совпадающая с нижней частью зоны постоянного пленочно-капиллярного увлажнения. Мощность ее 300 *см* (160-450 *см*). Плотный остаток колеблется в пределах 0,8-1,8%.

Заметное количество иона хлора, приближающееся к токсическому - 2,73 *мг-экв.*, обнаруживается с глубины 80 *см*, но своего максимума он достигает лишь со 160 *см*, находясь, таким образом, значительно ниже максимума сульфатов, залегающих на глубине 80 *см*.

Таблица 33

Данные анализа водных вытяжек из образцов лугово-степного глубокосолончаковатого солонца. Разрез 117
(17. VII-1951г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Водорастворимый гумус в %	Щелочность: нормальных карбонатов, проц.	Щелочность: нормальных карбонатов, *мг-экв.*	Щелочность: общая в HCO'_3, проц.	Щелочность: общая в HCO'_3, *мг-экв.*	Cl', проц.	Cl', *мг-экв.*	SO_4'', проц.	SO_4'', *мг-экв.*	$Ca^{\cdot\cdot}$, проц.	$Ca^{\cdot\cdot}$, *мг-экв.*	$Mg^{\cdot\cdot}$, проц.	$Mg^{\cdot\cdot}$, *мг-экв.*	$Na^{\cdot}$ по разн., проц.	$Na^{\cdot}$ по разн., *мг-экв.*
0—17	0,061	0,031	нет	нет	0,031	0,51	0,001	0,03	0,015	0,31	0,005	0,25	0,003	0,25	0,008	0,35
20—30	0,067	0,031	„	„	0,042	0,69	0,001	0,03	0,011	0,23	0,004	0,20	0,002	0,17	0,013	0,58
45—55	0,135	0,030	„	„	0,078	1,28	0,019	0,53	0,012	0,25	0,006	0,30	0,001	0,08	0,038	1,68
60—70	0,230	0,029	„	„	0,066	1,08	0,048	1,35	0,048	1,00	0,005	0,25	0,006	0,50	0,062	2,68
70—80	0,337	0,032	„	„	0,053	0,87	0,076	2,14	0,111	2,31	0,011	0,55	0,009	0,75	0,092	4,02
80—90	1,100	0,029	„	„	0,028	0,46	0,097	2,73	0,653	13,60	0,119	5,95	0,054	4,50	0,146	6,34
160—170	0,460	0,032	„	„	0,043	0,70	0,130	3,72	0,147	3,06	0,015	0,75	0,017	1,42	0,122	5,32
180—190	0,840	0,032	„	„	0,025	0,41	0,126	3,60	0,423	8,81	0,069	3,45	0,043	3,58	0,133	5,79
240—250	1,752	—	„	„	0,020	0,33	0,104	2,93	1,097	22,85	0,285	14,25	0,076	6,33	0,127	5,53
290—300	0,870	—	„	„	0,029	0,47	0,108	3,04	0,471	9,81	0,069	3,45	0,046	3,83	0,139	6,04
340 - 350	1,368	—	„	„	0,027	0,44	0,108	3,04	0,827	17,23	0,164	8,20	0,073	6,08	0,149	6,43
390—400	1,238	—	„	„	0,022	0,36	0,096	2,68	0,732	15,25	0,137	6,85	0,063	5,25	0,142	6,19
440—450	1,334	—	„	„	0,023	0,38	0,108	3,04	0,777	16,19	0,152	7,60	0,069	5,75	0,144	6,26
Грунтовая вода в *г/л* с 480 *см*	17,30	—	„	„	0,218	3,57	6,638	189,50	4,558	94,96	1,223	61,15	0,925	77,09	3,449	149,79

Аналитик Л. Дубинко.

Запас солей в толще 1 *м* равен 85 *т/га*, 2 *м*-256 *т/га*.

Наблюдения в холодный и влажный период показали, что выпавшие осадки вызвали выщелачивание из верхних горизонтов 0-80 *см* тех небольших количеств С1, которые наблюдались летом 1951 г. Так, на глубине 45 *см* С1 уменьшился с 0,53 *мг-экв*. до 0,15 *мг-экв*. (табл. 34), на глубине 60 *см* - с 1,35 до 0.53 *мг-экв*., на глубине 70 *см* - с 2,14 до 0,69 *мг-экв*. Лишь с 80 см обнаруживается заметное его содержание - 2,34 *мг-экв*., несколько отличающееся от летнего содержания (3,25 *мг-экв*.), с максимумом на той же глубине – 160 - 170 *см* 4,55 *мг-экв*. что и летом.

Таблица 34

Динамика иона-хлора в глубокосолончаковатом солонце (в мг-экв. на 100г почвы). Разрез 117

Глубина в *см*	VII 1951 г.	II 1952 г.	IX 1952 г.	IV 1953 г.	IX 1953 г.
0—17	0,03	—	0,14	0,02	0,03
20—30	0,03	—	0,08	0,02	0,03
45—55	0,53	0,15	0,37	0,08	0,11
60—70	1,35	0,53	1,11	0,31	0,28
70—80	2,14	0,68	2,31	0,88	0,68
80—90	2,73	2,34	3,25	1,68	1,71
160—170	3,72	4,54	5,20	4,74	6,46
180—190	3,60	4,54	4,45	4,08	5,91
240—250	2,93	3,59	3,74		
290—300	3,04	2,39	4,02		
340—350	3,04	2,97	3,20		
390—400	2,68	3,53	3,54		
440—450	3,04	2,65	4,14		

Аналитик Л. Дубинко

К осени 1952 г. определилось обратное движение хлоридов вверх, хотя заметные количества С1 - 2,3 *мг-экв*. поднялись не выше 70 *см* от поверхности.

Таким образом, в глубокосолончаковатых лугово-степных солонцах амплитуда количественного изменения хлоридов в зависимости от сезона года небольшая и миграция их по профилю выражена значительно слабее, чем в солонцах солончаковатых. Сезонная динамика в целом ослабляется, особенно в верхней части профиля.

Лугово-степные темно-каштановые солонцеватые почвы

К типу хлоридно-сульфатного засоления, кроме рассмотренных солонцов, зачастую относятся и почвы, составляющие

основной почвенный фон в лугово-степных комплексах - темно-каштановые солонцеватые почвы.

В условиях лучшей дренированности, когда грунтовые воды опускаются на глубину 6-7 и больше метров, эти почвы приобретают сульфатный тип засоленности. В более низких местах в засолении принимают видное участие хлориды.

Рассмотрим особенности таких почв на примере разреза 119- темно-каштановой слабосолонцеватой почвы, заложенного в 50 *м* на восток от р. 117. Поле черного пара.

Сульфаты с 120 *см* в виде тонких прожилок мелкокристаллического гипса, с 140 *см* встречается гипс в виде гнезд.

Не пах. 0-18 *см* Буровато-серый, комковато-пылеватый, 0-3 *см* сухой, ниже - влажный, переход по цвету и структуре ясный.

HJ 18-34 *см* Темно-серый, комковато-зернистый, легкоглинистый, влажный, рыхловатый, переход постепенный.

IH 34-48 *см* Темно-бурый, комковатый, легкоглинистый.

ihp 48-62 *см* Бурый, неоднородный от капролитов, легкоглинистый, влажный, более плотный.

Рк 62-120 *см* Желто-бурый, пестрый от большого количества белоглазки, влажный.

Ps 120-140 *см* Желто-бурый, глинистый, пестрый от тонких прожилок гипса, сменяемых с 140 *см* скоплением крупнокристаллического гипса в виде гнезд.

Содержание гумуса в этой почве (табл. 35) несколько выше, чем в солонце - 2,64%, снижается оно по профилю весьма постепенно и на глубине 65 *см* составляет 1,08%. В составе обменных катионов обращает на себя внимание большая роль кальция - 20-24 *мг-экв*., за счет которого возрастает сумма обменных катионов в гумусовом горизонте до 32,14 *мг-экв*. В то же время участие натрия незначительное- всего 6% от суммы катионов в переходном иллювиальном горизонте.

По содержанию частиц физической глины (табл. 36) почва относится к легкоглинистой пылевато-иловатой разновидности. Что касается распределения фракций по профилю, то можно заметить тенденцию к выравниванию количества ила и др. фракций, хотя различие на глубине 0-10 и 25-35 *см* имеется: в первом ила содержится 35,58, во втором - 39,99%.

По данным валового анализа можно видеть, что здесь происходит вынос полуторных окислов, но он выражен значительно слабее. Содержание кремнекислоты в верхней части профиля-70,88%-но не намного отличается от нижележащего горизонта - 69,05%.

Таким образом, почва несет некоторые признаки солонцеватости, которые, однако, сильно ослаблены современным процессом остепнения.

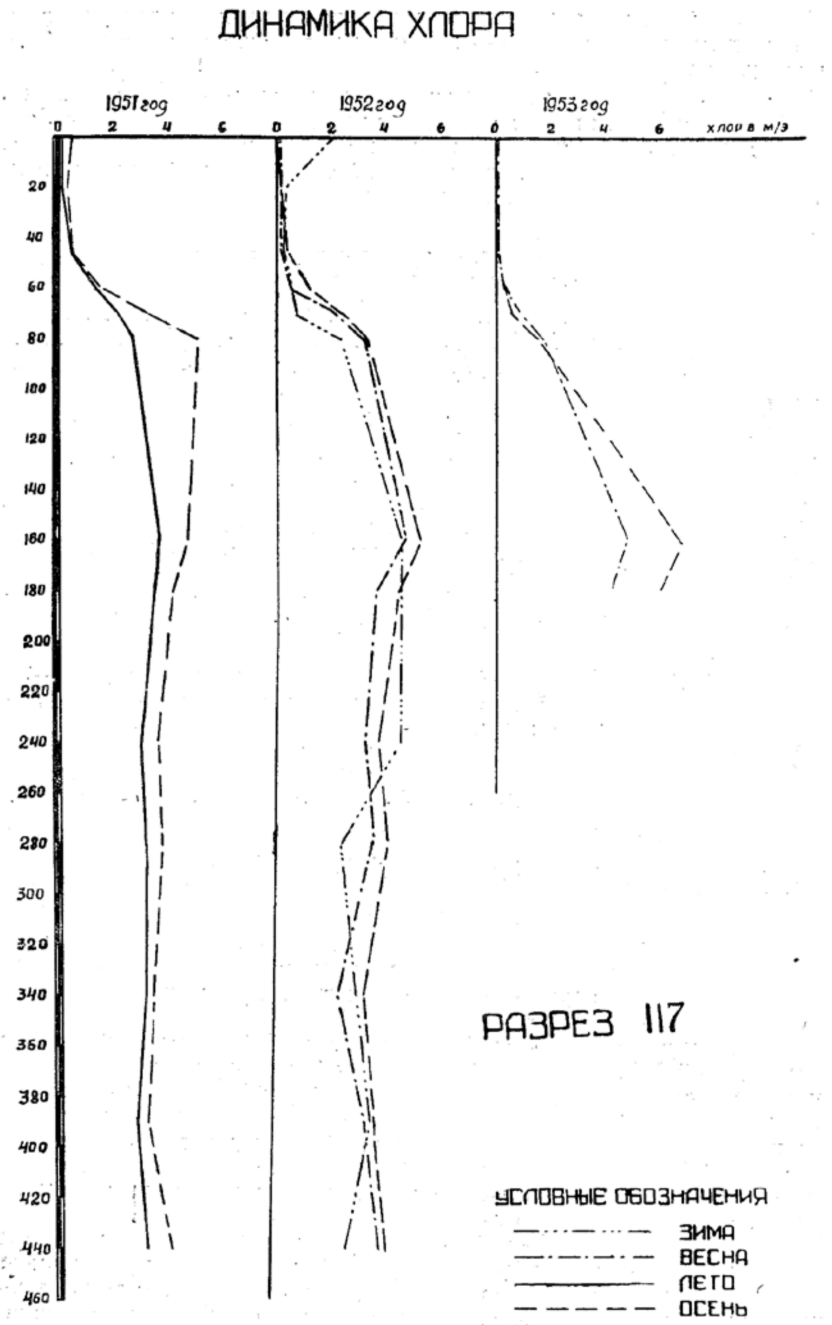


Рис. 13. *Динамика хлоридов в лугово-степном глубокосолончаковатом солонце. Разрез 117.*

Таблица 35

Содержание гумуса, карбонатов, обменных катионов, SO_4 гипса и pH. Разрез 119

Глубина образца в *см*	Фракции в *мм*						Сумма	Потеря от обработки HCl
	1,0—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,001	
0—10	0,14	—	39,11	12,56	12,61	35,58	60,75	2,81
25—35	0,16	—	34,35	12,57	12,93	39,99	65,49	3,28
37—47	0,07	—	32,98	12,19	16,84	37,92	66,95	3,04
55—65	0,16	—	34,11	11,63	17,22	36,88	65,73	17,38
85—95	0,08	0,24	32,47	7,74	22,36	37,11	67,21	21,51
140—150	0,08	1,05	34,56	10,02	18,33	35,96	64,31	19,86
240—250	0,12	1,18	36,64	5,29	21,70	35,07	62,06	17,71
390—400	0,14	—	26,64	7,71	22,27	42,99	72,97	27,00

Аналитик Е. А. Архонтова.

Таблица 36

Данные механического состава методом «пипетки» лугово-степной темно-каштановой солонцеватой почвы (в % на 100 г сухой почвы). Разрез 119

Глубина образца в *см*	Фракции в *мм*						Сумма	Потеря от обработки HCl
	1,0—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,001	
0—10	0,14	—	39,11	12,56	12,61	35,58	60,75	2,81
25—35	0,16	—	34,35	12,57	12,93	39,99	65,49	3,28
37—47	0,07	—	32,98	12,19	16,84	37,92	66,95	3,04
55—65	0,16	—	34,11	11,63	17,22	36,88	65,73	17,38
85—95	0,08	0,24	32,47	7,74	22,36	37,11	67,21	21,51
140—150	0,08	1,05	34,56	10,02	18,33	35,96	64,31	19,86
240—250	0,12	1,18	36,64	5,29	21,70	35,07	62,06	17,71
390—400	0,14	—	26,64	7,71	22,27	42,99	72,97	27,00

Аналитик Е. А. Архонтова.

Таблица 37

Данные валового анализа лугово-степной темно-каштановой солонцеватой почвы в % к сухой, безгумусной, бескарбонатной навеске. Разрез 119

Глубина в *см*	Потеря от прокаливания	SiO_2	Fe_2O_3	$Al_2O_3+P_2O_5$	CaO	MgO
0—10	6,1	70,88	4,72	14,88	1,08	1,14
37—47	5,7	69,05	5,21	15,68	2,11	1,35
240—250	7,6	66,72	4,85	16,32	11,05	1,55

Аналитик Е. А. Архонтова.

О составе водорастворимых солей в почве дают представление данные водной вытяжки (табл. 38). Здесь можно выделить следующие зоны:

Таблица 38

Данные анализа водных вытяжек из образцов лугово-степной темно-каштановой солонцеватой почвы. Разрез 119 (17.VII 1951 г.)

Глубина в *см*	Сумма в %	Водорастворимый гумус	Щелочность: нормальных карбонатов		Щелочность: общая в HCO_3		Cl'		SO_4''		$Ca^{\cdot\cdot}$		$Mg^{\cdot\cdot}$		$Na^{\cdot}$ по разн.	
			проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*
0—10	0,045	0,015	нет	нет	0,025	0,41	0,001	0,03	0,008	0,17	0,007	0,35	0,002	0,17	0,002	0,09
25 - 35	0,049	0,018	„	„	0,032	0,52	0,002	0,06	0,003	0,06	0,006	0,30	0,002	0,17	0,004	0,17
37—47	0,100	0,017	„	„	0,061	1,00	0,002	0,06	0,012	0,25	0,012	0,60	0,003	0,25	0,010	0,46
55—65	0,188	0,013	„	„	0,058	0,95	0,003	0,09	0,026	0,54	0,011	0,55	0,004	0,33	0,016	0,69
85—95	0,218	0,018	„	„	0,078	1,28	0,043	1,21	0,030	0,62	0,006	0,30	0,004	0,33	0,057	2,48
140—150	1,484	0,040	„	„	0,036	0,59	0,217	6,11	0,795	16,56	0,171	0,55	0,077	6,42	0,191	8,29
190—200	1,981	0,030	„	„	0,031	0,51	0,194	5,46	1,183	24,64	0,301	15,05	0,094	7,83	0,178	7,73
240—250	1,240	—	„	„	0,039	0,64	0,191	5,38	0,644	13,42	0,116	5,80	0,069	5,75	0,181	7,89
290—300	1,864	—	„	„	0,031	0,51	0,132	3,72	1,168	24,29	0,302	15,10	0,085	7,08	0,148	6,44
340—350	1,779	—	„	„	0,031	0,51	0,121	3,41	1,121	23,35	0,296	14,80	0,084	7,00	0,126	5,47
390—400	1,765	—	„	„	0,030	0,49	0,104	2,93	1,133	23,60	0,295	14,75	0,086	7,17	0,117	5,10
440—450	1,710	—	„	„	0,033	0,54	0,085	2,39	1,111	23,14	0,307	15,35	0,078	6,50	0,097	4,22
Грунтовая вода в *гл* с 470 *см*	14,20	—	„	„	0,244	4,00	5,626	158,48	3,618	75,37	0,907	45,35	0,998	83,17	2,515	109,33

Аналитик Л. Дубинко.

1. Зона опреснения, которая прослеживается до 100-120 *см*-глубже, чем в солонце. Сумма солей колеблется здесь в незначительных пределах -0,04 до 0,2%; количество хлоридов ничтожно -0,001%; щелочность в верхних горизонтах невысокая, но в нижней части переходного горизонта достигает высоких значений -0,073%, что свидетельствует об остаточном характере солонцеватости.

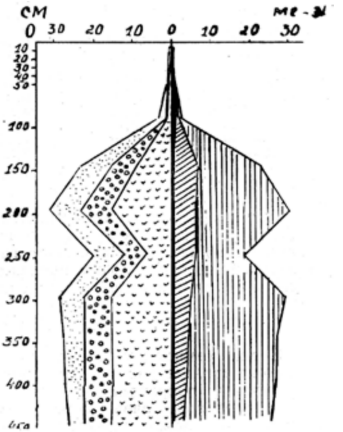


Рис. 14. *Солевой профиль лугово-степной темно-каштановой солонцеватой почвы слабоприподнятого Присивашья. Разрез 119. Совхоз «Молодая гвардия» Азовского района.*

2. Зона современного и остаточного соленакопления (100-150 *см*) совпадает с зоной внутрипочвенного испарения восходящих пленочно-капиллярных токов.

Содержание водорастворимых солей равно 1,5%, состав их хлоридно-сульфатно-кальциевый. В твердой части почвы содержится 12% $CaCO_3$ и около 13% гипса.

3. Зона восходящего движения капиллярных токов на глубине 150-450 *см*. Она характеризуется постоянным капиллярным насыщением всей толщи и таким же постоянством солей сульфатно-кальциевого типа, достигающих 2%.

Максимумы C1 и $S0_4$ совмещаются на глубине 140-150 *см*. Запас солей в толще 0-100 *см* равен 14 *т/га*, в слое 200 *см* - 263 *т/га*, в слое 450 *см*-860 *т/га* (лето 1951 г).

Грунтовые воды, залегающие на глубине 470 *см*, летом 1951 г. содержали 14 *г/л* солей, в составе которых главное место занимает Cl′ -158,48 *мг-экв*., Na-109,33 *мг-экв*., Mg – 83,17 *мг-экв*.

В холодный и влажный период в верхней опресненной толще наблюдается некоторое уменьшение количества солей, особенно хорошо это заметно по C1 на глубине 85-95 *см*, где содержание его уменьшается с 1,21 до 0,4 *мг-экв*. в 1952 г. и до 0,05 *мг-экв*. в 1953 г. (табл. 39). Вместе с тем, воздействие нис-

ходящего тока атмосферной влаги сказывается даже на составе солевого горизонта, с глубины 140-150 *см*, где количество Cl уменьшается с 6 до 2,6 *мг-экв.*, в 1952 г. и до 1,08 *мг-экв.* в 1953 г.

В слабосолонцеватой почве, таким образом, атмосферные осадки проникают значительно глубже по профилю и выщелачивают соли более интенсивно, чем в солонцах.

В сухой жаркий период наблюдается некоторое подтягивание хлоридов, однако это увеличение в заметных количествах обнаруживается лишь в солевом горизонте (140-150 *см*), где содержание Cl возрастает с 1,08 *мг-экв.* до 5,31 *мг-экв.* и на глубине 190-200 *см* - с 2,91 до 6,97 *мг-экв.* Выше по профилю намечается лишь незначительное увеличение хлоридов или оно даже не улавливается вовсе.

Таблица 39

Динамика иона-хлора в темно-каштановой солонцеватой почве (в мг-экв. на 100г почвы). Разрез 119

Глубина в *см*	VII 1951 г.	IX 1951 г.	II 1952 г.	IV 1952 г.	IX 1953 г.
0—10	0,03	0,48	0,34	0,02	0,03
25—35	0,06	0,51	0,43	0,02	0,03
37—47	0,06	0,18	—	0,02	0,03
55—65	0,09	0,14	0,09	0,02	0,03
85—95	1,21	2,53	0,40	0,05	0,46
140—150	6,11	4,79	2,60	1,08	5,31
190—200	5,46	5,46	4,83	2,91	6,97
240—250	5,38	6,00	4,92		
290—300	3,72	4,87	3,98		
340—350	3,41	4,17	4,40		
390—400	2,93	4,82	3,87		
440—450	2,39	3,58	2,68		

Аналитик Л. Дубинко

Таким образом, в темно-каштановых солонцеватых почвах лугово-степного ряда влияние грунтовых вод проявляется в сезонном поднятии хлоридов, но оно не превышает глубины 120-150 *см* от поверхности. В верхней же части почвы происходит опреснение атмосферными осадками, и динамика солей имеет слабо выраженный характер.

Лугово-каштановые осолоделые почвы

Среди комплексов луговых и лугово-степных почв встречаются лугово-каштановые осолоделые почвы, приуроченные к слабым микрозападинкам, покрытым злаковой растительностью. Примером такой слабоосолоделой почвы может служить разрез

139, заложенный в Красно-Перекопском районе, в 2 *км* на юго-запад от д. Будановки, на участке с целинной растительностью (мятлик, житняк, реже полынь) . Микрорельеф - еле заметное понижение.

Вскипает с 50 *см*. Карбонаты в виде плохо выраженной белоглазки с 57 *см*-140 *см* в небольшом количестве, максимум 72-89 *см*. Сульфатов нет до грунтовых вод, грунтовые воды с 420 *см*.

НЕ 0-12 *см* Серый со слабым буроватым оттенком, 0-6 *см* слоеватый, легко растирается в пыль, пронизан корнями растений, глинистый, сухой, рыхлый, переход постепенный.

Нр 12-29 *см* Темно-серый с буроватым оттенком, комковато-зернистый, с хорошо выраженными отдельностями, густо пронизан корнями растений, на которых агрегаты висят как «бусы», более уплотнен.

НР 29-44 *см* Несколько светлее, очень постепенный переход по цвету, комковато-ореховатый, крупно-пористый, плотноватый, сухой, пронизан корнями растений, глинистый.

НР 44-57 *см* Бурый, неясно призмовидно-комковатый, плотный, тонкопористый, количество корней резко убывает.

Ph 57-69 *см* Светло-бурый, неоднородный по окраске, с редкими стяжениям и белоглазки, комковато-призмовидный, редкопористый, глинистый, свежий.

РК 69-90 *см* Желто-бурый, неоднородный по окраске, легкоглинистый, очень плотный, пестрый от скоплений белоглазки в виде округлых, очень твердых хрустящих конкреций, влажноватый.

Рк 90-140 *см* Желто-бурый суглинок с сизоватым оттенком, с небольшим количеством карбонатов, аккумулирующихся по порам и трещинам в виде прожилок и точечных скоплений.

С 300 *см* - Желто-бурая глина сменяется сизыми илова-то-морскими отложениями.

Вследствие развития более богатой, чем на солонцах, злаковой растительности в почве содержится повышенное количество гумуса - 3,41 %, которое даже на глубине 58-68 *см* снижается лишь до 1,03%. Гумусовая часть почвенного профиля почти не содержит карбонатов. По механическому составу почва относится к пылевато-иловатой легкоглинистой разновидности. Распределение фракций по горизонтам в основном равномерное.

Как видно из таблицы 40 и рис. 16, почва несет следы наибольшего рассоления.

В верхних горизонтах почвы, до 75 *см*, плотный остаток равен 0,1-0,2% и лишь на глубине 75-105 *см* - слабо увеличива-

ется до 0,5%. Характерно, что количество солей не возрастает вблизи уровня грунтовых вод и остается равным 0,3%. Хлориды присутствуют в верхней части профиля в ничтожных количествах и лишь с 75 *см* достигают токсической величины - 0,1%, а ниже снова их содержание падает. Ничтожна и величина сульфатов по по всему профилю с максимумом - 0,1% на глубине 75-105 *см*. Щелочность по профилю невысокая - 0,02%.

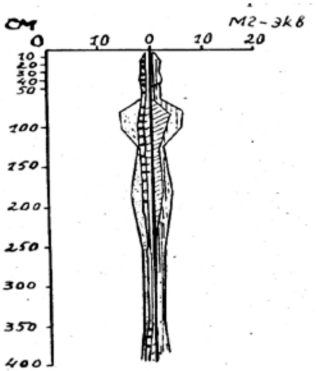


Рис. 16. *Солевой профиль лугово-каштановой осолоделой почвы. Разрез 139, с. Будановка Красно-Перекопского района.*

Таблица 40

Содержание $CaCO_3$, pH, гумуса и механический состав (в % сухой почвы) в лугово-каштановой осолоделой почве. Разрез 139

Глубина в *см*	$CaCO_3$ в %	pH	Гумус в %	Фракции в *мм*					
				1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	< 0,001
0—6	—	7,93	3,41	0,07	2,84	29,70	19,50	15,43	32,46
16—26	—	7,55	2,27	0,21	0,05	31,37	12,01	16,61	39,83
32—42	0,25	7,67	1,60	0,07	0,43	32,64	9,26	17,19	40,41
45—55	1,32	8,08	1,34	0,13	0,91	33,34	10,45	12,50	42,67
58—68	10,54	8,21	1,03	0,19	0,34	35,55	11,43	9,08	43,41
75—85	10,13	—	0,63	0,10	2,77	32,16	12,56	11,22	41,19
95—105	7,86	—	0,59						
120—130	16,32	—	0,44						
180—190	19,04	—	0,29						

Аналитик В. А. Хасапова.

На фоне незначительного содержания солей в верхней части профиля - до 75 *см* - преобладают сульфаты и бикарбонаты натрия, ниже - хлориды и сульфаты натрия и кальция. На глубине 75-85 *см*, где обнаруживается наибольшее засоление, состав солей по данным лета 1951 г. относится к сульфатно-хлоридному, натриево-кальциевому. В другие сроки он становится хлоридно-сульфатным.

Таблица 41

Данные анализа водных вытяжек из образцов лугово-каштановой осолоделой почвы
Разрез 139 (1.VIII 1951 г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток	Водорастворимый гумус в %	Щелочность				Cl'		SO_4''		$Ca^{\cdot\cdot}$		$Mg^{\cdot\cdot}$		$Na^{\cdot}$ (по разн.)	
			нормальных карбонатов		общая в HCO_3'											
			проц.	*мг/экв.*	проц.	*мг/экв.*	проц.	*мг/экв.*	проц	*мг/экв.*	проц.	*мг/экв.*	проц.	*мг/экв.*	проц.	*мг/экв.*
0—6	0,150	0,021	нет	нет	0,026	0,42	0,006	0,15	0,015	0,30	0,001	0,05	0,007	0,58	0,005	0,24
6—12	0,200	0,015	„	„	0,026	0,42	0,004	0,11	0,053	1,10	0,009	0,45	0,003	0,26	0,020	0,92
16—26	0,200	0,016	„	„	0,017	0,27	0,002	0,05	0,059	1,22	0,007	0,35	0,003	0,25	0,019	0,84
32—42	0,200	0,016	„	„	0,024	0,38	0,003	0,07	0,075	1,56	0,007	0,35	0,003	0,25	0,032	1,41
45—55	0,150	0,013	„	„	0,024	0,38	0,006	0,14	0,018	0,37	0,009	0,45	0,004	0,33	0,002	0,11
58—68	0,200	0,012	„	„	0,017	0,27	0,028	0,78	0,042	0,87	0,013	0,65	0,006	0,50	0,017	0,77
75—85	0,550	0,016	„	„	0,045	0,73	0,106	3,00	0,115	2,39	0,026	1,30	0,010	0,83	0,091	3,99
95—105	0,550	0,008	„	„	0,055	0,90	0,064	1,80	0,139	2,91	0,029	1,45	0,013	1,08	0,071	3,08
120—130	0,250	0,008	„	„	0,039	0,63	0,016	0,45	0,057	1,19	0,023	1,17	0,009	0,76	0,007	0,34
180—190	0,400	0,008	„	„	0,028	0,45	0,048	1,36	0,115	2,39	0,018	0,90	0,008	0,66	0,060	2,64
240—250	0,250	0,008	„	„	0,011	0,18	0,008	0,22	0,098	2,03	0,015	0,75	0,004	0,30	0,032	1,38
290—300	0,200	0,008	„	„	0,022	0,36	0,008	0,22	0,062	1,28	0,011	0,55	0,006	0,50	0,018	0,81
340—350	0,200	0,007	„	„	0,011	0,18	0,005	0,14	0,075	1,56	0,015	0,75	0,010	0,83	0,007	0,30
390—400	0,300	0,008	„	„	0,018	0,30	0,013	0,36	0,110	2,29	0,018	9,90	0,007	0,58	0,030	1,37
Грунтовая вода в *г/л* с 420 *см*	29,02	—	„	„	0,268	4,39	13,703	386,00	4,773	99,46	1,772	88,60	1,751	145,91	5,873	255,34

Аналитик Г. Гонтаренко.

Таблица 42

Динамика иона хлора в лугово-каштановой осолоделой почве (в мг-экв. *на 100* г *почвы). Разрез 139*

Глубина в *см*	VII 1951 г.	IX 1951 г.	II 1952 г.	IV 1952 г.	IX 1952 г.	IV 1953 г.	IX 1953 г.
0— 6	0,57	0,28	0,18	0,06	0,03	0,02	—
6—12	0,11	0,14	0,20	0,06	0,03	0,02	—
16—26	0,05	0,08	0,50	0,06	0,05	0,05	—
32—42	0,07	0,17	0,22	0,06	0,05	0,02	—
45—55	0,58	0,22	0,28	0,06	0,05	0,02	—
58—68	0,78	1,04	0,92	0,17	0,20	0,05	0,34
75—85	3,00	2,56	2,86	1,79	1,87	1,00	1,88
95—105	1,80	2,70	2,98	1,57	3,55	2,40	2,23
120—130	0,44	2,08	1,97	1,32	1,77	3,31	1,23
180—190	1,36	1,63	1,10	0,92	1,37	—	—
240—250	0,24	1,18	1,12	0,97	1,14	—	—
290—300	0,24	1,05	1,12	0,80	0,86	—	—

Аналитик Г. Гонтаренко

В период зимне-весеннего увлажнения эти почвы сильнее увлажняются в силу своего западинного положения, поэтому в весеннем профиле почвы заметно выщелачивание и тех малых количеств солей, которые здесь имеются.

Значительно снижается величина плотного остатка и сульфатов. Хлориды в 1952 г. были вымыты настолько, что до самых грунтовых вод не обнаруживалось токсической величины их, в 1953 г. вымывание хлоридов обнаружено до глубины 180-190 *см*.

Последующий подъем солей осуществлялся в небольших количествах и выше 75-95 *см* они не поднимались.

Если сопоставить содержание хлоридов и сульфатов в засушливый период 1951 и 1953 гг., то мы не обнаружим увеличения солей, а скорее уменьшение, особенно заметное по плотному остатку.

Следовательно, почвы западин, сквозь толщу которых фильтруется значительно больше влаги, чем на рядом расположенных по микробугоркам солонцах, интенсивно рассоляются и характеризуются слабой сезонной миграцией солей.

Таким образом, хлоридно-сульфатное засоление охватывает широкую группу почв, куда относятся солонцы луговые солончаковатые и глубоко-солончаковатые, солонцы лугово-степные солончаковатые и глубокосолончаковатые и лугово-каштановые и темно-каштановые солонцеватые глубокозасоленные почвы.

Состав первого горизонта аккумуляции представлен здесь Na_2SO_4, NaCl и $CaSO_4$.

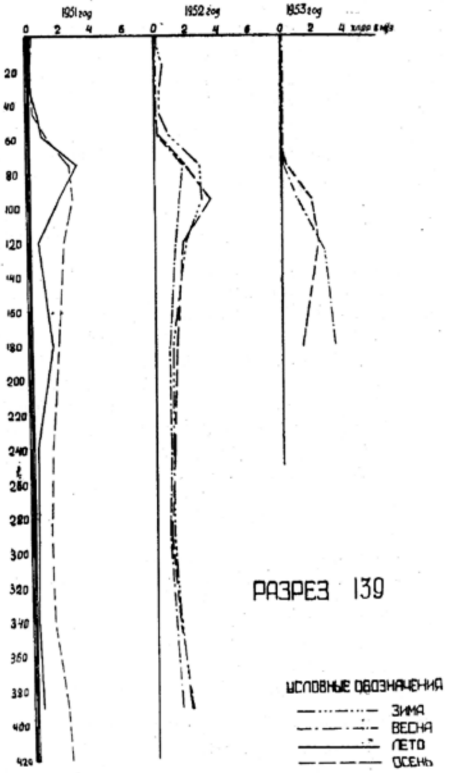


***Рис. 17**. Динамика хлоридов в лугово-каштановой осолоделой почве. Разрез 139.*

3. Область современного рассоления почв (автоморфные почвы)

а) Район глубокого рассоления почв с остаточным засолением и солонцеватостью

Тип засоленности - сульфатный.

Солевой режим - сезонно необратимого рассоления.

В более дренированной части степного Крыма, примерно с абсолютных отметок в 10 *м*, где грунтовые воды залегают глубже 8-10 *м*, почвенные горизонты теряют связь с грунтовыми водами, постепенно рассоляются и рассолонцовываются.

Почвенный покров на таких территориях представлен степными комплексами темно-каштановых (каштановых) почв различной степени солонцеватости, среди которых встречаются пятна солонцов, количество которых составляет обычно не более 10% от всей площади.

С еще большим повышением местности солонцы исчезают, сменяясь темно-каштановыми солонцеватыми почвами, залегающими в комплексе с темно-каштановыми слабосолонцеватыми, представляющими основной фон. Затем эти комплексы постепенно переходят в южные слабогумусированные черноземы центральной возвышенной степи.

В настоящее время почти все почвы степных комплексов Крыма, за исключением Керченского полуострова, характеризуются сульфатным типом засоленности и солевым режимом необратимого рассоления.

Характеристику почв сульфатного типа, испытавших былое засоление, начнем с более засоленных разновидностей почв, в частности степных солонцов.

Степной солончаковатый солонец

Разрез 136 характеризует степной средне-глыбисто-призматический солончаковатый солонец, заложенный в Красно-Перекопском районе, в 6,5 *км* на запад от д. 3-й Казенный участок, на полях Красно-Перекопского сортоучастка. Посев проса, сильно засоренного горчаком и кураем. Микропонижение с оголенной поверхностью.

Вскипание с 32 *см*. Карбонаты с 45 *см* в виде редкой белоглазки и отдельных точечных скоплений в рассеянном состоянии. Сульфаты с 58 *см* до 200 *см*, первый максимум 60-77 и второй - 134-200 *см*. До глубины 134 *см* сульфаты встречаются в виде тонких прожилок мелкокристаллического гипса, с 134 *см* - в виде крупнокристаллического гипса.

EH 0-16 *см* Светло-серый, белесоватый, пористый, выламывается глыбами, среднесуглинистый, плотный, сухой, разбит трещинами, переход резкий.

IH 16-33 *см* Коричневый, призмовидный, призмы распадаются на острогранные глыбки, поверхность отдельностей глянцеватая, очень плотный, редко пористый, глинистый, разбит трещинами, переход постепенный.

Ih 33-46 *см* Коричневато-бурый, призмовидно-глыбистый, плотный, глинистый, пылеватый.

Рк 46-58 *см* Желто-бурый, мелкоореховатый, плотный, глинистый, пылеватый. Карбонаты распределены неравномерно, в верхней части их немного в виде отдельных вкраплений, в нижней - количество их увеличивается.

Pks 58—134 *см* Те же цвет и структура, отдельности становятся более угловатыми и менее прочными. Сульфаты в

очень большом количестве, что придает горизонту пеструю окраску.

Ps 134—200 *см* Лессовидная глина, с большим количеством крупнокристаллического гипса в виде гнезд.

По данным химического анализа (табл. 43) видно, что содержание гумуса в степном солонце ниже, чем в ранее рассмотренных солонцах лугового и лугово-степного комплексов. В элювиальном горизонте оно равно 1,8%, а на глубине 45-58 *см* -0,5% и падает до 0,35% в солевом горизонте. Вместе с тем заметно увеличилось содержание карбонатов, с 30 *см* в почве обнаруживается 11% $CaCO$, достигая максимума 20,17% на глубине 55-58 *см*. Следовательно, при движении от солонцов гидроморфного ряда к степному наблюдается отчетливая картина возрастания карбонатов, повышение уровня карбонатного горизонта. Этот вывод имеет существенное значение для вопросов мелиорации этих почв.

Таблица 43

Данные химического состава почвы степного солончаковатого солонца. Разрез 136

Глубина в *см*	Гумус проц.	$CaCO_3$	pH	Обменные катионы (в *мг-экв.*)				Проц. Na от суммы
				Ca	Mg	Na	Сумма	
0—10	1,80	—	7,12	17,38	3,56	2,14	23,02	9
15—31	0,93	—	8,09	19,41	4,34	6,5	30,25	21
31—45	0,87	11,0	8,68					
45—58	0,52	20,17	8,26					
62—72	0,35	17,1	—					
100—110	0,30	12,01	—					
140—150	0,18	11,74	—					
190—200	0,09	8,65	—					

Аналитик Е. А. Архонтова

В составе обменных катионов начинает повышаться роль обменного кальция -17-19 *мг-экв*., но натрий в солонцеватом горизонте занимает еще видное место -21% от суммы катионов.

Такому высокому содержанию обменного натрия вполне соответствуют данные распределения механических элементов по профилю и валового анализа.

Фракций ила в солонцеватом горизонте содержится почти вдвое больше - 41,68%, чем в элювиальном горизонте - 24,86%, что свидетельствует об интенсивном процессе транспортировки коллоидных частиц по профилю.

Данные валового анализа, в свою очередь, указывают на значительный вынос полуторных окислов из элювиального в солонцеватый иллювиальный горизонт: в первом Fe_2O_3 содержится 4,45%, во втором - 6,26%; $A1_2O_3$ + P_2O_5 соответственно

13,99% и 16,50%. Очевиден также вынос кальция и в меньшей степени - магния.

Таблица 44

Данные механического анализа методом «пипетки» степного солончаковатого солонца (в % сухой почвы). Разрез 136

Глубина образца в *см*	Фракции в *мм*						Сумма <0,01	Потеря от обработки HCl
	1,0—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001		
0—10	0,25	6,54	41,92	10,63	15,80	24,86	51,29	1,64
15—31	0,07	3,37	28,65	7,87	18,36	41,68	67,91	1,58
31—45	0,14	—	37,82	6,17	17,16	38,71	62,04	13,74
45—58	0,11	1,81	29,53	10,17	16,59	41,79	68,55	24,09
62—72	0,12	—	28,93	13,13	20,22	37,60	70,95	22,88
100—110	0,14	1,13	31,79	12,81	21,94	32,19	66,94	17,10
140—150	0,10	5,07	33,17	11,87	15,13	34,66	61,66	18,13
190—200	0,19	1,46	37,20	5,55	22,94	32,66	71,15	18,39
240—250	0,18	3,98	38,21	5,23	17,70	34,70	57,63	17,66
340—350	0,19	10,09	37,46	3,83	18,79	29,70	52,26	15,37
440—450	0,18	7,68	30,24	7,21	15,72	38,97	61,90	25,39

Аналитик В. А. Хасапова

Таблица 45

Данные валового анализа степного солончаковатого солонца (в % к сухой) безгумусной бескарбонатной навеске. Разрез 136

Глубина в *см*	Потеря от прокаливания	SiO_2	Fe_2O_3	$Al_2O_3+P_2O_5$	CaO	MgO
0—10	4,1	74,81	4,45	13,99	0,89	1,59
15—30	5,3	64,34	6,26	16,50	1,72	1,92
30—45	8,4	71,26	5,88	15,78	4,54	2,55
240—250	8,1	68,57	4,69	14,90	9,42	1,75

Аналитик Р. С. Галанина

В верхнем горизонте отчетливо накопление кремнекислоты -73,81%, по сравнению с нижележащим горизонтом. Здесь же по данным щелочных вытяжек обнаруживается избыток SiO_2. на 2,1%.

О солевом составе почвы можно судить по данным таблицы 47 и рис. 18. В верхней части профиля до 62 *см* содержится немного солей - около 0,2%. С 62 и до 200 *см* количество их возрастает до 1-2%, причем на глубине 62-72 *см* величина С1 приближается к токсической (2,7 *мг-экв.*), но максимума он достигает на глубине 140 *см* -6,4 *мг-экв.*, где приуро-

чен также и максимум SO_4 - 23,9 *мг-экв*. Состав солей в первом солевом горизонте (62-72 *см*) сульфатно-кальциевый. Запас солей в слое 1 *м* 140 *т/га*, 2 *м* -280 *т/га*.

Таблица 46

Данные анализа щелочной вытяжки из образцов степного солончаковатого солонца. Разрез 136

Глубина в *см*	SiO_2 проц.	Al_2O_3 проц.	SiO_2 *мг-экв*	Al_2O_3 *мг-экв.*	$2SiO_2 \cdot Al_2O_3$ проц.	$2SiO_2 \cdot Al_2O_3$ *мг-экв.*	Избыток SiO_2 проц.	Избыток SiO_2 *мг-экв.*
0—10	2,76	0,49	23,0	4,82	1,07	9,64	2,18	18,18
15—30	1,98	0,58	16,4	5,68	1,26	11,3	1,28	10,7

В холодный и влажный период из почвы выщелачивается часть солей, причем в зимний период 1952 г. на глубине 62-72 *см* количество Cl уменьшилось с 2,7 *мг-экв*. до 0,73 *мг-экв.*, на глубине 100-110 *см* с 6,1 *мг-экв*. до 4,4 *мг-экв*. В верхних горизонтах вымывание было выражено слабее.

Выщелачивание стало более заметным весною 1953 г. (табл. 48), когда в верхних горизонтах, до 62 *см*, содержание Cl уменьшилось с 0,1-0,2 *мг-экв*. до 0,05 *мг-экв.*, на глубине 62-72 *см* - до 0,28 *мг-экв.*, на глубине 110 -120 *см* - до 2,4 *мг-экв*. Таким образом, во влажный период величина хлора, близкая к токсической, оказывается на глубине 110 *см*.

В сухой и жаркий период наблюдается некоторое подтягивание хлора вверх, но в 1953 г. токсическое его содержание после весеннего промачивания осталось по-прежнему на глубине 100 *см*, хотя на глубине 62-72 *см* произошло возрастание его с 0,28 *мг-экв*. до 2,51 *мг-экв.*, а выше - 45-48 *см* с 0,08 *мг-экв*. до 1,28 *мг-экв*.

Таким образом, в степных солончаковатых солонцах, не связанных с грунтовыми водами, заметная миграция хлоридов происходит в интервале 60-100 (150) *см*. Выше 60 *см* хлор в токсических количествах не поднимается.

Примером уже более остепненного солонца, который является переходным к солонцеватой темно-каштановой почве, является р. 128, заложенный в Джанкойском районе, на землепользовании колхоза им. Фрунзе, в 2 *км* на юг от дер. Солонцо-

вое, на поле подсолнечника. Почвенный покров состоит здесь в основном из темно-каштановых слабосолонцеватых почв (р. 129) и солонцов до 10%, причем солонцы, как уже оказано, значительно утратили свои резкие признаки.

Таблица 47

Данные анализа водных вытяжек из образцов степного солончакового солонца. Разрез 136.
(29 VII 1951г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Водорастворимый гумус	Щелочность: Нормальных карбонатов, проц.	Щелочность: Нормальных карбонатов, *мг-экв.*	Щелочность: Общая в HCO_3', проц.	Щелочность: Общая в HCO_3', *мг-экв.*	Cl', проц.	Cl', *мг-экв.*	SO_4'', проц.	SO_4'', *мг-экв.*	Ca'', проц.	Ca'', *мг-экв.*	Mg'', проц.	Mg'', *мг-экв.*	Na' по разн., проц.	Na' по разн., *мг-экв.*
0—10	0,128	0,010	нет	ет	0,013	0,20	0,005	0,14	0,020	0,42	0,002	0,10	0,003	0,20	0,010	0,46
15—31	0,127	0,014	„	„	0,023	0,38	0,007	0,20	0,015	0,30	0,002	0,10	0,002	0,15	0,014	0,63
31—45	0,192	0,014	„	„	0,016	0,26	0,049	0,14	0,010	0,21	0,003	0,14	0,004	0,30	0,004	0,17
45—58	0,290	0,007	„	„	0,040	0,66	0,033	0,94	0,115	2,41	0,007	0,33	0,006	0,50	0,073	3,18
62—72	1,169	0,003	„	„	0,020	0,32	0,095	2,70	0,634	13,20	0,093	4,63	0,054	4,50	0,163	7,09
100—110	1,952	0,004	„	„	0,015	0,24	0,213	6,10	0,974	20,30	0,182	9,09	0,104	3,67	0,216	8,88
140—150	0,233	0,004	„	„	0,014	0,22	0,224	6,40	1,147	23,90	0,393	19,64	0,113	9,41	0,034	1,47
190—200	2,172	0,003	„	„	0,110	0,18	0,168	4,80	1,142	23,80	0,142	7,08	0,098	8,17	0,311	13,53
240—250	0,855	0,004	„	„	0,023	0,38	0,154	4,40	0,340	7,08	0,029	1,45	0,044	3,67	0,155	6,74
290—300	0,689	—	„	„	0,027	0,44	0,120	3,44	0,312	6,50	0,023	1,15	0,036	3,00	0,144	6,23
390—400	1,850	—	„	„	0,017	0,28	0,095	2,70	0,990	20,60	0,201	10,05	0,093	7,75	0,132	5,78
440—450	2,212	—	„	„	0,014	0,22	0,091	2,60	1,222	25,46	0,263	13,13	0,103	8,58	0,151	6,57
490—500	1,688	—	„	„	0,020	0,32	0,091	2,60	0,904	18,80	0,154	7,70	0,088	7,33	0,154	6,69
540—550	—	—	„	„	0,032	0,52	0,090	2,55	0,309	6,44	0,020	1,00	0,031	2,60	0,136	5,91
590—600	0,615	—	„	„	0,038	0,62	0,081	2,30	0,268	5,60	0,015	0,75	0,025	2,10	0,130	5,67
640—650	0,763	—	„	„	0,034	0,56	0,091	2,60	0,345	7,18	0,220	1,10	0,032	2,70	0,150	6,54
690—700	1,011	—	„	„	0,027	0,44	0,095	2,70	0,488	10,17	0,048	2,40	0,051	4,20	0,154	6,71

Аналитик А. Рысина

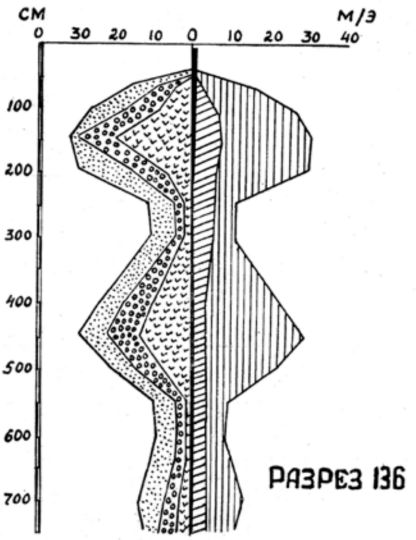


Рис. 18. *Солевой профиль степного солончаковатого солонца высокого Присивашья. Разрез. 136. с. Третий казенный участок, Красно-Перекопского района.*

Разрез 128 заложен на оголенном пятне среди посевов подсолнечника. Микробугорок. Вскипание с 49 *см*. Карбонаты в виде белоглазки не очень четкой формы с 57 до 75 *см*. Сульфаты с 94 *см* в виде тонких белых прожилок мелкокристаллического гипса в небольшом количестве. Со 146 *см* гипс крупнокристаллический в виде крупных друз и гнезд. Материнская порода - желто-бурая лессовидная глина.

Таблица 48

Динамика иона-хлора в степном солончаковатом солонце (в мг-экв. на 100г почвы) Разрез 136

Глубина в *см*	VII 1951 г.	IX 1951 г.	II 1951 г.	IV 1952 г.	1952 г.
0—10	0,14	0,17	0,04	0,05	0,05
15—31	0,20	0,17	0,10	0,05	0,05
31—45	0,14	0,34	0,21	0,23	0,05
45—58	0,98	0,51	0,34	0,28	0,08
62—72	2,70	1,41	0,73	0,43	0,28
100—110	6,10	4,65	4,41	3,68	2,40
140—150	6,40	5,73	5,61	5,22	4,22
190—200	4,80	4,73	4,61	5,05	4,62
240—250	4,40	3,89	3,46	4,62	
290—300	3,44	3,10	2,83	3,62	
340—350	2,80	2,87	2,78	3,87	
390—400	2,70	2,48	3,07	4,62	
440—450	2,60	2,51	3,04	4,18	
490—500	2,55	2,76	3,04	4,28	
540—550	2,55	2,70	3,11	4,25	
590—600	2,30	2,59	2,85	5,20	
640—650	2,60	2,65	3,27	4,89	
690—700	2,70	2,59	3,15	3,86	

Аналитик А. Рысина.

EH пах. -17 *см* Светлый, со слабым буроватым оттенком, глыбистый, выламывается глыбами размером 15 S 20 *см*, плотный среднесуглинистый, сухой, переход резкий.

IH 17-30 *см* Темно-серый с Коричневым оттенком, призмовидный, распадается на орехи и острогранные зерна, плотный, сухой, легкосуглинистый, переход постепенный.

Ih 30-43 *см* Светлее, призмовидно-ореховатый, легкоглинистый, разбит трещинами, переход постепенный.

Ihp 43-56 *см* Бурый, неоднородно гумусирован, видны затеки органического вещества, призмовидно-ореховатый, легкоглинистый, плотный.

Рк 56-97 *см* Светло-бурый, комковато-ореховатый, пестрит от вкраплений белоглазки расплывчатой формы, очень плотный, сухой, легкоглинистый.

Pks 94-145 *см* Желто-бурый, с небольшим количеством сульфатов.

Pks 145-200 *см* Такой же с максимальным содержанием гипса.

В этой почве содержание гумуса в верхнем горизонте не отличается от р. 136-1,88%, но распределение по глубинам более постепенное, чем обыкновенно у солонцов, на глубине 30-40 *см* обнаруживается еще 1,11% и на глубине 44-45 *см*-0,77%. Несколько меньшее участие в коллоидном комплексе принимает обменный натрий, составляя 16% от суммы катионов.

Таблица 49

Данные химического анализа степного глубокосолончаковатого солонца. Разрез 128

Глубина образца в *см*	Гумус в %	$CaCO_3$	SO_4 гипса (%)	Обменные катионы (в *мг-экв.*)				Проц. Na от суммы
				Ca··	Mg··	Na·	Сумма	
0—10	1,88	—	—	14,34	6,76	1,85	22,95	8
18—35	1,46	—	—	16,91	8,89	5,23	31,03	16
35—44	1,11	—	—	14,81	10,81	5,19	30,81	16
44—55	0,77	10,49	—					
65—75	0,31	17,13	—					
190—200	0,09	10,36	7,9					

Аналитик Е. А. Архонтова.

В почве обнаруживаются более слабые черты миграции веществ по профилю и выноса их. Так, по данным механического состава количество илистой фракции на глубине 0-10 *см*

составляет 24,71%, а на глубине 20-30 *см* оно возрастает до 38,26%.

Таблица 50

Данные механического анализа методом «пипетки» степного глубокосолончаковатого солонца (в % сухой почвы). Разрез 128

Глубина образца в *см*	Фракции в *мм*						Сумма < 0,01	Потеря от промывания HCl
	1,0—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001		
0—10	0,17	3,10	44,71	9,64	17,67	24,71	52,02	2,01
20—30	0,11	4,84	28,76	11,51	16,52	38,26	66,29	2,11
30—44	0,06	3,84	28,02	8,99	13,76	45,33	68,02	3,34
44—55	0,11	1,12	34,25	10,23	12,29	42,0	64,52	14,73
65—75	0,08	1,58	26,78	10,85	16,70	44,01	71,56	22,21
105—115	0,14	0,52	35,73	6,62	19,43	37,56	63,61	18,72
190—300	0,10	0,20	32,08	7,65	16,19	43,78	67,62	28,46
290—300	0,19	—	38,53	6,23	21,73	33,32	61,28	23,81
390—400	0,12	4,33	29,23	9,73	16,50	40,09	66,32	17,32
490—500	0,11	0,58	26,54	12,17	17,40	42,20	72,77	19,57
690—700	0,05	1,21	27,23	7,74	14,48	49,29	71,51	19,10
790—800	0,11	—	28,12	8,65	17,78	45,34	71,77	14,89
890—900	0,05	0,69	29,89	5,92	18,17	45,28	69,37	24,05
990—1000	0,04	—	25,38	5,44	20,93	48,21	74,58	29,86

Аналитик В. А. Хасапова.

Миграция полуторных окислов из верхнего горизонта в солонцеватый по данным валового анализа выражена также слабее: в верхнем горизонте Fe_2O_3 содержится 4,22%, в солонцеватом - 5,3%. Такая же картина наблюдается и по содержанию Al_2O_3. Однако накопление кремнекислоты в элювиальном горизонте видно отчетливо -72,26, по сравнению с солонцеватым горизонтом - 65,68%.

Обращает на себя внимание повышенное содержание валового кальция в верхнем горизонте почвы.

Таблица 51

Данные валового анализа степного глубокосолончаковатого солонца в % к сухой, безгумусной, бескарбонатной навеске. Разрез 128

Глубина в *см*	Потеря от прокаливания	SiO_2	Fe_2O_3	$Al_2O_3+P_2O_5$	CaO	MgO
0—10	5,1	72,26	4,22	14,42	2,55	1,68
18—30	5,4	65,68	5,38	15,52	2,51	2,79
30—44	5,2	65,46	5,91	15,78	2,53	2,87
240—250	7,6	67,54	4,74	15,97	8,30	2,99

Аналитик Р. С. Галанина.

Анализ щелочной вытяжки показывает значительное превышение содержания SiO_2 по сравнению с формулой каолина, оно достигает 2,2%.

О большей выщелоченности этой почвы можно судить по данным водной вытяжки (табл. 53, рис. 19).

Верхняя часть профиля до 100 *см* является более выщелоченной, чем в р. 136, плотный остаток здесь колеблется в пределах 0,07-0,16%. В составе солей преобладают бикарбонаты натрия. Характерно, что щелочность достигает величины 0,08% HCO_3 в нижней части солонцеватого горизонта и в верхней части карбонатного горизонта. Эта повышенная щелочность в нижней части гумусового горизонта и в карбонатном горизонте свидетельствует о прежней солонцеватости всего профиля и остаточном характере его в настоящий период.

Таблица 52

Данные анализа щелочной вытяжки из образцов степного глубокосолончаковатого солонца Разрез 128

Глубина в *см*	SiO_2 проц.	Al_2O_3 проц.	SiO_2 *мг-экв.*	Al_2O_3 *мг-экв.*	$2SiO_2 \cdot Al_2O_3$ проц.	$2SiO_2 \cdot Al_2O_3$ *мг-экв.*	Избыток SiO_2 проц.	Избыток SiO_2 *мг-экв.*
0—10	2,84	0,47	23,6	4,64	1,03	9,28	2,27	18,9
18—30	2,19	0,85	18,3	8,40	1,86	16,8	1,18	9,9

Аналитик Е. А. Архонтова.

С глубины 100 *см* обнаруживается возрастание засоленности до 0,5%, которая достигает максимума лишь в конце 2 *метра* - 1,8%. Здесь же отмечается максимум Cl-4,34 *мг-экв*. и SO_4-22,98 *мг-экв*.; из катионов преобладает кальций - 12,95 *мг-экв*. Состав солей сульфатно-кальциевый.

С 200 до 700 *см* в породе отмечается высокое содержание солей -0,8-1,9%, преимущественно сульфатно-кальциевого состава, а ниже 700 *см* количество солей убывает до 0,5-0,4% и состав их становится хлоридно-сульфатным, поскольку эта часть профиля находится в зоне воздействия капиллярных растворов, поднимающихся от грунтовых вод.

Запас солей в почве заметно уменьшается: в слое 1 *м* он равен 21 *т/га*, в 2 м - 62,8 *т/га*.

Грунтовые воды, залегающие на глубине 1065 *см*, более опреснены, содержат 12,6 *г/л* солей, причем в составе ионов главное место принадлежит Cl-96,6 *мг-экв*., SO_4-82,97 *мг-экв*., Na-103,84 *мг-экв*. и Mg-61,25 *мг-экв*.

В осенне-зимний период 1951-1952 г., когда выпало 145 *мм* осадков (по ст. Джанкой), почвенный профиль оказался сильно увлажненным до глубины 60 *см* (капиллярно-подвешенная влага), но и ниже, до глубины 2 *м*, влажность была выше на 2-3% по сравнению с предыдущим сухим периодом.

В весеннем профиле почвы 1952 г. обнаружилось некоторое уменьшение хлора во всей метровой толще. На глубине 115 *см* снижение содержания хлора произошло с 2,11 *мг-экв*., до 0,59 *мг-экв*., выше по профилю оно было выражено слабее.

К осени хлориды несколько подтянулись вверх по профилю, и хотя заметная их величина появилась на глубине 65 *см*,

токсическое же содержание наблюдалось по-прежнему на глубине 100 *см*. Следовательно, миграция хлоридов ослабляется как количественно, так и по амплитуде передвижения в профиле почвы.

Таблица 53

Данные анализа водных вытяжек из образцов степного глубокосолончакового солонца. Разрез 128.
(I.XI 1951 г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Щелочность: Нормальных карбонатов, проц.	Щелочность: Нормальных карбонатов, *мг-экв.*	Щелочность: Общая в HCO_3', проц.	Щелочность: Общая в HCO_3', *мг-экв.*	Cl', проц.	Cl', *мг-экв.*	SO_4'', проц.	SO_4'', *мг-экв.*	Ca'', проц.	Ca'', *мг-экв.*	Mg'', проц.	Mg'', *мг-экв.*	Na' по разн., проц.	Na' по разн., *мг-экв.*
0—10	0,075	нет	нет	0,020	0,33	0,002	0,05	0,013	0,27	—	—	—	—	—	—
18—30	0,070	"	"	0,033	0,54	0,006	0,17	0,011	0,23	—	—	—	—	—	—
30—44	0,084	"	"	0,052	0,85	0,012	0,31	0,005	0,10	—	—	—	—	—	—
45—55	0,120	"	"	0,078	1,28	0,012	0,34	0,017	0,35	0,005	0,25	0,002	0,17	0,036	1,55
65—75	0,160	"	"	0,081	1,33	0,014	0,39	0,027	0,56	0,005	0,25	0,002	0,17	0,043	1,86
105—115	0,526	"	"	0,040	0,65	0,075	2,11	0,261	5,44	0,018	0,90	0,020	1,67	0,129	5,63
190—200	1,848	"	"	0,018	0,29	0,154	4,34	1,103	22,98	0,245	12,25	0,102	8,50	0,158	0,86
240—250	0,750	"	"	0,044	0,72	0,144	4,05	0,318	6,63	—	—	—	—	—	—
290—300	1,690	"	"	0,016	0,26	0,119	3,35	1,00	20,83	0,228	11,40	0,086	7,17	0,135	5,87
340—350	0,852	"	"	0,046	0,75	0,132	3,72	0,431	8,98	—	—	—	—	—	—
390—400	0,670	"	"	0,047	0,77	0,109	3,07	0,310	6,46	—	—	—	—	—	—
440—450	1,950	"	"	0,024	0,39	0,083	2,34	1,220	25,42	—	—	—	—	—	—
490—500	2,028	"	"	0,027	0,44	0,098	2,76	1,247	25,98	—	—	—	—	—	—
540—550	1,170	"	"	0,034	0,56	0,097	2,73	0,643	13,44	—	—	—	—	—	—
590—600	1,951	"	"	0,027	0,44	0,085	2,40	1,199	25,00	—	—	—	—	—	—
640—650	1,806	"	"	0,023	0,38	0,061	1,72	1,148	23,91	—	—	—	—	—	—
690—700	0,563	"	"	0,043	0,70	0,080	2,25	0,265	5,52	—	—	—	—	—	—
740—750	0,517	"	"	0,039	0,64	0,071	2,00	0,250	5,21	0,019	0,95	0,020	1,67	0,120	5,23
790—800	0,555	"	"	0,061	1,00	0,070	1,98	0,260	5,42	—	—	—	—	—	—
840—850	0,412	"	"	0,064	1,05	0,067	1,88	0,163	3,39	—	—	—	—	—	—
890—900	0,415	"	"	0,066	1,08	0,066	1,86	0,193	4,02	—	—	—	—	—	—
940—950	0,422	"	"	0,066	1,08	0,062	1,75	0,181	3,77	—	—	—	—	—	—
Грунтовая вода с 1065 *см* в *г/л*	12,61	"	"	0,255	4,67	3,38	96,60	3,983	82,97	0,383	19,15	0,735	61,25	2,392	103,84

Аналитик А. Рысина

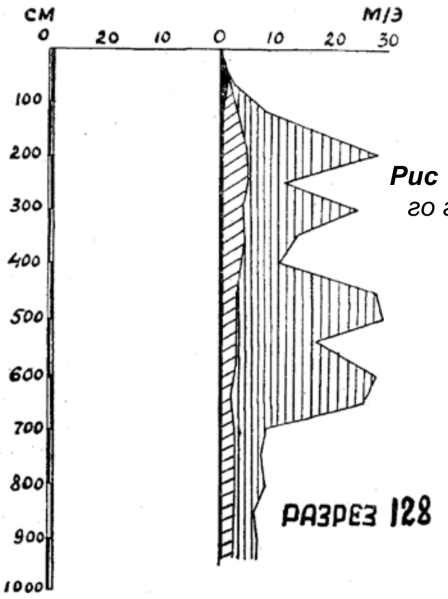


Рис 19. *Солевой профиль степного глубокосолончаковатого солонца высокого Присивашья. Разрез 128. Колхоз им. Фрунзе Джанкойского района.*

Таблица 54

Динамика иона-хлора в степном глубокосолончаковатом солонце(в мг-экв. на 100 г почвы) Разрез 128

Глубина в *см*	VII 1951 г.	IX 1951 г.	IV 1952 г.	IX 1952 г.	IV 1953 г.	IX 1953 г.
0—10	0,13	0,45	0,02	0,02	0,02	0,08
18—30	0,09	0,17	0,04	0,05	0,02	0,08
30—44	0,09	0,34	0,11	0,08	0,02	0,06
44—55	0,10	0,34	0,11	0,11	0,02	0,06
65—75	0,42	0,39	0,29	1,28	0,08	0,17
115—125	—	2,11	0,59	3,28	0,37	2,11
190—200	4,16	4,34	3,28	4,25	1,45	2,11
240—250	5,07	4,05	5,05	3,48		
290—300	3,30	3,35	4,03	2,77		
340—350	3,00	3,72	3,85	2,37		
390—400	3,12	3,07	3,20	2,20		
440—450	—	2,34	2,80	—		
490—500	2,40	2,76	3,46	1,94		
540—550	2,60	2,73	2,94	1,77		
590—600	2,26	2,40	2,80	1,82		
640—650	2,0	1,72	2,45	1,45		
690—700	2,34	2,25	2,62	1,25		
740—750	2,24	2,00	2,14	0,91		
790—800	2,14	1,98	2,46	0,80		
840—850	2,12	1,88	2,00	—		
890—900	2,12	1,86	2,14	—		

Аналитик А. Рысина.

Передвижение солей происходит без участия грунтовых вод, поскольку капиллярные токи, поднимающиеся снизу, не достигают почвенной толщи. Поэтому в этой почве не наблюдается такого резкого возрастания солей в сухой период, как это имело место, например, в луговых солонцах.

Данные механического состава, обменных оснований и валового анализа дают основание считать, что процесс осолонцевания этой почвы проходил в более слабой степени, чем в ранее приведенных разрезах, и что, судя по возрастанию обменного кальция в верхнем горизонте и большей опресненности, почва находится в стадии остепнения.

Сравнение состава солей в остепненных солонцах и солонцах луговых и лугово-степных показывает, что в первых хлориды занимают гораздо меньшее место, а большая роль принадлежит сульфатам.

Дальнейшее усиление процесса выщелачивания можно видеть на примере темно-каштановой солонцеватой почвы (р. 138), залегающей в комплексе с солонцами типа, описанного выше (р. 136).

Здесь солевой горизонт опущен на глубину 130-140 *см* - 0,493% солей, а максимум находится на глубине 190-200 *см*-1,96%. Токсическое содержание хлора обнаруживается на глубине 130 *см* (табл. 55).

Таблица 55

Данные анализа водных вытяжек из образцов темно-каштановой солонцеватой почвы.
Разрез 138 (28. XI 1951 г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Щелочность				Cl'		SO_4''	
		Нормальных карбон.		Общая HCO_3'					
		проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*
0—10	0,090	нет	нет	0,020	0,33	0,015	0,42	0,019	0,39
10—20	0,046	"	"	0,027	0,44	0,004	0,11	0,004	0,08
20—30	0,071	"	"	0,047	0,77	0,006	0,17	0,003	0,06
30—40	0,072	"	"	0,054	0,88	0,004	0,11	0,003	0,06
40—50	0,076	"	"	0,060	0,98	0,004	0,11	0,006	0,12
60—70	0,113	"	"	0,081	1,33	0,006	0,17	0,006	0,12
100—110	0,255	"	"	0,076	1,24	0,044	1,24	0,061	1,27
130—140	0,493	"	"	0,048	0,79	0,109	3,07	0,190	3,96
190—200	1,906	"	"	0,026	0,43	0,178	5,01	1,100	22,91
240—250	0,878	"	"	0,027	0,44	0,204	5,75	0,354	7,37
290—300	0,830	"	"	0,026	0,43	0,169	4,76	0,362	7,54
340—350	0,671	"	"	0,036	0,59	0,189	5,32	0,221	4,60
390—400	2,016	"	"	0,018	0,29	0,167	4,70	1,208	25,16
440—450	2,110	"	"	0,019	0,31	0,156	4,39	1,254	26,12
490—500	0,695	"	"	0,039	0,64	0,158	4,54	0,276	5,75
540—550	1,700	"	"	0,023	0,38	0,156	4,39	0,960	20,00
590—600	1,320	"	"	0,023	0,38	0,138	3,89	0,701	14,60
640—650	2,118	"	"	0,018	0,29	0,140	3,94	1,256	26,16
690—700	0,704	"	"	0,036	0,59	0,141	3,97	0,299	6,23

Аналитик Г. Гонтаренко.

Степные темно-каштановые почвы

Темно-каштановые солонцеватые и несолонцеватые почвы, в отличие от степных солонцов, несут следы более глубокого рассоления, интенсивность которого зависит от степени солонцеватости, удаленности от берегов Сиваша и ряда других причин.

Как правило, в темно-каштановых солонцеватых почвах нисходящий ток влаги встречает препятствие со стороны солонцеватого горизонта, поэтому выщелачивание солей здесь не достигает максимальной силы (например, в р. 138).

Слабое выщелачивание солей из нижних горизонтов почвы и из горизонтов породы наблюдается и в тех разностях темно-каштановых почв, которые сравнительно недавно оторвались от влияния грунтовых вод, залегающих на глубине 7-8 *м*. Примером такой темно-каштановой почвы, в которой заметно выщелочены соли из почвенной толщи и слабее из породы, является р. 126, заложенный в Азовском районе, в 3 *км* от дер. Великоселье на юго-запад. Поле черного пара.

Вскипает с 55 *см*, белоглазка с 64 *см* до 105 *см*, максимум 68-95 *см*. Сульфаты в виде крупных прожилок, слагающих гнезда, с 195 *см*. Грунтовые воды на глубине 780 *см*.

Н пах. 0-20 *см* Темно-серый, с буроватым оттенком, комковато-пылеватый, глинистый, сухой.

Н 20-33 *см*. Несколько темнее, комковато-зернистый, глинистый, сухой.

Нр 33-48 *см*. Темно-бурый, комковато-ореховатый, плотный, глинистый, свежий.

Нр 48-63 *см* Бурый, комковато-ореховатый, неоднородно гумусированный, с затеками органического вещества в виде узких заклинков, плотный, свежий.

Рк 63-103 *см* Комковато-ореховатый, пестрит от белоглазки и ходов червей, сухой, очень плотный.

Рк 103-195 *см* Желто-бурая лессовидная глина, тонкопористая, без морфологически различимых солей.

Рks 195-220 *см* Та же глина с большим количеством гипса в виде толстых прожилок, слагающих гнезда.

Аналитический материал, приведенный в таблицах 57-58, показывает, что в темно-каштановых почвах, по сравнению со степными солонцами, начинает возрастать содержание гумуса - 2,3%; распределен он по профилю более равномерно, достигая на глубине 50-60 *см* 1,09%.

Таблица 56

Химический состав темно-каштановой почвы. Разрез 126.

Глубина образца в *см*	Гумус (по Тюрину) в %	$CaCO_3$ в %	Обменные катионы в *мг-экв.*				Процент Na от суммы
			Ca	Mg	Na	Сумма	
0—10	2,30	—	18,48	3,90	1,11	23,49	4
10—20	2,24	—	—	—	—	—	—
22—32	1,96	—	—	—	—	—	—
35—45	1,47	—	19,54	8,86	1,77	30,17	5
50—60	1,09	1,99					
70—80	0,52	15,34					
140—150	0,22	13,45					
200—210	0,09	10,08					

В составе обменных катионов основное место занимает кальций, при подчиненной роли натрия, величина которого достигает всего 5% от суммы катионов.

Механический состав почвы пылевато-иловатый легкоглинистый. Распределены фракции по профилю почвы в основ-

ном равномерно со слабой дифференциацией илистой фракции, на глубине 0-10 *см* ее количество равно 37,40, а ниже 41,88%.

Таблица 57

Данные механического анализа методом «пипетки» темно-каштановой почвы (в % сухой почвы). Разрез 126

Глубина образца в *см*	Фракции в *мм*							Потеря от промывания HCl
	1,0—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	Сумма <0,01	
0—10	0,17	0,55	29,57	10,77	21,54	37,40	69,71	3,62
22—32	0,13	2,38	24,38	14,27	16,96	41,88	73,11	4,55
35—45	0,11	0,06	28,59	12,13	15,05	44,06	71,24	3,90
50—60	0,17	1,29	28,53	11,82	17,20	40,90	70,01	6,66
70—80	0,10	6,14	16,37	13,59	17,71	46,09	77,39	24,94
140—150	0,10	0,91	31,03	10,48	24,32	33,16	67,96	18,70
250—260	0,11	0,52	34,65	11,45	15,07	38,20	64,72	18,80
340—350	0,08	0,85	32,64	9,98	16,77	39,68	66,43	17,71
390—400	0,12	1,44	28,48	14,84	15,08	40,04	69,96	20,75
540—550	0,12	4,78	18,46	18,19	15,43	43,02	76,64	17,62
690—700	0,14	4,76	26,99	9,86	17,01	40,34	68,11	22,67
780—790	0,12	3,28	36,48	15,31	14,20	30,61	60,12	20,09

Аналитик В. А. Хасапова.

Эти данные хорошо согласуются с валовым анализом, результаты которого свидетельствуют о равномерном распределении полуторных окислов, отсутствии заметного выноса веществ из верхних горизонтов: Fe_2O_3 на глубине 0-10 *см* содержится 5,38 и ниже 5,33%; такая же закономерность в содержании $A1_2,O_3$. Замечается небольшое увеличение SiO_2 в верхнем горизонте-68,76 против 65,38% на глубине 35-45 *см*.

Таблица 58

Данные валового анализа темно-каштановой почвы (в %) к сухой, безгумусной бескарбонатной навеске. Разрез 126

Глубина в *см*	Потеря от прокаливания	SiO_2	Fe_2O_3	$Al_2O_3+P_2O_5$	CaO	MgO
0— 10	6,2	68,76	5,38	15,61	1,29	1,59
35— 45	6,6	65,38	5,33	16,13	2,38	2,15
50— 60	6,7	65,60	5,60	15,30	2,96	1,69
140—150	9,4	65,02	5,27	16,08	10,71	2,24

Аналитик Р. С. Галанина.

В целом можно считать, что в почве явления солонцового процесса имели место в очень небольшой степени.

В солевом профиле почвы (табл. 59, рис. 20) выделяется зона опреснения, достигающая глубины 200 *см*. Величина плотного остатка здесь незначительная, около 0,05%, в составе солей преобладают бикарбонаты кальция.

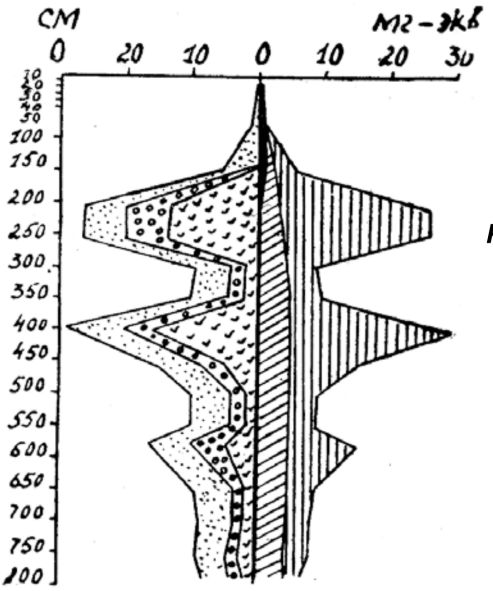


Рис. 20. *Солевой профиль темно-каштановой почвы высокого Присивашья. Разрез 126, с. Великоселье Азовского района*

Таблица 59

Данные анализа водных вытяжек из образцов темно-каштановой почвы. Разрез 126 (21. VII 1951 г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток	Водорастворимый гумус в %	Щелочность: нормальных карбонатов, проц.	Щелочность: нормальных карбонатов, *мг-экв.*	Щелочность: общая в HCO'_3, проц.	Щелочность: общая в HCO'_3, *мг-экв.*	Cl', проц.	Cl', *мг-экв.*	SO_4'', проц.	SO_4'', *мг-экв.*	$Ca^{\cdot\cdot}$, проц.	$Ca^{\cdot\cdot}$, *мг-экв.*	$Mg^{\cdot\cdot}$, проц.	$Mg^{\cdot\cdot}$, *мг-экв.*	Na (по разн.), проц.	Na (по разн.), *мг-экв.*
0 – 10	0,050	0,016	нет	нет	0,025	0,41	0,009	0,11	0,005	0,10	0,007	0,35	0,002	0,17	0,002	0,14
10 – 20	0,037	0,013	"	"	0,017	0,28	0,003	0,08	0,005	0,10	0,005	0,25	0,002	0,17	0,001	0,10
22 – 33	0,048	0,015	"	"	0,027	0,44	0,004	0,11	0,005	0,10	0,007	0,35	0,002	0,17	0,003	0,13
35 – 45	0,049	0,016	"	"	0,035	0,57	0,003	0,08	0,006	0,12	0,007	0,35	0,002	0,17	0,006	0,25
50 – 60	0,065	0,017	"	"	0,049	0,80	0,004	0,11	0,007	0,14	0,011	0,55	0,003	0,25	0,006	0,25
70 – 80	0,070	0,015	"	"	0,063	1,03	0,004	0,11	0,004	0,08	0,008	0,40	0,003	0,25	0,013	0,57
140 – 150	0,325	0,021	0,004	0,13	0,064	1,05	0,051	1,43	0,121	2,52	0,007	0,35	0,006	0,50	0,095	4,15
200 – 210	1,815	0,028	нет	нет	0,026	0,43	0,097	2,78	1,112	23,17	0,266	13 30	0,080	6,63	0,146	6,36
250 – 260	1,788	—	"	"	0,023	0,38	0,116	3,27	1,093	22,77	0,272	13,60	0,076	6,33	0,148	6,49
290 – 300	0,575	—	"	"	0,040	0,65	0,136	3,83	0,225	4,69	0,028	1,40	0,025	2,08	0,131	5,69
340 – 350	0,661	—	"	"	0,050	0,82	0,161	4,53	0,245	5,10	0,033	1,65	0,033	2,75	0,139	6,05
390 – 400	1,965	—	"	"	0,034	0,56	0,155	4,37	1,148	23,92	0,304	15,20	0,054	4,50	0,210	9,15
440 – 450	1,075	—	"	"	0,045	0,74	0,155	4,37	0,519	10,81	0,095	4,75	0,050	4,17	0,161	7,00
490 – 500	0,596	—	"	"	0,049	0,80	0,146	4,11	0,212	4,42	0,027	1,35	0,027	2,25	0,132	5,73
540 – 550	0,593	—	"	"	0,047	0,77	0,154	4,34	0,203	4,23	0,028	1,40	0,025	2,08	0,134	5,86
570 – 580	1,054	—	"	"	0,039	0,64	0,158	4,45	0,505	10,52	0,088	4,40	0,063	5,25	0,137	5,96
640 – 650	0,585	—	"	"	0,047	0,77	0,149	4,20	0,195	4,06	0,023	1,15	0,022	1,83	0,139	6,05
690 – 700	0,495	—	"	"	0,044	0,72	0,144	4,06	0,157	3,27	0,024	1,20	0,018	1,50	0,123	5,35
740 – 750	0,540	—	"	"	0,044	0,72	0,132	3,72	0,187	3,89	0,039	1,95	0,024	2,00	0,101	4,38
780 790	0,430	—	"	"	0,041	0,67	0,143	4,03	0,117	2,44	0,019	0,95	0,016	1,33	0,112	4,86
Грунтовая вода с 780 *см* в *г/л*	15,480	—	"	"	0,183	3,00	7,366	207,49	2,021	42,10	0,943	47,15	0,828	69,00	3,138	136,44

Аналитик Г. Гонтаренко.

С глубины 200 до 450 (500) *см* прослеживается зона остаточного засоления, где количество солей резко возрастает - до 1-1,9%. Состав солей первого горизонта их аккумуляции (200 *см*) сульфатно-кальциевый, с содержанием иона хлора 2,78 *мг-экв*., аниона серной кислоты - 23,17 *мг-экв*. Максимум хлоридов находится ниже максимума сульфатов, на глубине 340-350 *см* -4,53 *мг-экв*. Высокое содержание солей в этой части профиля обязано наличию крупнокристаллического гипса, скопление которого в виде гнезд образует несколько ярусов в породе, разделенных участками суглинка, не содержащими гипса. Поэтому в местах скопления гипса выдерживается постоянно такое соотношение сульфатов и хлоридов, при котором сульфаты превышают их в 8-10 раз, тип засоленности сульфатный. В то же время в слоях, не содержащих гипса, соотношение солей резко изменяется в сторону усиления роли хлоридов (на глубине 340 *см* хлора -4,53 *мг-экв*., SO_4-5,1 мг-экв.) и тип засоленности становится хлоридно-сульфатным.

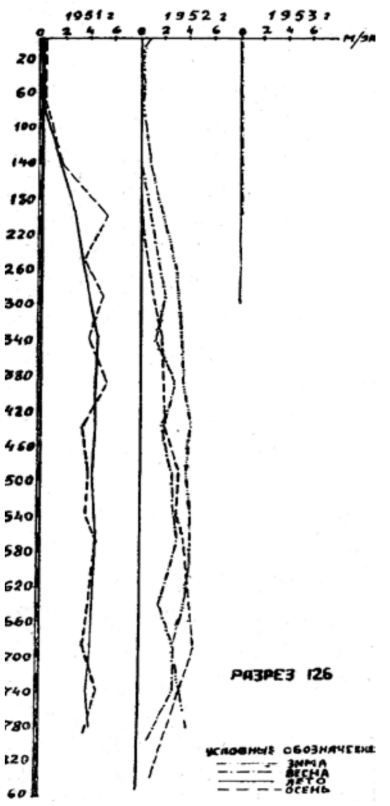


Рис. 21. *Динамика хлоридов в темно-каштановой почве. Разрез 126.*

Глубже 450 (500) *см*, в зоне капиллярного насыщения породы грунтовыми водами, содержание солей не превышает 0,5%. Количество хлоридов здесь, как правило, больше, чем сульфатов, или они почти равны. Так, на глубине 690 *см* содержится Cl 4,06 *мг-экв*. SO_4 - 3,27 *мг-экв*., из катионов преобладает натрий.

Запас солей в метровом слое почвы равен 7,8 *т/га*, в 2-*метровом* - 73 *т/га* и пятиметровом -641 *т/га*. Наблюдения за изменением солевой динамики показывают, что (табл. 60) в верхних опресненных горизонтах происходят лишь слабые изменения, количество хлора уменьшается с 0,2 *мг-экв*. до 0,08-0,03 *мг-экв*.

Во все сроки не наблюдалось перемещения хлоридов вверх от солевого горизонта в количествах, вызывающих угнетение растения. Токсическое его содержание постоянно удерживалось глубже 200 *см*.

Таблица 60

Динамика хлора в темно-каштановой почве (в мг-экв. на 100 г)
Разрез 126

Глубина в *см*	VII 1951 г.	IX 1951 г.	II 1952 г.	IV 1952 г.	IV 1953 г.	IX 1953 г.
0— 10	0,11	0,31	—	0,03	0,08	0,03
10— 20	0,08	0,20	0,22	0,08	0,08	0,03
22 – 33	0,11	0,14	0,11	0,08	0,05	0,03
35— 45	0,08	0,28	0,15	0,08	0,08	0,03
50— 60	0,11	0,11	0,28	0,06	0,08	0,03
70— 80	0,11	0,31	0,27	0,06	0,02	0,03
140—150	1,43	1,52	0,83	0,66	0,08	0,05
200—210	2,73	—	1,85	0,84	—	0,28
250—260	3,27	3,41	2,76	1,56		
290—300	3,83	4,99	3,19	2,01		
340—350	4,53	4,14	3,40	1,34		
390—400	4,37	5,64	3,49	2,89		
440—450	4,37	3,49	4,13	1,96		
490—500	4,11	4,04	3,78	2,70		
540—550	4,34	3,88	4,09	2,84		
570—580	4,45	4,58	4,16	3,18		
640—650	4,20	3,86	3,82	1,69		
690—700	4,06	3,56	3,35	2,81		

Аналитик Г. Гонтаренко.

Несколько иная картина распределения солей наблюдается в р. 129 с темно-каштановой слабосолонцеватой почвой, залегающей в комплексе с ранее описанным солонцом (р. 128). Здесь вскипание обнаруживается с 49 *см*, белоглазка с 53 *см*, сульфаты с 215 *см*.

Верхняя 2-метровая толща значительно выщелочена от солей (табл. 61), плотный остаток равен 0,06-0,08%, в составе солей преобладают бикарбонаты кальция, хлор достигает всего 0,1 *мг-экв*. SO_4 0,1 — 0,3 *мг-экв*.

Заметное содержание солей - 0,4 % - обнаруживается с глубины 290 *см*. Отсюда и до 650 *см* плотный остаток достигает 0,5-1,2%. В составе анионов преобладают сульфаты (3-20 *мг-экв*.) над хлоридами (0,28-0,31 *мг-экв*.), из катионов - кальций.

Характерно, что здесь до самых грунтовых вод (11 *м*) содержание хлора не достигает токсической величины. Во всех без исключения образцах не только почвы, но и породы преобладают сульфаты над хлоридами. Лишь с глубины 700 *см*, в зоне капиллярного увлажнения, снизу от грунтовых вод хлоридность несколько усиливается, хотя преобладание остается за сульфатами.

Запас солей в слое 1 *м* равен 10,2 т*/га,* в двухметровом - 84,5 т*/га* и в пятиметровом -516 т*/га*.

Таблица 61

Данные анализа водных вытяжек из образцов темно-каштановой слабосолонцеватой почвы. Разрез 129

(2. IX 1951 г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток	Щелочность в HCO'_3		Cl'		SO_4''		$Ca^{\cdot\cdot}$		$Mg^{\cdot\cdot}$		$Na^{\cdot}$ (по разн.)	
		проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*
0— 10	0,050	0,027	0,44	0,004	0,11	0,008	0,16	—	—	—	—	—	—
15— 25	0,044	0,030	0,49	0,003	0,08	0,004	0,08	—	—	—	—	—	—
30— 40	0,067	0,030	0,49	0,003	0,08	0,003	0,06	—	—	—	—	—	—
43— 54	—	0,041	0,67	0,004	0,11	0,008	0,17	0,013	0,65	0,003	0,25	0,001	0,05
60— 70	0,065	0,040	0,65	0,004	0,11	0,007	0,15	0,012	0,60	0,003	0,25	0,001	0,06
115— 125	0,078	0,059	0,97	0,004	0,11	0,005	0,10	—	—	—	—	—	—
170— 180	0,080	0,057	0,93	0,005	0,14	0,015	0,31	—	—	—	—	—	—
210— 220	0,222	0,028	0,46	0,010	0,28	0,120	2,50	0,035	1,75	0,010	0,83	0,015	0,66
290— 300	0,450	0,029	0,47	0,005	0,14	0,281	5,85	—	—	—	—	—	—
340— 350	1,005	0,019	0,31	0,011	0,31	0,667	13,90	0,203	10,15	0,044	3,67	0,016	0,70
390— 400	1,490	0,027	0,44	0,011	0,31	0,988	20,58	—	—	—	—	—	—
440— 450	1,510	0,026	0,43	0,010	0,28	1,007	20,97	—	—	—	—	—	—
490— 500	0,300	0,049	0,80	0,008	0,22	0,168	3,50	—	—	—	—	—	—
540— 550	0,343	0,052	0,85	0,008	0,22	0,181	3,79	—	—	—	—	—	—
590— 600	1,220	0,027	0,44	0,011	0,31	0,799	16,64	—	—	—	—	—	—
640— 650	0,526	0,058	0,95	0,009	0,25	0,184	3,85	—	—	—	—	—	—
690— 700	0,371	0,050	0,82	0,011	0,31	0,206	4,29	0,011	0,55	0,002	0,17	0,108	4,70
750— 760	0,378	0,061	1,00	0,017	0,48	0,192	4,00	—	—	—	—	—	—
790— 800	0,369	0,063	1,03	0,020	0,56	0,181	3,77	—	—	—	—	—	—
840— 850	0,360	0,065	1,06	0,029	0,82	0,166	3,46	—	—	—	—	—	—
890— 900	0,380	0,077	1,27	0,040	1,13	0,173	3,60	—	—	—	—	—	—
940— 950	0,390	0,075	1,23	0,048	1,35	0,179	3,73	—	—	—	—	—	—
990—1000	0,353	0,076	1,25	0,040	1,13	0,147	3,06	—	—	—	—	—	—
1040—1050	0,345	0,078	1,28	0,040	1,13	0,142	2,96	—	—	—	—	—	—

Аналитик А. Рысина.

Как можно судить по данным динамики иона-хлора (табл. 62), резких колебании в его содержании не происходит. Расчет коэффициента сезонной аккумуляции по хлору (1953 г.) дает величину его меньше единицы, что свидетельствует о необратимом процессе рассоления почвы.

Таблица 62

Динамика иона-хлора в темно-каштановой слабосолонцеватой почве (в мг-экв. на 100 г почвы). Разрез 129

Глубина в *см*	25.VII 1951 г.	2.XI 1951 г.	11.IV 1952 г.	31.III 1953 г.	30.VIII 1953 г.
0— 10	0,040	0,11	0,05	0,05	0,03
15— 25	0,050	0,08	0,08	0,02	0,03
30— 40	0,050	0,08	0,12	0,05	0,03
43— 54	0,040	0,11	0,11	0,05	0,03
60— 70	0,040	0,11	0,11	0,02	0,06
115— 125	—	0,11	0,12	0,05	—
170— 180	0,040	0,14	0,08	0,08	0,03
210— 215	0,060	0,28	0,17	0,05	0,03
290— 300	0,18	0,14	0,31	—	—
340— 350	0,24	0,31	0,40	—	—
390 - 400	0,50	0,31	0,51	—	—
440— 450	0,30	0,28	0,37	—	—
490 – 500	0,20	0,22	0,25	—	—
540 – 550	0,16	0,22	0,20	—	—
590— 600	0,22	0,31	0,31	—	—
640— 650	0,50	0,25	0,34	—	—
690— 700	0,60	0,31	0,34	—	—
750— 760	0,90	0,48	0,80	—	—
790— 800	1,00	0,56	0,97	—	—
840— 850	1,00	0,82	0,89	—	—
890— 900	1,30	1,13	1,11	—	—
940— 950	1,70	1,35	1,34	—	—
990—1000	1,50	1,13	1,14	—	—
1040—1050	1,40	1,13	1,32	—	—

Аналитик А. Рысина.

б) Район глубокого современного и древнего рассоления почв

Тип засоленности - сульфатный.
Солевой режим - сезонно-необратимого рассоления.
Южный чернозем.

На наиболее дренированных и удаленных от побережья Сиваша территориях, где грунтовые воды залегают на глубине 40 *м*, распространены южные черноземы. В их профиле обнаруживаются еще более резкие признаки глубокого опреснения.

Разрез 6 - южный слабогумусированный чернозем - заложен в Красногвардейском районе, на поле Государственной комплексной сельскохозяйственной опытной станции (с. Клепинино), в 500 *м* от центральной усадьбы на северо-запад. Ровная часть широкого водораздела.

Вскипание с 42 *см*, белоглазка с 52-100 *см*, максимум 59-72 *см*, сульфаты с 160 *см*.

Н 0-22 *см* Темно-серый, с бурым оттенком, пылевато-порошистый (верхний 8 *см*), ниже комковато-глыбистый, плотный, сухой.

Нр 22-32 *см* Темно-серый, комковато-зернистый, плотный, сухой.

Нр 32-41 *см* Буровато-серый, комковато-зернистый, легкоглинистый, сухой.

Нр 41-52 *см* Более светлый, неоднородно окрашен, призмовидно-комковатый, легкоглинистый, сухой, плотный.

Рк 52-100 *см* Желто-бурый, очень плотный, сухой, пестрит от большого количества белоглазки.

Рк 100-160 *см* Желто-бурый, менее плотный, тонкопористый, белоглазка почти отсутствует.

Pks 160-200*см* Желто-бурая лессовидная глина с гнездами крупно-кристаллического гипса.

В южном черноземе возрастает содержание гумуса до 3% (табл. 63), увеличивается сумма обменных катионов до 32-34 *мг-экв*.

Таблица 63

Данные химического анализа южного чернозема. Разрез 6

Глубина в *см*	Гумус (по Тюрину) проц.	$CaCO_3$	Обменные катионы (в *мг-экв*)		Сумма обменных катионов (в *мг-экв.*)
			Ca	Mg	
0—10	3,19	—	28,3	4,33	32,63
20—30	2,67	0,04	30,15	4,70	34,85
30—40	2,10	0,36	—	—	—
40—50	1,79	2,21	—	—	—
60—70	1,15	15,59	—	—	—

Аналитик Е. А. Архонтова.

Как показывают данные анализа водной вытяжки (табл. 64, 65), в почвенной толще до 160 *см* содержится всего

0,07-0,01% солей гидрокарбонатно-кальциевого типа. Первый солевой максимум залегает на глубине 160 *см* и представлен солями сульфатно-кальциевого типа.

Таблица 64

Данные анализа водных вытяжек из образцов южного чернозема. Разрез 6.
(сентябрь 1952 г.)

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Водорастворим. гумус в %	Щелочность в CO_3''		Щелочность в HCO_3'		Cl'		SO_4''		Ca''		Mg''		Na' по разн.	
			проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*
0— 10	0,076	0,017	—	—	0,018	0,29	0,003	0,10	0,27	0,56	0,010	0,51	0,001	0,14	0,007	0,30
30— 40	0,098	0,021	—	—	0,003	0,54	0,002	0,06	следы		0,006	0,30	0,002	0,20	0,002	0,12
90—100	0,094	0,016	0,002	0,08	0,062	1,02	0,002	0,06	следы		0,006	0,30	0,003	0,22	0,013	0,56
140—150	0,138	0,015	0,002	0,08	0,062	1,02	0,003	0,07	0,039	0,81	0,005	0,25	0,006	0,47	0,027	1,19
190—200	0,277	0,007	—	—	0,047	0,77	0,002	0,06	0,150	3,12	0,016	0,80	0,009	0,79	0,054	2,36
240—250	0,235	—	0,002	0,08	0,062	1,02	0,003	0,07	0,102	2,12	0,006	0,30	0,005	0,41	0,057	2,50
270—290	0,239	—	—	—	0,058	0,95	0,002	0,06	0,118	2,46	0,010	0,50	0,005	0,41	0,053	2,56
340—350	0,269	—	0,002	0,08	0,062	1,02	0,003	0,07	0,122	2,54	0,007	0,35	0,004	0,37	0,067	2,92
390—400	0,398	—	0,02	0,81	0,055	0,90	0,004	0,12	0,218	4,54	0,013	0,65	0,010	0,82	0,094	4,09
440—450	1,827	—	—	—	0,038	0,62	0,008	0,16	1,131	23,59	0,244	12,20	0,061	5,08	0,163	7,09
490—500	0,882	—	—	—	0,038	0,62	0,008	0,23	0,538	11,20	0,051	2,55	0,024	2,00	0,182	7,50

Аналитик Е. А. Архонтова.

Таблица 65

Данные анализа водных вытяжек из образцов южного чернозема. Разрез 6.

Глубина в *см*	Плотный остаток в %	Щелочность в HCO_3'		Cl'		SO_4''		$Ca^{\cdot\cdot}$		$Mg^{\cdot\cdot}$		$Na^{\cdot}$ по разн.	
		проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц	*мг-экв.*	проц.	*мг-экв.*	проц	*мг-экв.*
						Апрель 1953 г.							
0— 10	0,057	0,015	0,24	0,002	0,06	0,026	0,54						
20— 30	0,060	0,020	0,33	0,002	0,06	0,028	0,59						
30— 40	0,051	0,022	0,36	0,002	0,06	0,027	0,56						
40— 50	0,075	0,045	0,74	0,001	0,03	0,021	0,43						
60— 70	0,052	0,040	0,80	0,002	0,06	0,021	0,43						
90—100	0,090	0,064	1,04	0,004	0,11	0,017	0,35						
140—150	0,220	0,051	0,84	0,003	0,08	0,140	2,91						
160—170	1,613	0,030	0,49	0,005	0,14	0,615	12,81						
190—200	0,720	0,040	0,65	0,006	0,17	0,459	9,56						
						Сентябрь 1953 г.							
0— 10	0,030	0,015	0,25	0,002	0,06	следы							
20— 30	0,020	0,012	0,33	0,002	0,06	"							
30— 40	0,05	0,041	0,67	0,001	0,03	"							
40— 50	0,05	0,041	0,67	0,001	0,03	0,013	0,27						
60— 70	—	0,041	0,67	0,003	0,08	0,003	0,06						
90—100	—	0,041	0,67	0,003	0,08	0,010	0,20						
140—150	0,07	0,041	0,67	0,003	0,08	0,016	0,31						
160—170	1,25	0,024	0,39	0,003	0,08	0,890	18,54	0,303	15,15	0,016	1,30	0,058	2,56
190—200	1,49	0,028	0,46	0,003	0,08	0,871	18,14						

Аналитик Е. А. Архоптова.

С глубины 170 и до 440 *см* порода не засолена и в ней содержится всего 0,2% солей. Характерно, что количество хлоридов достигает всего 0,07 *мг-экв*., т. е. практически хлориды почти отсутствуют. Ниже 440 *см* содержание их возрастает до 0,01-0,2 *мг-экв*., но не достигает токсической величины. Общий запас солей равен в 1 *м* -11 *т/га*, в слое 2 *м* -36, 5 *м* - 291 *т/га*.

Таким образом, вся пятиметровая толща содержит ничтожное количество подвижных солей, а скопление гипса встречается всего два раза - на глубине 160 и 440 *см*.

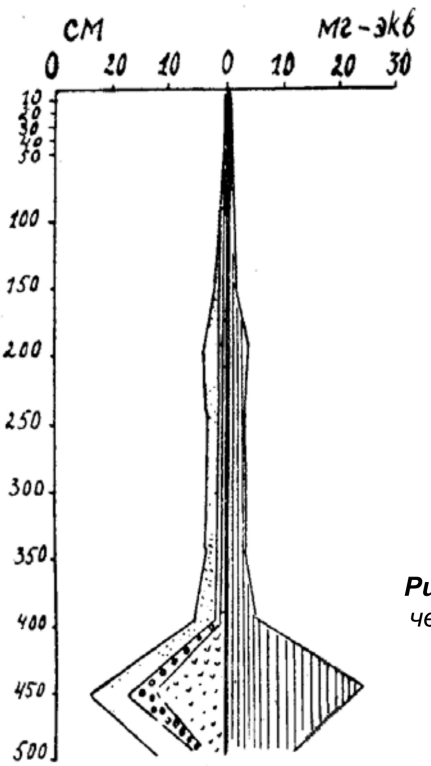


Рис. 22. *Солевой профиль южного чернозема центральной Степи – с. Клепинино Красногвардейского района*

Естественно, что и динамика солей выражена очень слабо: количество хлоридов, бикарбонатов изменяется по срокам весьма незначительно, о чем можно судить по рис. 23.

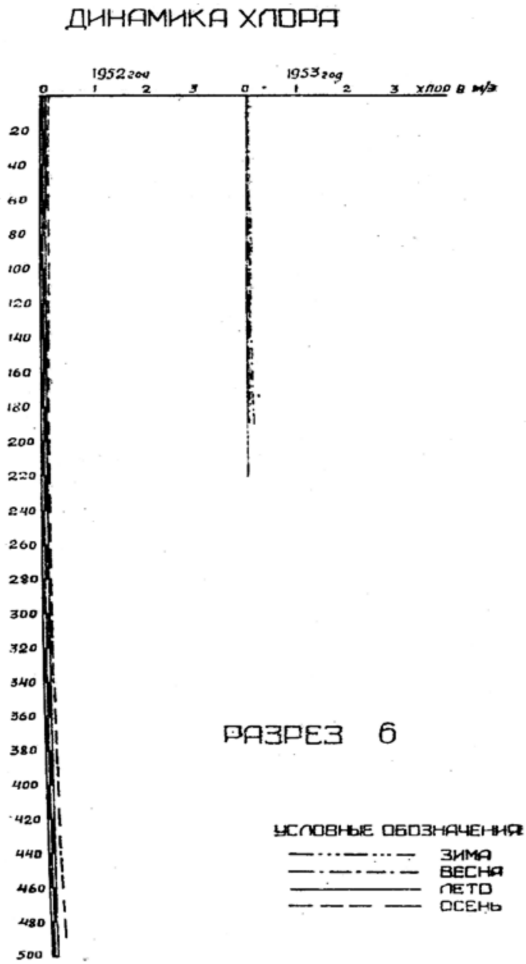


Рис. 23. *Динамика хлоридов в южном черноземе. Разрез 6. с. Клепинино Красногвардейского района*

4. Область почв современного опреснения, не испытавших засоления в древний период (автоморфные и гидроморфные почвы)

Тип засоленности - гидрокарбонатный.

В эту область объединены почвы, которые в силу особенностей некоторых факторов почвообразования (незасоленные почвообразующие породы, пресные грунтовые воды) не подвергаются засолению и не содержат горизонта аккумуляции солей, как другие почвы степного Крыма. Поэтому автор нашел

необходимым применить к этим почвам термин опреснение, в отличие от термина рассоление, который подразумевает предварительное засоление.

Расположены эти почвы в разных геоморфологических условиях: одни - в возвышенном районе Тарханкутского плато, другие в долине р. Салгира и других рек. Поэтому выделяются два района.

а) Район Тарханкутского плато

Чернозем остаточнокарбонатный на известняках

На Тарханкутском плато, которое входит в степную часть Крыма, занимая особый возвышенный район, широ распространены те же почвы, что и в высокой центральной степи - южные черноземы на лессовидных отложениях. В этих черноземах обычно имеется солевой гипсовый горизонт на глубине 150-200 *см*, тип засоленности сульфатный.

Вместе с тем здесь довольно широко встречаются выходы на поверхность известняков, слагающих Тарханкутское плато. На известняках и их продуктах выветривания образуются черноземы остаточно карбонатные.

Как правило в этих черноземах солевой горизонт отсутствует.

Основные черты этих почв можно видеть из описания разреза, заложенного на территории совхоза «Черноморский» Сакского района (данные Т. В. Поповой).

Вскипание от соляной кислоты обнаруживается с поверхности почвы.

Н 0-22 *см* Темно-серый с каштановым оттенком, не очень плотный, свежий, порошисто-зернистый, сильно корешковатый, встречается известковая щебенка.

Нр 28-35 *см* Темно-бурый, свежий, слабоуплотнен, комковатый, с примесью мелкого хряща, переход постепенный.

ph 35-45 *см* Бурый, более плотный, слабогумусирован, хрящеватый.

Рк 45 *см* Желто-бурый с красноватым оттенком, хрящеватый, глубже 60 *см* слабо выветрившийся известняк.

Мощность почв, формирующихся на плотных породах и их элювии, сильно колеблется в зависимости от рельефа местности, степени смытости и т. д. На равнинных участках почвенный профиль достигает полного развития и имеет мощность 50-100 *см* и больше, на склонах и вершинах водоразделов с выходом известковых плит на поверхность, мощность почв сильно уменьшается.

Постоянным признаком черноземов остаточно карбонатных на известняках является щебенчатость, вскипание с поверхности, отсутствие признаков солонцеватости, невысокое содержание гумуса.

Механический состав этих почв глинистый (табл. 66).

Таблица 66

Механический состав чернозема карбонатного слабощебенчатого среднемощного на известняке (в % сухой почвы)

Глубина образца в *см*	Потеря от обработ. HCl	Скелет	Фракции в *мм*					
			1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001
0—10	22,18	2,8	0,31	2,72	17,10	4,40	21,8	48,90
14—20	23,86	2,79	0,25	1,53	20,77	4,88	21,4	47,94
23—31	26,48	1,76	0,10	1,45	21,30	4,51	20,94	49,68
34—40	29,4	1,78	0,80	1,49	22,10	5,18	17,41	51,30
50—60	29,0	1,66	0,10	2,76	20,69	6,65	18,44	50,19

Данные Т. В. Поповой.

Обменные основания представлены в основном кальцием, содержание которого достигает 30-40 *мг-экв*.

Таблица 67

Обменные катионы, гумус и карбонаты в черноземе карбонатном слабощебенчатом среднемощном на известняках

Площадка 5

Глубина образца в *см*	$CaCO_3$ проц.	Гумус проц.	Обменные катионы	
			Ca *мг-экв.*	Mg *мг-экв.*
0—10	16,72	3,11	40,0	1,5
14—20	18,04	2,42	—	—
23—31	20,90	1,64	37,3	2,0
34—40	21,34	1,20	35,0	3,1
50—60	20,63	0,63	31,2	3,6

Данные Т. В. Поповой.

Поскольку известняки не содержат в себе заметного количества водорастворимых солей, то и в черноземах на известняках обычно отсутствует горизонт скопления солей. Этому же способствует высокая фильтрация обычно щебневатых почв и самой почвообразующей породы - известняков. Поэтому в профиле почвы содержатся весьма незначительные количества солей 0,03-0,04%.

Таблица 68

Данные анализов водной вытяжки из образцов чернозема карбонатного слабощебенчатого на известняках (в % на 100 г сухой почвы)

Разрезы и глубина в *см*	Плотный остаток	HCO_3'	Cl'	SO_4''	Ca''	Mg''
Площадка 5						
0—10	0,043	0,037	0,002	0,003	—	—
14—20	0,040	0,041	0,001	0,003	—	—
23—31	0,041	0,040	0,001	0,005	—	—
34—40	0,037	0,037	0,001	0,004	—	—
50—60	0,034	0,034	0,001	0,005	—	—
Разрез 7						
0—21	0,089	0,042	0,021	0,015	0,024	0,004
24—34	0,025	0,045	0,021	0,015	0,018	0,001
38—48	0,003	0,046	0,021	0,013	0,018	0,001
58—68	0,1	0,042	0,021	0,024	0,021	0,001

Состав солей относится к гидрокарбонатному кальциевому типу.

Следует отметить, что иногда встречаются разновидности остаточно-карбонатных черноземов, в профиле которых обнаруживается сульфатный горизонт. В этом случае причиной его появления служат особые фации известняков, в слоях которых изредка встречаются прослои гипса, отложившегося, по-видимому, одновременно на дне морского бассейна. В последнем случае остаточно-карбонатные черноземы относятся к сульфатно-кальциевому типу засоления.

б) Район опреснения почв на рыхлых отложениях (аллювиальных и др.). Долина р. Салгира и других рек и балок

Луговая черноземовидная почва на аллювиальных отложениях

Вторая группа почв, характеризующаяся гидрокарбонатным типом засоленности, развивается в долинах рек Салгира, Карасевки и др., а также по днищам некоторых балок.

Сформировались эти почвы на аллювиальных и аллювиально-делювиальных отложениях, не содержащих водорастворимых солей и отличающихся большой водопроницаемостью. Вследствие близкого залегания от поверхности пресных грунтовых вод (в долинах рек), а также периодического избыточного скопления поверхностных вод (в долинах балок) эти почвы, в отличие от только что рассмотренных, несут в себе следы переувлажнения и являются гидроморфными.

Сюда относятся аллювиальные карбонатные малоразвитые почвы речных долин и балок и те разновидности луговых черноземовидных почв и лугово-черноземных почв, которые не содержат горизонта аккумуляции солей.

В качестве примера луговой черноземовидной почвы на аллювиальных отложениях можно привести разрез 3078 почвоведа Н. Беляевой, заложенного в долине р. Биюк-Карасу.

Вскипание от 10% соляной кислоты обнаруживается с поверхности, белоглазка с 115 до 180 *см*.

Н 0-24 *см*. Темно-серый, сверху до 7 *см* более рыхлый порошисто-комковатый, ниже более уплотнен.

Нр 24-50 *см* Темно-серый, комковатый, уплотненный, с большим количеством корней, переход постепенный.

Рк 50-60 *см* Серый с коричневым оттенком комковато-ореховато-глыбистый, уплотненный, карбонатная плесень с 52 *см*. Изредка встречается галька с 63 *см*, переход постепенный.

Рк 67-115 *см* Темно-серый ореховато-глыбистый, уплотненный, заметное увеличение количества гальки. Переход постепенный.

Рк 115-180 серовато-бурый, глыбистый, уплотненный, редкие затеки гумуса по ходам корней и землероев, включения мелкой гальки.

По механическому составу эти почвы относятся к суглинкам (табл. 69). Бывают разновидности и более легкого механического состава.

Таблица 69

Данные механического состава луговой черноземовидной почвы (в % сухой почвы)

Глубина образца в *см*	Потеря от отработки	Фракции в *мм*						
		>1 *мм*	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001
0— 20	16,14	—	0,36		39,81	10,42	11,44	37,97
20— 34	17,87	0,75	0,48	22,39	16,73	10,31	8,94	40,40
45— 55	18,13	1,14	0,39	19,10	19,01	10,26	12,85	37,25
70— 80	19,33	9,45	0,26	16,13	15,76	3,09	16,10	39,21
120—130	17,10	—	0,21	20,53	18,72	12,17	11,38	36,99
190—200	17,12	—	0,13	16,99	27,42	12,22	13,28	29,96

Количество водорастворимых солей в почве незначительно (табл. 70).

Таблица 70

Анализ водной вытяжки в %

Глубина в *см*	Плотный остаток	HCO_3'	Cl'	SO_4''	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}$ по разн.
0 — 20	0,055	0,042	0,002	0,008	0,012	0,002	0,003
20 — 34	0,067	0,058	0,002	0,008	0,020	0,001	0,001
45 — 55	0,063	0,041	0,002	0,011	0,014	0,002	0,002
70 — 80	0,066	0,046	0,002	0,012	0,018	0,001	0,001
120 —130	0,057	0,036	0,002	0,011	0,010	0,001	0,005
190 —200	0,049	0,035	0,002	0,007	0,010	0,002	0,003

Плотный остаток колеблется в пределах 0,05-0,06%, состав солей гидрокарбонатно-кальциевый.

Следует отметить, что в нижнем течении реки Салгира минерализация грунтовых вод усиливается. Поэтому там имеется большое разнообразие почв по степени засоления - от незасоленных с гидрокарбонатным типом засоления до солончако-

вых с сульфатным и смешанным типом засоленности (гидрокарбонатно-хлоридный, гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный).

Все основные показатели засоленности почв степного Крыма показаны в таблице 71.

Таблица 71

Типы засоленности и водно-солевой режим наиболее распространенных почв степного Крыма

Области почв по стадиям соленакопле-	Районы по интенсивности соленакоп-ления	Элементы рельефа	Почвообразующие породы	Грунтовые воды		
				глубина в *м*	характер движения	минерализация в *г/л*
Современное засоление	а) Интенсивное засоление	Береговые пляжи, «засухи»	Лиманно-морские илы, глины	< 1,5	Застойный	60-150
	б) Ослабленное засоление	Плоские низменные побережья Сиваша	Желто-бурые лессовидные глины	1,5-3	Почти застойный	30-60
Современное рассоление с остаточным и современным	а) Начальное рассоление	Плоские низменные побережья Сиваша	Желто-бурые лессовидные глины	2-3	Весьма слабый отток к Сивашу и Чер-ному морю	20-40
	б) Хорошо выраженное рассоление	Широкие равнины и узкие поверхности полуостровов слабоприподнятого Присивашья	Те же	3-5-8	Замедленный общий отток к Сивашу и Черно-му морю	15-40
Современное рассоление	а) Глубокое рассоление с остаточным засолениеми солонцеватостью	Слаборасчлененные равнины высокого Присивашья	Те же	8-25	Общий отток к Сивашу и Черно-му морю	10-15
	б) Глубокое современное и древнее рассоление	Пологоволнистые равнины центральной степи	Те же и плиоценовые глины	25-100	Хороший общий отток к северу и северо-востоку	3-5

Современное опреснение почв, не испытавших засоления в древний период	а) На плотных породах	Пологоволнистые и увалистые поверхности Тарханкутского плато	Элювий известняков	> 100	Хороший отток	3-5
	б) На аллювиальных отложениях	Пойма р. Салгир	Аллювиальные отложения	0-3	Хороший отток	Пресные

Продолжение табл. 71

Почвы	Водный режим	Солевой режим	Характеристика первого горизонта аккумуляции солей			Запас солей в слое 1 *м* в *т/га*
			глубина в *см*	тип засоленности	ион хлора в % (средн.)	
Приморские солончаки	Капилляр-но грунто-вый	Сезонно-необратимого засоления	0-5	Хлоридный	0,4 более	250-350 и более
Солонцы луговые солончаковые	Такой же, но более ослабленный		5-30 30-70	Хлоридный и сульфатно-хлоридный	0,4	200-250
Солонцы луговые солончаковатые	Пленочно-капиллярно-грунтовый	Перемежающегося засоления-рассоления	30-70 70-100	Хлоридно-сульфатный и сульфатный	0,1 0,05	100-200 20-100
Луговые каштановые Солонцы лугово-степные солончаковатые	Такой же	Такой же	30-70 70-100	Хлоридно-сульфатный Хлоридно-сульфатный и сульфатный	0,1 0,05	100-200 20-100
Лугово-каштановые солонцы степные солончаковатые	Элювиальный	Сезонно-необратимого рассоления	100-150 30-70 70-100 100-150	Сульфатный Хлоридно-сульфатный и сульфатный	0,04 0,1 0,05 0,03	12-20 100-200 12-20
Темно-каштановые слабосолонцеватые почвы	Такой же	Такой же	150-200 > 200	Сульфатный	0,04 0,006	10-15 8-11

Черноземы остаточно-карбонатные. малоразвитые почвы на известняках	Такой же	Такой же	Солевой горизонт отсутствует	Гидрокарбонатный	0,001 0,005	2-8
Аллювиальные малоразвитые почвы	Капиллярно-грунтовый	–	То же	То же	То же	То же

VI. О геохимической и режимной закономерностях засоления в почвах степного Крыма

Как видно из приведенного материала, засоление почв степного Крыма разнообразно, оно варьирует от хлоридного до сульфатного и гидрокарбонатного.

В основу выделения типов засоленности принято соотношение ионов водной вытяжки. По анионам взято следующее соотношение $Cl : SO_4$ (Е.Н. Иванова, А.Н. Розанов, 1939): >2- хлоридное, 1-2 сульфатно-хлоридное, 0,2-1 хлоридно-сульфатное, <0,2 - сульфатное.

Разделение по катионам производилось по отношению Na к сумме Ca и Mg.

$Na : Ca+Mg$	$Ca : Mg$	
>4	—	натриевые
1—4	<1	натриево-магниевые
1—4	>1	натриево-кальциевые
<1	<1	магниевые
<1	>1	кальциевые

В этой классификации, разработанной сотрудниками Вахшской почвенно-мелиоративной станции под руководством И. Н. Антипова-Каратаева, величина отношения Na : Ca + Mg = 4 принята на основе экспериментальных данных, устанавливающих, что при таком соотношении катионов промывка солончаков будет сопровождаться образованием солонцов. При отношении равном 1-4 возможность образования солонцов ограничена, а в случае < 1- исключена.

Отнесение к тому или иному типу засоленности велось по первому от поверхности горизонту аккумуляции солей, с содержанием их более 0,3%.

Для решения вопроса о географических, геохимических закономерностях засоления была составлена карта типов засоленности. Она дала возможность установить некоторые общие геохимические закономерности. Одна из них, основная, выражается в наличии своеобразных геохимических зон засоления: гидрокарбонатной, сульфатной, хлоридно-сульфатной, сульфатно-хлоридной и хлоридной (рис. 24). Другая состоит в постепенном нарастании степени засоленности почв и повышении уровня залегания первого солевого горизонта при движении от возвышенных районов степи к низменным.

Нарастание степени засоления и усиление хлоридности почв не случайно. Центральная возвышенная степь и низменная степь имеют совершенно ясный наклон поверхности с юга на север: гипсометрические отметки изменяются от 100 *м* на юге до 1 *м* на севере.

В ту же сторону направлен поток грунтовых вод, минерализация которого и хлоридность увеличиваются вместе с приближением к Сивашу.

Поэтому усиление засоленности почв является прежде всего результатом общего горизонтального перемещения солевых масс от возвышенных южных районов к низменным побережьям Сиваша и Каркинитского залива. Преобладающая часть массива степи представляет собой зону транзита солей. Роль транспорта солей выполняют грунтовые воды. Узкая полоса степи с отметками от 10-12 *м* до 2-3-х *метров* является зоной замедленного ослабленного транзита. Здесь грунтовые воды поднимаются к поверхности начинают оказывать влияние на почвообразовательные процессы, расходуются на испарение, вследствие чего усиливается их минерализация. И, наконец, на самом побережье заканчивается горизонтальное перемещение грунтового потока - он подпирается водами Сиваша и расходуется в основном на испарение. Это зона аккумуляции солей.

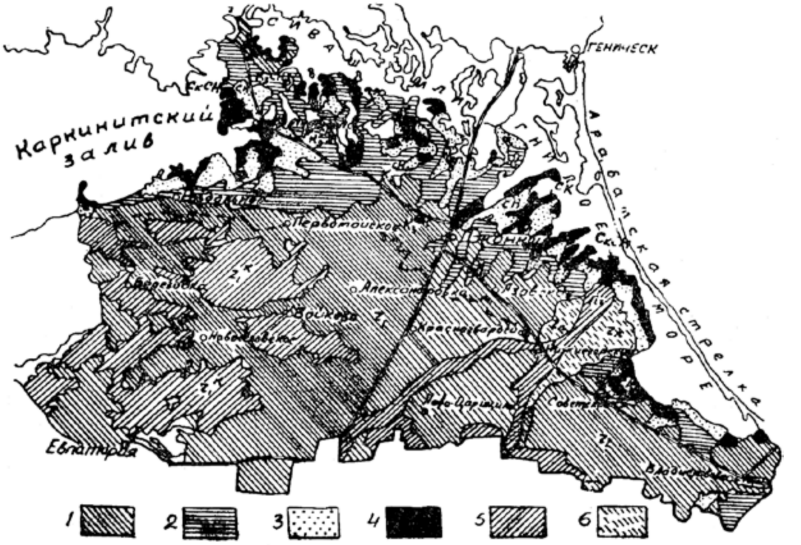


Рис. 24. *Схема геохимической зональности засоления почв степного Крыма. Составила А.В. Новикова, 1961 год*

Условные обозначения

	Типы засоленности первого солевого горизонта в преобладающей почвенной разности или в засоленных почвах, когда они занимают >20% площади	Характер горизонтального движения солевых масс	Сезонный солевой режим	Тип водного режима	Почвы
1	Сульфатный	Транзит солей	Необратимого рассоления	Элювиальный	$Ч_1$—черноземы южные $К_3^{СН_1}$ — Темнокаштановые слабосолонцеватые
2	Сульфатный основного фона и хлоридно-сульфатный в солонцах	Ослабленный транзит	Перемежающегося засоления-рассоления	Пленочно-капиллярный	$К_3^{СН_2}$ — Темнокаштановые солонцеватые
3	Хлоридно-сульфатный	Весьма ослабленный транзит вследствие заметного влияния подпора Сивашом	Перемежающегося засоления-рассоления	Пленочно-капиллярный	СН — Солонцы
4	Сульфатно-хлоридный и хлоридный	Аккумуляция	Необратимого засоления	Капиллярно-грунтовый	$С_к$ — Солончаки
5	Гидрокарбонатный	Транзит солей	—		$Ч_1^к$—Черноземы остаточно-карбонатные Лч —Луговые черноземовидные
	Смешаный	Ослабленный транзит	–	—	$Ч_л$ —Лугово-черноземовидные

Однако зональность засоления обязана не только горизонтальному перемещению солей. На фоне такого движения солевых масс протекают и вертикальные миграции солей.

В современную эпоху четвертичного периода эти вертикальные перемещения хорошо определяются по динамике влаги и солей. Здесь выявляются достаточно ясные закономерности. В почвах с капиллярно-грунтовым увлажнением и сезонно-необратимым соленакоплением засоленность имеет хлормагниевый и хлорнатриевый характер. В почвах пленочно-капиллярно-грунтового увлажнения и сезонно-обратимого солевого режима устанавливается хлоридно-сульфатное натриевое и кальциевое засоление. И, наконец, почвы элювиального типа увлажнения, сезонная солевая динамика которых направлена в сторону рассоления, приобретают сульфатно-кальциевое засоление (табл. 71).

Наряду с общими закономерностями соленакопления выраженными в своеобразной геохимической зональности, обнаруживаются также закономерности местного характера. К ним относится обособленная от континентального засоления зона морского засоления в береговой полосе морского побережья. Это засоление обнаруживается в почвах капиллярно-грунтового увлажнения, преимущественно в солончаках и отчасти в солончаковых почвах, питающихся грунтовыми водами морского типа, на молодых лагунно-морских отложениях.

Сезонная и многолетняя динамика солей, связанная с горизонтальным и вертикальным их перемещением, является результатом сложных генетических преобразований солей в системе грунтовые воды - породы - почвы, в том числе обменных реакций с коллоидным комплексом. Поэтому современные ареалы соленакопления следует рассматривать как результат генетических преобразований солевых масс в целом.

Сопоставление засоленности с типами почв показывает, что здесь проявляется определенная закономерность. Она выражается в том, что каждому почвенному типу соответствует не только определенная глубина залегания солевого горизонта, но и что важно, особый солевой состав. В нижеприведенной группировке по типам засоленности эта закономерность достаточно хорошо иллюстрируется.

Хлоридное засоление характерно в основном для солончаков приморских и иногда солончаковых солонцов. Наиболее распространенные соли в почвах следующие: NaC1, $MgC1_2$,

$CaC1_2$ и Na_2SO_4. Основное место принадлежит хлоридам натрия и магния. Содержание хлор иона в солевом горизонте >0,4%, на глубине 1 *м* >0,7%. Запас солей в слое 1 *м* 250-350 *т/га* и более.

Сульфатно-хлоридное засоление свойственно солонцам луговым солончаковым средне- и сильнозасоленным (плотный остаток 0,5-1%), реже солонцам луговым солончаковатым средне- и сильно-засоленным и изредка - солончакам.

Состав солей в основном такой же, как в группе хлоридного засоления, но здесь начинает возрастать роль сульфатов, хотя основное место принадлежит хлоридам.

Содержание хлора в солевом горизонте 0,4% (от 0,1 до 0,6%), а на глубине 1 *м* от 0,3 до 1,4%. Запас солей в метровом слое 200-250 и больше *т/га*.

Группировка почв по типам засоленности и

Комплексы почв	Хлоридный	Сульфатно-хлоридный	Хлоридно-сульфатный
Луговые	Солончаки Солонцы луговые солончаковые	Солончаки[1] Солонцы луговые солончаковые	– –
		Солонцы луговые солончаковатые[1]	Солонцы луговые солончаковатые
Лугово-степные			Солонцы лугово-степ-ные солончаковатые и глубоко-солончаковатые
Степные			Луговые каштановые солонцеватые почвы[1] Лугово-каштановые солонцеватые почвы[1] Темно-каштановые солонцеватые почвы[1]
Луговые, лугово-степные			

Степные			
Луговые, луго-во-степные на пресных водах			
Преобладающие соли в солевом горизонте[2]	NaCl $MgCl_2$ $CaCl_2$ Na_2SO_4	NaCl $MgCl_2$ Na_2SO_4 $CaCl_2$	NaCl Na_2SO_4

[1] – Почвы указанного типа засоленности встречаются редко.
[2] – Соли расположены в убывающем порядке.

преобладающим солям в солевом горизонте почв

Сульфатный	Гидрокарбонатный	Смешанный (гидро-карбонатно-хлоридно-сульфатный)
–	–	–
–	–	–
–	–	–
Солонцы луговостепные солончаковатые (соли с глубины 50 см)	–	–
Луговые каштановые солонцеватые	–	–
Лугово-каштановые солонцеватые поч-	–	–
Темно-каштановые солонцеватые поч-	–	–
Солонцы степные солончаковатые (соли с глубины 50 см) и	–	–
Темно-каштановые солон-цеватые и слабо-солонцеватые	–	–
Черноземы южные слабогумусирован-	–	–
Луговые черноземовидные		
Лугово-черноземные		

	Черноземы остаточно карбонатные на плотных породах Аллювиальные карбонатные малоразвитые почвы	
	Лугово-черноземные[1]	Лугово-черноземные
	Лугово-черноземовидные[1]	Лугово-черноземовидные
$CaSO_4$ Na_2SO_4 (не всегда)	Горизонт аккумуляции солей отсутствует Водорастворимые соли представлены в основном $Ca(HCO_3)_2$	Солевой горизонт слабо выражен

Хлоридно-сульфатное засоление свойственно солонцам луговым солончаковатым и глубокосолончаковатым, с плотным остатком в солевом горизонте более 1-3%; солонцам лугово-степным солончаковатым и глубокосолончаковатым и реже сильносолонцеватым почвам луговых и лугово-степных комплексов (луговым каштановым и лугово-каштановым).

В составе солей первое место принадлежит Na_2SO_4, отчасти $CaSO_4$ и NaC1. Содержание хлора в солевом горизонте 0,1% (от 0,07 до 0,3%), на глубине 1 *м* 0,2% (от 0,07 до 0,3%). Запас солей в метровом слое 100-200 *т/га*.

Сульфатное засоление характерно для степных комплексов, в частности для солонцов степных солончаковатых, в которых соли залегают не выше 50-60 *см*, а также глубокосолончаковатых; темно-каштановых солонцеватых почв лугово-степных и степных комплексов и черноземов.

Вместе с тем сульфатное засоление встречается иногда в лугово-степных солонцах солончаковатых (когда соли залегают не выше 50 *см*) и глубокосолончаковатых, а также очень редко в луговых солонцах.

Эта группа засоления самая большая по количеству разновидностей. Между собой они различаются по глубине залегания солей.

Соли представлены в основном $CaSO_4$ и в меньшей степени Na_2SO_4. Содержание хлора колеблется в широких пределах от 0,06 до 0,01 - 0,02%. Запас солей в метровом слое почвы колеблется от 8 до 20 *т/га*.

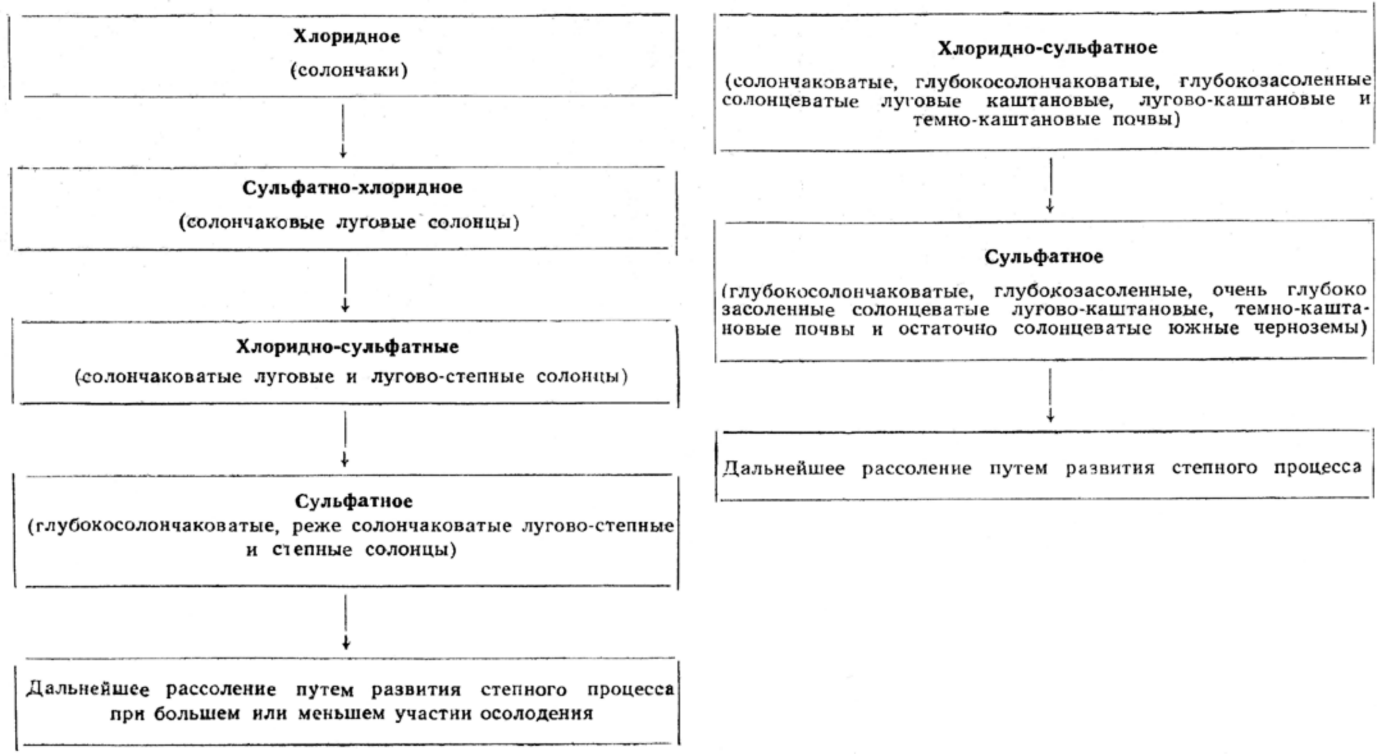
Гидрокарбонатный тип засоленности свойственен почвам, в которых нет горизонта легко- и среднерастворимых солей. Это - черноземы остаточно карбонатные слабогумусированные на плотных породах, а также аллювиальные карбонатные малоразвитые почвы; реже сюда относятся лугово-черноземные почвы и луговые черноземовидные почвы, не со-

держащие горизонта аккумуляции солей в своем профиле. Содержание хлора 0,001-0,005%, запас солей в метровом слое почвы 2-8 *т/га*.

Такое соответствие между типами почв и засоленностью не является случайным. На протяжении четвертичного периода в Причерноморье неоднократно изменялась физгеографическая обстановка, связанная с периодами оледенения. Менялся климат, происходили движение земной коры положительного и отрицательного знаков, вызывавшие регрессии и трансгрессии морских вод и изменение уровня грунтовых вод. Поэтому и почвенный покров за этот период претерпел значительные эволюционные изменения. Автору представляется, что в процессе эволюционного развития почв засоленного ряда степного Крыма происходило также и изменение типов засоленности, как это показано на схеме.

Таким образом, геохимическая зональность засоления отражает не только современные процессы перемещения солевых масс в горизонтальном и вертикальном направлениях, но и отражает эволюционное развитие почв степного Крыма.

Схема изменения типов засоленности в процессе эволюционного развития почв засоленного ряда степного Крыма



Выводы

1. Почвы степного Крыма в зависимости от глубины залегания грунтовых вод имеют неодинаковый водный режим: капиллярно-грунтового увлажнения (грунтовые воды не глубже 1,5 *м*), пленочно-капиллярного грунтового увлажнения (грунтовые воды от 2-х до 7–8 *м)* и элювиального увлажнения (грунтовые воды глубже 7–8 *м*).

2. В зависимости от режима влажности почвы степного Крыма испытывают сезонно-необратимый режим засоления, сезонно-обратимый режим засоления – рассоления и сезонно-необратимый режим рассоления.

3. В степном Крыму наблюдается геохимическая зональность засоления почв (по первому горизонту солевой аккумуляции). От Сиваша к югу закономерно сменяются зоны засоления: хлоридного, сульфатно-хлоридного, хлоридно-сульфатного и сульфатного. Выделяется также зона гидрокарбонатно-кальциевого засоления.

4. Сульфатный, как и гидрокарбонатный тип засоленности, является показателем преобладания процесса рассоления, который подтверждается сезонными наблюдениями. Эта зона занимает наибольшее пространство в степном Крыму. Основное направление процессов соленакопления идет в сторону рассоления почв.

5. Установлено довольно четкое соответствие между типами почв и типами засоленности. Черноземы, темно-каштановые почвы, образовавшиеся на лессовидных глинах, обладают сульфатно-кальциевым засолением; солонцы солочаковатые – преимущественно хлоридно-сульфатно-натриевым и кальциевым засолением; солонцы солончаковые – сульфатно-хлоридным натриевым засолением; солончаки – хлоридно-натриевым и магниевым засолением.

6. В процессе эволюционного развития почв засоленного ряда в степном Крыму от солончаков к солонцам и солонцеватым почвам происходило соответствующее изменение типов засоленности. Поэтому современные ареалы соленакопления следует рассматривать как результат генетических преобразований

солевых масс, протекающих не только в настоящий период, но и в процессе эволюционного развития почвенного покрова.

На основании исследований разработана в различных приемах борьбы с солонцеватостью, основанная на генетических и мелиоративных особенностях солонцовых почв, данных по эффективности приемов улучшения и экономической целесообразности.

Прозведено мелиоративное районирование территории степного Крыма в целях выделения районов по степени пригодности под орошение с учетом возможного вторичного засоления и необходимых мероприятий по его предупреждению.

Наиболее благоприятной для орошения в степном Крыму является центральная возвышенная степь, а также высокое Присивашье. Но на последнем, до абсолютных отметок около 25 м, не исключена возможность поднятия грунтовых вод, как это произошло в зоне Ингулецкого и Краснознаменного каналов. Более низкие территории Присивашья опасны по возможности вторичного засоления. Поэтому необходимо при строительстве Северо-Крымского канала предусмотреть водонепроницаемый экран как на магистральном канале, так и на межхозяйственной распределительной сети. В противном случае следует запроектировать коллекторно-дренажную сеть.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬВЕРИЗАЦИИ СОЛЕЙ НА ОСОЛОНЦЕВАНИЕ ПОЧВ ПРИЧЕРНОМОРЬЯ[3]

Введение. Как известно, плодородие почв сильно снижается от избыточного количества солей, а также от плохих водно-физических свойств почвы. Поэтому при разработке приемов мелиорации засоленных и солонцовых почв большое внимание уделяется выявлению источников солей. К их числу относят: континентальное соленакопление, морские соли, соли грунтовых вод, древних морских отложений, аэральные соли, переносимые ветром, и ряд других источников. Роль каждого из них определяется целым комплексом условий почвообразования, в том числе, геологической историей местности, ее геологическим строением, гидрогеологическими условиями, геоморфологией и другими.

В литературе о засоленных почвах России (Славный, 2006) утверждается, что главным источником засоления автоморфных почв этой страны являются соли, переносимые аэральным путём. В Украине этот вопрос носит дискуссионный характер. В данном сообщении автор статьи попытался обосновать свои взгляды по данному вопросу.

Современные представления о роли источников солей в осолонцевании почв Причерноморья. Исследованиями украинских почвоведов выявлено, что основными районами распространения засоленных и солонцовых почв являются Днепровско-Донецкая и Причерноморская впадины с широким развитием гидроморфных, полугидроморфных и автоморфных засоленных и солонцеватых почв.

Геологическая история этих впадин, особенно Причерноморской, отличается большой сложностью. Эта территория испытала ряд эпейрогенических опусканий и поднятий, сопровождаемых трансгрессией и регрессией морских вод (Архангельский и Страхов, 1932). Даже в настоящий период на отдельных участках этого региона продолжается опускание земной коры, а на других участках - её поднятие (Заморий, 1950). Соответственно, в прошлом при этом менялось и положение грунтовых вод. Они то поднимались близко к поверхности, засоляя почво-грунты, то опускались, и начиналось их рассоление. На эти процессы оказывало влияние и неоднократное оледенение Русской равнины, вызвавшее при таянии ледника сильнейшее обводнение прилегающих к югу от него территорий, в том числе и Причерноморья. Влияние потоков ледниковых вод

[3] Статья опубликована в ж. «Почвоведение», № 12, 2009. С. 1421-1431.

проявилось как в гранулометрической дифференциации отложений на Русской равнине, так и в геохимической зональности солей, с аккумуляцией хлоридов и сульфатов в Приморских районах (Ковда, Самойлова, 1966). Следы большого обводнения Причерноморья проявились в наличии железисто-марганцевых точечных скоплений и примазок в толще лёссовидных отложений (Гринь, 1969). Следы опускания территории и повышения уровня грунтовых вод, вызвавших подъем солей по капиллярам вверх и аккумуляцию водорастворимых солей, запечатлелись в лессовидных отложениях в виде нескольких горизонтов солевой аккумуляции.

Позже уровень грунтовых вод снижался, в соответствии с подъемом земной коры, и в настоящее время эти солевые горизонты представляют собой реликты былого засоления. В качестве примера этому могут служить данные разных исследователей по солевой характеристике почво-грунтов Украины, в том числе Крымской степи, где ныне кроме гидроморфных развиваются и автоморфные почвы с глубоким залеганием уровня грунтовых вод (черноземы южные, темно-каштановые, каштановые почвы, солонцы степные и др.). Скопления водорастворимых солей, в том числе и гипса, в количестве 1-2 % хлоридно-сульфатного натриево-магниевого и кальциевого химизма отмечались: в черноземе южном (пос. Клепинино) на глубинах 1,5-2 *м*; 3,5-5,9 *м*; 6,6-8 *м*; 9,5-10 *м* Гусев, Колесниченко, 1955) в темно-каштановой почве - 2-2,9 *м*; 4 *м*; 5-5,7 *м*; в солонце степном каштановом глубокосолончаковатом - 1-1,2 *м*; 2,9-3 *м*; 4,4-5 *м*; 5,4-6,5 *м*. В период обследования почв грунтовая вода залегала в солонце на глубине 10,6 *м* и содержала 12,6 *г/л* солей сульфатно-хлоридного натриевого и магниевого состава (Новикова, 1962). Аналогичная картина наличия нескольких горизонтов солевой аккумуляции отмечалась и на северном борту Причерноморской впадины в южной степи (Можейко, 1958; Самбур, 1953; Гринь, 1969).

Уместно подчеркнуть, что по современным представлениям о почвообразовательных процессах (Тонконогов, Лебедева, Герасимова, 2006), «аккумуляция легкорастворимых солей происходит при выпотном водном режиме в аридном климате». Выпотной режим создается только в гидроморфных почвах. Таким образом, подтверждается мнение большинства почвоведов (в том числе и автора статьи), что в Причерноморье накопление водорастворимых солей в толще почв и почвообразующих пород на разных глубинах свидетельствует о том, что прежде грунтовые воды залегали близко к поверхности, и почвы ранее прошли гидроморфную стадию. Затем, в связи с эпейрогеническим поднятием территории уровень их снизился, и в настоящий период протекает автоморфное почвообразование с рассолением и рассолонцеванием солонцовых почв под воздействием карбона-

тов кальция, которыми так богаты лёссовидные отложения. Поэтому солонцеватость автоморфных почв рассматривается большинством исследователей как реликтовая. Однако, некоторые авторы (Полупан, Нестеренко, Кисель, 1979, Кисель, 1981) придерживаются иного мнения, считая, что в автоморфных солонцах и солонцеватых почвах Причерноморья признаки солонцеватости являются не реликтовыми, а современными. Они считают, что солонцеватость этих почв возникает в настоящий период под влиянием импульверизации солей. Авторы, к сожалению, не привели никаких веских доказательств того, что именно аэральные соли способны вызвать осолонцевание, с образованием даже солонцов, а ограничились лишь данными о динамике активности натрия и кальция в темно-каштановой почве в разные сезоны года.

Автор данного сообщения решил восполнить этот пробел и провёл исследования, позволяющие хотя бы приблизительно выяснить с помощью математических расчётов возможность воздействия аэральных солей на осолонцевание почв Причерноморья.

Разумеется, более точное решение этого вопроса возможно лишь путём проведения специальных лабораторных исследований. Ранее (1980 г.) такие опыты были проведены нашей лабораторией с целью установления количественных закономерностей влияния растворов солей разной концентрации и соотношения ионов натрия и кальция при воздействии их на отдельные генетические горизонты темно-каштановой почвы и солонца (Гаврилович, 1984; Новикова; Гаврилович, 1986) Однако, поскольку изучалось воздействие растворов более высокой (на 1-2 порядка концентраций чем растворы аэральных солей, то воспользоваться результатами этих исследований применительно к рассматриваемому ныне вопросу не представляется возможным. В связи с этим автору данной работы пришлось прибегнуть к расчётному методу определения возможности осолонцевания почв растворами аэральных солей.

Методика исследований. В основу расчетного метода определения осолонцевания положены общеизвестные закономерности ионного обмена в почвах, которые сводятся к тому, что степень осолонцевания почв растворами нейтральных солей зависит от их концентрации и соотношения катионов натрия к кальцию (Антипов-Каратаев, 1953; Гедройц, 1932 и др.). Математически обменные процессы, протекающие в почвах, описываются законом действующих масс. Решение уравнения закона действующих масс по существу представляет собой математическое моделирование обменных процессов, протекающих между раствором солей и поглощающим комплексом почв. Поэтому

для оценки возможного осолонцевания почв растворами аэральных солей мы провели соответствующие математические расчёты, используя уравнение закона действующих масс.

Исходными данными для расчётов послужили материалы сотрудников Украинского НИИ геологии о количестве и составе аэральных солей (Е.С. Буркcер с сотрудниками, 1956). Эти авторы в пятидесятые годы прошлого столетия провели наблюдения за количеством выпадающих атмосферных осадков и атмосферной пыли на двух метеорологических станциях Причерноморья - в Аскании-Нова и Баштанке. Первая станция находится на расстоянии 24,5 *км* от Западного Сиваша, а вторая - в 116 *км* к северу от берега Черного моря. Химические анализы отобранных проб атмосферных осадков и пыли выполнялись в лаборатории института геологии (г. Киев).

По данному разделу исследований авторы монографии пришли к таким выводам. Атмосферные осадки за годовой период приносят на 1 *гектар* в Аскания-Нова 285,6 *кг* солей, в том числе водорастворимых 149,43 *кг*, а в Баштанке - 159,97 *кг*, в том числе водорастворимых - 122,13 *кг*. В атмосферных осадках преобладают хлористый и сернокислый натрий.

Количество выпавшей атмосферной пыли за один год составило в Аскания-Нова 1835 *кг*, в Баштанке - 451,6 *кг* на один гектар. Атмосферная пыль состоит из нерастворимой части (минералы, окислы кремния, алюминия, железа и др.) и водорастворимых солей. По мнению авторов вышеназванной монографии, если бы выпадение пыли было равномерным за длительный промежуток времени, то для образования лессовой толщи мощностью в 25 *м* потребовалось бы 520000 лет.

Авторы отмечают, что вследствие высокой пористости лессовидных пород, выпадающая масса солей вместе с водой проникает глубоко вниз в четвертичные отложения и вызывает их хлоридно-сульфатное засоление, как и засоление грунтовых и подземных вод. Именно в таком аспекте рассматривал влияние аэральных солей на почву и Г.Н. Высоцкий (1962). Воздействие этих солей на осолонцевание почв геологами и Высоцким не рассматривалось.

Приступая к выявлению способности к осолонцеванию почв растворами аэральных солей, автор данной статьи использовал величины концентраций ионов натрия и кальция, приведенные в монографии Е.С. Буркcера и соавторов. Расчеты проведены нами не по всем, а лишь по 11 срокам наблюдений. Величину константы равновесия условно приняли равной 0,0649 (по данным Антипова-Каратаева (1953)), а емкость поглощения почв - 30 *мг-экв*/100 *г* почвы (как во многих современных почвах исследуемых объектов).

Методика расчета также приведена в работе Антипова-Каратаева (1953), стр. 20.

Приведем пример расчета возможного осолонцевания почв под влиянием аэральных солей.

Формула закона действующих масс: $\frac{x_{Na}}{\sqrt{x_{Ca}}} = K_1 \times \frac{c_{Na}}{\sqrt{c_{Ca}}}$,

где x – поглощенные Na и Ca, мг-экв на 100 г почвы;

c – концентрация ионов Na и Ca в растворе, мг-экв/л;

K_1 – константа обмена.

Для расчета по этой формуле взяты концентрации Na и Ca из первой строки таблицы 2: $c_{Na} = 0{,}15$ мг-экв/л; $c_{Ca} = 0{,}12$ мг-экв/л; $K_1 = 0{,}0649$;

Подставляем эти величины в правую часть уравнения закона действующих масс, получим:

$$= 0{,}0649 \frac{0{,}15}{\sqrt{0{,}12}} = \frac{0{,}0649 \times 0{,}15}{0{,}3464} = \frac{0{,}009735}{0{,}3464} = \frac{1}{35{,}583} \ldots$$ или округленно будет $\frac{1}{36}$.

Далее решаем левую часть уравнения с учетом результата решения правой части: $\frac{x_{Na}}{\sqrt{x_{Ca}}} = \frac{1}{36}$. Преобразуем это равенство: $x_{Na} \times 36 = \sqrt{x_{Ca}} \times 1$.

Чтобы вывести x_{Ca} из подкоренного выражения, возводим левую и правую части уравнения в квадрат. Получим следующее равенство отношений:

$$x_{Na}^2 \times 36^2 = 1^2 \times x_{Ca}; \quad x_{Na}^2 \times 1296 = 1 \times x_{Ca}$$ или $\frac{x_{Na}^2}{x_{Ca}} = \frac{1}{1296}$,

т.е. на долю x^2_{Na} приходится 1 часть, на долю x_{Ca} приходится 1296 частей от емкости поглощения исследуемой почвы, что составляет их сумму, равную 1297 частей.

Далее величины отношений частей необходимо выразить в мг-экв. Емкость поглощения катионов почвой принимаем равной 30 *мг-экв*/100 *г* почвы. Тогда на долю x_{Ca} приходится (30:1297) x 1296 = 29,98 *мг-экв*, на долю x^2_{Na} остается (30-29,98 = 0,02 *мг-экв*., а на долю $x_{Na} = \sqrt{0{,}02} = 0{,}14$ *мг-экв*.

Эта величина составит в процентах от емкости обмена (30 *мг-экв*) 0,47 % адсорбированного натрия. Таким образом, исследуемый в приведенном примере раствор может вызвать солонцеватость почвы в размере не более 0,5%. Сравнение этой

величины с классификацией почв по степени солонцеватости позволяет отнести такие почвы к несолонцеватым.

Результаты исследований. Рассмотрим результаты определения возможного осолонцевания почв от действия солей, содержащихся в атмосферных осадках и атмосферной пыли.

1. Возможность осолонцевания почв под влиянием солей, содержащихся в атмосферных осадках. Как отмечает Е.С. Буркcер с сотрудниками, в период наблюдения годовое количество осадков в Аскания-Нова составило 432,8 *мм*, а в Баштанке - 557,2 *мм*. Они выпадали неравномерно в отдельные месяцы, с колебанием по обеим станциям от 2 до 133 *мм*. Содержание всех солей в атмосферных осадках также значительно менялось: от 0,04 до 0,215 *г/л* в Аскании-Нова и от 0,017 до 0,096 *г/л* в Баштанке. В составе солей, выпавших в Аскании-Нова, преобладали хлористый и сернокислый натрий, реже - бикарбонаты натрия и магния. Соли кальция представлены преимущественно бикарбонатом кальция и иногда сернокислым кальцием. По метеостанции Баштанка в вероятном составе солей преобладают хлористый и сернокислый натрий, несколько меньше содержится сернокислого магния. Из солей кальция больше всего приходится на бикарбонат кальция и иногда сернокислый кальций.

В целом можно считать, что соли натрия представлены главным образом хлористым натрием и сернокислым натрием, а соли кальция – преимущественно бикарбонатом кальция.

В таб. 1 приведены исходные данные химического состава атмосферных осадков (Е.С. Буркcер и др), на основе которых нами проведена оценка пригодности таких вод к орошению по известным в ирригации показателям и по закону действующих масс.

Как видно из таблицы 1, атмосферные осадки содержат разное количество солей. По Аскании-Нова оно колеблется в пределах 19,35-215,24 *мг/л*, с преобладанием величины 100 *мг/л*. По метеостанции Баштанка количество солей значительно меньше, с колебанием от 17,26 до 96,61 *мг/л*, с преобладанием величин 20-30 *мг/л*. В целом минерализация этих вод колеблется в пределах от 0,02 до 0,1-0,2 *г/л*. Воды с такой минерализацией возможно использовать для орошения, поскольку она не превышает 0,3-0,5(1) *г/л*.

Таблица 1

Химический состав атмосферных осадков по метеостанциям Аскания-Нова и Баштанка и показатели пригодности этих вод для орошения

Год, месяц	Химический состав атмосферных осадков, мг/л							Сумма ионов, мг/л	$\frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$	Сумма катионов, мг/л	% Na от суммы катионов
	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}				
Аскания-Нова											
1952											
VI	1,80	6,14	8,54	3,45	0,36	2,40	0,53	23,22	0,5	0,32	50
VII	2,44	3,74	7,32	3,45	0,19	2,04	0,17	19,35	0,5	0,32	50
VIII	3,58	4,42	20,74	2,99	0,93	7,04	0,35	40,05	0,2	0,89	25
IX	12,01	11,52	53,68	18,63	н.о.*	7,40	3,46	106,60	0,6	4,64	18
X	8,52	64,18	73,20	29,90	3,60	22,20	3,31	204,91	0,9	5,72	22
XI	9,94	12,05	31,72	15,64	2,00	4,40	1,31	77,06	0,8	2,04	35
XII	7,10	11,23	35,38	13,34	1,66	5,20	1,59	75,50	0,6	2,47	25
1953											
I	17,89	75,28	58,56	31,28	2,00	56,60	3,63	215,24	0,9	1,93	73
II	5,90	3,01	18,30	8,05	1,27	2,40	0,44	39,43	0,7	0,92	41
III	5,96	10,41	73,20	8,28	1,60	20,00	2,33	121,78	0,3	3,74	10
IV	66,03	25,73	41,48	54,05	1,95	6,40	4,29	199,95	1,5	7,01	34
V	19,03	6,83	30,50	11,96	1,27	6,80	3,41	79,82	0,4	4,30	13
Баштанка											
1952											
VI	1,94	5,38	6,34	3,22	0,09	2,18	0,26	19,41	0,6	0,27	51
VII	2,45	5,24	5,61	3,22	Н.о.	2,12	0,17	18,81	0,6	0,77	52
VIII	1,38	5,76	5,12	1,15	0,43	3,16	0,26	17,26	0,2	0,24	25
IX	7,46	7,40	54,90	22,31	н.о.	3,00	1,74	96,61	2,6	1,26	77
X	4,61	5,47	13,42	1,84	0,88	4,20	1,82	32,24	0,2	0,46	22
XI	22,72	9,60	10,37	12,12	2,83	3,00	3,16	63,87	1,2	1,01	59
XII	2,48	10,69	6,71	3,22	0,35	2,60	1,45	27,56	0,4	0,40	37
1953											
II	2,84	11,52	10,98	1,84	н.о.	5,40	2,18	34,76	0,2	0,50	16
III	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	-	-	-
IV	2,48	5,76	7,93	0,92	0,35	2,80	1,67	21,91	0,5	0,32	15
V	3,83	3,82	7,30	2,07	0,88	2,00	1,29	21,19	0,2	0,31	35

* н.о. – не определялось

Возможность осолонцевания почв при поливе такими водами определяется по значению показателя осолонцевания

Как оказалось, показатель осолонцевания имеет низкие значения 0,5-0,8, и лишь в трех пробах возрастает до 1,2–2,6, т.е. орошение такими водами не представляет опасности осолонцевания почв.

Оценка пригодности воды для орошения по сопоставлению концентрации солей (сумма катионов в *мг-экв*) и соотношения катионов Na+K к сумме катионов показала, что концентрация (сумма катионов) не превышает 10 *мг-экв*. Соотношение катионов колеб-

лется в пределах от 13 до 50 %. При таких показателях использование вод для орошения может вызвать очень малую опасность засоления и осолонцевания почв.

Перейдем к рассмотрению вопроса о возможной степени осолонцевания почв при применении таких растворов с использованием уравнения закона действующих масс. Расчеты представлены по 11 срокам наблюдений (табл. 2).

Таблица 2

Прогноз возможного осолонцевания почвы под влиянием атмосферных осадков

Год, месяц	Количество атмосферных осадков, мм	Доля осадков от суммы годового количества, %	Содержание в 1 л				Сумма, мг/л	Соотношение мг-экв Na:Ca, % от суммы	Адсорбция Na, % от емкости
			Na		Ca				По исходным данным
			мг	мг-экв	мг	мг-экв			
Аскания-Нова									
1952									
VI	76,9	18	3,45	0,15	2,40	0,12	5,85	55:45	0,5
VII	101,6	29	3,45	0,15	2,04	0,10	5,49	60:40	0,6
VIII	15,0	3,0	2,99	0,13	7,04	0,35	10,03	28:72	0,3
IX	4,0	0,9	18,63	0,81	7,40	0,37	26,03	69:31	1,6
X	13,7	3,0	29,9	1,30	22,2	1,11	52,10	54:46	1,5
1953									
III	2,0	0,5	8,28	0,36	20,0	1,0	28,28	23:77	0,5
IV	13,3	3,0	54,05	2,35	6,40	0,32	60,45	88:12	4,3
Баштанка									
1952									
VI	20,7	4,0	3,22	0,14	2,18	0,11	5,40	56:44	0,5
VIII	43,9	8,0	1,15	0,05	3,16	0,16	4,31	23:77	0,3
IX	14,4	2,5	22,31	0,97	3,0	0,15	25,31	86:14	2,9
XI	121,5	22	12,1	0,53	3,0	0,15	15,10	77:23	1,6

Как видно из приведенных данных сумма ионов натрия и кальция колеблется в пределах 5-60 *мг/л* по Аскании-Нова и 5-25 *мг/л* по Баштанке. Менялось и соотношение катионов, в большинстве случаев натрий преобладал над кальцием.

Возможное количество адсорбируемого натрия по Аскании-Нова весьма невелико, составляет лишь долю процента (0,3-0,6 %). Оно несколько возрастает до 1,6 % при повышении концентрации раствора до 26-52 *мг/л* и небольшом преобладании натрия над кальцием. Максимальное же значение адсорбированного натрия (4,3 %) отмечается при концентрации раствора

60 *мг/л* и очень значительном преобладании натрия над кальцием – 88 : 12 %.

По метеостанции Баштанка при небольшой концентрации раствора (4-5 *мг/л*) величина обменного натрия также совсем мала - десятые доли процента (0,3-0,5 %). Оно возрастает до 1,6-2,9 % при повышении концентрации раствора до 15-25 *мг/л* и при широком соотношении натрия к кальцию (86:14 %).

Таким образом, данные о концентрации солей в атмосферных осадках подтверждают заключение геологов, что количество аэральных солей зависит от расстояния территории до морского побережья. Оно выше вблизи него (Аскания-Нова) и заметно снижается при большем удалении (Баштанка).

Концентрация солей по отдельным месяцам весьма динамична. Неодинаково и соотношение натрия к кальцию как в осадках, выпадающих вблизи побережья, так и на более удаленной территории. Потенциальная способность к осолонцеванию почв растворами солей в атмосферных осадках весьма невысокая, она несколько повышается для территории, близко расположенной к морю, а в целом может вызвать осолонцевание почв лишь в пределах 0,3-2 (4 %) натрия.

2. Возможность осолонцевания почвы под действием солей атмосферной пыли. Е.С. Буркер и его сотрудники отбирали осевшую пыль на площадках размером 30 х 40 *см*. Применялся специально разработанный авторами микрометод химического анализа. Данные о химическом составе водных вытяжек из 100 *г* атмосферной пыли представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, количество водорастворимых веществ, извлекаемых их 100 *г* пыли в разные сроки наблюдения колебалось в переделах от 0,3 до 2,2 *г*. Основная же часть пыли состоит из силикатов и других нерастворимых в воде соединений.

По данным Е.В. Буркера и др. на обеих метеостанциях в образцах пыли наиболее часто встречаются хлористый натрий. Сернокислый натрий, карбонаты кальция и магния. Однако среднее их содержание меняется: в Аскания-Нова оно выше по

хлористому натрию и сернокислому натрию, а в Баштанке средние значения выше по карбонату кальция, магния и гипсу.

Таблица 3

Состав водных вытяжек, полученных из образцов пыли

Год, месяц	Вода из 100 г пыли извлекает						
	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Сумма, грамм
Аскания-Нова							
1952							
VI	0,711	0,293	0,843	0,622	0,127	0,073	2,669
VII	0,104	0,309	0,303	0,183	0,065	0,039	1,003
VIII	0,263	0,362	0,964	0,608	0,066	0,120	2,273
IX	0,038	0,078	0,129	0,013	0,070	0,011	0,339
X	0,073	0,176	0,435	0,208	0,043	0,020	0,955
XI	0,135	0,046	0,181	0,003	0,120	0,020	0,505
XII	0,262	0,712	0,163	0,256	0,178	0,032	1,603
1953							
III	0,021	0,404	0,214	0,076	0,059	0,086	0,860
IV	0,033	0,083	0,058	0,005	0,052	0,012	0,243
V	0,021	0,442	0,083	0,042	0,150	0,022	0,760
Баштанка							
1952							
VI	0,392	0,341	0,471	0,123	0,213	0,120	1,666
VII	0,106	0,144	0,672	0,227	0,038	0,064	1,251
VIII	0,108	0,043	0,226	0,023	0,069	0,039	0,508
IX	0,170	0,245	0,157	0,072	0,058	0,080	0,782
X	0,248	0,360	0,267	0,182	0,063	0,095	1,215
XI	0,009	0,646	0,639	0,006	0,226	0,153	1,679
XII	0,222	0,200	0,271	0,098	0,075	0,083	0,949
1953							
II	0,036	0,518	0,322	0,018	0,104	0,133	1,131
III	0,102	0,166	0,123	0,167	0,023	0,000	0,581
IV	0,128	0,230	0,244	0,019	0,096	0,075	0,792
V	0,095	0,212	0,342	0,087	0,117	0,071	0,924

Для выявления возможного осолонцевания почв солями атмосферной пыли нами были использованы данные Буркcера по содержания натрия и кальция в 100 *граммах* пыли. Сделан перерасчет количества выпавшей пыли на площадь 1 *м*^{2}. Определено содержание ионов натрия и кальция с учетом количества выпавшей пыли в соответствующий месяц. Эти данные, а также сумма катионов и соотношение натрия к кальцию представлены в таблице 4. С учетом этих исходных данных определено возможное осолонцевание почв для двух вариантов: при соотношении твердой и жидкой фаз как 1:5 (водная вытяжка)

и при соотношении 1:10 (чтобы выразить концентрацию раствора на литр, как это приведено по атмосферным осадкам в таблице 2).

Таблица 4

Прогноз осолонцевания почвы под влиянием солей Na и Ca в выпавшей атмосферной пыли

Год, месяц	Количество пыли, г/м²	В 100 г пыли		В выпавшей за месяц пыли				Сумма Na+Ca, мг	Соотношение мг-экв Na : Ca, %	Возможная адсорбция Na, % от емкости при соотношении твердой фазы к жидкой	
				Na		Ca					
		Na, мг	Ca, мг	мг	мг-экв	мг	мг-экв			1:5	1:10
Аскания-Нова											
1952											
VI	1,64	622	127	10,2	0,44	2,08	0,10	12,2	89:11	1,6	1,2
VII	3,35	183	65	6,13	0,26	2,17	0,10	8,3	72:28	1,0	0,7
VIII	3,15	608	66	19,15	0,83	2,07	0,10	21,2	89:11	3,0	2,2
IX	30,91	13	76	4,0	0,17	23,49	1,17	27,4	91:9	0,3	0,1
X	6,44	208	43	13,39	0,58	2,76	0,13	16,1	81:19	1,6	1,4
1953											
III	2,84	76	59	2,15	0,09	1,67	0,08	3,8	52:48	0,4	0,2
IV	98,55	5	52	4,9	0,21	51,24	2,56	56,1	7:93	0,3	0,1
Баштанка											
1952											
VII	5,54	227	38	12,57	0,54	2,10	0,10	14,6	84:16	2,0	1,4
VIII	12,0	23	69	2,76	0,12	8,20	0,54	10,9	16:84	0,3	0,2
IX	15,39	72	58	11,0	0,47	8,9	0,44	19,9	51:49	0,8	0,5
X	0,19	6	226	0,011	0,005	0,42	0,02	0,43	23:77	0,3	0,1

Следует отметить, что поскольку пыль приносилась и оседала под воздействием ветра разных румбов и представляла в одних случаях соли, вынесенные ветром с поверхности приморских солончаков, а в других случаях - с поверхности проезжих дорог и пашни, то полученные расчетные данные о возможной степени осолонцевания не всегда соответствовали закономерностям о воздействии концентрации и соотношения катионов на степень солонцеватости, как это отмечалось при прогнозировании осолонцевания под действием солей, содержащихся в атмосферных осадках. В меньшей степени, чем ожидалось, проявлялось влияние соотношения катионов и даже концентрации солей натрия и кальция. В целом же, величина прогнозируемого осолонцевания почв оказа-

лась также весьма небольшой, близкой к полученному при выпадении атмосферных осадков (десятые доли процента, реже 1-2 %).

Возникает вопрос - а нельзя ли просуммировать все величины концентрации солей за год и по этим данным определить степень возможного осолонцевания почв за годичный период. Оказывается, что этого делать нельзя, просуммировать можно лишь количество выпавших солей. Но и при этом следует учитывать, что соли не остаются на одном месте, а вместе с почвенными растворами передвигаются в горизонтальном и вертикальном направлениях, могут достигнуть грунтовых вод и выклиниться в водоемы. Это лишь чисто механический путь поступающих аэральным путем солей.

Главная же роль этих солей в почвообразовании состоит в участии их в обменных процессах с поглощающим комплексом почв. А эти процессы являются обратимыми, зависящими от целого ряда свойств самих катионов, а так же от концентрации растворов, соотношения катионов и объема растворителя и других свойств (Гедройц, 1932; Иванова, 1938; Горбунов, 1961; Дараб и Редли, 1980 и др.).

Как отмечает Дюшофур (1970), законы ионных равновесий могут быть выражены формулой закона действующих масс, учитывающей концентрации ионов и коэффициенты их активности, но вместе с тем энергия адсорбции ионов различна и зависит от валентности и степени гидратации. Так, например, по степени убывания энергии адсорбции ионы располагаются в такой ряд: A1-Ca-Mg-H-K-Na. Наиболее сильно поглощается почвой кальций. Поэтому именно кальций преобладает над другими ионами в поглощающем комплексе почв. Натрий же, обладая слабой энергией поглощения, относится к меньшинству поглощенных катионов. Дюшофур подчеркивает, что адсорбция катионов, кроме того, сильно зависит от сезонных изменений концентраций почвенных растворов, которые, в свою очередь, определяются погодными условиями. Разбавление растворов усиливает активность двухвалентных катионов, и они адсорбируются поглощающим комплексом, в то время как одновалентные катионы переходят в раствор. Это наблюдается во влажный период года (весна, теплая зима), когда происходит наибольшее выщелачивание солей и, в том числе, вымывание поглощенного натрия, вытесненного кальцием. И, наоборот, в сухой и жаркий период года, когда гидратация иона натрия снижается, он внедряется в поглощающий комплекс, вытесняя в почвенный раствор кальций, который может перейти из раствора в твердую фазу в виде карбоната кальция или гипса.

Следовательно, степень осолонцевания определяется не только количеством поступающих солей и соотношением катионов натрия к кальцию, но и погодными условиями.

Важно подчеркнуть, что ослаблению солонцеватости почв способствует также наличие в атмосферной пыли карбоната кальция и гипса, которые при увлажнении пыли вытесняют поглощённый натрий, т.е. оказывает мелиорирующее воздействие на почву.

Интересно было сравнить полученные данные по возможному осолонцеванию с величиной поглощенного натрия в почвах Причерноморья. В таблице 5 приведена степень солонцеватости по поглощенному натрию в некоторых солонцеватых почвах северной (континентальной) части Причерноморской впадины и южной части - Крымской. Особенно интересно было сопоставить данные по Аскании-Нова, где геологи изучали аэральные соли. Оказалось, что в темно- каштановой солонцеватой целинной почве химическая солонцеватость по натрию очень низкая и довольно близка к прогнозируемому нами уровню (доли процента). Обращает внимание различная степень химической солонцеватости в солонцах северной части Причерноморья по сравнению с южной (Крымской). В северном Причерноморье развиваются малонатриевые солонцы, в которых поглощенный натрий составляет всего 6 % (иногда 8 %), а в южной части (Крым) - средненатриевые автоморфные солонцы, которые содержат 16-20% поглощенного натрия. В последних выше и степень иллювиированности (Новикова, 2007).

Различие в степени солонцеватости почв объясняется не совсем одинаковым топографическим уровнем сравниваемых территорий - северная часть имеет более высокие абсолютные отметки, чем южная, берега Черного моря и Сиваша довольно высокие (5-10 *м*) и обрывистые. Поэтому в северном Причерноморье абсолютно преобладают автономные ландшафты с автоморфным почвенным покровом. Это тёмно-каштановые слабосолонцеватые почвы без пятен степных солонцов, которые ближе к побережью Сиваша сменяются комплексом каштановых солонцеватых почв и степных малонатриевых солонцов. Разумеется, в понижениях рельефа (подах), на низких речных террасах и на пониженных полуостровах развиваются гидроморфные и полугидроморфные солонцовые комплексы, но площадь их невелика.

В отличие от северной части Причерноморья, в Крымском Присивашье автоморфные солонцовые почвы занимают

только половину территории, а вторая половина приходится на долю гидроморфных и полугидроморфных почв.

Надо полагать, что в те геологические эпохи, когда земная кора в Причерноморье испытывала эпейрогеническое погружение, морскую трансгрессию и подъем уровня грунтовых вод, все эти процессы протекали более интенсивно именно в Крымской пониженной части Причерноморья, что и сказалось на большем засолении и солонцеватости этих почв. Соли, поступающие из грунтовых вод при выпотном водном режиме в гидроморфных и полугидроморфных почвах Крымского Присивашья, являются главным источником засоления и осолонцевания почв. Аэральные же соли в солевом балансе составляют лишь небольшую часть. Поэтому, несмотря на поступление на поверхность почв аэральных солей их количество не может вызвать значительного осолонцевания и образования автоморфных солонцов, которые могут появиться лишь при рассолении солончаковых почв, возникших некогда при выпотном режиме от близко залегающих минерализованных грунтовых вод в период эпейрогенического опускания территории Причерноморья.

Таблица 5

Содержание поглощенного натрия в автоморфных почвах сухой степи Причерноморья

Местоположение, (автор)	Почва	Горизонт*	Глубина, см	Обменный натрий, % от емкости
Аскания-Нова (Полупан Н.И., 1981)	Темно-каштановая солонцеватая целинная	Hed Hi Hp	0-8 20-25 30-35	0,7 0,6 0,6
Северная часть сухостепной зоны, средние данные по 18 разрезам (Ю.Е. Кизяков, 1975)	Темно-каштановая глубоковскипающая	He Hip	0-10 30-40	1,8 2,0
Сухостепная зона, средние данные по 30 разрезам (Ю.Е. Кизяков, 1975)	Солонец каштановый малонатриевый	He IH	0-10 30-40	3,4 6,1
Генический район, Геническая опытная станция (А.В. Новикова, 1984)	Каштановая солонцеватая	He Hi	0-10 30-48	2 3
Крымская область, Красноперекопский район, с. Источное (А.В. Новикова, 1962)	Темно-каштановая слабо солонцеватая	He Hi	0-10 23-34	1,2 1,8
Крымская область, Азовский район, с. Великоселье (А.В. Новикова, 1962)	Темно-каштановая солонцеватая	H Hip	0-10 35-45	4,0 5,0
Крымская область, Джанкойский район, с. Солонцовое (А.В. Новикова, 1962)	Степной глубокосолончаковатый солонец	EH IH	0-10 18-35	8 16

* Здесь используется украинская символика обозначения генетических горизонтов:
H – гумусовый, d- дерновый; e – элювиальный; i – иллювиальный, p – почвообразующая порода.

Возникает вопрос о том, в каком же направлении протекало почвообразование на юге Украины в послеледниковый, голоценовый период.

Сведения об этом были получены в результате археологических раскопок насыпных курганов на юге Украины, проводмых с участием почвоведов. Как установлено В.П. Золотуном (1977) около 5 тысяч лет тому назад, во второй половине голоцена, климат на юге Украины менялся в сторону смягчения степени его континентальности. Это сказалось на изменении растительности и почв. Процесс почвообразования от примитивных пустынных почв менялся в сторону образования сначала светло-каштановых почв, затем темно-каштановых, потом южных черноземов и обыкновенных черноземов. При этом происходило некоторое рассоление, с выносом хлоридов и сульфатов. Изменялся и состав поглощенных оснований - уменьшалось содержание

поглощенного натрия и магния, становилось более широким соотношение кальция к магнию.

Следовательно можно предположить, что и в дальнейшем будут происходить подобные изменения в почвообразовании. С целью предупреждения ухудшения экологической обстановки в Причерноморье необходимо организовать мониторинг за направленностью процессов засоления-рассоления почв, их осолонцеванием, количеством и химическим составом аэральных солей с определением способности их к осолонцеванию.

Заключение

Математическое моделирование обменных процессов с использованием закона действующих масс позволяет приближенно оценить возможность растворов аэральных солей к осолонцеванию почв.

Наши исследования показали, что растворы аэральных солей Причерноморья могут вызвать лишь слабую степень солонцеватости автоморфных почв - от десятых долей процента до 1-2 (4 %). Сопоставление этих данных с фактическим содержанием поглощённого натрия в современных автоморфных тёмно-каштановых почвах (в том числе в Аскании-Нова) показало их близкое сходство.

Создаётся впечатление, что, несмотря на многовековую импульверизацию солей с морского побережья, степень солонцеватости почв резко не изменяется. Нам представляется, что ослабленное действие аэральных солей на солонцеватость почв вызвано следующими причинами - глобальным изменением климата и почв во второй половине голоценового периода, сезонной динамикой почвенных процессов и наличием в составе аэральных солей карбонатов кальция и гипса.

Под влиянием глобального изменения климата на юге Украины во второй половине голоценонвого периода, произошло изменение почвенного покрова от светло-каштановых к тёмно-каштановым почвам и южным чернозёмам, которое сопровождалось уменьшением количества поглощённого натрия (Золотун).

Динамическая смена погодных условий вызывает то усиление концентрации почвенных растворов в сухое время года, с внедрением иона натрия в поглощающий комплекс, то разбавление концентрации раствора с внедрением в поглощающий комплекс иона кальция и вытеснением иона натрия. Последний, вместе с нисходящим током влаги удаляется вниз по профилю почвы. Степень солонцеватости почв снижается.

Карбонаты кальция и гипс способствуют рассолонцеванию почв. Поскольку при автоморфном почвообразовании преобладают процессы рассоления и рассолонцевания, то воздействие аэральных солей ослабляется, и преобладают слабосолонцеватые почвы. Лишь на узкой прибрежной полосе северного Причерноморья, занятой морской плиоценовой террасой, развиваются автоморфные солонцы в комплексе с каштановыми солонцеватыми почвами. Однако, образование солонцов здесь вероятно связано с былым гидроморфизмом этих почв, как это характерно для почв Крымского высокого Присивашья.

3. ДИАГНОСТИКА СОЛОНЦЕВАТОСТИ ПОЧВ ПО СТЕПИ ИЛЛЮВИИРОВАННОСТИ

ИЛЛЮВИИРОВАННОСТЬ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ КАК ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СТЕПЕНИ СОЛОНЦЕВАТОСТИ[1]

В 1957-1961 гг. в Украине было проведено сплошное крупномасштабное обследование почв, позволившее не только зафиксировать структуру почвенного покрова, но и получить основу для разработки различных приемов повышения плодородия почв.

В последующий период произошло сильнейшее антропогенное воздействие па часть почвенного покрова в результате широкомасштабной ирригации, осушения и химизации. Определенное влияние оказали также и погодные условия, в частности усилившийся па планете парниковый эффект обусловил заметные гидрогеологические изменения. Местами повысился уровень грунтовых вод, что вызвало изменение засоленности, степени солонцеватости почв и другие процессы. Поэтому сегодня актуальным становится вопрос о необходимости повторения сплошного почвенного обследования. В связи с этим вопросы диагностики почв, в том числе солонцеватых, также приобретают большую значимость.

В Украине эти почвы распространены довольно значительно (около 4 млн. га), поэтому проблеме образования солонцовых почв и разработке приемов повышения их плодородия всегда уделялось большое внимание. Первым объектом исследования были галогенные почвы Лесостепи, где работали К.К. Гедроиц (1955), Соколовский (1971), Г.Н. Самбур (1953), А.М. Можейко (1960), А.М. Гринченко (1960), Г.С. Гринь (1969) и другие. Затем началось систематическое исследование солонцов юга Украины: на Херсонщине их проводили А.М. Можейко, С.П. Семенова-Забродина (1952), Г.Н. Самбур (1964), Ю.Е. Кизяков (1975), в Крыму – А.В. Новикова (1953) и другие.

В результате многолетних исследований была выявлена специфика солонцеобразования в разных почвенноклиматических условиях, разработаны и внедрены на больших площадях дифференцированные комплексы приемов мелиорации.

---

[1] Статья опубликована в сб. «Агрохімія і грунтознавство», Харьков, ННЦ ИПА, № 66, 2005. С. 23–37.

К.К. Гейдройц (1932) установил, что причиной возникновения солонцового процесса являются соли натрия. При их удалении из почвы атмосферными осадками до уровня ниже порога коагуляции поглощенный натрий вызывает пептизацию и диспергацию почвенной массы, которая, мигрируя вниз по профилю, подвергается процессам коагуляции под влиянием электролитов. Образуются иллювиальные горизонты, содержащие глинистые минералы, дисперсные системы окиси кремния и полуторных окислов, органические вещества, органо-минеральные соединения, внутрикомплексные молекулярные соединения железа и алюминия. Основным фактором устойчивости движущихся вниз почвенных коллоидных систем является электростатический, хотя определенную роль играют сольватационный и структурно-механический факторы.

По современным представлениям солонцовый процесс – это процесс развития и поддержания комплекса взаимосвязанных явлений в почве, протекающих при относительно низкой концентрации солей в почвенном растворе и повышенном количестве натрия в поглощающем комплексе. Он характеризуется пептизированностью ила и коллоидов, их передвижением вниз, высокой растворимостью органики, высокой щелочностью и трансформаций минералов и органических веществ при щелочном гидролизе. И.Б. Хитров (2003) предлагает диагностические признаки современного солонцового процесса разделить на две группы – морфологические (размеры призматических структурных отдельностей, натечность органических соединений по их поверхности) и физико-химические.

Что касается диагностирования степени солонцеватости, как совокупности свойств почв, обусловленных поглощенным натрием, то в литературе известно много методов.

При полевом обследовании используется морфологическое описание почв с выделением элювиального и иллювиального горизонтов. На основе анализов учитывается относительное содержание поглощенного натрия от суммы катионов и определяется степень солонцеватости по классификации И.Н. Антипова-Каратаева. Имеются предложения определять степень солонцеватости по активности иона натрия (Орлов, Альзубайди, 1965), по соотношению активностей ионов натрия и кальция, (Чаусова, 1978). Однако, как справедливо отмечает Н.Б. Хитров (2003), состав обменных катионов и активность ионов характеризуют прежде всего засоленность, а не солонцеватость. Поэтому автор предложил использовать для диагностики солонцеватости два новых критерия, основываясь на закономерностях измене-

ния активности и pH при разбавлении почвенных паст и растворов: натриевый критерий и Δ pH-критерий.

По мнению В.А. Девятых, Б.П. Градусова и Л.Н. Зацепиной (1986), о степени солонцеватости можно судить и по удельной поверхности илистой фракции солонцовых почв. Н.И. Горбунов, (1978) предложил учитывать неоднородность свойств илистой фракции почв (водно-пептизированный и агрегированный ил).

Разработаны также методы диагностики, основанные на характере распределения ила по профилю почв: по степени иллювиированности, (Новикова, Коваливнич, 1968) и по разнице в содержании ила в иллювиальном и элювиальном горизонтах, (Гоголев, Волошин, 1968).

Первый метод разработан авторами по массовым материалам почвенной съемки (Крымская почвенная партия) с учетом выборочных данных по 70-ти разрезам. Авторы ввели понятие «степень иллювиированности» (*Ni*), под которым подразумевается отношение разности в содержании ила в иллювиальном (В) и элювиальном (А) горизонтах к их сумме, выраженной в процентах:

$$Ni = \frac{B - A}{A + B} \cdot 100\ (\%)$$

Определение степени корреляционной связи между показателями степени иллювиированности и степени солонцеватости по поглощенному натрию для верхней части иллювиированного горизонта показало, что корреляция прямая и сильная, r = +0,89 при ошибке коэффициента корреляции ± 0,06 Это дало основание разработать соответствующую шкалу степени солонцеватости по степени иллювиированности (*Ni*).

Этот метод имеет преимущество не только в связи с его простотой, но и с тем, что такую шкалу возможно разработать и для почв остаточно-солонцеватых малонатриевых с физической солонцеватостью. Специальными исследованиями А.Н. Соколовского по осолонцеванию грунтов (1971) установлено, что образующаяся под влиянием поглощенного натрия дисперсная коллоидная масса сохраняется в почве на месте даже после удаления из нее натрия. По образному выражению Соколовского «натрия нет, но дух его остался». В остаточно-солонцеватых почвах происходит то же самое

Бельгийским почвоведом Ван Вамбеке (1974), установлено, что если элювиальный и иллювиальный горизонты развиваются в пределах одной почвообразующей породы за счет нисхо-

дящего передвижения илистой фракции, то между их мощностями и содержанию ила существует математическая зависимость. Приводятся соответствующие примеры расчетов.

Повышенный интерес к иллювиированности, как к процессу вмывания и накопления коллоидных дисперсий, отраженному в иллювиальном горизонте, является не случайным. Он является важнейшим показателем солонцового процесса, его интенсивности и включает в себя понятие солонцеватости по поглощенному натрию. Его можно характеризовать по морфологическому, по химическому и физико-химическому составу и свойствам иллювиального горизонта, но положению в почвенном профиле, а также количественно по степени иллювиированности (разнице в содержании ила в иллювиированном и элювиальном горизонтах).

Придавая больше значение этому процессу, автор задался целью выявить особенности иллювиированности солонцовых почв в разных природных условиях Украины, установить возможность диагностирования степени солонцеватости по степени иллювиированности с тем, чтобы использовать эти данные при уточнении генезиса, прогнозировании степени податливости к мелиорации и выбору оптимальных путей окультуривания.

Остановимся на рассмотрении условий почвообразования галогенных почв в разных регионах Украины.

Солонцовые почвы республики сосредоточены в двух природных зонах – Лесостепи (и частично Черниговском Полесье) и Степи. В климатическом отношении регионы различаются по величине коэффициента увлажнения: в первом регионе климат суббореальный (умеренно теплый), семигумидный (полувлажный); во втором – суббореальный семиаридный (полусухой).

В геоструктурном отношении первый регион входит в Днепровско-Донецкую впадину, второй – в Причерноморскую.

Различаются эти регионы и по гидрогеологическим условиям. В первом, в его северной части, грунтовые воды залегают очень близко к поверхности (1–1,5 *м*) и имеют содовое засоление; в южной части грунтовые воды залегают несколько ниже (1,5–2,5 *м*), химизм солей смешанный, содово-сульфатный. В Причерноморье грунтовые воды залегают на глубине от 1 до 20 и более метров с преобладанием глубин ниже 7–10 *м*. Химизм солей нейтральный, сульфатно-хлоридный и хлоридный.

В ландшафтно-геохимическом отношении в зоне Лесостепи, в ее северной части, засоленные почвы приурочены к супераквальным преимущественно аккумулятивным ландшафтам,

в южной части – к супераквальным транзитным ландшафтам. В зоне Степи галогенные почвы развиваются вблизи Сиваша в супераквальных аккумулятивных ландшафтах (солончаки), гипсометрически выше – в супераквальных транзитных ландшафтах, а на самых высоких территориях – в автономных ландшафтах. Преобладают последние.

Неодинаковы и почвообразующие породы. В Лесостепной зоне, на Днепровской террасовой равнине, они представлены лессовидными суглинками среднего и легкого гранулометрического состава, подстилаемыми внизу песками. В области Причерноморской низменности основными почвообразующими породами являются лессовидные тяжелосуглинистые и легкоглинистые отложения. На Керченском полуострове они сменяются морскими третичными засоленными глинами.

Источниками солей в зоне Лесостепи являются недровые соли (соляные купола) и соли грунтовых вод содового или смешанного состава. В зоне Степи главными источниками появления солей являются соли лессовидных отложений, грунтовых вод и морские соли, переносимые ветром (импульверизация).

В зоне Лесостепи в условиях плакора развиваются серые лесные почвы, черноземы типичные, оподзоленные и другие. В гидроморфных же условиях широко распространены луговые поверхностно солонцеватые почвы, солонцы содовозасоленные, торфяно-болотные и другие почвы. Преобладают гидроморфные почвы.

В зоне Степи солонцовые почвы формируются в гидроморфных, полугидроморфных и автоморфных условиях. Территориально преобладают автоморфные, расположенные на плато и террасах высокого гипсометрического уровня. Это темно-каштановые и каштановые слабосолонцеватые в комплексе со степными солонцами каштановыми и остаточно солонцеватые темно-каштановые или каштановые почвы. Весьма часто в солонцах отмечается физическая солонцеватость.

Меньшую площадь занимают полугидроморфные комплексы солонцовых почв (солонцы лугово-степные в комплексе с лугово-каштановым и или темно-каштановыми почвами). Наибольшую площадь они занимают в Крымском среднепониженном Присивашье, меньшую на террасе – дельте Днепра и в подах Причерноморья. Еще меньше распространены гидроморфные солонцовые комплексы в виде луговых солонцов и каштаново-луговых солонцеватых почв, они развиваются преимущественно в низменном Крымском Присивашье, а также в подах Причерноморья и на террасе – дельте Днепра.

В связи с постепенным понижением гипсометрии местности в Крыму, от предгорий к морским берегам, закономерно изменяется глубина грунтовых вод, их минерализация, что оказывает влияние на сезонный водно-солевой режим почв, процессы геохимической миграции солей. В результате этих процессов образовалась своеобразная поясность (зональность) химизма засоления почв (Новикова, 1962).

Таким образом, солонцовые почвы Украины по своему генезису являются весьма разнообразными: гидроморфными, полугидроморфными и автоморфными. В них получили отражение и зональные особенности (черноземные, каштановые). Среди автоморфных выделяют особую группу литогенных солонцовых почв (Коваливнич, 1969).

Солонцеватость автоморфных остаточно-солонцеватых почв Причерноморья большинство исследователей связывает с их реликтовостью засоления, поскольку геологическая история Причерноморья связана с неоднократными эпейрогеническими движениями земной коры положительного и отрицательного знаков, сопровождаемыми то трансгрессией, то регрессией морей, а также колебаниями уровня минерализованных грунтовых вод, вызывающих засоление пород и почв. Автор статьи твердо убежден в широком палеогалогидроморфизме почв Причерноморья.

Однако ряд авторов (Полупан и др., 1979, Кисель, 1981) считают, что солонцеватость автоморфных почв обязана импульверизации солей и, следовательно, является не реликтовой, а современной.

Специфичность процесса солон цеобразования в разных местных условиях нашла отражение в строении профиля солонцов, различном положении иллювиального горизонта, степени его солонцеватости и степени иллювиированности. Поскольку именно иллювиальный горизонт определяет отрицательные агрономические свойства почвы и в целом податливость ее к мелиорации, автор стремился выявить его отличительные черты в разных группах солонцовых почв, используя данные личных и литературных источников. Выделение видов иллювиированности осуществлялось для почв, развивающихся в богарных условиях.

Учитывались такие показатели: почвенная зональность, водный режим, преобладающая направленность движения почвенных растворов и коллоидов; местоположение иллювиального горизонта в профиле, глубина нижней границы иллювиального переходного горизонта в солонцах; химизм солей, грануломет-

рический состав, минералогический состав илистой фракции почв и пород.

Нижняя граница иллювиального переходного горизонта приводится для солонцов и является довольно приблизительной, учитывая большую вариабельность морфологических показателей (как и других) для засоленных и солонцовых почв вообще (Севостьянов, 1959). В почвах с верхнепрофильной иллювиированностью она отмечается на глубине 20–40 *см*, со среднепрофильной – 40–55 *см*; с глубокопрофильной – ниже 60 *см*.

С учетом вышеназванных показателей нами выделено четыре основных вида иллювиированности солонцовых почв: среднепрофильная типичная, формирующаяся под элювиальным горизонтом при нейтральном засолении в солонцах каштановых степных, лугово-степных и луговых; среднепрофильная литогенная, формирующаяся под элювиальным горизонтом при нейтральном засолении в солонцах черноземных степных; средне- и глубокопрофильная, формирующаяся непосредственно в приповерхностной части почв при выпотном водном режиме и содовом засолении в солонцах черноземно-луговых корковых содово-солонцеватых; высокопрофильная (местная содовая диспергированность), формирующаяся непосредственно на месте в верхней части профиля под диспергирующим воздействием соды при выпотном водном режиме в солонцах корковых черноземно-луговых.

I. Иллювиированность среднепрофильная типичная, формирующаяся под четко выраженным элювиальным горизонтом при нейтральном засолении в солонцах каштановых степных, лугово-степных и луговых.

Нижняя граница иллювиального горизонта четко выражена на глубине 40–55 *см*, формирование горизонта происходит при нисходящем движении почвенных коллоидов в почвах с однородным гранулометрическим составом (тяжелосуглинистый или легкоглинистый). Химизм солей нейтральный (хлоридно-сульфатный, сульфатно-хлоридный). Охватывает гидроморфные, полугидроморфные и автоморфные солонцовые комплексы в зоне Сухой Степи.

В таблице 1 приведены основные показатели таких почв в Крымском Присивашье, начиная от солонца лугового с содержанием поглощенного натрия в иллювиальном горизонте 27,6% от суммы поглощенных катионов, до солонца степного (21% натрия), темно-каштановой солонцеватой почвы (8% натрия) и каштановой остаточносолонцеватой почвы (3% натрия).

Распределение ила по профилю всех этих почв неравномерное. В иллювиальном горизонте отмечается самое высокое его количество, оно резко уменьшается в породе. Например, в луговом солонце количество ила в элювиальном горизонте равно 22,2 %, в иллювиальном – 45,3 и в породе – 28,2 %. Примерно так же изменяется по профилю величина емкости поглощения катионов, содержание поглощенного натрия, полуторных окислов и набухание. Различной является степень иллювиированности (*Ni*) в разных почвах: от 34 % в луговом солонце, 25 % в степном и 8 % в темно-каштановой почве. Величина pH колеблется в пределах 6,8–7,5 в элювиальном горизонте, увеличиваясь до 7,8–8 в иллювиальном горизонте.

Таблица 1

Некоторые показатели состава и свойств солонцовых почв Крымского Присивашья

Глубина отбора образцов, см	Генетический горизонт	Содержание гранулометрических фракций, %		Водорастворимые соли, %	pH	Сумма обменных катионов, мг-экв на 100 г почвы	Обменный натрий, % от суммы	R_2O_3, %	Ni Степень иллювиированности, %	Набухание, %
		<0,001 мм	<0,01 мм							
Разрез 124. Солонец луговой солончаковатый, Азовский р-н, хутор Амур (по данным А.В. Новиковой, (1962)										
0-10	EH	22,2	47,5	0,06	6,8	19,3	6,9	16,4	-	-
25-35	IH	45,3	63,4	0,09	7,2	35,0	27,6	23,0	34	-
45-55	Ih	45,8	64,6	0,10	8,0	31,4	22,6	22,0	-	-
60-70	Pks	28,2	58,8	0,90	-	28,2	-	-	-	-
Разрез 117. Солонец лугово-степной солончаковатый, Азовский р-н, с. Благодатное										
0-17	EH	27,6	59,2	0,51	6,9	19,3	8,0	19,0	-	8,4
20-30	IH	46,1	72,6	0,69	7,8	33,6	19,8	21,9	26	16,5
45-55	Ih	45,9	70,3	0,13	8,5	38,8	19,7	20,2	-	13,2
60-70	Pk	43,0	69,2	0,23	8,1	32,4	-	-	-	12,0
80-90	Pks	39,5	66,4	1,10	-	-	-	-	-	7,5
Разрез 136. Солонец степной солончаковатый, Красноперекопский р-н, Сортоучасток										
0-10	EH	24,8	51,3	0,12	7,1	23,0	9,0	18,4	-	-
15-30	IH	41,7	67,9	0,13	8,0	30,2	21,0	22,8	25	-
45-58	Pk	41,8	68,5	0,29	8,7	-	-	21,7	-	-
62-72	Pks	37,6	70,9	1,17	8,2	-	-	-	-	-
Разрез 126. Темно-каштановая слабо солонцеватая почва, Азовский р-н, с. Великоселье										
0-10	Hпах	37,4	69,7	0,05	-	23,5	4,0	20,9	-	-
35-45	Hip	44,1	71,2	0,05	-	30,2	8,0	21,5	8	-
50-60	Phк	40,0	70,0	0,06	-	-	-	20,4	-	-
140-150	Pks	33,2	68,0	0,32	-	-	-	21,3	-	-
Разрез 10. Каштановая остаточно солонцеватая почва, Геническая опытная станция										
0-10	Hпах	45,4	68,0	0,05	7,5	32,5	2,5	-	-	-
30-48	Hi	47,5	72,0	0,08	7,8	40,2	3,0	-	2	-
48-58	Hiк	35,3	57,0	0,09	8,2	30,7	1,5	-	-	-
110-120	Pk	30,2	49,5	0,23	8,0	-	-	-	-	-

Отмечаются различия и в минералогическом составе илистой фракции по генетическим горизонтам (Коваливнич, 1969) По всему профилю преобладают гидрослюды, но в иллювиальном горизонте увеличивается содержание минералов монтморилло-нитовой группы. В породе снова преобладают гидрослюды, но уже в смеси со смешанно-слойными минералами монтмориллонитово-гидрослюдистой ассоциации.

Поскольку в этих солонцовых почвах четко выражены элювиальный и иллювиальный горизонты и была математически доказана тесная корреляционная связь между степенью солонцеватости по натрию и степенью иллювиированности (r=+0,89), то для таких почв возможно воспользоваться ранее разработанной нами градацией солонцеватости по иллювиированности.

II. Иллювиированность среднепрофильная литогенная, формирующаяся под четко выраженным элювиальным горизонтом при нейтральном засолении в солонцах черноземных на третичных глинах.

Верхняя граница иллювиального горизонта четкая, нижняя граница хорошо заметна по морфологии. Структура верхней части столбчатая, ниже призматическая с глянцеватым блеском. Процесс солонцеобразования протекает по элювиально-иллювиальному типу. Горизонты формируются при нисходящем движении коллоидом. Химизм солей нейтральный.

Третичные глины, на которых образуются почвы, имеют очень тяжелый гранулометрический состав (иловато-глинистый). Содержание фракции физической глины может достигать 96%, а фракции ила – 70% (против 40% в лессовидных отложениях Присивашья). Глины содержат очень много солей (1–4%). Химизм солей в породах нейтральный, хлоридно-сульфатный натриево-кальциево-магниевый, мощность глин достигает 200 и более метров. Из-за тяжелого гранулометрического состава и большой плотности в толще глин не обнаруживается грунтовая вода.

Минералогический состав илистой фракции сарматских глин представлен в монтмориллонитом (Ковалинич, 1969). Под влиянием выветривания и почвообразования, протекающих в автоморфных условиях, вместе с рассолением происходит процесс солонцеобразования. В целинных условиях рассоление совершается медленно, поэтому уже с глубины 40–50 *см* в почве обнаруживается солевой горизонт с количеством солей до 2–3 %.

Как видно из таблицы 2, величина pH колеблется в пределах 6,6-7,5, т. е. ниже, чем в солонцах Присивашья. В солонце количество карбонатов незначительное, вскипание по всему профилю не обнаруживается. В солонцеватых почвах черноземного типа почвы вскипают, а скопления карбонатов в виде белоглазки могут появляться даже в гумусированной части.

Илистая фракция распределена неравномерно по профилю, в элювиальном горизонте содержание ее минимально, в иллювиальном – возрастает, но в породе не снижается, как в

почвах Присивашья, а сохраняется на том же уровне или даже несколько возрастает. Это свидетельствует о том, что иллювиальный горизонт имеет четко выраженную верхнюю границу, а нижняя морфологически заметна, но по количеству ила выражена слабо. Порода оказывается более илистой, чем почва. Причина этого до конца не выяснена, возможно, имеет место некоторая вертикальная неоднородность глины. Сумма обменных оснований, содержание поглощенного натрия и полуторных окислов, набухание увеличиваются в иллювиальном горизонте.

Таблица 2

Некоторые показатели состава и свойств солонцовых почв на третичных сарматских глинах Керченского полуострова

Глубина отбора образцов, см	Генетический горизонт	Содержание гранулометрических фракций, %		Водорастворимые соли, %	pH	Сумма обменных катионов, мг-экв на 100 г почвы	Обменный натрий, % от суммы	R_2O_3, %	Ni Степень иллювиированности, %	Набухание, %
		<0,001 мм	<0,01 мм							
Разрез 40. Солонец степной мелкий солончаковатый на третичных глинах, Приморский р-н, с. Чистополье (по данным А.В. Новиковой, (1954)										
0-6	EH	28,8	58,9	0,19	7,0	23,8	13,2	15,4	-	14,1
11-20	IH	53,1	76,0	0,17	7,0	37,2	20,6	13,5	38	20,8
20-40	Ihp	65,7	87,9	0,64	7,5	32,8	24,5	24,5	41	23,1
50-70	Ps	77,3	93,3	3,2	6,8	-	-	-	-	33,1
185-200	Ps	69,3	92,3	2,6	-	-	-	26,7	-	-
Разрез 13. Солонец степной мелкий солончаковатый на третичных глинах, там же (по данным П.Г. Коваливнича, [15])										
0-7	EH	33,3	61,3	0,16	6,5	25,6	13,3	-	-	-
10-20	IH	59,7	82,3	0,23	7,2	32,2	23,7	-	28	-
20-30	IHp	57,2	81,5	0,56	7,1	37,4	27,3	-	30	-
40-50	Pihs	63,8	83,9	2,79	7,2	-	-	-	-	-
50-60	Pihs	63,9	86,9	3,0	7,3	-	-	-	-	-
70-80	Ps	70,5	91,5	3,35	6,8	-	-	-	-	-
140-150	Ps	74,8	88,4	2,82	6,8	-	-	-	-	-
Разрез 55. Чернозем южный слабосолонцеватый, к-з "Путь к коммунизму" (по данным Крымской почвенной партии)										
0-10	Hпах	52,7	69,5	-	-	35,9	2,7	-	-	-
30-40	H	55,7	75,7	-	-	39,6	4,9	-	3	-
60-70	Pк	69,3	82,6	-	-	-	-	-	-	-

Заметно также различие и по минералогическому составу илистой фракции. В верхнем горизонте преобладают гидрослюдистые минералы, но к низу их количество резко уменьшается с одновременным увеличением содержания монтмориллонитовой группы. В иллювиальном горизонте обнаруживается и хлорит. Содержание смешанно-слойных минералов с глубиной возрас-

тает. А в породе также преобладают минералы монтмориллонитовой группы.

По особенностям генезиса эти почвы, по предложению П.Г. Коваливнича, отнесены к группе литогенных солонцов. Поскольку в солонцах четко выделяется элювиальный и иллювиальный горизонты (последний – по верхней границе), то для диагностических целей возможно использовать степень иллювиированности в качестве показателя степени солонцеватости. Наш предварительный расчет показывает, что ее величина для литогенных солонцов (38–28 %) выше, чем в солонцах Присивашья в связи с более тяжелым гранулометрическим составом. Учитывая это, при последующих исследованиях важно выявить прежде всего тесноту корреляционной связи между величиной поглощенного натрия и степенью иллювиированности, а зачем разработать специальную шкалу солонцеватости по иллювиированности. Сопоставление показателей ведется по верхней части иллювиального горизонта и элювиальному горизонту.

III. Иллювиированность средне- и глубокопрофильная, формирующаяся под четко выраженным элювиальным горизонтом при сульфатно-содовом засолении в солонцах черноземных луговых.

Верхняя граница иллювиального горизонта ясная, нижняя граница иллювиального горизонта и солонцах проходит на глубине 40–55–65 *см*, количество ила возрастает книзу, где протекает оглеение. Формирование иллювиального горизонта совершается преимущественно при нисходящем движении коллоидов. Гранулометрический состав в средне- и легкосуглинистый. Химизм солей смешанный (сульфатно-содовый). Гидроморфные солонцовые комплексы южной Лесостепи.

Почвы с таким типом иллювиированности образуются на однолессовых террасах Днепра и его притоков, а также на пойменных террасах.

Солонцовый процесс протекает по элювиально-иллювиальному типу при рассолении почв сульфатно-содового химизма. Территория слабодренирована, грунтовые воды находятся на глубине 1,5–2,5 *м* и глубже. А.М. Можейко, занимавшийся изучением генезиса таких почв и разработкой приемов их мелиорации, отмечал необычайно сильное развитие в них глеевого процесса, протекающего на фоне содового засоления. Иллювиальный горизонт формируется под влиянием двух процессов – передвижения коллоидов сверху вниз и сильнейшего оглеения нижней части с содовым химизмом почв Г.С. Гринь, (1969)

и Б.С. Носко (1964) предложили отнести такие почвы в группу глубокосолонцеватых.

Как видно из таблицы 3 в почвах отмечается очень высокая щелочность, особенно в нижней части (до рП=9,5). В солонце (разрез 8) количество ила в элювиальном горизонте составляет 15,9%, в верхней части иллювиального горизонта оно возрастает до 25,1%, в нижней его части, охваченной оглеением на фоне содового засоления, уже до 36,6%. а в породе оно снизилось до 20,1 %.

Таблица 3

Некоторые показатели состава и свойств солонцовых почв Южной Лесостепи

Глубина отбора образцов, см	Генетический горизонт	Содержание гранулометрических фракций, %		Водорастворимые соли, %	pH	Сумма обменных катионов, мг-экв на 100 г почвы	Обменный натрий, % от суммы	R_2O_3, %	Ni Степень иллювиированности, %	Дисперсность по Соколовскому
		<0,001 мм	<0,01 мм							
Разрез 8. Солонец корково-столбчатый осолоделый, солончаковатый, Кременчугский р-н Полтавской области (по данным Б.С. Носко, 1964)										
0-10	EH	15,9	26,4	0,04	6,4	31,6	3,4	20,2	-	4,3
25-35	Hip	25,1	37,5	0,24	7,4	41,3	4,9	27,5	22	55,9
35-45	Hpis	36,6	47,2	0,60	7,8	47,7	18,1	21,4	39	50,3
60-70	Pskgl	38,4	53,8	0,81	7,9	28,9	10,0	-	40	4,5
100-110	Pskgl	20,1	26,9	-	-	15,8	-	-	-	5,2
Разрез 1. Чернозем луговой глубоко слабосолонцеватый, там же										
0-10	Henax	18,0	29,5	0,06	7,1	29,8	2,7	23,3	-	3,7
25-35	He	23,3	34,7	0,08	9,2	34,7	5,1	26,5	11	4,7
75-85	HPiks	25,2	36,1	0,25	9,5	25,2	19,1	27,8	15	22,9
170-180	Pglks	21,5	31,8	0,54	9,7	14,4	6,9	28,8	-	38,0

Сумма обменных катионов, обменный натрий, дисперсность по Соколовскому изменяются по профилю примерно так же, как и илистая фракция. Степень иллювиированности, установленная по верхней части солонцового горизонта, составляет 22%, а но нижней – 39%. В черноземе луговом слабосолонцеватом иллювиированность равна 11–15 %. В целом и для таких солонцовых почв можно диагностировать солонцеватость по степени иллювиированности, но для этого необходимо выявить степень корреляционной связи, и если она окажется сильной – то провести регрессионный анализ и разработать соответствующую градацию по степени солонцеватости.

IV. Иллювиированность высокопрофильная, формирующаяся в приповерхностной части почв при слабой выраженности элювиального горизонта, выпотном водном режиме и содовом засолении в солонцах черноземно-луговых содово-солончаковых (содовых солонцах-солончаках).

Накопление илистых частиц происходит в верхней части, в пределах 0–20 (40) *см*, при преобладающем в летний период восходящем движении почвенных растворов и коллоидов. Гранулометрический состав средне- и легкосуглинистый. Химизм солей содовый. Гидроморфные солонцовые комплексы северной Лесостепи.

На Днепровской террасовой равнине северной Лесостепи грунтовые воды, содержащие соду, залегают очень близко к поверхности, на глубине 1–1,5 *м*. Почвы испытывают выпотной водный режим, вызывающий содовое засоление с самой поверхности. Распространены гидроморфные комплексы корковых солонцов (по Г.Н. Самбуру – содовые солончаки) и поверхностно солонцеватых содовозасоленных почв.

Исследованиями Г.С. Гриня (1969) и Б.С Носко (1964) выявлены особенности генезиса этих почв. Близкое залегание содовозасоленных грунтовых вод обеспечивает почти постоянное капиллярное насыщение почвы до самой поверхности. При содовом засолении натрий активно внедряется в поглощающий комплекс, диспергирует почвенную массу непосредственно на месте вверху профиля. Как видно из таблицы 4, в этих почвах отмечается очень высокая щелочность по всему профилю, pH достигает 9–9,5. Илистая фракция в профиле распределена неравномерно: максимальное количество ее приходится на верхнюю часть почвы с уменьшением книзу. Примерно так же меняется величина емкости обмена катионов и поглощенного натрия, а также дисперсность по Соколовскому.

По данным П.Г. Коваливнича (1969) минералогический состав илистой фракции таких почв неодинаков по профилю. В верхней части преобладают смешанно-слойные минералы, а в породе – гидрослюдисто-монтмориллонитовые ассоциации.

Отсутствие четко выраженного элювиального горизонта в большинстве случаев не позволяет определить солонцеватость по степени иллювиированности.

Подводя итог вышерассмотренному, отметим, что выделенные типы иллювиированности имеют как общие признаки, так и различия. Общим является накопление ила в иллювиальном горизонте, где отмечена и самая высокая солонцеватость почв по натрию, повышенное содержание полуторных окислов, высокая щелочность. Это обусловливает неблагоприятные агрофизические свойства почв (повышенная плотность, дисперсность, набухание и др. показатели).

Иллювиальный горизонт занимает в профиле срединное положение между элювиальным горизонтом и породой (это не относится к почвам с высокопрофильной иллювиированностью). Верхняя граница горизонта четко прослеживается во всех почвах. Нижняя граница по илу выражена четко только в солонцовых почвах первого и третьего видов иллювиированности. В почвах второго вида (литогенные почвы) она ясно определяется морфологически, но количество ила в породе зачастую больше, чем в иллю-

виальном горизонте, поэтому нижняя граница аналитическими методами выявляется слабо.

Таблица 4

Некоторые показатели состава и свойств поверхностно солонцеватых почв северной Лесостепи и Черниговского Полесья

Глубина отбора образцов, см	Генетический горизонт	Содержание гранулометрических фракций, %		Водорастворимые соли, %	pH	Сумма обменных катионов, мг-экв на 100 г почвы	Обменный натрий, % от суммы	R_2O_3, %	Дисперсность по Соколовскому
		<0,001 мм	<0,01 мм						
Разрез 19. Солонец корковый содово-солончаковый, Черниговская обл., Лосиновский опорный пункт Носовской опытной станции (по данным Б.С. Носко, 1964)									
0-10	Hікс(е)	23,8	35,8	0,42	9,5	37,8	19,8	7,8	49,3
30-40	Hpікс	23,5	33,6	0,14	9,5	28,1	10,0	8,1	16,9
50-65	Hpікс	20,1	29,1	0,08	9,8	14,2	14,9	7,8	8,0
75-85	PglMnc	17,8	25,3	0,07	9,5	11,7	17,0	7,6	3,4
105-110	PglMnc	15,0	19,3	0,06	9,6	9,7	16,0	6,4	10,6
Разрез 15. Чернозем луговой поверхностно слабосолонцеватый содово-солончаковый, там же (по данным Б.С. Носко)									
0-10	Hікс	22,9	33,4	0,17	9,5	-	-	-	5,1
40-50	Hpікс	19,5	28,6	0,09	9,0	34,2	6,5	-	4,3
80-90	Hpglкс	18,4	27,7	0,07	9,2	21,2	8,1	-	3,3
150-160	Pglкс	15,3	22,4	0,05	9,8	-	-	-	5,3
Разрез 85. Солонец черноземно-луговой содово-солончаковатый, Черниговская обл., с. Талалаевка (по данным А.В. Новиковой, [24])									
0-1	Екс	13,3	77,9	0,20	8,6	22,8	5,9	-	-
1-9	Hlкс	17,2	59,1	0,34	9,2	22,5	19,4	-	-
10-20	Hpікс	20,2	64,9	0,15	8,7	-	-	-	-
55-63	Phglкс	9,6	47,8	0,08	8,4	-	-	-	-
Разрез 87. Черноземно-луговая поверхностно солонцеватая почва (там же)									
0-10	Hpіке	25,6	62,3	0,14	8,7	33,5	5,0	-	-
20-30	Hpікс	28,5	38,9	0,13	8,6	31,9	5,3	-	-
55-65	Hpiglкс	24,6	34,3	0,13	8,4	-	-	-	-
75-85	Pglкс	12,5	21,0	0,10	8,3	-	-	-	-

Большинство солонцовых почв объединяет то, что накопление илистой фракции совершается при нисходящем движении веществ в отличие от почв четвертого типа (высокопрофильная иллювиированность), где этот процесс происходит при восходящем движении почвенного раствора, обогащенного содой, и охватывает самую верхнюю часть почвы.

В почвах третьего вида иллювиированности ил накапливается как под влиянием нисходящего передвижения веществ, так и под влиянием глеевого процесса. Это отчетливо заметно по величине степени иллювиированности: она увеличивается в

нижней части иллювиального горизонта, в переходном к породе, где количество ила снижается.

Величина степени иллювиированности зависит от гранулометрического состава почвы и почвообразующей породы. Максимальная иллювиированность отмечается в солонцах на третичных глинах; средняя – в почвах на тяжелосуглинистых и легкоглинистых лессовидных отложениях; минимальная – в солонцовых почвах на легких и средних суглинках. Однако, степень иллювиированности и солонцеватости в сильной мере зависит от напряженности солонцового процесса, возраста почвы, места почвы в эволюционном ряду. Хорошо известно, что характерной чертой эволюционного развития солонцов является: постепенное ослабление степени солонцеватости по мере развития рельефа местности, подъема территории, изменения водно-солевого режима в сторону рассоления, в ходе которого под влиянием биологической аккумуляции кальция происходит рассолонцевание солонцов, их остепнение. Лишь в почвах западин развитие солонцов совершается в сторону осолодения.

Возникает вопрос – в какой мере выделенные типы иллювиированности могут быть использованы дли уточнения генезиса солонцовых почв, для выбора оптимальных приемов мелиорации, а также для учета податливости к мелиораци- ям. В каких случаях возможно диагностировать степень солонцеватости по степени иллювиированности□

Ответ кроется в самой методике выделения видов иллювиированности. Как видно из приведенных данных, виды иллювиированности выделялись для разных групп солонцов со специфическими условиями солонцеобразования. Поэтому они вполне могут быть использованы при уточнении генезиса солонцовых почв в качестве дополнительного диагностического показателя.

Что касается возможности диагностирования солонцеватости по степени иллювиированности, то этот метод возможно использовать только в случае тесной корреляции между степенью солонцеватости по поглощенному натрию и степенью иллювиированности.

Поскольку виды иллювиированности характеризуют солонцовые почвы разного генезиса, то они могут быть приняты во внимание и при выборе оптимальных приемов окультуривания и для оценки возможной податливости к мелиорации, что мы отметим ниже на примере Украины.

Обобщение опыта мелиорации солонцовых почв в разных странах и континентах показывает, что в мире не существует единственного метода мелиорации для всех солонцов. Суще-

ствует много методов, которые дифференцируют в зависимости от условий образования и свойств солонцовых почв. Учитывается также экономическая целесообразность, а в последние годы обращается внимание на экологические последствия мелиоративных приемов.

Что касается территории Украины, то здесь приемы мелиорации были строго дифференцированы, что получило отражение в соответствующих публикациях.

Применительно к выделенным нами видам иллювиированности для почв Украины можно назвать следующие оптимальные приемы окультуривания, рекомендованные с учетом податливости почв к ним.

Солонцовые почвы с высокопрофильной иллювиированностью (северная Лесостепь, низкая естественная дренированность, содовое засоление) очень плохо податливы к химической мелиорации, нуждаются в сочетании ее с гидротехнической мелиорацией (дренаж), что в богарных условиях нерентабельно. При искусственном дренаже (гончарные трубы, уложенные через 8 метров) хороший результат получен при внесении гипса, а также отходов промышленного производства (фосфогипс, серная кислота и др.). фитомелиорации, внесении удобрений, введении специальных севооборотов (Грабовский, 2003).

В бездренажных условиях необходима фитомелиорация, отведение земель под культурные пастбища (Чапко, 1967).

Солонцовые почвы со средне- и глубокопрофильной иллювиированностью (южная Лесостепь, несколько повышенная естественная дренированность, сульфатно-содовое засоление) обладают средней податливостью к химической мелиорации. Рекомендуется внесение гипса и отходов промышленного производства – хлористый кальций, сернокислое железо, а также внесение удобрений, фитомелиорация (Гринченко, 1960; Можейко, 1962; Самбур, 1953).

Солонцовые почвы со среднепрофильной иллювиированностью (луговые солонцы солончаковые и солончаковатые, сухая Степь) обладают плохой податливостью к агробиологической мелиорации. Возможно периодическое внесение гипса (Новикова А.В.).

Солонцовые почвы со среднепрофильной литогенной иллювиированностью (южная Степь, Керченский полуостров) плохо податливы к химической мелиорации из-за низкой водопроницаемости сильно засоленных морских глин. Рекомендуется глубокая плантажная вспашка или внесение гипса, молотого известняка один раз в 5–6 лет с внесением удобрений (Новикова А.В.).

Солонцовые почвы со среднепрофильной типичной иллювиированностью (сухая Степь) хорошо податливы к глубокой мелиоративной плантажной вспашке (Семенова-Забродина, 1952; Новикова, 1958).

Выводы:

1. Иллювиированность, возникающая при солонцеобразовании под влиянием поглощенного натрия в результате пептизации и диспергации почвенной массы, перемещения коллоидов вниз по профилю, с образованием иллювиального горизонта, имеет свою специфику в разных почвенно-климатических, геоморфологических, гидрогеологических и литогенных условиях. В соответствии с этим для регионов Украины выделены четыре основных вида иллювиированности.

2. Выделенные виды иллювиированности могут служить дополнительным показателем генезиса солонцовых почв, учитываться при выборе оптимальных приемов окультуривания, а также при определении податливости к мелиорации.

3. Диагностику степени солонцеватости по степени иллювиированности возможно осуществлять только при наличии математически доказанной тесной корреляционной связи соответствующих показателей для группы почв определенного гранулометрического состава.

В условиях Украины такая диагностика необходима прежде всего для почв с физической солонцеватостью, содержащих мало поглощенного натрия (северное Присивашье, высокое Причерноморье).

4. Диагностика солонцеватости по степени иллювиированности, как дополнительному показателю имеет преимущество в производственной практике, при почвенном обследовании больших территорий. В этом случае достаточно использовать стандартные для почвенной съемки виды анализов (в том числе данные анализа гранулометрического состава), не прибегая к другим, часто сложным анализам, требующим специальной аппаратуры.

5. По мнению автора, при разработке классификации солонцов было бы весьма целесообразно дополнительно включить на видовом уровне показатель иллювиированности профиля солонцов (высокопрофильная, среднепрофильная, глубокопрофильная).

О ПРОЯВЛЕНИИ И ОСОБЕННОСТЯХ СОЛОНЦОВЫХ СВОЙСТВ В ПОЧВАХ СТЕПНОЙ И СУХОСТЕПНОЙ ЗОН ЮГА УКРАИНЫ[2]

Введение

Как известно, диагностика гидроморфных и полугидроморфных солонцов обычно не представляет больших затруднений, поскольку морфологические признаки этих почв хорошо согласуются с содержанием обменного натрия. Более сложной является диагностика таких автоморфных солонцов степной зоны, в которых дифференциация профиля на элювиальный и иллювиальный горизонты довольно четко выражена, но почти всегда не соответствует весьма малому для солонцов количеству поглощенного натрия. Такие солонцы распространены на Украине и их относят к малонатриевым.

В связи с этим почвоведы пытаются найти новые диагностические признаки, позволяющие идентифицировать такие почвы по степени солонцеватости. Одним из таких признаков является показатель степени иллювиированности, который определяется по формуле: $Ni = \frac{B - A}{A + B} 100\,(\%)$,

где Ni – степень иллювиированности, А – количество ила (%) в элювиальном горизонте, В – то же в иллювиальном горизонте. Этот метод определения степени иллювиированности был предложен нами (Новикова, Коваливнич) в 1967 г. на Всесоюзном совещании по мелиорации солонцов. На этом же совещании с аналогичной идеей выступил и Гоголев, предложивший определять солонцеватость просто по разнице в содержании ила в иллювиальном и элювиальном горизонтах.

Теоретическая основа предлагаемого метода определения солонцеватости почв по степени иллювиированности профиля сводится к следующему. Поглощенный натрий, являясь первопричиной возникновения солонцового процесса, вызывает диспергацию и пептизацию почвенной массы, которая затем в виде органоминеральных коллоидов при нисходящем движении почвенных растворов продвигается вниз, где под влиянием электролитов солей, залегающих в нижележащих горизонтах, коагулирует, образуя иллювиальный горизонт.

В дальнейшем, по мере развития рельефа местности, подъема территории, отрыва почвенного профиля от грунтовых вод, поглощенный натрий постепенно вытесняется кальцием,

[2] Статья опубликована в ж. «Почвоведение», № 7, 2007. С. 811–822

содержащемся в почвенном растворе, и удаляется из почвенного профиля вниз на глубину 2–3 *м* и более. Коллоиды же в виде гелей остаются на месте, образуя иллювиальный горизонт. Дальнейшему их перемещению вниз и удалению препятствует геохимический солевой барьер. Таким образом, количество илистой фракции (<0,001 *мм*) в иллювиальном горизонте солонцовых почв является своеобразным тестом интенсивности солонцового процесса, и, в частности, показателем степени солонцеватости, вызванной натрием (или совместно натрием и магнием).

По мнению Соколовского (1971), такой механизм образования солонцов четко выражен в малонатриевых солонцах, в которых «натрия уже нет, но дух его (коллоиды) остался».

Разумеется, диспергация почвенной массы может происходить в большей или меньшей степени и под влиянием других почвенных процессов, таких как оглеение и осолодение. Но основной причиной диспергации почвенной массы и образования подвижных коллоидов в солонцовых почвах является все же поглощенный натрий.

Нами была поставлена цель определить степень иллювиированности в разных солонцовых почвах юга Украины по массовым материалам, полученным преимущественно при сплошном почвенном обследовании. Это позволило получить усредненные, статистически обработанные данные, а также разработать градацию степени солонцеватости почв по показателю степени иллювиированности (Ni) для малонатриевых солонцов и солонцеватых почв юга Украины и отдельно для средненатриевых солонцов и солонцеватых почв степного Крыма.

Методика работы

Прежде всего. были собраны данные содержания поглощенного натрия (в % от емкости поглощения) и илистой фракции (определяемой при механическом анализе, %) в элювиальном и иллювиальном горизонтах почв конкретных почвенных разрезов. На основании этих данных определялась степень иллювиированности (Ni). Почвенные разрезы были сгруппированы по степени солонцеватости и иллювиированности в соответствующие группы.

В каждой группе определялись статистические параметры: x- среднее арифметическое, S_x -- ошибка среднего, V - коэффициент вариации, $Д_1$ и $Д_2$ - доверительные интервалы средней величины при уровне вероятности 95% ($Д_1$) и 99% ($Д_2$) и другие показатели (по Б.А. Доспехову, 1973).

Ставилась задача выявить – существует ли корреляционная связь между содержанием поглощенного натрия в почвах и степенью иллювиированности профиля.

Как отмечают специалисты, в природных объектах редко проявляются функциональные связи, когда каждому значению одного признака строго соответствует величина другого. Значительно чаще обнаруживаются корреляционные связи, когда одному признаку соответствует много разных значений другого признака. В этом случае необходимо пользоваться массой аналитических данных.

Для двух групп солонцовых почв – малонатриевых (материковая часть Причерноморья) и средненатриевых (Крымская часть Присивашья) проведен корреляционно-регрессионный анализ. Поскольку была установлена тесная корреляционная связь между аргументом (поглощенный натрий) и функцией (степень иллювиированности), то по уравнению регрессии определялась величина степени иллювиированности, на основе которой, с учетом градации солонцовых почв по поглощенному натрию, составлялась градация почв по степени иллювиированности. Математическая часть работы выполнена П.Г. Коваливничем с использованием компьютерных программ.

При составлении банка аналитических данных использованы публикации, в которых имелись необходимые данные анализов. Это, прежде всего, «Атлас почв Украинской ССР», в котором приведены типичные разрезы с большим объемом аналитических характеристик и описанием почв. Эти разрезы в качестве показательных приведены нами в ряде таблиц. Кроме того, использованы литературные данные, данные автора статьи, а также аналитические материалы, полученные при сплошном почвенном обследовании Украины почвенными партиями института Укрземпроект (Херсонской, Николаевской, Запорожской и Крымской областей).

Переходя к характеристике природных зон и кратким сведениям о морфологии и составе почв, отметим, что этот материал подготовлен на основании ряда литературных источников (Гринь, 1969; Полупан и др, 1979, 1981; Кисель, 1981 др.), собственных исследований, а также в соответствии с картой «Почвы Украинской ССР» в масштабе 1 : 750000 (Киев, 1976 г.), в создании которой принимал участие автор данной статьи.

Результаты и обсуждение

Степная часть Украины занимает около 40% от площади всей территории республики. В ее пределах выделяют две природных зоны: степную черноземную степь и сухую степь с каштановыми почвами.

Степная черноземная зона расположена южнее лесостепной зоны и северная граница ее проходит примерно по линии: с. Глинное – Знаменка – Красноград – Купянск. По биоклиматическим условиям она входит в суббореальный пояс.

Степная черноземная зона подразделяется на две подзоны – северную с черноземами обыкновенными и южную с черноземами южными.

Сухая степь охватывает юго-восточные районы Одесской, южные районы Николаевской, Херсонской и Запорожской и северные – Крымской областей.

Степная зона характеризуется большими тепловыми ресурсами, сумма температур выше +10°С равна 2860–3500°С, годовое количество осадков колеблется от 450–500*мм* в северной части и до 450–360 *мм* в южной засушливой части территории. Коэффициент увлажнения в северной части равен 0,6–0,8. в южной – 0,3–0,6. По условиям орографии северная часть располагается на отрогах ряда возвышенностей (Молдавской. Подольской, Приднепровской и Приазовской). Южная ее граница совпадает с северной границей Причерноморской впадины и по геоморфологии относится к Причерноморской низменности. Северный Крым представляет собой южный борт Причерноморской впадины. Рельеф степи равнинный, нарушаемый руслами рек, балками и подовыми понижениями. Грунтовые воды на плато залегают преимущественно ниже 5–10 *м*, местами с понижением рельефа они поднимаются до 3 *м* и ближе.

Основными почвообразующими породами являются лёссы и лёссовидные отложения тяжелосуглинистого, среднесуглинистого и легкоглинистого гранулометрического состава. В северной подзоне они карбонатные, незасоленные, в южной – карбонатные и засоленные в разной степени хлоридами и сульфатами.

Соли в породах и почвах появлялись различными путями: при выветривании кристаллических пород; при импульверизации солей из морских акваторий; при выходе на дневную поверхность дочетвертичных морских засоленных глин; при непосредственном поступлении солей из близкозалегающих соленых грунтовых вод; при трансгрессии моря.

Огромную роль в поступлении солей сыграла сложная геологическая история Причерноморья, с неоднократными тектоническими движениями земной коры в разные эпохи четвертичного времени. При опускании земной коры наступала трансгрессия моря, сопровождающаяся подъемом уровня грунтовых вод и засолением почвогрунтов. И, наоборот, с подъемом территории соверша-

лась регрессия моря, снижение уровня грунтовых вод и, следовательно, рассоление. Наибольшее опускание территории и трансгрессия моря отмечались в новочетвертичное время, когда произошло погружение устьев рек и образование современных лиманов. Об этом свидетельствует залегание в северном Крыму и других местах лёссовидных пород под донными илами Сиваша. Эпейрогенические движения отмечаются и в настоящее время и носят дифференцированный характер. Большинство исследователей считают, что в Причерноморье засоление почвогрунтов и их солонцеватость являются в основном реликтовыми. Эта идея получила соответствующее отражение как в номенклатурном списке почв Украины, так и на почвенных картах, где выделены остаточно-солонцеватые, а также солонцеватые почвы. Некоторые почвоведы (Кисель, 1981; Полупан, 1979), считают что малонатриевая солонцеватость автоморфных почв обязана не реликтовым, а современным процессам импульверизации солей с моря.

Почвенный покров подзоны северной степи представлен черноземами обыкновенными мощными и среднемощными. На юго-западе развиваются черноземы мицеллярно-карбонатные. На склонах балок с выходами засоленных красно-бурых пестроцветных глин формируются черноземы солонцеватые и изредка солонцы.

Характерной чертой черноземов обыкновенных на лёссовых породах является их опресненность. В двухметровой толще профиля содержится очень небольшое количество солей (до 0,1%) гидрокарбонатно-кальциевого типа. Солевой горизонт обнаруживается очень глубоко (3–4 *м*), состав его солей обычно сульфатный. Выделения карбонатов представлены преимущественно карбонатным мицелием и, реже, белоглазкой. По гранулометрическому составу почвы являются тяжело-, среднесуглинистыми и легкоглинистыми. Илистая фракция в черноземах распределена по профилю в основном равномерно, резкой дифференциации ила по профилю не происходит. Количество поглощенного натрия в процентах от емкости незначительное, преимущественно до 1, реже – до 3%. Степень иллювиированности в большинстве случаев равна нулю или составляет всего 2–3% (табл. 1).

Почвенный покров подзоны южной степи представлен черноземами южными и южными остаточно-солонцеватыми. Мощность гумусированной части черноземов южных составляет 55–70 *см*. По содержанию гумуса выделяют мало-гумусные (3–4% гумуса) и слабогумусированные (до 3% гумуса).

В отличие от черноземов обыкновенных переходный горизонт черноземов южных морфологически более четко выделяется в профиле. Он приобретает слабую коричневатую окраску, комковато-ореховатую структуру, уплотнен.

Содержание водорастворимых солей в преобладающей части профиля небольшое – до 0,1–0,2%, состав их гидрокарбонатный. Солевой горизонт залегает в пределах 2–3 *м* от поверхности почвы, состав солей сульфатный. Карбонаты обнаруживаются в нижней части переходного горизонта. Выделения карбонатов представлены белоглазкой, а иногда карбонатным мицелием.

В южных остаточно-солонцеватых черноземах гумусовый горизонт распылен сильнее, а первый переходный горизонт приобретает более коричневатую окраску, чем в черноземах южных, и ясно выраженную ореховато-призмовидную структуру.

Однако, несмотря на довольно ясное морфологическое различие между верхним гумусированным и переходным горизонтами, резкой дифференциации ила по профилю в черноземах южных не отмечается, химическая солонцеватость по поглощенному натрию небольшая. Степень дифференциации ила по профилю в этом случае не проявляется вовсе или выражена незначительно. Лишь с появлением заметного количества обменного натрия (до 10%) обнаруживается и большее накопление ила в переходном горизонте, а степень иллювиированности увеличивается до 10–11% (табл. 1). Таким образом, в условиях плакора в почвах, развивающихся на лёссовых породах (черноземы обыкновенные, черноземы южные и черноземы южные остаточно-солонцеватые), степень иллювиирования ничтожно малая, порой нулевая.

Лишь с увеличением количества обменного натрия (которое происходит при образовании почв на засоленных глинах) обнаруживается заметное возрастание степени иллювиированности.

Однако в поймах рек и в подовых понижениях, где почвообразование протекает в гидроморфных условиях, при наличии заметного количества солей в грунтовых водах проявляются процессы засоления и осолонцевания в развивающихся здесь лугово-черноземных, луговых и других почвах. В этих случаях резко возрастает и степень иллювиированности.

Таблица 1

Степень иллювиированности черноземов обыкновенных, черноземов южных и черноземов южных солонцеватых[3]

Номер разреза, местоположение, автор	Почва	Горизонт	Глубина, см	Поглощенный натрий, % от емкости обмена	Содержание ила (<0.001)	Ni
					%	
Донецкая обл., Новоазовский район (Н.И. Полупан, 1979 г.)	Чернозем обыкновенный мощный малогумусный на лёссе	Нп	0–20	2.0	40.3	Не опр.
		Н	30–40	2.5	38.9	0
		Нрк	60–70	2.9	36.8	0
		РНк	90–100	Не опр.	33.4	Не опр.
		Рк	130–140	1	31.3	»
Днепропетровская обл., Синельниковский р-н, с. Раевка (Н.И. Полупан, 1979 г.)	Чернозем обыкновенный среднемощный малогумусный на лёссе	Нп	0–10	0.5	36.7	»
		Н	30–40	0.5	36.3	0
		Нр	41–50	Не опр.	38.1	1.8
		Нрк	51–60	»	37.9	1.6
		Рк	130–140	»	34.2	Не опр.
117, Кировоградская обл., Бобринский р-н, (В.Д. Кисель, 1981 г.)	Чернозем обыкновенный мощный, среднегумусный	Нп	5–10	0.9	40	»
		Н	30–37	Не опр.	39	0
		Нр	40–45	0.8	40	0
		Рк	120–130	Не опр.	40	Не опр.
Херсонская обл., Новотроицкий р-н, с. Подовое (Н.И. Полупан, 1979 г.)	Чернозем южный на лёссе	Нп	0–10	1.0	40.9	»
		Нрі	25–30	1.4	42.0	2
		Phi	40–50	1.6	39.1	Не опр.
		Р	140–150	Не опр.	36.9	»
10, Запорожская обл., Мелитопольский р-н, с. Новониколаевка (Н.И. Полупан, 1981 г.)	То же	Нп	0–10	1.0	40	»
		Нрі	29–34	1.4	42	2
		phк	48–58	1.7	37	Не опр.
		Рк	130–140	Не опр.	39	»
130, Херсонская обл., Великоалександровский р-н, с. Трифоновка (Н.И. Полупан, 1981 г.)	»	Нп	0–10	1.3	36	5
		Н	25–30	1.9	40	Не опр.
		Phк	40–43	1.8	38	»
		Рк	115–120	Не опр.	42	»
74, Луганская обл., Краснодонский р-н, СЗ "Труд горняка" (Луганская почвенная партия)	Чернозем южный солонцеватый	Н	0–18	3	35	»
		Нрі	35–45	9	43.8	11

[3] Здесь и далее используется украинские обозначения генетических горизонтов (17]: Н – гумусовый, п – пахотный. І – иллювиальный, Р – почвообразующая порода, к – карбонатный, s – солевой.

Примечание. Определение илистой фракции проводили по методу Качинского с предварительной химической обработкой; определение поглощенных оснований – ацетатным методом с последующим комплексометрическим определением Ca и Mg и пламенно-фотометрическим Na. Как правило, анализировались незасоленные горизонты.

Зона сухой степи. Эта зона является основным объектом данной работы. Она простирается к югу от подзоны степи южной на территории с абсолютными отметками в материковой части Причерноморья 50–10 *м* (иногда и ниже), а в Крымской степи –30(40) –0,5–1 *м*.

Климат этой зоны более засушливый. Сумма температур более +10°С равна 3400–3600°, годовое количество осадков 330–360 *мм*, коэффициент увлажнения 0,3–0,6.

Толща осадочных дочетвертичных пород достигает 2–3 *км*. Выше по профилю они сменяются красно-бурыми глинами, а еще выше – лёссами, которые разделяются слоями погребенных почв на 3–4 яруса. Гранулометрический состав лёссов тяжелосуглинистый и легкоглинистый. Минералогический состав илистой фракции лёссовых пород представлен каолинитово-гидрослюдисто монтмориллонитовой ассоциацией (Коваливнич, 1969). Лёссы, являясь основной почвообразующей породой, содержат водорастворимые соли сульфатного или хлоридно-сульфатного типа и гипс (Гринь, 1969; Новикова, 1962; Кисель, 1969).

Вся территория Причерноморской низменности представляет собой аккумулятивную приморскую равнину, изредка пересекаемую балками или речными долинами. В ее северной (материковой)части образовались многочисленные понижения поды, имеющие разную глубину и размеры. Грунтовые воды в подах северной части равнины пресные, в южной – соленые, что проявляется усилением интенсивности процессов засоления и осолонцевания почв южных подов (Вернандер, 1957).

На водораздельных пространствах материковой части Причерноморья грунтовые воды залегают преимущественно глубже 6–10 *м*. В северном Крыму, в его низменной части, они залегают близко (1–7 *м*), а на более высокой части Присивашья – значительно глубже (7–20 *м*).

Особая роль в Причерноморье принадлежит озеру-морю Сивашу, являющемуся заливом Азовского моря. Территория, расположенная к северу и югу от Сиваша, совпадает с верхнеплиоценовыми морскими террасами.

В зоне сухой степи в автоморфных условиях развиваются почвы каштанового типа – темно-каштановые, каштановые и каштановые солонцеватые, а также солонцы.

В соответствии с агропочвенным районированием Украины (Кисель, 1969; Новикова, 1969),в зоне сухой степи выделены две агропочвенные провинции: Причерноморская и Северо-Крымская.

Причерноморская агропочвенная провинция характеризуется широким распространением в северной ее части темно-каштановых остаточно-солонцеватых почв, а немного южнее – темно-каштановых солонцеватых почв. Пятна солонцов в плакорных условиях среди них отсутствуют. В южной же части этой провинции, примерно с абсолютных отметок 20–15 *м* и ниже (до 5–10 *м*), почвенный покров представлен каштановыми солонцеватыми почвами в комплексе с солонцами. Гранулометрический состав тяжелосуглинистый, реже – легкоглинистый.

Морфологические признаки этих почв таковы. В темно-каштановых почвах мощность гумусированной части профиля составляет обычно 50–60 *см*, в каштановых – 40–50 *см*. Содержание гумуса в этих почвах невелико и колеблется в пределах 2,5–3%. Глубина залегания солевого максимума, в котором преобладают сульфаты, колеблется от 120 до 200 *см*. В солонцах мощность гумусового и иллювиального горизонтов составляет около 50 см, а количество гумуса – всего 2%. Глубина залегания солевого горизонта колеблется от 60 до 80–90 *см*.

В темно-каштановых остаточно-солонцеватых почвах гумусовый горизонт имеет темно-серую с буроватым оттенком окраску и пылевато-комковатую структуру. Ниже он довольно ясно переходит в верхний переходный иллювиальный горизонт темно-бурой окраски с каштановым оттенком и комковато-ореховатой структурой с некоторым уплотнением, а еще ниже – в нижний переходный горизонт бурой окраски комковато-ореховатой структуры уплотненного сложения. Далее профиль постепенно переходит в палевый или буровато-палевый лёсс со скоплением белоглазки.

В каштановых почвах признаки солонцеватости более отчетливы.

В солонцах степных целинных элювиальный горизонт имеет темно-серую окраску и листоватую структуру. Он резко переходит в иллювиальный горизонт коричневой окраски, столбчатой или призмовидной структуры плотного сложения, головки столбиков покрыты кремнеземистой присыпкой, грани структурных отдельностей приобретают глянцевость. Нижний иллювиальный горизонт бурой окраски имеет призмовидную или призмовидно-ореховатую структуру и плотное сложение.

В минералогическом составе илистой фракции солонцовых почв отмечается довольно четкое различие по генетическим горизонтам: в элювиальном горизонте содержится каолинитово-

гидрослюдистая ассоциация, в иллювиальных горизонтах появляется и возрастает содержание монтмориллонита и смешаннослойных минералов.

Как в темно-каштановых, так и в каштановых почвах количество водорастворимых солей в верхнем метровом слое составляет около 0,1% и меньше, состав их гидрокарбонатный кальциевый и магниевый. В солонцах, где горизонт солевого максимума расположен ближе (60–90 *см*), в надсолонцовом горизонте содержится мало водорастворимых солей (0,2–0,4%), но в верхнем иллювиальном горизонте состав их гидрокарбонатно-натриевый. В нижней части иллювиального горизонта количество солей увеличивается до 0,3–0,5%, состав солей хлоридно-сульфатной или сульфатно-хлоридный. Величина pH колеблется от 6,5–7 – в верхней части, до 8–8,5 – в солонцовом горизонте. Среди обменных катионов преобладают Ca и Mg, при узком (2–3) их соотношении. Содержание обменного натрия в солонцеватых почвах не превышает 5%, а в солонцах малонатриевых – увеличивается до 6–7%.

Глубина нахождения карбонатов, обнаруживаемых по вскипанию с 10-процентной соляной кислотой, в почвах сухой степи неодинаковая. Статистически обработанные нами данные по вскипанию в 2,4 *тыс*. почвенных разрезах, заложенных в Херсонской обл., позволили установить следующее (Новикова, Пятакова, 1982). В темно-каштановых, каштановых почвах и солонцах, расположенных в восточной части Причерноморья (к востоку от Каланчака), глубина вскипания карбонатов обнаруживается в пределах 37–49 *см*, в то время как к западу от Каланчака – с глубины около 65 *см* и ниже. Объясняется это различием гранулометрического состава пород. В нижнем течении Днепра на его террасе-дельте породы имеют легкий состав (супесчаный, легко-, среднесуглинистый), а в средней части течения реки – тяжелоосуглинистый. В тяжелосуглинистых темно-каштановых почвах вскипание от 10-процентной соляной кислоты обнаруживается с глубины 48 *см*, а в легкосуглинистых – 76 *см*, и в супесчаных – с 117 *см*. Соответственно и признаки солонцеватости в глубоковскипающих почвах очень слабо выражены, а дифференциация илистых частиц по профилю почти отсутствует или является очень слабой. Скопления белоглазки и солевой горизонт залегают также очень глубоко.

По особенностям геоморфологии и структуре почвенного покрова в пределах Причерноморской агропочвенной провинции

Киселем (1969) выделен ряд агропочвенных районов, среди которых отметим Голопристанский, Скадовский, Асканийский и Присивашский.

Голопристанский и Скадовский районы приурочены к террасе-дельте Днепра. В первом из них почвы образованы на первой надпойменной песчаной террасе, а во втором – на второй и третьей надпойменных террасах средне-и легкосуглинистого гранулометрического состава. Грунтовые воды залегают на разной глубине (от 1 до 5–6 *м*). Почвенный покров очень пестрый. Наряду с темно-каштановыми солонцеватыми почвами, здесь на низких террасах образуются солонцы солончаковые и солончаковатые, солончаки, лугово-черноземные оглеенные осолоделые и другие почвы. Многие из этих почв образуются на песках и супесях при близком залегании соленых грунтовых вод, где и отмечается особенно значительное засоление и солонцеватость. Так, в темно-каштановой слабосолонцеватой среднесуглинистой почве может содержаться около 3% обменного натрия, степень иллювиированности небольшая (4%). В солонцах луговых супесчаных с близким залеганием минерализованных грунтовых вод количество натрия увеличивается до 40%. Возможно, эта величина характеризует сумму обменного и водорастворимого натрия, поскольку почвы засолены. Степень иллювиированности достигает максимальных значений (55%), что объясняется легкостью вымывания из супесчаной почвы коллоидных суспензий вниз (табл. 2, разр. 114).

Иная картина наблюдается к северо-востоку от террасы-дельты Днепра – в Асканийском агропочвенном районе, расположенном в наиболее северной части Причерноморской агропочвенной провинции. Это плоскоравнинная территория с многочисленными (до 20%) подами. На плато здесь залегают автоморфные темно-каштановые остаточно-солонцеватые и темно-каштановые солонцеватые почвы, а иногда – черноземы южные остаточно-солонцеватые. Солонцы автоморфные здесь отсутствуют, а появляются лишь в подах, в их верхней части, и по особенностям водного режима относятся к автоморфно-гидроморфным (Кисель, 1969).

К юго-востоку простирается приморская равнина, примыкающая к северному высокому берегу Сиваша. Это – Присивашский агропочвенный район. Здесь в автоморфных условиях развиваются степные комплексы каштановых малонатриевых солонцов и каштановых (реже темно-каштановых)

солонцеватых почв, являющихся преимущественно тяжелосуглинистыми. В подовых понижениях образуются лугово-черноземные оглеенные осолоделые и другие почвы.

Как видно из табл. 2, в темно-каштановых глубоко вскипающих почвах количество обменного натрия ничтожно мало – около 2%. Перемещение илистой фракции практически отсутствует.

Таблица 2

Степень иллювиированности солонцовых почв Асканийского, Присивашского и Голопристанского р-нов Причерноморской агропочвенной провинции

Номер разреза, местоположение, автор	Почва	Горизонт	Глубина, см	Обменный натрий, % от емкости обмена	Содержание ила (<0.001)	Ni
					%	
Северная часть сухостепной зоны, средние данные по 18 разрезам (Ю.Е. Кизяков, 1975 г.)	Темно-каштановая глубоко вскипающая	Не	0–10	1.8	37.8	Не опр.
		Hip	30–40	2.0	37.8	0
Сухостепная зона, средние данные по 30 разрезам. (Ю.Е. Кизяков, 1975 г.)	Солонец каштановый малонатриевый	Не	0–10	3.4	28.2	Не опр.
		IH	30–40	6.1	45.9	24.0
Новотроицкий р-н, с. Сивашское, (Н.И. Полупан, 1979 г.)	Темно-каштановая солонцеватая на лёссе (пахотная)	Неп	0–10	1.6	38.4	Не опр.
		Hp(i)	35–45	1.8	39.8	2
		Phiк	50–60	2.7	40.0	2
		Рк	90–100	Не опр.	40.3	Не опр.
Генический р-н, с. Чонгар, (Н.И. Полупан, 1979 г.)	Каштановая солонцеватая на лёссе	Hed	0–6	3.7	40.2	Не опр.
		HPiк	17–27	4.4	42.2	2
		phiк	33–43	Не опр.	44.9	5
		Pkh	55–65	»	44.2	Не опр.
		Рк	125–135	»	46.8	»
10, Генический р-н, Геническая с.-х. опытная станция, (А.В. Новикова, 1984 г.)	Каштановая солонцеватая на лёссе	Не	0–10	2	45.4	»
		Hi	30–48	3	47.5	2
		hiк	48–58	1.5	35.3	Не опр.
		Рк	110–120	Не опр.	30.2	»
Чаплинский р-н, заповедник "Аскания-Нова", (Н.И. Полупан, 1979 г.)	Солонец каштановый на лёссе	HEd	0–5	2.9	22.3	»
		Eh	7–12	3.3	29.0	»
		Ih	18–23	6	42.8	19
		pihк	32–37	8	40.9	17
Геническая опытная станция, (Н.М. Лаврентьев, 1984 г.)	Солонец остепненный	Hпах	0–10	5.1	29.2	Не опр.
		IH	20–30	6.5	47.8	24
Северное Присивашье, (Г.Н. Самбур, 1958 г.)	То же	HE	0–10	5.6	21.3	Не опр.
		IH	15–26	8.8	41.7	32
		Pih	30–40	11.1	50.6	40
11423, Голопристанский р-н (Херсонская почвенная партия)*	Солонец луговой солончаковый супесчаный	HE	0–10	7.5	8.7	Не опр.
		IH	30–40	34.9	31.2	56

* Образец с глубины 30–40 *см* засолен.

В темно-каштановой слабосолонцеватой почве Новотроицкого административного района химическая солонцеватость по обменному натрию также небольшая, не превышает в переходном горизонте 2,2% от емкости поглощения. Степень иллювиированности здесь также малая – около 2%. Незначительное количество обменного натрия в этих почвах, по-видимому, стало причиной того, что на мелкомасштабной почвенной карте (Полупан, Соловей, 2005) темно-каштановые почвы показаны без указания на их солонцеватость. Кизяков (1975)

считает, что солонцеватость этих почв не является зональным признаком.

В каштановых солонцеватых почвах химическая солонцеватость немного увеличивается. В солонцах каштановых малонатриевых она увеличивается несколько больше, но в целом остается весьма небольшой для этого типа почв (всего 6-8%). Более заметно возрастает солонцеватость в иллювиально-карбонатном горизонте. Такое распределение натрия служит подтверждением остаточного (реликтового) характера солонцеватости.

Важно подчеркнуть, что по своим агрофизическим свойствам малонатриевые солонцы почти не отличаются от солонцов средненатриевых. Так, плотность сложения составляет в элювиальном горизонте 1,1–1,2, а в иллювиальном –1,5 *г/см*^{3} . Общая скважность соответственно равна 52 и 44%.

Разумеется, количественные показатели состава и свойств почв весьма вариабельны, поэтому важно было определить их колебания. С этой целью нами проведена статистическая обработка данных содержания обменного натрия и степени иллювиированности в рассматриваемых солонцах и развивающихся с ними зональных почвах (табл. 3). Как видно, значения доверительных интервалов не перекрывают друг друга только при уровне вероятности 95%.

Таблица 3

Статистические параметры степени иллювиированности (под чертой) и количество обменного натрия (над чертой) в автоморфных и гидроморфных (терраса дельты Днепра) солонцовых почвах Причерноморской агропочвенной провинции

Почвы	Объем выборки, n	Статистические параметры				
		$\bar{x}$	$S_{\bar{x}}$	V	$Д_1$	$Д_2$
Темно-каштановые остаточно-солонцеватые средне- и тяжелосуглинистые	17	2.35 5.76	0.30 0.44	52 32	1.72–2.98 4.8–6.7	1.49–3.2 4.5–7.0
Каштановые солонцеватые тяжелосуглинистые	9	4.56 7.78	0.53 1.54	35 59	3.34–5.78 4.22–11.34	2.78–6.34 2.61–12.93
Солонцы автоморфные малонатриевые тяжелосуглинистые	14	6.98 21.65	0.64 1.07	34 18	5.60–8.36 19.34–23.96	5.08–8.91 18.43–24.87
Терраса–дельта Днепра солонцы гидроморфные супесчаные	7	28.25 45.71	5.03 4.62	47 27	15.98–40.6 34.41–57.0	9.65–46.90 28.6–62.8

Судя по средним величинам, степень иллювиированности растет от 5,8% в темно-каштановых почвах, до 7,8% в каштановых солонцеватых и 21,6% в солонцах автоморфных, в гидроморфных почвах она резко увеличивается (до 45%).

Наибольший коэффициент вариации степени иллювиированности – 59% отмечается в каштановых солонцеватых почвах и наименьший – 18% в солонцах малонатриевых. Вероятно, это связано с разным объемом статистической выборки.

Для всего ряда статистической выборки, где повторность составляет 40 разрезов (без гидроморфных солонцов) был проведен корреляционно-регрессионный анализ, позволивший установить, что связь между количеством обменного натрия и степенью иллювиированности в автоморфных солонцовых почвах является средней и прямой. Коэффициент корреляции выше среднего (r = 0,77). Получено уравнение регрессии следующего вида: Ni = 1,34 + 2,34Na, где Ni – степень иллювиированности, %; Na – количество обменного натрия, % от емкости обмена. С помощью уравнения были получены значения иллювиированности для конкретных величин обменного натрия.

При разработке градации по степени иллювиированности малонатриевых солонцовых почв (табл. 4) в качестве исходной была использована общепринятая (1970) градация по обменному натрию для малогумусных солонцовых почв. В ней к несолонцеватым отнесены почвы, содержащие менее 3% натрия, а к солонцам – более 15%. Но, учитывая, что в малонатриевых солонцах Украины содержится в два раза меньше обменного натрия (7 против 15%), нам пришлось разработать новую градацию, представленную ниже, учитывающую условия Украины. Эта градация составлена на основании относительно небольшого объема статистической выборки (n = 40), поэтому она носит предварительный характер, но все же даже сейчас может быть использована при почвенных обследованиях.

Преимущество ее состоит в том, что отпадает необходимость определения содержания обменного натрия. Достаточно лишь установить количество илистой фракции в иллювиальном и элювиальном горизонтах при механическом анализе образцов почв с предварительной химической обработкой по методу Качинского. В этом случае сокращаются затраты на выполнение сложных анализов по определению обменных оснований.

Таблица 4.

Градация малонатриевых солонцовых автоморфных почв Причерноморья (без степного Крыма) по степени иллювиированности

Почвы	Степень иллювиированности, Ni, %	Содержание обменного натрия, % от емкости
Несолонцеватые	<8	<3
Слабосолонцеватые	8–13	3–5
Средне- и сильносолонцеватые	13–17	5–7
Солонцы	>17	>7

Крымская степь. В Крымской степи автором статьи выделены две природные подзоны: степь сухая и степь южная. Они простираются по широте, но размещены в обратном направлении по отношению к аналогичным подзонам в материковой части Украины, что связано с различными климатическими условиями и изменением абсолютных высот поверхности земли с севера полуострова на юг. В подзоне степи сухой выделена одна Северо-Крымская провинция с темно-каштановыми и другими солонцеватыми почвами, а в подзоне степи южной – две провинции: Крымская и Керченская с южными черноземами и солонцами на третичных глинах (в этой работе они не рассматриваются).

Северо-Крымская агропочвенная провинция охватывает Крымское Присивашье или, как его называют некоторые авторы, Северо-Крымскую низменность. Она начинается с южного берега Сиваша и Каркинитского залива Черного моря на абсолютных отметках около 0,5–1 *м* и протягивается на юг до отметок около 30 *м*. Далее она переходит в возвышенную Таврическую центральную равнину (подзона степи южной), а затем в предгорную и горную зоны.

По гидрогеологическим условиям и структуре почвенного покрова в Северо-Крымской агропочвенной провинции выделены два агропочвенных района: Красно-Перекопский и Раздольненско-Азовский. Первый охватывает самую низменную часть Присивашья с гидроморфными и полугидроморфными почвами, второй – более повышенную часть территории с автоморфными почвами и остаточным (реликтовым) засолением и солонцеватостью. Гранулометрический состав почв преимущественно легкоглинистый, иногда – тяжелосуглинистый.

В почвах Крымского Присивашья четко прослеживается геохимическая зональность солей, начиная от высокого Присивашья и кончая низменной его частью возле Сиваша. Химизм солей в горизонтах их скопления сменяется от гидрокарбонатного к сульфатному, хлоридно-сульфатному, сульфатно-хлоридному и хлоридному (Новикова, 1962). По морфологическому строению солонцовые почвы Крымского Присивашья близки к таковым северного Присивашья, но солонцеватость в них выражена значительно сильнее.

Как видно из табл. 5, где представлены конкретные разрезы почв, наибольшая солонцеватость по обменному натрию отмечается в солонцах луговых. Она несколько снижается в лугово-степных и степных, но эта величина в целом остается высокой (около 20%), что в соответствии с классификацией солонцов

позволяет отнести солонцы Крымского Присивашья к группе средненатриевых.

Таблица 5

Степень иллювиированности солонцовых почв Крымского Присивашья (данные А.В. Новиковой, 1962 г.)

Номер разреза, местоположение	Почва	Горизонт	Глубина, см	Обменный натрий, % от емкости обмена	Содержание ила (<0.001)	Ni
					%	
124, Азовский р-н, село Амур	Солонец луговой солончаковатый	EH	0–10	6.9	22.2	Не опр.
		IH	25–35	27.6	45.3	34
		Ih	45–55	22.6	45.8	34
		Pks	60–70	Не опр.	28.2	Не опр.
117, Азовский р-н, село Благодатное	Солонец лугово-степной солончаковатый		0–17	8.0	27.6	»
		IH	20–30	19.8	46.1	26
		Ih	45–55	19.7	45.9	24
		Pk	60–70	Не опр.	43.0	Не опр.
136, Красноперекопский р-н, Сорто-участок	Солонец степной солончаковатый	EH	0–10	9.0	24.8	»
		IH	15–30	21.0	41.7	25
		Pk(i)	45–58	Не опр.	41.8	26
		Pks	62–72	»	37.6	Не опр.
126, Азовский р-н, село Великоселье	Темно-каштановая солонцеватая	H	0–10	4.0	37.4	»
		Hip	35–45	8.0	44.1	8
		Phk	50–60	Не опр.	40.0	3
		Pks	140–150	»	33.2	Не опр.
13, Красноперекопский р-н, с. Источное	Темно-каштановая слабосолонцеватая	He	0–10	1.2	42.5	»
		Hi	23–34	1.8	46.2	4
		Phk	34–54	3.6	35.8	Не опр.
		Pk	90–100	Не опр.	35	»

Степень варьирования средних величин солонцеватости для различных групп почв представлена в табл. 6, из которой видно, что доверительные интервалы средних величин содержания обменного натрия постепенно возрастают от слабо- к сильносолонцеватым почвам и солонцам. Они не перекрывают друг друга при разных уровнях вероятности, обосновывая правильность разделения почв на группы. Также четко происходит возрастание степени иллювиированности от 6–8 в слабосолонцеватых до 23–30% в солонцах. Такое различие отмечается как при уровне вероятности 95, так и при 99%.

Таблица 6

Статистические параметры степени иллювиированности (под чертой) и содержания обменного натрия (над чертой) в почвах Северо-Крымской агропочвенной провинции

Почвы	Объем выборки, n	Статистические параметры				
		$\bar{x}$	$S_{\bar{x}}$	V	$Д_1$	$Д_2$
Темно-каштановые слабосолонцеватые	70	5.89 / 7.50	0.22 / 0.45	32 / 50	5.4–6.3 / 6.6–8.4	5.30–6.5 / 6.30–8.7
Темно-каштановые среднесолонцеватые	23	12.04 / 13.87	0.3 / 1.03	15 / 36	11.3–12.8 / 11.74–16.0	11.0–13.0 / 10.97–16.77
Темно-каштановые сильносолонцеватые	14	16.79 / 18.59	0.42 / 1.29	9 / 25	15.8–17.7 / 17.2–21.4	15.5–18.0 / 14.70–22.5
Солонцы степные, лугово-степные и луговые	27	23.85 / 26.52	0.75 / 1.55	16 / 30	22.3–25.4 / 23.3–30.0	21.8–26.0 / 22.0–31.0

Объем статистической выборки для этих почв оказался большим (n = 134). Корреляционно-регрессионный анализ показал, что между содержанием обменного натрия и степенью иллювииро-

ванности существует прямая и сильная корреляционная связь, коэффициент корреляции равен 0,83. Уравнение регрессии имеет следующий вид: Ni= 1,679 + 0,997 Na.

Поскольку солонцы являются в основном средненатриевыми, то для градации солонцеватости по содержанию обменного натрия нами использована общепринятая группировка почв по содержанию обменного натрия.

С учетом соответствия показателей степени солонцеватости почв по обменному натрию и степени иллювиированности, нами разработана следующая уточненная (по сравнению с первой работой (1968)) градация по степени иллювиированности солонцовых почв Северо-Крымской агропочвенной провинции (табл. 7).

Таблица 7

Градация средненатриевых солонцовых почв Крымского Присивашья по степени иллювиированности

Почвы	Степень иллювиированности, Ni, %	Обменный натрий, % от емкости
Несолонцеватые	<7	<5
Слабосолонцеватые	7–12	5–10
Среднесолонцеватые	12–17	10–15
Сильносолонцеватые	17–22	15–20
Солонцы	>22	>20

Переходя к обсуждению приведенных данных, отметим, что солонцовые почвы Причерноморской впадины, расположенные на северном и южном ее бортах, довольно заметно отличаются друг от друга, хотя и приурочены к одной зоне сухой степи. Химическая солонцеватость почв северного борта впадины заметно меньше, чем южного борта. Особенно разительно отличаются солонцы. В первом регионе они по существу должны быть отнесены к слабосолонцеватым почвам, поскольку содержат всего 6–7% обменного натрия. Во втором регионе солонцы содержат 20% обменного натрия (средненатриевые солонцы). В почвах первого региона диапазон колебаний степени иллювиированности является меньшим, чем в почвах второго региона (8–17 против 7–22%).

По нашему мнению, причина такого различия кроется в неодинаковой интенсивности солончаково-солонцового процесса в этих регионах, отличающихся топографическими условиями (абсолютной высотой местности) и, в соответствии с этим, разным уровнем грунтовых вод и типом водно-солевого режима.

Наш опыт наблюдений за водносолевым режимом почв степного Крыма показал следующее. На плоских морских берегах с глубиной грунтовых вод 1-3 *м* почвы испытывают капил-

лярно-грунтовое увлажнение с сезонно-необратимым засолением. В почвах более повышенной части равнины, при залегании грунтовых вод на глубине 3-7 *м* устанавливается пленочно-капиллярный водный режим с сезонно-обратимым процессом засоления-рассоления. В более высоком Присивашье при глубине грунтовых вод 7-8 *м* устанавливается элювиальный тип водного режима с сезонно-необратимым режимом рассоления.

Эти данные по водно-солевому режиму хорошо согласуются со структурой почвенного покрова. По данным Крымской почвенной партии, в пределах береговой части Каркинитского залива и побережья Сиваша залегает полоса приморских солончаков (площадь 16 тыс. га), развивающихся на иловато-морских и лёссовидных отложениях.

Несколько выше протягивается полоса луговых солонцов с каштаново-луговыми и другими солонцеватыми почвами (площадь 77 *тыс. га*). Они переходят в лугово-степные солонцовые комплексы – солонцы и лугово-каштановые, а также темно-каштановые солонцеватые почвы (площадь 142 *тыс. га*). Все эти почвы входят в Красно-Перекопский агропочвенный район, который занимает площадь 235 *тыс. га* или 51% от площади Северо-Крымской агропочвенной провинции.

В Раздольненско-Азовском агропочвенном районе, расположенном южнее, развиваются автоморфные почвы. Здесь преобладают темно-каштановые солонцеватые почвы, отчасти, каштановые солонцеватые почвы, и их комплексы с солонцами. В то же время остаточно-солонцеватые темно-каштановые почвы занимают всего около 3 *тыс. га* (для сравнения – в Причерноморской агропочвенной провинции они занимают преобладающую часть территории, порядка 60–70% от площади зоны).

В геохимическом отношении территория Северо-Крымской агропочвенной провинции наполовину занята подчиненными ландшафтами, а наполовину – автономными.

Что касается солонцовых почв, расположенных на северном борту Причерноморской впадины в Причерноморской агропочвенной провинции, то вся эта приморская полоса характеризуется преобладанием более высоких абсолютных отметок (50–10 *м*), хотя здесь имеется много подовых понижений и небольших плоских берегов. В связи с этим в геохимическом отношении территория северного Причерноморья представлена преимущественно автономными ландшафтами, а в структуре почвенного покрова преобладают автоморфные почвы (темно-каштановые, каштановые и степные солонцы).

Надо полагать, что в прошлом вся эта приморская полоса испытала кратковременное тектоническое опускание с повышением уровня грунтовых вод, что и привело к засолению и осолонцеванию почвогрунтов и образованию солонцов. Затем эта территория поднялась и стала подвергаться интенсивному рассолению и рассолонцеванию. Это и привело к тому, что обменный натрий был

вытеснен кальцием и магнием, поэтому в солонцах его осталось ничтожно мало. И лишь профильная дифференциация, четко выраженная в солонцах, свидетельствует об интенсивности реликтового солонцового процесса.

В крымских же солонцах, которые на половине территории до сих пор связаны с грунтовыми водами и претерпевают современное засоление и солонцеобразование, содержится много поглощенного натрия, как и в лугово-каштановых и темно-каштановых солонцеватых почвах. В эволюционном отношении это молодые почвы, некоторые образовались на морских илах.

Поскольку метод определения степени иллювиированности солонцовых почв является показателем не только современного, но и реликтового солонцового процесса, мы предлагаем использовать его для диагностики степени солонцеватости всех почв сухой степи.

В целом для степной зоны, с учетом степени иллювиированности, почвы можно расположить в такие последовательные ряды (от большей к меньшей степени иллювиированности):

а) Солонцы гидроморфные и полугидроморфные > солонцы автоморфные средненатриевые >> солонцы автоморфные малонатриевые.

б) Каштаново-луговые солонцеватые > лугово-каштановые солонцеватые > темно-каштановые и каштановые солонцеватые > темно-каштановые остаточно-солонцеватые.

в) Черноземы южные солонцеватые > черноземы южные > черноземы обыкновенные.

Выводы

1. Солонцовый процесс, возникающий под действием солей натрия, вызывает профильно-коллоидную дифференциацию генетических горизонтов. Количественно она определяется степенью иллювиированности, возрастающей от слабосолонцеватых почв к солонцам. С помощью математической статистики впервые определены статистические параметры степени иллювиированности и содержание обменного натрия в разных почвах степной зоны Украины.

2. Установлено, что между степенью иллювиированности и содержанием обменного натрия существует прямая средняя или сильная корреляционная связь. Она меняется в зависимости от объема статистической выборки. Сильная связь отмечается в группе средненатриевых солонцов (Крым), где имелась большая выборка.

3. На основании корреляционно-регрессионного анализа разработана градация солонцеватости по иллювиированности для групп малонатриевых и средненатриевых почв.

4. Малонатриевые солонцовые почвы имеют реликтовое происхождение. В настоящее время они встречаются на топо-

графически повышенной территории северного борта Причерноморской впадины в автономных геохимических ландшафтах, где превалируют процессы рассоления и рассолонцевания.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПРОФИЛЯ И ЕЁ ИЗМЕНЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ ЭВОЛЮЦИИ ОСТЕПНЁННЫХ СОЛОНЦОВ В ЗОНАЛЬНЫЕ ПОЧВЫ[4]

Как известно, основателями русской школы почвоведения (В.В. Докучаев, С.И. Коржинский, П.С. Коссович, В.И. Танфильев и др.), а также их последователями установлено, что почвы в своем развитии претерпевают изменение состава и свойств, т.е. эволюционируют.

А.А. Роде (1947) установил, что эволюция почв может вызываться различными причинами: изменением факторов почвообразования, саморазвитием биогеоценозов, влиянием соседних биогеоценозов, филогенезом растений и других живых организмов.

Исходя из такой трактовки причин эволюции можно считать, что эволюция почв засоленного ряда совершается под влиянием как внешних факторов, так и внутренних (саморазвитие, вызываемое спецификой процесса солонцеобразования). Исследователями выделены два основных направления эволюции засолённых почв: в сторону осолодения) (Гедройц, 1932) и в сторону остепнения (Ковда, 1939).

Различие этих направлений объясняется особенностями водного режима. При временном или длительном промывном режиме солонцы подвергаются осолодению и превращаются в солоди. В условиях же только атмосферного увлажнения и непромывного водного режима солонцы проходят стадию остепнения и эволюционируют к зональному типу автомофных почв (Панин, 1972). Такие направления эволюции солонцов наблюдаются во многих регионах России, Украины, Казахстана и других местах. Так, Е.Н. Иванова, В.М. Фридлянд (1954), установили, что на низменных равнинах степной, сухостепной и полупустынной природных зон, по мере усиления естественной дренированности и снижения уровня минерализованных грунтовых вод, происходит эволюцион-, ный переход луговых солонцовых комплексов в лугово-степные и далее в степные.

---

[4] э Статья опубликована в сб. «Агрохімія і грунтознавство». Харьков, ННЦ ИПА, № 70, 2009. С. 13–28.

В.А. Ковда (1939), разработал схему эволюции солонцов. В соответствии с этой схемой остепнение солонцов совершается постепенно с прохождением ряда следующих стадий: остаточно солончаковатый солонец → остаточно слабосолончаковатый солонец → остепнённый солонец → каштановая солонцеватая почва.

Таким образом, в степных солонцовых комплексах солонец в процессе эволюции трансформируется в каштановую почву. Элементарные почвообразовательные процессы (ЭПП), протекающие при этом (засоление-рассоление, обменнопоглотительные реакции и др.), освещены в многочисленных работах. Однако исследований по вопросу инфильтрационного перемещения тонкодисперсных фракций (< 0,001*мм* по почвенному профилю и переводу труднорастворимых веществ в коллоидное состояние было проведено всё ещё недостаточно, а результаты их были дискуссионными (Антипов-Каратаев; Цюрупа, 1961).

Широкое использование методов коллоидной и физической химии, а также исследований минералогического состава глинистых минералов во второй половине XX века позволило получить новые данные о путях и формах миграции тонкодисперсной фракции в солонцовых почвах.

В данном сообщении сделана попытка объяснить трансформацию иллювиального горизонта солонцов в процессе эволюции от луговых к степным солонцам и солонцеватым почвам на примере почв Крымского Присивашья. Кроме личных ма**те**риалов использованы публикации других авторов.

Крымское Присивашье или Северо-Крымская низменность расположено на южном борту Причерноморской впадины. В геологическом прошлом территория испытала неоднократные тектонические опускания, сменявшиеся поднятиями, которые сопровождались морскими трансгрессиями и регрессиями. Самая низкая прибрежная часть низменности была палеолагуной (Лычагин, 1958).

По геоморфологии **–** это низменная приморская равнина, представляющая собой морскую плиоценовую террасу. Поверхность её слабо наклонена с юга на север к морским водоёмам, топографические отметки её высоты уменьшаются соответственно с 30 (40) *м* до 1 *м*. В литологическом отношении она сложена лёссовидными тяжелыми суглинками и глинами, содержащими водорастворимые соли (0,3 **–** 1,0 %), а также карбонаты кальция, и гипс. В нижней части толщи суглинков сформирован сплошной водоносный горизонт, движущийся с юга на север в соответствии с топографическими условиями.

Минерализация грунтовых вод постепенно возрастает с юга на север от 3 до 20**–**60 *г/л*. Меняется и химизм солей с гид-

рокарбонатного до хлоридно-сульфатного, сульфатно-хлоридного и хлоридного натриевого.

Почвенный покров на низменных прибрежных территориях представлен луговыми солончаково-солонцовыми комплексами, которые сменяются при залегании грунтовых вод на глубине от 3 до 6 (7) *м* от поверхности лугово-степными комплексами с лугово-степными солонцами и лугово-каштановыми и тёмно-каштановыми солонцеватыми почвами, а при более низком положении грунтовых вод (глубже 6 (7) *м*) – степными комплексами солонцов степных и темно-каштановых солонцеватых почв, сменяемых темно-каштановыми остаточно-солонцеватыми почвами, а далее такими же без признаков солонцеватости (Гусев В.П., Колесниченко В.Т., 1955; Новикова А.В., 1962).

Динамическими наблюдениями было выявлено, что в наиболее низкой части территории почвы (луговые комплексы) испытывают капиллярно-грунтовое увлажнение и сезонно-необратимое засоление. В лугово-степных почвах устанавливается плёночно-капиллярное увлажнение с сезонно-обратимым режимом засоления-рассоления. В степных солонцовых комплексах почвы испытывают элювиальное увлажнение с сезонно-необратимым режимом рассоления [30]. В этом же направлении (с севера на юг) отмечается своеобразная геохимическая зональность состава солей в горизонтах их аккумуляции: хлоридный на побережье Сиваша сменяется сульфатно-хлоридным и хлоридно-сульфатным, сульфатным и, наконец, гидрокарбонатным в высокой части Присивашья (Новикова А.В., 1962)

По условиям увлажнения почв всю территорию Крымского Присивашья можно подразделить на две почти равные части: одну половину занимают гидроморфные и полугидроморфные почвы, другую – автоморфные.

В целом, Крымское Присивашье является примером пространственной смены одних солонцовых комплексов другими. В то же время, учитывая сложную геологическую историю с неоднократными движениями земной коры, сопровождавшимися трансгрессией и регрессией морских вод, широким засолением почво-грунтов, можно предполагать, что ныне автоморфные почвы (или часть их) были некогда засолены, а сейчас опресняются. В этом плане существующий в пространстве переход одних почв в другие можно рассматривать и как эволюцию этих почв во времени.

Перейдём к рассмотрению некоторых показателей строения почвенного профиля и состава солонцовых почв Крымского Присивашья.

В таблице 1 приведены данные массовых определений параметров строения почв лугово-степных и степных солонцовых комплексов.

Нижняя граница иллювиального горизонта в лугово-степных и степных солонцах залегает на глубине 45–52 *см*. В лугово-каштановых солонцеватых почвах – в пределах 49–51*см*, а в тёмно-каштановых среднесолонцеватых – снижается до 58 *см*.

Таблица 1

Строение профиля почв лугово-степных и степных комплексов Северо-Крымской низменности (Севастьянов, 1969)

Почвы	Глубина, см					
	Нижние границы генетических горизонтов			Вскипание	Белоглазка	Сульфаты
Лугово-степные комплексы						
Солонцы средние солончаковатые (22 разреза)	EH 13	IH 30	IH(p) 45	40	-	57
Солонцы глубокие солончаковатые (69 разрезов)	EH 19	IH 32	IH(p) 47	44	-	60
Лугово-каштановые среднесолонцеватые глубоко солончаковатые (193 разреза)	He 20	Hi 34	Ihp 51	50	53	92
Лугово-каштановые сильно солонцеватые глубокосолончаковатые (58 разрезов)	He 20	HI 32	Ih 49	43	-	82
Степные комплексы						
Каштановые среднесолонцеватые (63 разреза)	He 21	Hi 35	Phi 54	48	56	113
Тёмно-каштановые среднесолонцеватые (486 разрезов)	He 22	Hi 38	Phi 58	47	58	136
Солонцы средние глубокосолончаковатые (10 разрезов)	EH 13	IH 32	IHp 47	45	50	79
Солонцы глубокие глубокосолончаковатые (8 разрезов)	EH 15	IH 35	IHp 52	44	55	85
Лугово-каштановые почвы микрозападин (21 разрез)	He 28	Hep 43	PH(i) 62	49	64	>200

В элювиальном горизонте и в верхней части иллювиального горизонта карбонаты отсутствуют. Глубина вскипания от 10 % HCl в солонцах обнаруживается с 40–44 *см*, а в лугово-каштановых и тёмно-каштановых солонцеватых почвах с 43–50 *см*. Новообразования карбонатов в виде «белоглазки» встречаются в тёмно-каштановых солонцеватых почвах с 58 *см* и в каштановых солонцеватых – с 56 *см*.

Скопление солей (преимущественно сульфатов) в почвах лугово-степных комплексов обнаруживается в солонцах на глубине 57–60 *см*, в лугово-степных солонцеватых почвах –82–92 см; а в

степных солонцеватых комплексах в солонцах глубокосолончаковатых с 79 *см*, в каштановых солонцеватых почвах со 113 *см*, а в тёмно-каштановых почвах – со 136 см.

А теперь рассмотрим некоторые данные таблицы 2, где приведены показатели состава и свойств почв на примере конкретных разрезов, начиная с луговых к лугово-степным солонцам и заканчивая тёмно-каштановой слабосолонцеватой почвой (Новикова А.В., 1962). По нашему мнению такой ряд почв может характеризовать эволюционный переход на протяжении длительного времени (тысячи лет).

Таблица 2

Некоторые показатели состава и свойств солонцовых почв Крымского Присивашья (по данным А.В. Новиковой, 1962)

Номер разреза, почва, место отбора образцов	Глубина отбора образцов, см	Генетический горизонт	Гумус по Тюрину, %	Количество ила, частиц <0,001 мм, %	Водорастворимые соли, %	pH	Сумма обменных катионов, мг-экв на 100 г почвы	Обменный натрий, % от суммы катионов	Молекулярное отношение $SiO_2:R_2O_3$	Степень иллювированности, (Ni)	Коэффициент содопроявления (Кс)
Разрез 124 Солонец луговой глубоко-призмовидный солончаковатый. Азовский район, хутор Амур	0-10	EH	3,4	22,2	0,06	6,8	19,3	6,9	9,0		1,0
	25-35	IH	1,7	45,3	0,09	7,2	35,0	27,6	5,7	34,2	1,4
	45-55	Ih	1,2	45,8	0,10	8,0	31,4	27,6	6,1	34,7	2,4
	60-70	Pkgl	0,6	28,2	0,17	-	-	-	5,7	-	4,2
	75-85	Pks	-	-	0,86	-	-	-	-	-	-
Разрез 117 Солонец лугово-степной глубоко-призмовидно-ореховатый солончаковатый. Азовский район, с. Благодатное	0-17	EH	2,2	27,6	0,06	6,9	19,3		7,5		1,0
	20-30	IH	1,4	46,1	0,06	7,9	33,6	19,8	5,5	26,0	1,8
	45-55	Ih	1,1	45,9	0,13	8,5	38,8	19,7	5,9	24,0	3,3
	60-70	Pk	0,6	43,0	0,23	8,6	32,4	-	-	-	1,4
	80-90	Pks	0,3	39,5	1,10	-	--	-	-	-	< 1,
Разрез 136 Солонец степной призмовидно-ореховатый солончаковатый. Красноперекопский район, Сортоучасток	0-10	EH	1,8	24,8	0,12	7,1	23,0	9,0	6,0		< 1
	15-30	IH	0,9	41,7	0,13	8,0	30,2	21,0	4,0	25,0	1,5
	45-58	Ihk	0,5	41,8	0,29	8,7	-	-	4,8	25,0	< 1
	62-72	Pks	0,3	37,6	1,17	-	-	-	-	-	< 1
Разрез 128 Солонец степной призмовидно-ореховатый глубокосолончаковатый. с. Солонцовое	0-10	EH_{max}	1,8	24,7	0,07	-	22,9	8,0	8,6		-
	18-35	IH	1,5	38,3	0,07	-	31,0	16,1	6,4	21,2	-
	35-44	Ih	1,1	45,3	0,08	-	30,8	16,1	6,1	29,0	-
	65-75	Pk	0,3	44,0	0,16	-	-	-	-	-	3,0
	105-115	Pкs	0,1	43,7	0,52	-	-	-	-	-	< 1
Разрез 126 Тёмно-каштановая слабосолонцеватая почва. с. Великоселье	0-10	Hmax	2,3	37,4	0,05	7,6	27,5	4,0	6,3		< 1
	35-45	EH	1,4	44,0	0,05	8,2	30,1	5,1	6,0	8,0	1,1
	75-80	Pk	-	46,0	0,07	8,3	-	-	6,0	10,0	1,5
	140-150	Pk	-	38,1	0,35	8,4	-	-	6,0	-	1,2
	200-210	Pks	-	32,0	1,81	8,1	-	-	-	-	< 1

Прежде всего, отметим, что почвы по гранулометрическому составу относятся к тяжелосуглинистым и легкоглинистым.

Распределение солей во всех почвах весьма сильно варьирует в пространстве в связи с положением почвы относительно мезо- микро- и нанорельефа. В луговых солонцах часто встречаются солончаковые виды (кроме солончаковатых), а в лугово-степных и степных солонцах солончаковые виды не встречаются. Здесь преобладают солончаковатые, а в степных солонцах, кроме того, – глубокосолончаковатые.

В целом в почвах происходит постепенное углубление солевого горизонта: от 0–5 *см* в приморских солончаках (данные в таблице не приводятся) до 160–200 *см* в тёмно-каштановых почвах. Меняется и химизм солей: в приморских солончаках он хлоридно-натриевый; в луговых высокосолончаковатых солонцах – хлоридно-сульфатно-натриевый; в солонцах луговых, лугово-степных и степных солончаковатых – преимущественно сульфатно-натриевый, а в тёмно-каштановых слабо солонцеватых почвах сульфатно-кальциево-магниевый.

Как видно из таблицы 2, содержание ***поглощённого натрия*** в луговых солонцах достигает 27,6 % от суммы катионов. В лугово-степных и степных солонцах количество его уменьшается до 20–16 %, а в тёмно-каштановых – до 5 %. Следовательно, в процессе эволюции произошло постепенное рассолонцевание этих почв.

Почвы имеют ***слабощелочную и щелочную*** реакцию, pH колеблется в пределах от 6,9 до 8,5–8,7. Заметное ощелачивание обнаруживается в незасолённой части, находящейся над солевым горизонтом. Исследованиями Гедройца установлено, что в бескарбонатной части солонцового горизонта появление соды происходит при вытеснении ионом водорода обменного натрия из поглощающего комплекса почвы (ПК). Образующийся при этом едкий натрий в присутствии углекислоты почвенного раствора переходит в соду, как это показано ниже:

$$\textbf{ПК}\ Na + H^+ + OH^+ \rightarrow \textbf{ПК}\ H + NaOH; \qquad NaOH + CO_2 \rightarrow NaHCO_3.$$

В карбонатной части солонцового горизонта сода образуется в результате двойного обмена между поглощённым натрием почв и кальцием карбоната кальция по реакции:

$$\textbf{ПК}\ Na + CaCO_3 \rightarrow \textbf{ПК}\ Ca + Na_2CO_3\ (\text{или}\ NaHCO_3).$$

Однако сода может появиться в почвах и вследствие других процессов: выветривания кристаллических пород с гидроли-

зом натриевых алюмосиликатов; воздействия на карбонатную почву растворов сернокислого натрия; процесса сульфатредукции в анаэробной среде; подпитывания почв грунтовыми содовозасоленными водами и др.

Содовое засоление обнаруживается в том случае, когда величина коэффициента содопроявления (Кс) превышает единицу. Кс по Посохову рассчитывают по формуле:

$$Кс = \frac{HCO_3}{Ca + Mg}$$

В рассматриваемых почвах (табл. 2) Кс имеет повышенное значение (3–4) в солонцах и снижается до 1,5 в тёмно-каштановой слабосолонцеватой почве. Следовательно, в ходе эволюции от остепнённых солонцов к каштановой остаточно-солонцеватой почве происходит постепенное ослабление процесса ощелачивания.

К такому заключению ранее пришел и Антипов-Каратаев. Он выделял в профиле каштановых почв такие горизонты: карбонатный (промытый), щелочной и гипсово-солевой. Отмечая при этом, что щелочной горизонт особенно чётко выражен в солонцах, а в каштановых он значительно слабее в связи с воздействием гипсово-солевого горизонта.

При введении орошения на территориях с глубоким залеганием уровня грунтовых вод усиливается выщелачивание солей из почв, увеличивается мощность промытого карбонатного горизонта, повышается щелочность (Зимовец, 1979).

Следует подчеркнуть, что повышение щелочности происходит не только в связи с образованием соды, но и вызывается присутствием в растворе химических соединений, проявляющих себя как основания (карбонаты, бораты, силикаты, гуматы натрия и других катионов). Ф.И. Козловский (2003) предложил назвать их щелочным резервом, характеризующим процесс ощелачивания.

В табл. 2 приведены значения ***молекулярных отношений*** окислов ($SiO_2 : R_2O_3$) по данным валового химического состава. Судя по этим данным, а также по данным анализов щелочных вытяжек из почвенных образцов в 5 % растворе КОН, можно прийти к заключению, что в элювиальном горизонте солонцов наблюдается повышенное содержание окиси кремния (по сравнению с полуторными окислами) и даже наличие свободной

аморфной SiO_2, которая рассматривается как признак осолодения.

Максимально высокая величина молекулярного соотношения окислов в элювиальном горизонте наблюдается в луговом солонце (9,0), что говорит о высокой активности в этом горизонте солонцового процесса, и несколько понижается (до 7,5–8,6) в солонцах лугово-степных и степных. В иллювиальном горизонте эти величины уменьшаются до 5,5–6,0. В тёмно-каштановых слабо солонцеватых почвах в элювиальном и в нижележащем иллювиальном горизонтах, а также в почвообразующей породе эти соотношения падают до 6,3–6,0.

Приведенные данные свидетельствуют об определённых различиях валового химического состава в элювиальном и иллювиальном горизонтах, вызванных солонцовым процессом и некотором осолодении (особенно в луговых солонцах), возникающем при промывном водном режиме.

Важным показателем солонцового процесса является ***содержание илистой фракции*** в почве и её распределение по профилю. Отметим, что здесь приводятся данные содержания илистой фракции, выделенной по методу Качинского с предварительной химической подготовкой. Поскольку эволюционное преобразование почв совершается за очень длительный период, то наиболее пригодным методом определение ила является именно этот метод.

Из таблицы 2 видно, что содержание илистой фракции (< 0,001 *мм*) довольно резко меняется по профилю почв. В солонцах её количество в иллювиальном горизонте резко увеличивается по сравнению с элювиальным, а в тёмно-каштановой слабосолонцеватой почве разница становится значительно меньшей.

Для суждения об интенсивности процесса иллювиирования в солонцовых почвах нами (Новикова, Коваливнич, 1968) было предложено определять степень иллювиированности (Ni) по разности содержания ила в иллювиальном (В) и элювиальном (А) горизонтах, отнесённой к их сумме в процентах по формуле:

$$Ni = \frac{B - A}{A + B} \cdot 100\,(\%)$$

где: Ni – степень иллювиированности, %;

В – содержание ила (< 0,001 *мм*) в иллювиальном горизонте, %;

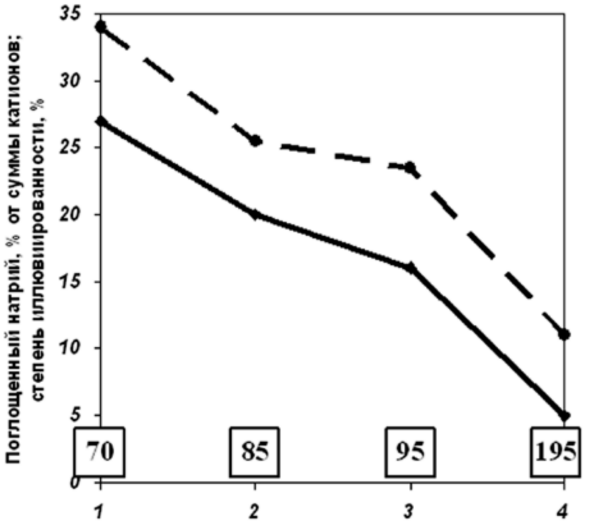
А – содержание ила (< 0,001 *мм*) в элювиальном горизонте, %

Как показано в таблице 2, степень иллювиированности в луговом солонце достигает 34% и уменьшается в лугово-степных и степных солонцах до 24–21%, а в тёмно-каштановых снижается до 8–10%. При этом максимальная иллювиированность по-

степенно сдвигается в нижнюю переходную часть солонцового горизонта. В целом гранулометрическая дифференциация профиля ослабляется.

Связь между показателями степени иллювиированности и солонцеватостью, определяемой по величине поглощённого натрия, существует прямая и сильная. Она была установлена нами при корреляционно-регрессионном анализе массовых данных (134 разреза). Коэффициент корреляции *r* оказался равным 0,83.

В целом, по мере снижения солевого горизонта происходит уменьшение количества поглощенного натрия и ослабление степени иллювиированности. Это иллюстрирует диаграмма (рис. 1), построенная по данным нескольких разрезов из таблицы 2.



Условные обозначения:
Почвы: *1* – солонец луговой; *2* – солонец лугово-степной;
***3* – солонец степной; *4* – темно-каштановая слабосолонцеватая почва**

——— – поглощенный натрий, % от суммы катионов;

. — — — – степень иллювиированности, %;

70 – глубина залегания аккумулятивного солевого горизонта, см.

Рис 1. *Схема изменения содержания поглощенного натрия, степени иллювиированности и глубины солевого горизонта в солонцовых почвах Крымского Присивашья*

Обратимся теперь к вопросу о составе высокодисперсной части солонцовых, почв. В ходе солонцеобразования, которое

протекает при рассолении почв с внедрением натрия в поглощающий комплекс, ощелачиванием, пептизирующим воздействием натрия на почвенную массу, происходит образование органических, органо-минеральных и минеральных соединений (Гедройц; Антипов-Каратаев; Хитров и др.).

Как показали исследования ряда специалистов, состав высокодисперсной части неодинаков, прежде всего, по *гранулометрии.* Более крупные частицы, размером > 0,22 *мкм*, составляют всего 20 %, а мельчайшие, размером < 0,22 *мкм* – до 80% (Гедройц, 1932) Оказалось, что и состав минералов в этих фракциях различен.

Так, исследованиями Л.С. Травниковой и А.В. Титовой (1978) установлено, что в иллювиальном горизонте солонцовых почв Калмыцкой степи фракции размером 1–5 *мкм* состоят из индивидуальных минералов. Во фракциях 1–0,2 *мкм* содержится до 60 % индивидуальных минералов, а в коллоидной фракции < 0,22 *мкм* преобладают смешанно-слойные образования.

Отечественными исследователями (Горбунов, 1961, 1969) установлено, что глинистые (вторичные) минералы образовались при разрушении в процессе выветривания первичных минералов, таких как полевые шпаты, кварц, слюды, хлориты, амфиболы и др. Превращение минералов протекает стадийно. На первых стадиях образуются гидрослюды, монтмориллонит и каолинит, на последующих этапах образуются хлориты, вермикулиты и высокодисперсный кварц, и лишь на самых последних этапах образуются аморфные соединения – полуторные окислы, кремнекислота и другие. При их синтезе могут снова образоваться вторичные минералы.

Н.И. Горбунов отмечает, что при превращении первичных минералов во вторичные совершаются различные химические, физико-химические и многие другие процессы, такие как кристаллизация аморфных соединений, окислительновосстановительные процессы, гидратация, дегидратация и т.д. В связи с многообразием таких процессов очень трудно выявить какие-либо закономерности в изменении состава минералов в разных типах почв. Важнейшее значение имеет состав минералов в почвообразующей породе.

Н.И. Горбунов подчеркивает, что строгой приуроченности вторичных минералов к конкретному виду солонцов также не обнаруживается. Во фракции < 1–2 *мкм* содержатся гидрослюды, монтмориллонит, каолинит, реже вермикулит. Встречаются также смешано-слойные образования. Более характерным минералогическим признаком солонцов является наличие монтмориллонитовой группы (смектитов) в иллювиальном горизонте.

Отсутствие надёжных количественных методов определения глинистых минералов в почвах лишает исследователей возможности точного выяснения воздействия солонцового процесса на состав илистой фракции и её перемещения по профилю.

Что касается *состава вторичных минералов* в рассматриваемых почвах Крымского Присивашья, то исследованиями П.Г. Коваливнича (1984) было установлено, что минералогический состав илистой фракции солонцовых почв в основном унаследован от почвообразующих пород и особенно явно это наблюдается в нижних горизонтах.

В лугово-степных солонцах преобладают слоистые гидрослюдистые минералы, в меньшем количестве содержится каолинита и ещё меньше хлорита. По мере углубления вниз по профилю количество каолинита и хлорита уменьшается, но увеличивается содержание минералов монтмориллонитовой группы. В почвообразующей породе преобладают минералы гидрослюдистой группы и смешано-слойные минералы гидрослюдисто-монтмориллонитовой ассоциации.

В тёмно-каштановой слабосолонцеватой почве в верхних горизонтах в значительном количестве обнаружены гидрослюдистые минералы (до 64%), каолинит – около 21 % и небольшое количество монтмориллонита (7 %.)

В иллювиальном горизонте обнаружены в незначительном количестве смешано-слойные минералы монтмориллонитово-гидрослюдистой ассоциации. Вероятно, появление смешанослойных минералов в иллювиальном горизонте произошло в результате воздействия солонцового процесса, приведшего к частичному разрушению в элювиальном горизонте сверх высокодисперсных (< 0,22 *мкм*) слоистых минералов (гидрослюд и монтмориллонита) и перемещения продуктов разрушения в нижележащий иллювиальный горизонт, где и образовались смешано-слойные ассоциации.

В почвообразующей породе содержание минералов монтмориллонитовой группы возрастает до 24 %, несколько уменьшается количество гидрослюд (до 54 %) и каолинита (до 17 %).

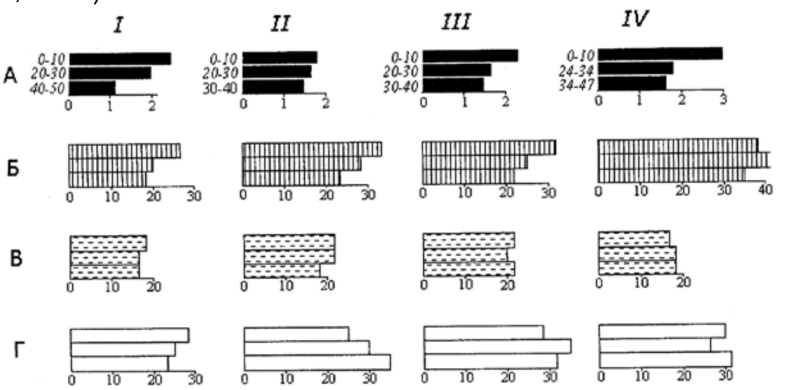
В целом же можно отметить, что элювиальный и иллювиальный горизонты несколько отличаются друг от друга по минералогическому составу.

Примерно такие же особенности распределения глинистых минералов (увеличение монтмориллонита и смешанослойных ассоциаций) обнаружены также и в солонцах сухостеп-

ной зоны России, Казахстана и других регионов (Володин, 1971; Кирюшин, 1980).

Важным показателем состава ила является *способность его к пептизации.* Н.И. Горбунов (1961) предложил дифференцированный метод выделения ила, с подразделением его на такие группы: водно-пептизированный ил (А), агрегированный ил (Б) и прочносвязанный ил (В). Неоднородность ила по его пептизации обусловлена многими факторами: наличием несиликатных полуторных окислов, ионов-коагуляторов, состава обменных оснований и др. Наиболее благоприятные условия передвижения ила вниз по профилю создаются в почвах с лёгким гранулометрическим составом и промывным режимом увлажнения. В тяжёлых почвах передвижение воднопептизированного ила ограничено.

Как говорилось выше, в состав илистых частиц кроме минеральных образований входят ещё органические и органоминеральные соединения. Эти соединения можно охарактеризовать, прежде всего, составом гумуса. Рассмотрим (рис. 2) особенности состава гумуса почв Крымского Присивашья (Новикова А.В., 1959)



I – луговой солонец; II –лугово-степной солонец;
III – тёмно-каштановая солонцеватая почва;
IV – южный слабогумусированный чернозём.
А – содержание гумуса общее, %;
Б – доля гуминовых кислот фракций I и II в составе гумуса, %;
В – доля фульвокислот фракций I и II в составе гумуса, %;
Г – доля гуминов в составе гумуса, %.

Рис 2. *Состав гумуса в верхних слоях солонцовых и других почв Крыма*

Содержание гумуса в луговых солонцах невелико –2,53 %, в лугово-степных – 1,90 %, а в тёмно-каштановой почве –2,30 %. Содержание гуминовых и фульвокислот снижается вниз по профилю, причём гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами, их соотношение колеблется в пределах 1,3–1,5. Это можно объяснить тем, что в далёком прошлом в этих почвах проходил лугово-дерновый процесс почвообразования при обводнении территории Присивашья (Луцкий, 1929).

Гумус солонцовых почв обладает большой подвижностью, что подтверждается наличием фракции «свободной» гуминовой кислоты (растворяемой непосредственно в щелочах до декальцинирования почвы). Это свидетельствует о неустойчивости гумусовых кислот, связанных с натрием. Подвижность органического вещества меняется от солонцов к зональной тёмно-каштановой почве. В луговом солонце доля «свободных» гуминовых кислот составляет 6 %, в лугово-степном –11,9 %, в тёмно-каштановой почве падает до 5,9 %, а в южном чернозёме они исчезают вовсе.

Содержание органических веществ, прочно связанных с минеральной частью почвы (гуминов), увеличивается книзу (за исключением луговых солонцов). По форме связи органических веществ с минеральной частью почвы установлено, что основная часть (40–50 %) гуминовых и фульвокислот связана с кальцием, и только 2–3 % – с полуторными окислами.

Таким образом, в солонцовых почвах в условиях щелочной реакции и наличия натрия органические кислоты приобретают большую подвижность и могут свободно мигрировать по всему профилю, способствуя большей подвижности минеральных коллоидов, что, в конечном результате, приводит к некоторому обезиливанию солонцового (иллювиального) горизонта.

К органо-минеральным соединениям относятся хелаты, т.е. комплексные высокомолекулярные соединения железа и алюминия с органическими кислотами. В силу своего молекулярного состояния они довольно легко передвигаются вниз по профилю и могут как накопляться в иллювиальном горизонте, также легко и удаляться из него при соответствующих условиях.

Большую подвижность илистым частицам могут придать свежеобразованная полимерная кислота, силикат натрия, гидроксиды железа и алюминия (Ребиндер, 1941). В состав тонкодисперсных систем входит так называемая коллоидная плазма, выделенная из иллювиальных горизонтов солонцов (Михайличенко, 1979). Размер частиц этой плазмы < 0,2 *мкм*, в её состав входит кремний – (44–45 %), железо и алюминий – (40–50 %).

Особенностью плазмы является высокая обратимость её из твёрдого состояния в коллоидный раствор и наоборот. Вымываясь из иллювиального горизонта, она может способствовать его обезиливанию.

Рассмотрим вопрос о ***способах передвижения*** высокодисперсных коллоидных систем в почвах. Известно, что стабильность коллоидных систем обусловлена разными факторами. Специалисты в области коллоидной и физколлоидной химии (Дерягин; Пасынский; Ребиндер; Антипов-Каратаев и другие) установили, что устойчивость коллоидной системы обеспечивается тремя основными факторами: электростатическим, сольватационным и структурно-механическим. Электростатический фактор обусловлен электрическими зарядами, препятствующими сближению коллоидных частиц. Сольватационный фактор проявляется образованием вокруг коллоидных частиц структурированной оболочки. Применительно к солонцовым почвам это проявляется гидратацией обменных катионов. Структурно-механический фактор возникает при образовании на поверхности гидрофобных коллоидных частиц слоя гидрофильных коллоидов, также препятствующих коагуляции коллоидов. Наиболее существенным фактором стабильности коллоидов почвы считается электростатический (Кирюшин,1980).

В почвоведении передвижение коллоидальных частиц вниз по профилю рассматривается не только с точки зрения устойчивости коллоидов, но и по их способности к фильтрационному перемещению. Существует мнение, что такое передвижение коллоидов совершается путём оподзоливания или лессиважа. ***Оподзоливание*** – это процесс, заключающийся в разрушении первичных и вторичных минералов под влиянием микроорганизмов и органических кислот с последующим выносом продуктов разрушения в нижележащие горизонты почвенного профиля. ***Лессиваж*** – это процесс перемещения в почвенном профиле илистой фракции без её предварительного химического разрушения, т.е. перенос не только глинистых, но, возможно, и измельченных первичных минералов в химически неизменённом виде. В последние годы (2002) предложен новый термин – ***натриевый лессиваж.*** Он означает элементарный почвообразовательный процесс (ЭПП), который слагается из пептизации ила, переноса ила вниз и последующей его аккумуляции.

Накопление тонкодисперсных частиц в нижних горизонтах происходит не только в результате их переноса вниз, но и при образовании их непосредственно на месте при развитии в почвах процессов оглинивания. Этот процесс может происходить в связи с преобразованием первичных минералов во вторичные, например,

по схеме: слюда → иллит → смешано-слойные образования → монтмориллонит, или в результате других схем преобразований (Парфеново, Ярилова, 1960).

Вопрос о способах перемещения вниз по профилю высокодисперсной части почв, имеющих дифференцированный профиль, обсуждается уже много лет. Ему посвящены многочисленные публикации, в том числе обобщающие обзоры.

Так, в литературном обзоре Антипова-Каратаева и Цюрупы (1981) отмечается, что по данным зарубежных исследователей перемещение тонких частиц в лёгких почвах происходит суспензионно-инфильтрационным способом. В тяжёлых же почвах они могут передвигаться только в виде частиц коллоидного размера, а, следовательно, сначала должно произойти разложение почвенных минералов до размеров коллоидов, и лишь потом они могут опускаться вниз.

Дюшофур (1970) считает, что солонцовый процесс состоит из ощелачивания и лессиважа. Однако он подчёркивает, что в условиях щелочной реакции «...структура некоторых натриевых глин становится неустойчивой и кристаллическая решетка их более или менее быстро разрушается. Тогда в профиле появляются аморфные минералы» (стр. 559). К такому же заключению ранее пришел и Гедроиц (1932) отмечая, что «разрушение поглощающего комплекса почвы водой понимается как уменьшение его количества в почве, причём органическую часть вода просто распыляет и выносит как таковую вниз, а минеральную часть разрушает и выносит уже продукты этого разрушения» (стр. 165).

Доказательством того, что при осолонцевании почв идёт разрушение минералов, могут быть исследования А.Я. Демидиенко и А.Д. Ивашины (1974), проводимые ими при искусственном осолонцевании грунтов путём внесения в ложе канала больших доз поваренной соли. Идею о создании водонепроницаемых экранов в оросительных каналах с использованием поваренной соли выдвинул академик А.Н. Соколовский, а развили Н.К. Крупский и его ученики. Под влиянием поваренной соли и её концентрированных растворов происходит осолонцевание грунтов. В верхней части образуется элювиальный горизонт, а в нижней – иллювиальный. Последний сильно набухает и препятствует фильтрации воды из оросительных каналов. Установлено, что в первые годы в осолонцованном слое грунта содержится до 20–30 % поглощенного натрия, а через 18 лет его количество снижается до 5 %. Однако антифильтрационные свойства грунта сохраняются на протяжении длительного времени (конечный

срок не установлен). Как показали исследования минералогического состава илистой части антифильтрационного экрана, в нём произошло разрушение органо-минеральной части, которое привело к появлению высокоподвижных соединений – кремнекислоты и полуторных окислов.

Таким образом, по нашему мнению, при солонцовом процессе передвижение вниз высокодисперсных частиц из элювиального в иллювиальный горизонт в тяжелосуглинистых почвогрунтах Украины происходит с предварительным их разрушением. Доказательством этого являются вышеприведенные материалы по почвам Крымского Присивашья, где отмечалась неоднородность валового химического и минералогического состава в элювиальном и иллювиальном горизонтах, а также упомянутые результаты исследований по искусственному осолонцеванию почво-грунтов (Демидиенко, Ивашина, 1974).

Вернёмся к главному вопросу данной статьи – ***о трансформации иллювиального горизонта.*** Интенсивность солонцового процесса в почвах рассматриваемого солонцового ряда неодинакова. Максимального развития он достигает в луговых солонцах, а затем, по мере усиления степени дренированности территории и снижения уровня грунтовых вод, он ослабевает и полностью завершается.

Нас интересует заключительная стадия, когда солонцовый процесс полностью затухает и формируется зональная почва. С учетом современной терминологии процессов почвообразования (Любимово, 2002), нам представляется, что на этой завершающей стадии протекают следующие элементарные почвообразовательные процессы (ЭПП) вызывающие полную утрату иллювиального горизонта и гранулометрическую дифференциацию профиля почв.

ЭПП засоления – рассоления. Процесс направлен в сторону рассоления. При этом происходит углубление солевого горизонта до 80 *см* и более. Меняется и состав солей в сторону сульфатно-кальциево-магниевого.

ЭПП осолонцевания – рассолонцевания. При рассолонцевании происходит отчётливое уменьшение количества поглощённого натрия и замена его кальцием и магнием почвообразующей породы. Вытесненный из поглощённого комплекса натрий переходит в почвенный раствор и с анионами образует сульфаты (хлориды) натрия. Происходит своеобразный цикл превращения натрия: из почвенного раствора он попадает сперва в поглощающий комплекс, а затем, после его вытеснения

кальцием и магнием, снова возвращается в почвенный раствор и уже аккумулируется в солевом горизонте.

ЭПП кислотно-основного равновесия (ощелачивание-нейтрализация). На стадии затухания солонцового процесса происходит некоторое снижение содопроявления. Однако величина pH колеблется в пределах щелочного интервала, как в почвообразующей породе.

ЭПП солонцового (натриевого) лессиважа: пептизация илистых частиц, их вынос, осаждение). В ходе процесса солонцеобразования, под влиянием поглощённого натрия и щелочного гидролиза, происходит пептизация почвенной массы с некоторым разрушением минералов и передвижение её вниз в виде ила и коллоидов. Это приводит к гранулометрической дифференциации профиля, наиболее четко выраженной в луговых и других солонцах. Степень иллювиированности (Ni) в почвах рассматриваемого эволюционного ряда меняется от 34 % в луговых солонцах, снижаясь до 25–26 % в лугово-степных солонцах по мере ослабления солонцеватости. В степных глубокосолончаковатых солонцах она колеблется в пределах 21–29 %, а в тёмно-каштановых слабосолонцеватых почвах падает до 8–10 %. При этом в степном глубокосолончаковатом солонце и в тёмно-каштановой слабосолончаковатой почве максимальное накопление ила отмечается не в верхней, а в нижней части иллювиального горизонта. Это также свидетельствует о постепенном рассолонцевании почвы.

Следовательно, по мере естественного рассолонцевания и остепнения почв происходит ослабление гранулометрической дифференциации профиля и выравнивание количества ила в элювиальном и иллювиальном горизонтах, что особенно чётко отмечается в тёмно-каштановых слабосолонцеватых и несолонцеватых почвах.

Механизм уменьшения количества ила в солонцеватом горизонте недостаточно изучен. Автор предлагает следующее объяснение механизма трансформации иллювиального горизонта.

Интенсивность процесса натриевого лессиважа по мере уменьшения количества поглощённого натрия в почвенном поглощающем комплексе солонцового горизонта постепенно ослабевает. Из солонцового горизонта при этом могут удаляться только наиболее подвижные компоненты ила, такие как связанные с натрием гуминовые кислоты, коллоидная плазма, силикаты натрия, окислы железа и алюминия, подвижная кремнекислота, хелаты и др. По-видимому, эти соединения близки к составу так называемого

«активного ила» по Соколовскому, или воднопептизированного ила по Горбунову.

После удаления из почвенного профиля наиболее подвижной высокодисперсной части ила, в горизонте остаётся ил, связанный с кальцием и магнием, т.е. пассивный или агрегированный прочносвязанный ил. Таким путём, вероятно и происходит своеобразная трансформация иллювиального горизонта. Удаляется наиболее подвижный ил, а агрегированный, прочносвязанный с кальцием и магнием, сохраняется на месте.

Изменению состава ила способствует процесс остепнения, протекающий при смене галофитно-ксерофитной растительности полынно-злаковой и злаковой ассоциации. При этом усиливается накопление гумуса, улучшается структура и водно-физические свойства почв, повышается их плодородие, что было установлено рядом исследователей в сухостепной и полупустынной зонах. Процесс рассолонцевания можно резко ускорить применением мелиорации солонцов. Однако, как правильно отвечает И.Н. Любимова (2002), при этом будет происходить не естественная, а агрогенная эволюция солонцовых почв.

В аспекте эволюционного развития солонцовых почв можно говорить о ***реликтовости*** солонцовых признаков в современных содонцеватых почвах. Такого взгляда придерживаются Г.С. Гринь (1969), Г.Н. Самбур (1953), А.М. Можейко (1958) и др. В то же время имеется и противоположная точка зрения. Ряд авторов (Полупан, Кисель и др., 1979) считают, что солонцовый процесс в автоморфных условиях Украины является не реликтовым, а современным. И причиной появления солонцовых признаков почв, по их мнению, является импульверизация солей с морских побережий.

Разумеется, перенос солей за счёт импульверизации вблизи побережья возможен, но этот процесс не является преобладающей причиной солонцеватости почв региона. В условиях приморских низменных равнин, испытывавших неоднократные движения земной коры с трансгрессией и регрессией морских вод и длительным гидроморфизмом, главной причиной появления солей в почвах и их солонцеватости являются соли грунтовых и морских вод. Доказательством этого служат большие запасы водорастворимых солей во всей толще лёссов Причерноморской низменности, наличие марганцево-железистых примазок в них и некоторые другие показатели.

Приведенные нами данные являются убедительной иллюстрацией эволюционно-генетической теории В.А. Ковды о роли палеогидроморфизма в эволюции почв низменных равнин.

Выводы

1. В процессе естественной эволюции почвенного покрова таких низменных приморских равнин, как Крымское Присивашье, по мере усиления степени дренированности территории и снижения уровня грунтовых вод происходит постепенная смена почвенных солонцовых комплексов от луговых к лугово-степным и степным, с рассолением и рассолонцеванием почв. Она выражается не только уменьшением поглощённого натрия и заменой его кальцием и магнием, но и постепенным ослаблением и исчезновением текстурной дифференциации профиля.

2. Этот процесс протекает на фоне щелочной реакции и, по-видимому, вызван удалением из элювиального горизонта наиболее подвижных органических и органо-минеральных соединений, таких как свободная гуминовая кислота, связанная с натрием, коллоидная плазма, подвижная кремнекислота, полуторные окислы, хелаты и др. В то же время сохраняется агрегированный, прочносвязанный ил.

Высказанное нами предположение нуждается в проверке с постановкой модельных и других опытов, с использованием методов коллоидной, физической химии и минералогии высокодисперсной части почв.

Рассматриваемый вопрос имеет важное теоретическое значение не только в области генезиса, эволюции солонцовых почв, разработки концепции мелиорации солонцов, но и для разработки коллоидно-химических технологий, направленных на создание водонепроницаемых экранов в оросительных каналах, хранилищах промышленных стоков, т.е. имеет сельскохозяйственную, природоохранную и экологическую значимость.

МЕТОДЫ МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ И ИХ РАЙОНИРОВАНИЕ В УКРАИНЕ

О МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦОВ КРЫМА[1]

Работы по мелиорации солонцов Крыма, главным образом, в период до 1941 г., велись Крымской селекционной опытной станцией. Однако результаты этих работ представлены (в опубликованной литературе) лишь данными урожайности в двух колхозах. Систематических исследований с изучением изменений физико-химических свойств почв при мелиорации в Крыму до 1949 г. не было. Утвердилось даже мнение (на основании почвенной карты Н. Н. Клепинина), что все солонцы Крыма одинаковы (бурые солонцы), и окультуривание их следует вести путем гипсования. Местных же данных об эффективности этого приема не было.

В послевоенный период опыты по мелиорации солонцов Крыма проводились А.В. Новиковой Крымский филиал АН СССР. Эти опыты были заложены в географическом плане на генетической основе с охватом луговых, лугово-степных и степных солонцовых комплексов Присивашья, а также степных комплексов Керченского полуострова.

В данной статье излагаются результаты стационарных и производственных опытов по мелиорации солонцовых почв, проведенных на полях колхозов и совхозов Крыма с 1949 г. по 1955 г.

Краткая характеристика физико-географических условий степи Крыма и Керченского п-ова

Поверхность степных районов Крыма представляет собой плоскую, слабоволнистую равнину, с небольшим уклоном к Сивашу и Каркинитскому заливу. Западная часть степи, в районе Тарханкутского поднятия, имеет более выраженный волнистый рельеф. При удалении от Сиваша степь становится выше по гипсометрическому уровню и в районе Симферополь – Белогорск переходит в предгорную, а затем далее на юг – в горную часть.

---

[1] Статья опубликована в книге «Вопросы мелиорации солонцов». Москва, изд. Академия наук СССР, 1958. С. 176–192.

В западной части Присивашья водораздельное пространство нарушается глубоко врезанными котловинами озер и балкой (в прошлом – рекой) Чатырлык, впадающей в Каркинитский залив. В центральной и восточной частях Присивашье дренируется, хотя и слабо, системой балок и рекой Салгир. Береговая линия Сиваша изрезана многочисленными заливами и полуостровами. Средняя глубина Сиваша 0,5–1 *м*. В летний период, когда испарение с водной поверхности достигает больших размеров, водная поверхность сильно сокращается, и многие заливы имеют вид обширных пространств, покрытых солевой коркой.

Основные почвообразующие породы в степи Крыма – желто-бурые лёссовидные глины. Толща глин пронизана многочисленными тонкими порами, способствующими значительной водопроницаемости пород. Глины богаты карбонатами, гипсом и легкорастворимыми солями. Степень засоления глин водорастворимыми солями сильно колеблется, возрастая по мере приближения к Сивашу.

Керченский п-ов составляет восточную оконечность Крыма, он омывается водами Азовского моря (с севера) и Черного моря (с юга).

Геологическое строение Керченского п-ова и рельеф отличаются большим разнообразием и сложностью. В геологическом отношении полуостров делится на две неравные части: большую – северную и северо-восточную и меньшую – юго-западную.

Юго-западная равнина Керченского полуострова сложена майкопскими глинами, прикрытыми сверху желто-бурыми суглинками и глинами, являющимися продуктами их выветривания.

Юго-западная равнина отделяется от северо-восточной Парпачским хребтом, сложенным миоценовыми известняками. К северу и востоку от Парпачского хребта расположены антиклинальные гребни и возвышенности, сложенные сарматскими и меотическими отложениями. Между гребнями синклинально изгибающиеся пласты пород сложены миоценовыми и плиоценовыми породами и продуктами их выветривания.

На Керченском полуострове основными почвообразующими породами являются третичные глины (майкопские и сарматские), к выходам на дневную поверхность которых и приурочено в основном развитие солонцовых почв; кроме того, распространены третичные известняки и четвертичные глины, суглинки и др. Содержание легкорастворимых солей в третичных глинах значительно превосходит таковое в желто-бурых лёссовидных глинах Присивашья. Третичные глины имеют также более тяжелый механический состав.

Степной Крым и Керченский п-ов относятся к областям засушливого климата со знойным летом и короткой, обычно мягкой зимой. Среднегодовое количество осадков составляет 350–450 *мм*, распределение их по сезонам года неравномерное, – большая часть выпадает в теплый период (апрель–октябрь). Характерны сильные ветры, часто северо-восточного направления, холодные в зимний период, знойные и сухие – в летний.

Средняя годовая температура колеблется в пределах от 10 до 10,9°. По многолетним среднемесячным данным наиболее жаркий месяц – июль (23,0°), самый холодный – январь (от 0,6 до –2,4°). Снежный покров зимой часто отсутствует, безморозный период довольно продолжителен – 180–220 дней в году. Относительная влажность воздуха высокая.

Северная часть Крыма, Керченский п-ов и небольшая часть западного побережья Крыма отличаются пестротой почвенного покрова.

Почвенно-географическими исследованиями Крымского филиала АН УССР (В.П. Гусев, В.Т. Колесниченко и Н.Ф. Севастьянов) установлено, что в Присивашье, в связи с близким уровнем грунтовых вод и гидроморфностыо почвообразования, происходит закономерная смена почвенных комплексов. Вдоль низменных побережий Сиваша распространены комплексы солончаков и солончаковых солонцов. Выше по гипсометрическому уровню они переходят в комплексы дуговых солонцов с луговыми каштановыми сильносолонцеватымп почвами и осолоделыми почвами западин. Там, где грунтовые воды глубже 3–5 *м*, развиваются лугово-степные комплексы лугово-каштановых солонцеватых почв с солонцами, а где грунтовые воды на глубине 5–8 *м* – темно-каштановые солонцеватые почвы с солонцами, которые на отметках около 12 *м* сменяются остепненными комплексами остаточно солонцеватых темно-каштановых почв, которые незаметно переходят в южные слабо гумусированные черноземы.

На Керченском п-ове широко распространены южные черноземы, приуроченные к водораздельным равнинам и возвышенным гривам. Солонцы в комплексе с солонцеватыми почвами занимают понижения между антиклиналями и склоны довольно многочисленных балок на выходах третичных соленосных глин.

Формирование солонцовых почв на Керченском п-ове, таким образом, связано с влиянием засоленных третичных глин. Лишь вдоль Азовского моря и на некоторых участках по побережью Черного моря солонцы развиваются на четвертичных отложениях, с высоким уровнем грунтовых вод.

В Крыму, в зависимости от характера почвообразующих пород, можно выделить две провинции засоленных почв:

1 – Присивашье, Приазовье, Причерноморье (Каркинитский берег) – почвы на четвертичных лёссовидных глинах;

2 – Керченский п-ов – почвы на третичных засоленных глинах. По химическому составу солей солонцы разделяются:

Солонцы	По типу засоленности
Луговые:	
Солончаковые	Сульфатно-хлоридные (реже хлоридно-сульфатные)
Солончаковатые и глубоко солончаковатые	Хлоридно-сульфатные (реже сульфатно-хлоридные и сульфатные)
Лугово-степные:	
Солончаковатые и глубоко солончаковатые	Хлоридно-сульфатные, иногда сульфатные
Степные:	
Солончаковатые и глубоко солончаковатые на четвертичных глинах	Хлорцдно-сульфатные и сульфатные (реже)

Наиболее распространенный тип засоленности в солонцах Крыма хлоридно-сульфатный, реже встречаются сульфатно-хлоридный и сульфатный. Содовое засоление в Крыму не обнаружено.

По данным почвенно-географических исследований луговые, лугово-степные и степные солонцы имеют черты сходства и различия. В луговых солончаковатых глубоких солонцах вскипание обнаруживается в среднем с 37 *см*, белоглазка обычно не оформлена, сульфаты залегают в среднем с глубины 58 *см*.

Лугово-степные глубокие солонцы характеризуются появлением белоглазки с глубины в среднем 51–75 *см*, вскипание в них прослеживается с 40 см (в средних солонцах с 38 см), сульфаты залегают глубже, чем в луговых солонцах, с 70–75 *см*.

В степных солонцах сульфатный горизонт залегает еще глубже – с 82 *см* (в средних солонцах с 70 *см*), вскипание в средних солонцах с 34 *см*, в глубоких – с 41 *см*, белоглазка в средних солонцах – с 50 до 72 *см*, в глубоких – с 54 до 82 *см*.

Следовательно, по глубине вскипания солонцы всех трех разновидностей почти не различаются между собой и характеризуются вскипанием с глубины около 40 *см*. Белоглазка в луговых солонцах обычно отсутствует и появляется в лугово-степных солонцах с 49–51 *см* и почти на той же глубине в степных – с 50–54 *см*.

По глубине залегания сульфатов названные солонцы различаются довольно четко: в луговых сульфаты залегают выше с 58 *см* (в солончаковых – с 30–43 *см* в среднем); в лугово-степных с 70–75 *см* и в степных с 70–82 *см*.

Относительное содержание обменного натрия в процентах от суммы обменных катионов в элювиальном горизонте луговых солонцов больше, чем в соответствующем горизонте лугово-степных и степных солонцов (15–20, вместо 9–10%). В горизонте B_1 луговых солонцов относительное содержание натрия несколько больше, чем в других солонцах (22–39%, вместо 22–23%). Таким образом, общим для всех разновидностей солонцов является высокое содержание обменного натрия в солонцовом горизонте – выше 20% от суммы поглощенных катионов.

По нашим исследованиям, однако, среди степных солонцовых почв встречаются разрезы как с резко выраженными признаками солонцового процесса, так и такие, в которых этот процесс потерял свою напряженность. В последнем случае морфология почв почти не отличается от морфологии солонцов, но в них глубже залегает гипсовый горизонт, по химическим свойствам, в частности по относительному содержанию обменного натрия в горизонте $B_г$ (10–11 %), они должны быть отнесены к солонцеватым почвам, а не к солонцам.

С точки зрения сельскохозяйственного использования наибольший интерес представляют лугово-степные солонцы Присивашья, на которых возделываются зерновые и овощные культуры, а также степные солонцы Керченского п-ова: они занимают большую площадь, чем луговые солонцы, которые используются главным образом под выпас и сельскохозяйственные культуры в полях луго-пастбищных севооборотов.

Ниже излагаются результаты стационарных и полустационарных испытаний различных методов мелиорации степных солонцов Керченскогоп-ва, лугово-степных и луговых солонцов и степных темно-каштановых солонцеватых почв Присивашья

Результаты опытов на Керченском стационаре

(СОЛОНЦЫ НА ТРЕТИЧНЫХ ГЛИНАХ)

Опытный стационарный участок расположен на территории колхоза «Путь к коммунизму» Приморского района, в верхней части прибалочного пологого склона западной экспозиции.

Рельеф участка почти равнинный на всей площади, кроме южной окраины, слабо поднимающейся над остальной частью. Микрорельеф выражен в виде микробугорков и микрогривок.

Почвообразующими породами являются сарматские глины, бескарбонатные, содержащие 2–3% хлоридно-сульфатных солей, в том числе гипс в виде крупных кристаллов и друз, составляющих иногда целые прослои в толще глин.

Целинная растительность на равнинной части микрорельефа участка была представлена низкорослой полынью, камфоросмой, кермеком. В большом количестве покрывали почвы сине-зеленые водоросли (Nostoc).



Керченський полуостров с. Чистополье, 1958. Плантажированный участок, через 9 лет после подъёма плантажа

На микроповышениях рельефа растительность была представлена главным образом житняком и полынью. Почвенный покров носил комплексный характер. Основной фон (95,4%) составляли корково-столбчатыс солончаковатые солонцы, на микробугорках и гривках – солонцеватые почвы (4,6%). Грунтовые воды до глубины 7 *м* не вскрыты бурением.

Приводим описание разреза 40 целинного солонца. Заметное вскипание не обнаружено до глубины 7 *м*, белоглазки нет, сульфаты залегают с глубины 50 *см*, породный гипс – с 70 *см*.

А 0–6 *см*. Пепельно-серый, слоеватый, пористый, легкосуглинистый, сухой, переход резкий.

B_1 6–20 *см*. Буровато-серый, столбчатый, с четко закругленными головками, длина столбиков около 12 *см*, диаметр около 5 *см*; по трещинам между столбиками затеки кремнезема; очень плотный, тяжело-глинистый.

B_2 20–25 *см*. Более светлый, призмовидно-глыбистый, плотный, тяжело-глинистый.

С 50–90 *см*. Желто-бурый, глыбисто-комковатый, плотный, пестрый от прожилок сульфатов, с 76 *см* кристаллы гипса в виде гнезд, с 90 *см* проходит тонкий прослой гипса (2 *см*).

90–100 *см*. Сарматская глина голубовато-серого цвета со слабым зеленоватым оттенком. Глина четко расслаивается на отдельные пластинки, иногда переслоенные тонким налетом песка.

В комплексе с солонцами залегают солонцеватые с оригинальными чертами почвы, они приурочены к положительным

элементам рельефа, к довольно заметным бугоркам и гривкам высотой 5–15 *см*.

Отличаясь от солонцов более мощным гумусированным профилем и пониженным залеганием сульфатов, солонцеватые почвы вместе с тем карбонатны. Карбонаты в них выражены в виде нечетко оформленных пятен, залегающих в гумусовом горизонте, зачастую непосредственно в горизонте А. В то же время в них хорошо выражена солонцеватость.

Ниже приводим некоторые химические свойства солонцов (разр. 40 и 36) и солонцеватых почв (разр. 42 и 41).

Содержание гумуса в солонцах на третичных глинах (табл. 1) довольно высокое: 2–3–4% и больше, чем обычно бывает в солонцах на четвертичных отложениях в Присивашье, где количество гумуса редко превышает 2 %. Во втором полуметре количество гумуса резко снижается – до 0,6% и меньше. В солонцеватых почвах, в отличие от солонцов, наблюдается более глубокое проникновение гумуса вниз по профилю (на 20–25 *см*).

Аналитически определяемое количество карбонатов в породах и почвах незначительно (0,1–0,2 % CO_2). Несколько возрастает оно в солонцеватых почвах, достигая 0,5–1 %.

Состав поглощенных оснований показывает (табл. 2), что в коллоидном комплексе солонцов большое место занимает не только натрий (22–28% от суммы катионов), но и магний, содержание которого превышает содержание натрия, составляя до 34% от суммы. Отношение Ca : Mg в солонцеватом горизонте сужается до 1. Емкость поглощения (по сумме катионов) в солонцах составляет 20–23 *м-экв* (100 *г* в гор. А и 37 *м-экв*/100 *г* в гор. В.).

Таблица 1

Содержание гумуса и карбонатов в почвах опытного участка на Керченском п-ове

№ разреза	Глубина взятия образца в см	Гигроскопическая влажность в %	Гумус в %	CO_2 карбонатов в %	№ разреза	Глубина взятия образца в см	Гигроскопическая влажность в %	Гумус в %	CO_2 карбонатов в %
Солонцы на сарматской глине					Солонцеватые почвы на сарматской глине				
40	0—6	4,74	6,00	0,10	42	0—10	7,7	3,30	0,08
	6—11	6,63	2,95	0,13		10—20		2,78	0,13
	11—20	7,37	2,25	0,06		20—30	9,19	2,61	0,99
	20—40	9,47	2,38	0,07		30—40	9,91	2,18	0,51
	40—50	8,37	2,18	0,05		40—55	9,91	1,76	0,55
	50—70	9,60	0,86	0,07		55—75	9,85	1,36	0,24
	70—90	12,11	0,60	0,06		75—105	10,93	0,74	0,17
	90—110	12,37		0,04	41	0—9	9,84	2,66	0,07
36	0—7	4,76	4,64	0,14		9—25	9,76	2,24	0,13
	7—23	9,12	3,19	0,08		25—41	12,2	1,87	0,69
	23—42	12,13	2,83	0,06		41—60	11,3	1,33	0,18
	42—56	9,70	1,78	0,20					
	56—68	6,85	0,79	0,35					
	68—84	12,80	0,52	0,11					
	84—98		0,15	0,07					
	98—130		—	0,08					

В солонцеватых почвах состав поглощенных катионов и их соотношение заметно меняются. Резко возрастает содержание кальция (32,7 *м-экв* вместо 16 *м-экв* в солонце). Относительное содержание его достигает 70–85%. Отношение Ca : Mg расширяется до 4–5.

Таблица 2

Обменные основания в солонцовых почвах Керченского п-ва (в мэкв/100 г почвы)

№ разреза и почва	Глубина взятия образца в см	Ca··	Mg··	Na.	Сумма	% от суммы катионов			Ca:Mg
						Ca··	Mg··	Na.	
40, солонец на сарматской глине	0—6	16,85	4,01	3,15	23,81	69,93	16,84	13,23	4,0
	6—11	14,95	11,25	6,8	23,0	45,30	34,09	20,61	1,3
	11—20	16,45	12,58	8,2	37,23	44,18	33,80	22,02	1,3
	20—40	13,50	19,30	—	32,8	41,16	58,84	—	0,7
	185—200	13,29	8,91	1,74	23,94	55,50	37,20	7,30	1,5
36, то же	0—7	15,65	1,60	3,6	20,85	75,06	7,67	17,37	9,0
	7—23	19,60	7,16	10,9	37,66	52,04	19,02	28,94	2,8
	23—42	18,50	12,58	—	31,08	59,52	40,48	—	1,4
42, солонцеватая почва на сарматской глине	0—10	31,5	6,05	7,0	44,53	70,71	13,58	15,71	5,0
	10—20	32,7	6,86	10,0	49,56	62,98	13,84	20,18	4,0
	20—30	31,1	5,65	—	37,75	85,03	14,97	—	6,0
	30—43	38,1	6,46	—	44,56	85,50	14,50	—	5,0
41, то же	0—9	33,0	6,55	5,7	45,25	72,93	14,48	12,59	5,0
	9—25	34,11	5,58	7,2	46,89	72,74	11,80	15,36	6,0

Что касается содержания натрия в солонцеватых почвах, то абсолютное его количество мало отличается по сравнению с солонцом, находясь в пределах 7–10 *м-экв*/100 *г* в гор. В. Но относительное его содержание снижается до 15–20%, поэтому почвы следует относить к сильно солонцеватым.

Весьма характерно, что в солонцеватых почвах значительно возрастает емкость обмена (до 45–49 *м-экв* против 23–37 *м-экв* в солонцах).

Солонцовым почвам на третичных глинах свойственна высокая степень осолодения. Это подтверждают результаты анализов щелочных вытяжек (табл. 3).

Таблица 3

Результаты анализа 5% KOH вытяжки из образцов солонца (разр. 40) и солонцеватой почвы (разр. 42)

№№ разреза	Горизонты	Глубина взятия образца в см	SiO_2 в %	Al_2O_3 в %	Избыток SiO_2 против формулы каолинита
40	A	0—7	3,660	0,164	3,468
	B	7—11	2,364	0,526	1,746
42	A	0—10	2,408	0,543	1,761
	A_2	10—20	2,234	0,536	1,602

Так, в верхних горизонтах солонцов и солонцеватой почвы молекулярное отношение $SiO_2 : Al_2O_3$ достигает значительных величин. После связывания кремнекислоты с глиноземом по составу каолина остается еще значительный избыток SiO_2, особенно высокий в горизонте А разреза 40 (3,4%).

Данные валового химического состава показывают, что в алюмосиликатной части почв произошли глубокие изменения, в связи с разрушением коллоидного комплекса (табл. 4).

Таблица 4

Данные сокращенных валовых анализов в % на безгумусную, бескарбонатную сухую навеску

№ разреза и почва	Горизонт	Глубина взятия образца в см	SiO_2	$Al_2O_3 + P_2O_5$	Fe_2O_3	CaO	MgO
40, солонец на сарматской глине	A	0—7	75,34	10,67	7,75	1,61	1,09
	B_1	11—20	71,01	13,78	5,76	1,27	1,53
	B_2	20—40	63,65	18,06	6,45	4,19	1,39
	C	110—120	60,66	20,98	5,75	0,72	1,99
42, солонцеватая почва на сарматской глине	A	0—10	62,85	16,18	5,79	1,63	1,58
	B	20—30	63,61	18,71	5,28	2,26	2,03
	C	107—120	54,25	20,48	6,05	2,95	1,38

Развитие солонцового процесса вызвало обеднение элювиального горизонта полуторными окислами и относительное обогащение его кремнеземом. Наибольшее выражение этот процесс получил в разрезе 40, где им уже затронут и горизонт В. Вместе с тем в иллювиальном горизонте повышено содержание окисей алюминия и железа, что в горизонте B_2 выражено более отчетливо, чем в горизонте B_1. Отметим, что к горизонту B_2 приурочено также наибольшее содержание поглощенного натрия. Все это свидетельствует о длительном остепнении, при котором солонцовый процесс ослабевает в верхней части профиля (B_1).

В солонцеватой почве на сарматской глине произошли менее резкие изменения в минеральной части. Распределение кремнезема здесь по профилю более равномерное, чем в солонце, в гор. А и В количества его почти одинаковы. Из полуторных окислов только содержание окиси алюминия несколько увеличивается в горизонте В, тогда как содержание окиси железа изменяется слабо. Таким образом, валовые анализы указывают на глубокие изменения в профиле солонца и более слабые в солонцеватой почве.

Анализ водной вытяжки из солонца разр. 40 (табл. 5) показывает, что с глубины 50 *см* в профиле почвы начинается солевой горизонт, с содержанием солей более 3 %. Такое же содержание солей прослеживается и глубже, в толще сарматской глины до глубины 1 *м*. Соды в солонцах не обнаружено. Общая щелочность несколько повышена, достигая величины 0,06 и 0,07%, причем характерно повышение ее не в горизонте B_1, а в B_2, что хорошо согласуется с фактом увеличения содержания в этом горизонте поглощенного натрия.

Таблица 5

Водорастворимые вещества в солонце на сарматской глине, разрез 40 (в % и м-экв/100г почвы)

Глубина взятия образца в см	Плотный остаток в %	Щелочность в HCO'_3	Cl'	SO''_4	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	Na по разности	Водорастворимый гумус	pH	SO_4 гипса в %	$Cl : SO_4$
0—6	0,152	0,046 0,75	0,013 0,37	0,006 0,12	0,009 0,45	0,002 0,16	0,014 0,63	0,029	7,0	—	3,0
6—11	0,202	0,037 0,60	0,015 0,42	0,016 0,33	0,006 0,30	0,002 0,16	0,020 0,89	0,031	7,0	—	1,0
11—20	0,174	0,053 0,87	0,013 0,37	0,018 0,37	0,005 0,25	0,001 0,08	0,029 1,28	0,031	7,0	—	1,0
20—40	0,645	0,040 0,65	0,212 6,05	0,119 2,47	0,011 0,55	0,004 0,33	0,191 8,29	0,024	7,52	—	2,4
50—70	3,298	0,029 0,47	0,405 11,57	1,288 26,83	0,323 16,15	0,116 9,66	0,300 13,06	0,014	6,8	6,149	0,3
70—90	3,433	0,026 0,42	0,468 13,37	1,824 38,0	0,299 14,85	0,182 15,20	0,400 21,74	0,019	6,8	2,105	0,4
180—200	2,625	0,038 0,62	0,394 11,5	0,954 19,87	0,049 2,45	0,065 5,41	0,549 23,88	0,021	—	—	0,7

По солевому составу почвенный профиль можно разделить на несколько поясов. Первый, (верхний) пояс до глубины 20 *см* содержит незначительное количество солей (0,1%) и по составу солей является карбонатно-натриевой зоной.

Второй пояс, от 20 *см* до глубины 50 *см*, характеризуется некоторым увеличением количества солей, до 0,6%. Это – хлоридно-натриевая зона с резким преобладанием (в 2–4 раза) хлоридов над сульфатами.

Третий пояс, с глубины 50 *см* до 100 *см*, является зоной современного и остаточного (породного) соленакопления. По составу солей она относится к хлоридно-сульфатно-кальциевому и магниевому типу. Здесь, наряду с другими солями, содержится много гипса (до 6%).

Сарматская глина по солевому составу хлоридпо-сульфатная. Плотный остаток колеблется в пределах 1,8–4%. В тех же слоях глины, где отсутствует заметное количество гипса, количества хлоридов и сульфатов равны, или хлориды даже несколько преобладают над сульфатами.

Таким образом, заметное выщелачивание солей из почвы произошло лишь в первом полуметре.

Солонцеватые почвы более выщелочены от солей. В них заметно уменьшается сумма солей по профилю, количество хлора падает. Особенностью является залегание сульфатов выше хлоридов, что указывает на явное рассоление профиля. В солонцах же, наоборот, хлориды в заметных количествах появляются выше сульфатов.

По гранулометрическому составу почвы являются иловатыми тяжелоглинистыми.

Программа, схема и методика опытов

Постановка опытов в 1949 г. по разработке и уточнению методов мелиорации преследовала задачу изучить эффективность разных доз гипса и молотого известняка, а также действие глубокой плантажной вспашки.

Опыт № 1. Изучение эффективности гипса и извести в неорошаемых условиях.

1. Контроль (вспашка на 20 см)
2. Гипс из расчета 50% по поглощенному натрию.
3. » » » 25% » »
4. » » » 10% » »
5. Известь » 50% » »
6. » » 25% » »
7. » » 10% » »
8. Гипс из расчета 25% натрия + навоз 20 т/га.
9. Известь » 25% + навоз 20 т/га.
10. P_{90}
11. $P_{90} + N_{90}$
12. $P_{90} + N_{90}$ + гипс 25% от натрия + навоз 20 т/га.
13. $P_{90} + N_{90}$ + известь 25% от натрия + навоз 20 т/га.

Повторность опыта 3-кратная. Размер делянок 200 *м*^{2}. Все варианты ставились на двух полях севооборота – в 1950 г. одно поле занималось травами, другое – черным паром.

Опыт № 2. Изучение эффективности самомелиорации солонцов.

1) Контроль (обычная вспашка на глубину 20 *см*).

2) Плантажная вспашка на глубину 60 *см*.

В 1950 г. поле плантажной вспашки оставлялось под черным паром.

Таблица 6

Содержание влаги (в м^3/га) в слое солонца 0–100 см при различных приемах мелиорации, 1950 г.

Показатели	Целина			Контроль (без гипса)			Гипсование		
	7.III	1.VIII	1.X	7.III	1.VIII	1.X	7.III	1.VIII	1.X
Общее количество влаги	2960	2920	3075	3370	3920	3460	3480	4260	3670
Запас усвояемой растениями воды .	448	406	561	858	1406	946	966	1750	1156

Метеорологические условия 1950 г. были неблагоприятными для сельскохозяйственных культур. Вегетация растений проходила в крайне засушливых условиях, что сказалось на водном режиме почв и привело к крайне низкой урожайности люцерны.

Ниже приводим данные влажности солонцов на целине, под посевами люцерны при обычной вспашке (контроль) и при внесении гипса (табл. 6).

При расчетах запасов продуктивной влаги количество неусвояемой воды приравнивалось к полуторной максимальной гигроскопичности, которая оказалась очень высокой:

Глубина слоя в см	Максимальная гигроскопичность	Коэффициент завядания (1,5 максимальной гигроскопичности)
0—5	6,54	9,81
5—10	8,17	12,25
10—15	10,0	15,10
20—25	13,0	19,50
60—65	16,7	25,05
100—105	18,4	27,60

Вследствие этого и величина коэффициента завядания достигает очень больших значений (19–27%). Запасы усвояемой

растениями воды на керченских солонцах в 1950 г. были относительно малы. Сравнение запасов влаги в период весны, лета и осени засушливого 1950 г. показывает, что даже обыкновенная вспашка целинных солонцов вызывает некоторое увеличение запасов влаги – с 443 *м*^{3}/га на целине (в марте, в слое 0–100 *см*) до 852 *м*^{3}/*га*. На гипсованной делянке в первый год опыта запас влаги возрастает по отношению к контрольной делянке еще на 100–200 *м*^{3}/*га*.

Вследствие очень глубокого залегания грунтовых вод водный режим рассматриваемых почв целиком зависит от атмосферных осадков и относится к элювиальному типу. Капиллярно подвешенный характер почвенной влаги в верхних горизонтах после выпадения осадков и движение влаги вниз способствуют выносу из почвы солей. Однако возможны случаи обратного движения капиллярно-подвешенных токов вверх и обусловленное этим подъемом сезонное засоление верхних горизонтов. Такое явление наблюдается и летом после больших осадков, когда нисходящий ток влаги достигает солевого горизонта, а затем, под влиянием испарения, поднимается кверху. Наблюдение за солевым режимом[2] в 1950 г. велось на двух делянках – контрольной и с внесением гипса (4,6 *т/га*). Результаты исследований показали, то на немелиорированных солонцах в летний период действительно происходит увеличение содержания хлоридов в верхних горизонтах. Так, на контрольной делянке весной на глубине 7–20 *см* содержалось 0,41 *м-экв* хлора; на глубине 20–50 *см* – 4,97 *м-экв* и на глубине 50–70 *см* – 11,71 *м-экв*. В августе на этих глубинах количество хлора возросло соответственно до 0,69, 5,55 и 13,86 *м-экв* (табл. 7).

Во влажные холодные периоды года, когда испарение сильно уменьшается, выпадающие осадки снова вымывают хлориды в нижние горизонты почвы (табл. 7).

Для оценки суммарной интенсивности накопления в почве солей был вычислен коэффициент сезонной аккумуляции и получены следующие данные по плотному остатку: для глубины

---

[2] Образцы брались на площадках в 5 *м*^{2} из четырех параллельных скважинах.

0–7 *см* = 1; 7–20 *см* = 1; 20—50 *см* = 1; по хлору на этих же глубинах <1.

На основании этого можно считать, что в результате годичного цикла миграция солей в почвенном профиле происходит рассоление. Лишь в слое, находящемся в контакте с солончаковым горизонтом, засоление остается стабильным, а в летний период оно несколько усиливается. Периодическое подтягивание почвенных растворов, обогащенных легкорастворимыми солями, должно способствовать внедрению натрия в коллоидный комплекс и усиливать солонцеватость. На гипсованной делянке не наблюдалось заметного подъема хлоридов в летний период (табл. 8). Следовательно, гипсование ослабляет естественно протекающий процесс пульсации солей. Гипсование заметно снизило щелочность верхнего горизонта (0,044%, вместо 0,069% HCO3). Естественно на гипсованной делянке заметно увеличение сульфатов, особенно летом, после выпадения осадков. Так, количество сульфатов здесь равнялось 1,56 *м-экв*, а в контроле обнаружены лишь следы.

Таблица 7

Водорастворимые вещества в 1950 г. в солонце контрольной делянки № 53 на Керченском п-ове

№ делянки и дата взятия образца	Глубина в см	Плотный остаток %	HCO_3'		Cl'		SO_4''		Ca''		Mg''		Na (по разн.)		Водораствори-мый гумус в %
			%	м-экв	%	м-экв	%	м-экв	%	м-экв	%	м-экв	%	м-экв	
53, контроль, 7.III	0—7	0,208	0,056	0,92	0,010	0,29	Следы	—	0,007	0,37	0,003	0,25	0,013	0,59	0,059
	7—20	0,220	0,059	0,97	0,01[illegible]	0,41	0,016	0,33	0,007	0,37	0,005	0,40	0,022	0,94	0,034
	20—50	0,648	0,074	1,22	0,174	4,97	0,120	2,50	0,012	0,60	0,006	0,50	0,174	7,59	0,029
	50—70	3,174	0,031	0,51	0,410	11,71	1,484	30,91	0,272	13,62	0,129	10,75	0,431	18,76	0,013
	70—90	3,236	0,025	0,41	0,395	11,30	1,547	32,23	0,282	14,10	0,140	11,66	0,418	18,18	0,013
	90—120	3,362	0,020	0,33	0,399	11,40	1,623	34,24	0,279	13,95	0,141	11,75	0,466	20,27	0,013
53, 1.VIII	0—7	0,183	0,069	1,14	0,010	0,28	Следы	—	0,007	0,35	0,002	0,20	0,019	0,85	0,035
	7—20	0,266	0,072	1,19	0,024	0,69	»	—	0,007	0,35	0,002	0,20	0,030	1,31	0,039
	20—50	0,677	0,083	1,36	0,194	5,55	0,149	3,10	0,012	0,60	0,008	0,70	0,200	8,71	0,027
	50—70	3,493	0,031	0,51	0,485	13,86	1,544	32,16	0,304	15,20	0,142	11,85	0,456	19,82	0,007
	70—90	3,345	0,027	0,45	0,496	14,17	1,602	32,70	0,301	15,05	0,152	12,66	0,382	16,61	0,008
	90—120	8,282	0,029	0,47	0,389	11,11	1,569	32,02	0,294	14,70	0,141	11,75	0,394	17,15	0,007
53. 1.X	0—7	0,192	0,063	1,04	0,008	0,22	0,032	0,65	0,007	0,36	0,003	0,25	0,030	1,30	0,053
	7—20	0,238	0,068	1,12	0,019	0,55	0,043	0,89	0,007	0,36	0,004	0,33	0,043	1,87	0,043
	20—50	0,586	0,097	1,59	0,168	4,80	0,101	2,06	0,012	0,62	0,004	0,75	0,163	7,08	0,036
	50—70	3,218	0,033	0,55	0,392	11,20	1,544	32,16	0,283	14,17	0,124	10,36	0,453	19,72	0,010
	70—90	3,218	0,035	0,57	0,395	11,30	1,580	32,91	0,294	14,70	0,131	10,96	0,440	19,12	0,012
	90—120	3,244	0,033	0,55	0,379	10,83	1,680	34,28	0,317	15,85	0,129	10,76	0,438	19,06	0,011

Таблица 8

Водорастворимые вещества в 1950 г. в солонце гипсованной делянки № 55

№ делянки и дата взятия образца	Глубина взятия образца в см	Плотный остаток в см	HCO'_3		Cl'		SO_4''		Ca''		Mg''		Na^+ (по разн.)		Водорастворимый гумус, %
			%	м-экв	%	м-экв	%	м-экв	%	м-экв	%	м-экв	%	м-экв	
55, гипс 7.III															
	0—7	0,192	0,049	0,80	0,006	0,17	Следы	—	0,008	0,42	0,003	0,29	0,060	0,26	0,060
	7—20	0,214	0,051	0,84	0,008	0,24	0,025	0,52	0,008	0,42	0,003	0,29	0,020	0,89	0,050
	20—50	0,536	0,090	1,47	0,124	3,56	0,088	1,83	0,010	0,52	0,007	0,60	0,132	5,74	0,033
	50—70	3,010	0,027	0,44	0,321	9,17	1,518	31,62	0,270	13,51	0,118	9,87	0,410	17,85	0,008
	70—90	3,218	0,022	0,36	0,369	10,54	1,612	33,58	0,282	14,10	0,135	11,26	0,440	19,12	0,010
	90—120	3,366	0,020	0,33	0,369	10,55	1,649	34,35	0,283	14,15	0,147	12,25	0,433	18,83	0,013
55, 1.VIII	0—7	0,184	0,044	0,72	0,010	0,28	0,076	1,56	0,013	0,65	0,002	0,16	0,040	1,75	0,027
	7—20	0,180	0,084	1,38	0,011	0,32	0,048	0,99	0,013	0,65	0,002	0,97	0,025	1,07	0,020
	20—50	0,463	0,090	1,47	0,109	3,11	0,104	2,13	0,014	0,70	0,004	0,34	0,130	5,67	0,024
	50—70	3,039	0,043	0,70	0,298	8,52	1,505	30,72	0,280	14,10	0,113	9,41	0,378	16,43	0,008
	70—90	3,042	0,039	0,64	0,312	8,91	1,565	31,94	0,285	14,25	0,118	9,87	0,399	17,37	0,008
	90—120	3,061	0,025	0,41	0,318	9,08	1,613	33,60	0,303	13,15	0,124	10,36	0,404	17,58	0,006

Таким образом, различие в режиме солей между гипсованной и контрольной делянками наблюдается по щелочности, хлору и сульфатам и становится особенно заметным не в период засушливой весны, а летом, после выпадения осадков.

Весной 1950 г. из смеси люцерны синей и житняка взошла лишь люцерна. Всходы житняка были получены лишь в 1951 г. после дополнительного посева. Урожай люцерны в 1950 г. был очень низкий.

Наилучшими дозами гипса в первый год опыта оказались 9 и 4,6 *т/га*, давшие прибавку урожая в 33–40%, а также известь в дозе 5,6 *т/га* –21%. Внесение навоза и минеральных удобрений в резко засушливый год не вызвало ожидаемого положительного эффекта (табл. 9).

Таблица 9

Урожай многолетних трав (люцерны синей и житняка) на солонцах Керченского п-ова

Варианты опыта	1950 г.			1951 г.			1952 г.		
	1-й год пользования			2-й год пользования			3-й год пользования		
	люцерна, сено с 1 укоса, в ц/га	прибавка урожая		травосмесь, зеленая масса с 2 укосов в ц/га	прибавка		травосмесь, сено, в ц/га	прибавка урожая	
		ц/га	%		ц/га	%		ц/га	%
Контроль	9,4	0,0	—	79,8	—	—	19,2	—	—
Гипс 9 т/га . . .	13,2	3,8	40	112,7	32,9	41,2	26,8	7,6	39,5
» 4,6 » . . .	12,7	3,3	35,2	107,7	27,9	34,9	26,0	6,8	30,0
» 1,8 » . . .	12,0	2,6	27,6	99,3	19,7	24,7	22,4	3,2	16,5
Известь 5,6 т/га	11,4	2,0	22,5	114	34,2	43,1	24,4	5,2	27,0
» 2,8 »	10,5	1,1	11,7	93,0	14,1	17,7	23,4	4,2	21,8
» 1,1 »	8,6	—	—	88,7	8,9	11,2	21,6	2,4	12,5
Гипс 4,6+навоз 20 т/га	9,7	0,3	3,2	101,8	22,0	27,7			
Известь 2,8 т/га+навоз 20 т/га . .	9,6	0,2	2,2	90,6	10,8	15,5			
P	9,0	—	—	86,5	6,7	8,4			
NP	8,8	—	—	88,8	9,0	11,3			
Гипс 4,6 т/га+полное удобрение	10,5	1,1	11,7	101,8	22,0	27,6			
Известь + полное удобрение . . .	10,3	0,9	9,5	92,3	12,5	15,6			

В 1951 г., после 2-летнего взаимодействия мелиорирующих веществ с почвой и воздействия корней многолетних трав в почве произошли заметные изменения: увеличилась водопрочиость агрегатов в мелиорированных почвах по сравнению с контрольным участком (табл. 10).

Наибольшая прочность агрегатов обнаружена на известкованной делянке, где травостой был в лучшем состоянии, чем на гипсованной и на контрольной делянках.

Таблица 10

Количество водопрочных агрегатов в вариантах опытов

Варианты опыта	% водопрочных агрегатов (от 0,5 до 3 мм)
Контроль	52,39
Гипс 4,6 т/га	67,48
Известь 5,6 т/га	72,82

Таблица 11

Содержание влаги в почве в слое 0–100 см в $м^3$/га, 1951 г.

Варианты опыта	11.IV	11.V	27.V	VI	VIII	IX	X
Контроль, солонец	2873	2579	2791	2091	1710	1316	1764
Гипс 4,6 т/га, солонец	3446	3088	3561	3083	2515	1752	1894
Контроль, солонцеватая почва	3521	3145	3633	2390	2420	1709	1816
Гипс 4,6 т/га, солонцеватая почва . . .	4029	3643	3834	3279	2779	3456	2567
Плантаж, солонец	2332	1945	2403	2704	2051	1138	2046

Лучшая агрегированность мелиорированных почв способствовала, в свою очередь, повышению водопроницаемости, вследствие чего увеличились запасы влаги, как это видно из табл. 11.

Внесение гипса способствовало увеличению запаса влаги как в солонце, так и в солонцеватой почве, на 100–800 *$м^3$/га*, а иногда на 1000 *$м^3$/га*.

Участок, где осенью 1949 г. был проведен плантаж, в 1950 г. находился под так называемым «термическим паром». Поверхность его была очень гребнистой, невыравненной, и в условиях засушливого лета 1950 г. с нее много испарилось воды. Поэтому весной 1951 г. на участке с план-тажом в почве содержалось меньше влаги, чем на контрольном участке (2332 *$м^3$/га*, вместо 2873 *$м^3$/га*).И только с июня, после выпадения осадков, запас влаги на плантаже был выше, чем на контрольной делянке.

В 1952 г., т. е. через 3 года, после внесения мелиорирующих веществ, было определено содержание оставшегося к этому времени гипса и извести. Оказалось, что гипс в дозе 9 *т/га* за 3 года полностью растворился, и в пахотном слое он не был обнаружен; известь также практически отсутствовала.

Определение содержания поглощенного натрия показало, что в верхнем горизонте произошли заметные изменения (табл. 12).

Таблица 12

Содержание обменного Na в м-экв/100 г в почвах опытного участка

Глубина слоя в см	Контроль	Делянка с гипсом	Делянка с известью	Плантаж
0—10	6,88	3,77	3,66	4,22

Наибольшее вытеснение натрия произошло при кальциевании (гипс, известь) и несколько меньше – при плантажной вспашке.

На третий год после применения мелиоративных приемов запасы влаги на мелиорированных делянках по-прежнему были большими, чем в контроле (табл. 13).

Таблица 13

Запасы влаги в почве в слое 0-100 см в $м^3$/га, 1952 г.

Варианты опыта	Весна	Превышение над содержанием влаги в контроле	Лето	Превышение над содержанием влаги в контроле
Контроль	4158	—	2912	—
Гипс 9 т/га	4286	128	3564	652
Известь 5,6 т/га . .	4192	34	3189	277
Плантаж на 60 см . .	4307	149	3607	695

Следовательно, данные 1952 г., как и предшествующих лет, показывают, что гипсование и известкование солонцов Крыма является одним из приемов накопления и сохранения влаги; плантаж является более сильным средством, хотя в случае оставления его на «перегар» он теряет первоначально много влаги на испарение, но в следующем году эта потеря влаги компенсируется осадками, а затем по запасу влаги плантаж даже превышает не только немелиорированную почву, но и гипсованную. На плантажной вспашке, вследствие улучшения водопроницаемости почвы, усиливается естественно протекающий процесс выщелачивания солей из почвы. Как видно из табл. 14, в солонце после плантажной вспашки содержится хлоридов на глубине 30–50 *см*, ,49 *м-экв*, а в контроле 5,40 *м-экв*.

Таблица 14

Содержание хлора в м-экв/100 г весной 1952 г. в почвах опытного участка

Глубина взятия образца в см	Контроль	Делянка с гипсом	Плантаж
0—20	0,04	0,08	0,40
20—30	0,58	0,31	0,40
30—50	5,40	3,08	0,49

Учет корней многолетних трав на 3-й год пользования (табл. 15) показал, что на делянке с известью общий вес корней оказался значительно выше, чем в контроле. Такие же результаты были получены и по урожаю трав (см. табл. 9).

Таблица 15

Общий вес корней трав (в ц/га) в опытах

Глубина слоя в см	Контроль	Делянка с гипсом 9 т/га	Делянка с известью 5,6 т/га
0—20	51,4	73,7	75,4
20—40	26,5	34,0	34,2
40—60	7,4	7,4	18,1

Сравнение данных урожая многолетних трав за три года и озимой пшеницы за два года показывает, что дозы гипса 4,6 *т* и извести 5,6 *т* дают устойчивое повышение урожая на 25–40%, что позволяет рекомендовать для мелиорации керченских солонцов кальциевание к виде гипса или извести в дозе 5 *т/га*, с одновременным применением органических и минеральных удобрений.

Обращает внимание высокая урожайность озимой пшеницы на поле с плантажной вспашкой (табл. 16). Прибавка урожая здесь достигла почти 6 *ц/г*.

Плантажная вспашка на солонцах и сильносолонцеватых почвах Керченского п-ова с целью разрыхления солонцового слоя почвы и рассчитанная, кроме того, на использование собственного кальция почвы (либо извести, либо гипса), имеет явное преимущество перед гипсованием. Это преимущество состоит в разрушении и измельчении, а также химическом изменении всего солонцового горизонта, а не только верхней 20-сантиметровой толщи почвы, как при гипсовании на фоне обыч-

ной вспашки. Преимущество плантажа заключается также в более резком улучшении водопроницаемости, по сравнению с обычной вспашкой. Характерно, что запасы влаги плантажированной почвы несколько возрастают во второй и третий годы по сравнению с первым годом. Этот факт отмечается также А. М. Можейко при плантажировании темно-каштановых солонцеватых почв Украины.

Таблица 16

Урожай озимой пшеницы на солонцах при различных способах мелиорации

Варианты опыта	1951 г.			1952 г.		
	ц/га	прибавка урожая		ц/га	прибавка урожая	
		ц/га	%		ц/га	%
Контроль	14,0	—	—	19,5	—	—
Гипс 9 т/га	22,2	8,2	54,2	27,7	8,2	42,0
» 4,6 »	19,5	5,5	35,4	25,6	6,1	31,28
» 1,8 »	17,2	3,2	19,4	25,2	5,7	29,2
Известь 2,6 т/га	22,1	8,1	53,5	27,9	8,4	43,0
» 2,8 »	18,2	4,2	26,4	24,4	5,6	25,1
» 1,1 »	18,8	4,0	30,6	23,7	3,2	21,5
Гипс 4,6 т/га + навоз 20 т/га	21,6	7,6	50,0	27,5	8,0	41,0
Известь 2,8 т/га + навоз 20 т/га	19,4	5,4	34,7	23,1	3,6	18,4
P	17,4	3,4	20,8	20,9	1,4	7,1
PN	18,9	4,9	31,2	21,7	2,2	11,2
Гипс 4,6 + полное удобрение	23,3	9,3	61,8	26,0	7,5	33,3
Известь 2,8 + полное удобрение	21,7	7,7	50,7	—	—	—
Контроль	—	—	—	20,9		
Плантаж	—	—	—	26,8	5,9	23,0

Улучшение влагоемкости способствует более интенсивному выщелачиванию хлоридов. Корни растений на глубине 50–60 *см* не встречают солей в токсических концентрациях.

Таким образом, для окультуривания солонцов и солонцеватых почв, развитых на третичных соленосных глинах Керченского п-ова, наиболее перспективным методом является плантажная вспашка на глубину захвата около 10 *см* гипсового горизонта в солонцах и карбонатного слоя в сильно-солонцеватых почвах, с последующим перемешиванием всего пахотного слоя. Внесение гипса или извести искусственно, в дозах около 5 *т/га*, в сочетании с глубокой вспашкой (на 35–40 *см*) также может быть рекомендовано, учитывая, что среди керченских солонцов, но содержащих карбонатов, могут встречаться разновидности с глубоким залеганием гипса, при котором плантажной вспашкой может и не обеспечиться извлечение его на поверхность почвы. В этом случае, конечно, мелиорировать придется только гипсованием или известкованием на фоне глубокой вспашки.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ МЕЛИОРАЦИИ ЛУГОВЫХ СОЛОНЦОВ[3]

В Крымской области вдоль самого побережья Сиваша и Каркинитского залива распространены луговые солонцовые комплексы с преобладанием солонцов, развивающиеся при близком уровне грунтовых вод – от 1,5 до 3 *м*. Площадь их, по подсчетам почвоведов, составляет 48 *тыс. га*.

В сельском хозяйстве они используются частично под посевы зерновых и овощных культур, а также под выпасы.

Ниже по гипсометрическому уровню они сменяются солончаково-солонцовыми комплексами с преобладанием солончаков приморского типа. Эти территории (площадью 27 *тыс. га*) в сельском хозяйстве обычно не используются из-за сильного засоления почв и залегания грунтовых вод в непосредственной близости от поверхности (0–1,5 *м*). а также вследствие трудности осуществления мелиоративных мероприятий.

Окультуривание луговых солонцовых почв представляет большие трудности по причине значительного влияния сильно минерализованных грунтовых вод (20–60 *г/л*) хлоридного и сульфатно-хлоридного типа. Постоянное подтягивание солей натрия вверх из грунтовых вод по капиллярам почвы ослабляет первоначальное действие мелиорирующих веществ (гипса), что вызывает необходимость повторного внесения их через некоторый период.

В связи с этим было интересно испытать влияние плантажной вспашки на процесс мелиорации луговых солонцовых почв.

Известно, что одним из весьма эффективных приемов улучшения солонцов является глубокая мелиоративная (плантажная вспашка). Положительное действие ее на почвы было установлено в самых различных районах распространения солонцовых почв Союза ССР: в Прикаспийской низменности (Ковда, 1936), в Заволжье (Антипов-Каратаев и др., 1951), в зоне степных комплексов юга Украины (Семенова-Забродина, 1952), в районе распространения лугово-степных и степных комплексов Крыма (Новикова, 1953, 1956) и т. д.

---

[3] Статья опубликована в сборнике научных трудов УНИИПА «Улучшение физических свойств и питательного режима почв». Киев, 1961, том V. С 121–131.

Однако возможность применения такого приема в местах с близкими грунтовыми водами оставалась невыясненной.

С целью выяснения этого вопроса в 1952 г. был заложен полевой опыт в Азовском районе на землепользовании совхоза «Молодая гвардия», возле поселка Благодатное, на площади в 22 *га*, в поле лугово-пастбищного севооборота.

В геоморфологическом отношении участок находится на пологом склоне к усыхающему заливу Сиваша с уровнем грунтовых вод от 1,5 до 3 *м*.

Почвенный покров представлен комплексом луговых каштановых солонцезатых почв и луговых солончаковатых и, отчасти, солончаковых солонцов.

Ниже приводится краткая характеристика мелиоративных особенностей данных почв.

В луговых солончаковатых солонцах, преобладающих в нижней трети склона, вскипание от 10-процентной HC1 обнаруживается с 36–40 *см*, сульфаты – с 30–10 *см*. В солончаковых солонцах, залегающих в понижениях, солевой сульфатный горизонт обнаруживается уже с глубины 15 *см*.

В луговых каштановых солонцеватых почвах, приуроченных, в основном, к верхней трети склона, гипсовый горизонт опускается до 100–150 *см*.

Как видно из таблицы 1, в составе солевого горизонта луговой каштановой солонцеватой почвы преобладают сульфаты кальция. Хлориды обнаруживаются с глубины 70 *см*.

В солончаковатом солонце (разрез 6) соли на глубине 30–40 *см* представлены, в основном, сульфатами кальция с заметным участием хлоридов натрия. В солончаковых солонцах основное место занимают хлориды натрия, обнаруживаемые в большом количестве в верхнем слое.

В составе обменных катионов лугового солончаковатого солонца наряду с кальцием весьма заметное участие принимает магний, что является характерным для приморских комплексов солонцовых почв. Содержание обменного натрия достигает 25–26% от суммы катионов (табл. 2).

В луговых солонцовых комплексах содержание гумуса выше, чем в более остепненных разностях (2,6–2,7%). Большое количество карбонатов кальция (14,49%) появляется на глубине 40–50 *см* (табл. 3).

Приведенные данные свидетельствуют о высокой степени солонцеватости луговых солончаковатых солонцов, высоком залегании гипсового горизонта, более низком залегании карбонатов и о заметной роли хлоридов в солевом составе. Большое

содержание обменного натрия в солонцах вызывает необходимость замены его на кальций для повышения плодородия почв.

Таблица 1

Данные водной вытяжки из образцов солонцовых почв совхоза «Молодая гвардия»

№ разреза	Почва	Глубина (в см)	Плотный остаток (в %)	HCO_3'		Cl'		SO_4''		Ca''		Mg''		Na' по разности	
				%	мг-экв	%	мг-экв	%	мг-экв	%	мг-экв	%	мг-экв	%	мг-экв
2	Луговая каштановая солонцеватая	0—10	0,063	0,017	0,28	0,006	0,17	0,014	0,29	0,003	0,18	0,001	0,08	0,011	0,48
		20—30	0,059	0,022	0,36	0,010	0,28	0,012	0,24	0,001	0,08	0,001	0,06	0,017	0,74
		70—80	0,297	0,049	0,80	0,101	2,88	0,056	1,16	0,005	0,28	0,003	0,25	0,099	4,31
		100—110	0,329	0,050	0,82	0,062	1,77	0,123	2,56	0,004	0,21	0,004	0,33	0,106	4,61
		140—150	1,971	0,025	0,41	0,138	3,43	1,120	23,33	0,272	13,60	0,065	5,41	0,188	8,16
6	Луговой солончаковатый солонец	0—10	0,273	0,027	0,44	0,012	0,35	0,043	0,90	0,005	0,23	0,002	0,16	0,029	1,30
		20—30	0,388	0,041	0,67	0,068	1,95	0,102	2,12	0,007	0,34	0,001	0,11	0,099	4,29
		30—40	1,133	0,015	0,26	0,131	3,74	1,290	26,89	0,287	14,33	0,077	6,40	0,233	10,16
		40—50	1,889	0,014	0,24	0,152	4,35	1,360	28,34	0,285	14,23	0,085	7,06	0,286	11,64
4	То же	0—10	0,476	0,009	0,14	0,196	5,60	0,096	2,00	0,014	0,71	0,010	0,83	0,143	6,20
		15—24	0,404	0,025	0,41	0,141	4,03	0,113	2,35	0,005	0,26	0,003	0,25	0,144	6,28
		25—35	0,609	0,028	0,46	0,155	4,42	0,278	5,79	0,018	0,90	0,014	1,16	0,198	8,61
		120—130	0,836	0,037	0,61	0,312	8,91	0,161	3,35	0,031	1,55	0,028	2,33	0,207	8,99

Таблица 2

Содержание обменных катионов в луговом солончаковатом солонце разреза 6 совхоза «Молодая гвардия»

Глубина (в *см*)	Ca^{++}		Mg^{++}		Na^{+}		Сумма (*мг-экв*)	Na (в % от суммы катионов)
	%	*мг-экв*	%	*мг-экв*	%	*мг-экв*		
0—10	0,212	10,62	0,115	9,58	0,16	7,11	27,31	26
20—30	0,224	11,23	0,214	17,86	0,23	9,83	38,92	25

Таблица 3

Содержание карбонатов и гумуса в 1952 г. в солонцовых почвах совхоза «Молодая гвардия» (в процентах)

№ разреза	Почва	Глубина (в *см*)	Гумус по Тюрину	$CaCO_3$
2	Луговая каштановая солонцеватая	0—10	2,59	0,09
		20—30	1,91	0,07
		70—80	0,65	19,76
		110—120	0,33	14,56
		140—150	0,25	12,84
3	Луговой солончаковатый солонец	20—30	—	0,19
		43—50	—	14,49
4	Луговой солончаковый солонец	0—10	2,67	0,08
		15—25	1,62	0,80
		25—35	1,35	1,87
		120—130	0,47	12,07

Организация опытов в 1952 г. предусматривала гипсование по обычной вспашке и вспашке с углублением, а также глубокую мелиоративную (плантажную) вспашку, рассчитанную на вовлечение гипса в пахотный слой почвы, по следующей схеме:

1. Контроль – вспашка на глубину 18–20 *см*.
2. Плантаж на глубину 50 *см*.
3. Вспашка на глубину 30 *см* с дополнительным углублением на 10 *см*.
4. То же с внесением гипса в дозе 3 *т/га*.
5. Внесение гипса в дозе 3 *т/га* по обычной вспашке на глубину 20 *см*.

Постановке опытов предшествовала детальная почвенная съемка в масштабе 1 : 500.

Опыт закладывался осенью 1952 г. Глубокая мелиоративная вспашка производилась плантажным плугом, вспашка с углублением – плугом П-5-35.

Наблюдения за солевым режимом проводились на специальных фиксированных площадках размером 10 *м*^{2}, приуроченных к пятнам солонцов, с примерно одинаковым уровнем залегания солевого горизонта.

Образцы брались в трехкратной повторности. Учет урожая проводился дробно на пятнах солонцов и солонцеватых почв с площадок в 5 *м*^{2} в 5 – 10-кратной повторности.

В 1953 г. поле находилось под черным паром; осенью был произведен посев пшеницы, однако, вследствие вымерзания ее, весной была посеяна яровая пшеница.

Фенологическими наблюдениями установлено, что в начале и средине вегетационного периода растения развивались лучше на плантажированном участке, что подтверждается данными таблицы 4.

Таблица 4

Длина и количество плодоносящих стеблей яровой пшеницы

Варианты	Длина стеблей (в *см*)	Количество плодоносящих стеблей на 1 *м*^{2}
Контроль	49	318
Плантаж	63	334
Вспашка на 30 *см* с углублением на 10 *см*	60	285
То же + гипс	60	314
Гипс по обычной вспашке	64	364

Однако за период налива зерна колос на плантаже оказался более щуплым, чем на гипсованном участке, и почти таким же, как на контроле.

Данные учета урожая показали, что, действительно, плантажирование луговых солонцов не вызвало ожидаемого высокого эффекта, какой наблюдается обычно на лугово-степных и степных комплексах (табл. 5).

Таблица 5

Урожай яровой пшеницы
(совхоз «Молодая гвардия», 1954 г.)

Варианты	Солонцы			Луговые каштановые солонцеватые почвы		
	ц/га	прибавка		*ц/га*	прибавка	
		ц/га	%		*ц/га*	%
Контроль (среднее из двух)	5,8	—	—	7,0	—	—
Плантаж	6,52	0,72	12	8,55	1,55	22
Вспашка на 30 *см* с углублением на 10 *см*	6,85	1,05	18	8,50	1,50	21
То же + гипс (3 *т/га*)	7,2	1,40	24	9,07	2,07	29
Гипс (3 *т/га*) по обычной вспашке	7,93	2,13	36	9,47	2,47	35

Наибольший урожай на солонцовых пятнах и луговых каштановых солонцеватых почвах был получен от внесения гипса по обычной вспашке –7,93 *ц/га* при урожае на контрольном участке в 5,8 *ц/га*. На плантажированном участке урожай на пятнах солонцов был почти таким же, как на контроле – 6,52 *ц/га*.

Определение реакции почвенного раствора в образцах солонца на различных вариантах опыта показало, что величина pH колеблется в пределах 7,5–8,5 и токсических значений не достигает. В верхнем слое плантажированного солонца pH равно 8,01 против 7,58 почвы контрольной делянки (табл. 6).

Таблица 6

Величина pH почвенной суспензии в солонцах различных вариантов опыта (1954 г.)

Глубина (в *см*)	Контроль	Плантаж	Вспашка с углублением + гипс	Гипсование по обычной вспашке
0—10	7,58	8,01	7,45	7,52
20—30	8,48	7,38	8,42	8,37
30—40	7,78	7,73	8,39	8,39
40—50	7,38	8,30	8,52	7,61
50—70	—	7,61	7,64	8,04

Близкими между собой оказались величины обменного натрия в почвах различных вариантов на глубине 20–30 *см* (9,7–9,8 *мг-экв*). и емкости обмена (табл. 7). В плантажированном солонце количество натрия несколько уменьшалось (5,57 *мг-экв*), а в пахотном слое наблюдалось заметное различие по натрию: количество его .на гипсованных делянках упало до 3,4–3,8 *мг-экв*, в то время как в плантажированном солонце оно приближалось к количеству в почве контрольного участка (7,11 *мг-экв*).

Таблица 7

Содержание обменного натрия и емкость обмена в солонце на различных вариантах опыта (в мг-экв на 100 г почвы) 1954

Глубина (в *см*)	Контроль		Плантаж		Вспашка с углублением+гипс		Гипсование по обычной вспашке	
	емкость	Na	емкость	Na	емкость	Na	емкость	Na
0—10	23,89	7,4	24,38	6,19	22,89	3,86	24,88	3,42
20—30	31,85	9,83	28,40	5,57	31,85	9,77	31,85	9,83

Приведенные данные не могут, однако, объяснить причину слабого действия плантажной вспашки на повышение плодородия луговых солонцовых почв. Это удалось установить с помощью наблюдений за динамикой легкорастворимых солей, в частности хлоридов.

Прежде всего подтвердилось явление сезонного подтягивания солей в летний период, установленное нами в 1953–1955 гг. в луговых солонцах. Такое подтягивание хлоридов имело место на всех вариантах опыта, но было выражено сильнее в плантажированном солонце. Если коэффициент сезонной аккумуляции на других вариантах опыта был равен единице или несколько превышал ее, то в плантажированном и глубоко перепаханном солонце он достигал 3–8. То же самое подтверждают запасы хлора в 50-сантиметровом слое почвы, вычисленные на период осени: 11,6 *т/га* в плантажированном солонце и 7,4 *т/га* в солонце контрольного участка (табл. 8).

Таблица 8

Содержание хлора в водной вытяжке (в мг-экв на 100 г почвы) и коэффициент сезонной аккумуляции солей в почве под яровой пшеницей 1954 г.

Глубина (в *см*)	Контроль			Плантаж			Вспашка с углублением+гипс			Гипс (3 *т/га*)		
	апрель	июль	коэффициент сезонной аккумуляции	апрель	июль	коэффициент сезонной аккумуляции	апрель	июль	коэффициент сезонной аккумуляции	апрель	июль	коэффициент сезонной аккумуляции
0—10	0,91	1,93	2,1	0,58	4,66	8,0	0,28	2,28	8,0	0,51	0,61	1,6
20—30	1,95	3,24	1,6	1,52	2,98	1,8	1,31	3,90	3,0	1,54	2,45	1,5
30—40	3,74	3,59	0,9	1,08	5,24	2,6	2,31	2,54	1,1	3,77	3,03	0,8
40—50	4,35	3,71	0,8	2,86	8,26	2,8	1,80	5,57	3,0	3,00	4,91	1,6
50—70	—	6,14	—	3,37	12,74	3,4	3,06	6,12	2,0	5,4	5,26	0,9
Запас хлора в слое 0—50 *см* 6 *т/га*												
0—50	6,21	7,40	—	3,71	11,67	—	3,40	8,31	—	5,68	6,40	—

Интересно, что в весенний срок меньше всего хлоридов оказалось именно в плантажированном солонце (3,71 *т/га*) и в глубоко вспаханном солонце (3,40 *т/га*). На контроле и на гипсованной делянке их содержалось почти вдвое больше (5,6 *т/га*).

Следовательно, плантажирование и глубокая перепашка солонцов способствуют лучшему выщелачиванию солей в зимне-весенний период, однако затем с наступлением высоких летних температур и испарения в таких почвах идет процесс усиленной сезонной аккумуляции, что угнетает культурные растения и снижает их урожайность.

Это явление подтвердилось последующими наблюдениями в 1955 и 1957 гг. (табл. 9).

Таблица 9

Содержание ионов хлора в водной вытяжке солонца (в мг-экв на 100 г почвы) (совхоз «Молодая гвардия» 1955 и 1957 гг.)

Глубина (в *см*)	1955				1957			
	контроль		плантаж		контроль		плантаж	
	27.III	10.X	27.III	10.X	15.V	27.VII	15.V	27.VII
0—10	0,09	1,62	0,29	2,94	0,88	1,28	1,41	1,26
20—30	0,19	3,83	0,14	5,65	1,20	0,55	3,66	—
30—40	1,03	6,82	0,24	6,01	3,84	0,41	4,64	3,03
40—50	2,13	7,71	0,81	6,20	4,49	0,82	4,90	2,96
50—70	—	6,84	3,35	5,64	4,40	1,28	4,44	6,00

Как видно из таблицы 9, на плантаже в осенний период 1955 г-количество ионов хлора на глубине 20–30 *см* составляло 5,65 *мг-экв*. в то время как на неплантажированном солонце – всего 3,83 *мг-экв*. То же наблюдается и в самом верхнем горизонте.

В 1957 г. в летний срок количество ионов хлора также было выше на плантажированном солонце с глубины 30 *см*.

Учет урожая озимого ячменя в 1955 г. и озимой пшеницы в 1958 г. показал, что на плантажированных солонцах эффективность по-прежнему остается низкой: прибавка составляет всего 6%, повышаясь на луговых каштановых солонцеватых почвах до 13%.

Внесение гипса вызывает более высокую урожайность; прибавка в этих случаях составляет 3,63 *ц/га*, или 16%.

Причина большей аккумуляции солей кроется в изменении физических свойств солонца после плантажирования и близком залегании соленых грунтовых вод.

Еще в 1934 г. А.М. Можейко наблюдал на Чонгарском полуострове усиление подъема солей в луговых солонцах после внесения очень больших доз гипса, разрыхляющих солонцеватый горизонт.

Плантажирование действует в этом же направлении, но более сильно, поскольку вспашкой достигается большое разрыхление солонцеватого горизонта, вследствие чего последний перестает играть роль «пробки» или экрана, препятствующего восходящему току. Об этом можно судить по данным скорости впитывания воды в почву.

Наибольшее количество впитавшейся воды при определении на глубине 22 *см* от поверхности почвы имело место в плантажированном солонце (45 *мм* за первый час определения при 34 *мм* на контроле). Аналогичные данные были получены при определении скорости впитывания на глубине 40 *см*.

Если такая закономерность обнаружена для нисходящего тока, то естественно было ожидать ее проявление и для случая восходящего тока.

Чтобы убедиться в правильности предположения о большей скорости капиллярного восходящего передвижения в плантажированном солонце, был поставлен следующий модельный опыт на монолитах.

В конце апреля 1957 г. в колхозе «Крым», Джанкойского района, были взяты два монолита лугово-степного глубокосолончаковатого солонца размером 20х20х60 *см* с таким расчетом, чтобы солевой горизонт не попал в монолитный ящик. Один монолит взят на солонце контрольной делянки, вспаханной на глубину 18–20 *см*, второй – на солонце плантажированной делянки, вспаханной в 1954 г. на глубину 60–65 *см*, а в последующем ежегодно осенью перепахивавшейся на глубину 18–20 *см*.

Оба монолитные ящика были погружены в эмалированные ванны на фарфоровые подставки с несколькими слоями фильтровальной бумаги для капиллярного смачивания почвы.

Ванны были наполнены до уровня фильтровальной бумаги раствором NaCl концентрации 30 *г/л*, примерно соответствующей грунтовым водам опытного участка в совхозе «Молодая гвардия».

Опыт длился 12 месяцев, в течение которых в обеих ваннах поддерживался одинаковый уровень раствора.

В конце опыта на увлажненной поверхности плантажированного солонца была обнаружена щетка тонких игольчатых кристаллов NaCl; поверхность неплантажированного солонца оставалась сухой, без видимых скоплений соли.

Вскрытие монолитных ящиков показало следующее.

В неплантажированном солонце верхний 10-сантиметровый слой элювиального горизонта оказался сухим, ниже – свежим, с глубины от 20 до 60 *см* почва была увлажнена.

В плантажированном солонце вся толща почвы до самой поверхности была увлажнена.

В обоих монолитах взяты образцы, определены влажность и содержание ионов хлора в водной вытяжке (табл. 10).

Таблица 10

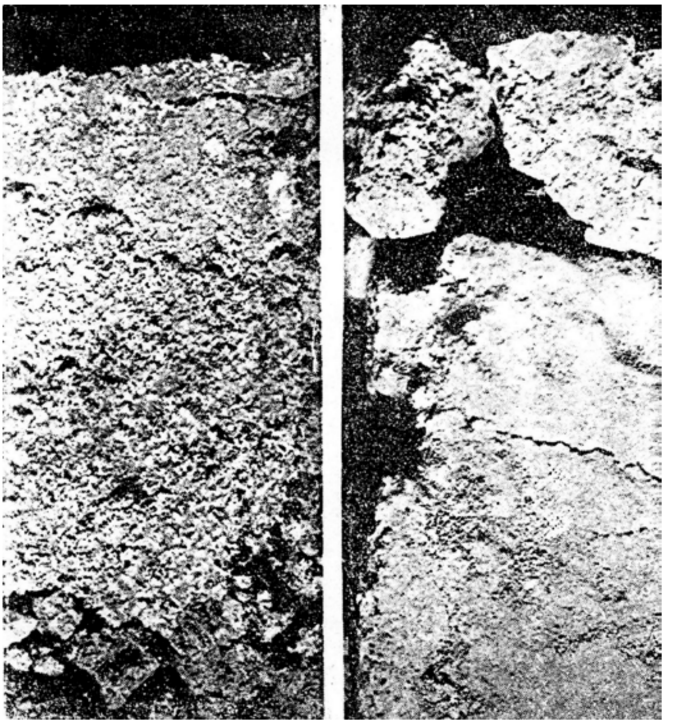
Модельный опыт с капиллярным насыщением плантажированного и неплантажированного солонца 1958 г.

Глубина (в *см*)	Влажность (в %)		Содержание ионов хлора в водной вытяжке (в *мг-экв* на 100 *г* почвы)	
	неплантажированный солонец	плантажированный солонец	неплантажированный солонец	плантажированный солонец
Корочка	—	—	—	509,44
0—5	4,38	15,57	2,69	111,75
5—10	5,58	16,79	10,27	98,50
10—15	12,70	19,86	39,56	85,35
15—20	16,42	21,66	44,20	74,29
20—25	24,98	22,29	83,12	62,00
25—30	26,13	24,31	63,91	55,60
30—35	26,33	23,76	61,99	43,45
35—40	26,06	24,62	49,93	31,97
40—45	26,75	27,89	38,07	24,78
45—50	25,38	31,30	34,27	26,04
50—55	27,26	39,26	24,38	28,88

Как видно из таблицы, влажность неплантажированного солонца до глубины 10 *см* колеблется в пределах 4–5 %, затем постепенно нарастает и с 20 *см* до нижней части монолита находится в пределах 25–27%. В плантажированном солонце верхний 10-сантиметровый слой содержал 15–16% влаги, а нижняя часть почвы до 45 *см* содержала влаги несколько меньше, чем в неплантажированной почве. Совершенно очевидно, что солонцеватый горизонт неплантажированной почвы препятствовал продвижению капиллярных токов вверх, вследствие чего так заметна разница в степени увлажнения верхней и нижней части почвы. Наоборот, в плантажированном солонце профиль влажности более однородный, выравненный.

Распределение ионов хлора в обеих почвах полностью подтверждает высказанное предположение о большей скорости капиллярного засоления в плантажированном солонце. В обеих почвах снизу до глубины 20 *см* обнаружено почти одинаковое нарастание количества хлора – с 24 до 80 *мг-экв*. На глубине 20–25 *см* неплантажированного солонца это количество хлора осталось максимальной величиной. Видимо, здесь была сосредоточена зона внутрипочвенного испарения поднимающихся растворов. Выше по профилю содержание хлора начинает снижаться, доходя в верхнем слое до 2 *мг-экв*. В плантажированном солонце с глубины 20 *см* и до поверхности оно резко нарастает, достигая в верхнем слое (корочке) 509 *мг-экв*.

Таким образом, экспериментально установлено, что плантажирование солонцов, залегающих на близких минерализованных грунтовых водах, вызывает усиленное засоление почвы поднимающимися растворами.



Модельный опыт с капиллярным насыщением солонца раствором хлористого натрия:

слева — монолит плантажированного солонца с выцветами хлористого натрия через год после насыщения; *справа* – монолит неплантажированного солонца.

Таблица 11

Урожай озимой пшеницы (в ц/га) в колхозе им. Ленина, Азовского района 1957-1958 гг.

Варианты	1957		1958	
	урожай	прибавка	урожай	прибавка
Контроль	25,8	—	18,1	—
Плантаж	23,4	—2	15,1	—3

Отсюда следует вывод о том, что мелиорацию луговых солонцов нельзя осуществлять глубокой мелиоративной (плантаж-

ной) вспашкой, поскольку поднимающиеся соли угнетают растения и снижают урожай сельскохозяйственных культур.

Производственное испытание плантажной вспашки луговых солонцов в колхозе им. Ленина, Азовского района, поставленное на площади в 30 *га*, снова убеждает в этом.

Как видно из таблицы 11, урожай озимой пшеницы на плантаже был в 1957 г. на 2 *ц/га*, а в 1958 году на 3 *ц/га* ниже, чем при обычной вспашке.

Учитывая, что гипсование луговых солонцовых почв способствует снижению обменного натрия, усиливает биохимические процессы в почве и повышает урожай, мы в 1956 г. рекомендовали внесение гипса в дозе 4 *т/га* под обычную на глубину 18–20 *см* вспашку.

Все другие приемы, связанные с глубоким рыхлением почв, могут вызвать на луговых солонцовых комплексах только отрицательный результат.

Поскольку почвы испытывают заметное влияние минерализованных грунтовых вод, способствующих изменению соотношения обменных катионов в сторону увеличения натрия, необходимо повторять гипсование через промежуток в 7–10 лет.

Выводы

1. Плантажирование луговых солончаковатых и солончаковых солонцов, развивающихся на близких (1,5–2 *м*) сильно минерализованных грунтовых водах, разрыхляя солонцеватый горизонт, способствует интенсивному капиллярному передвижению растворов солей вверх и сезонному засолению почвы. Это вызывает угнетение сельскохозяйственных растений и снижает их урожай.

2. Окультуривание луговых солонцовых комплексов нельзя проводить приемами глубокого рыхления, плантажа и т. д.

3. В качестве приема мелиорации этих почв может служить гипсование дозой 4 *т/га* по обычной пахоте на глубину 18–20 *см*, которое необходимо повторять через 7–10 лет.

ОКУЛЬТУРИВАНИЕ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ ЛУГОВО-СТЕПНЫХ КОМПЛЕКСОВ КРЫМСКОЙ ОБЛАСТИ[4]

Семилетний план развития народного хозяйства ставит задачу резко улучшить использование земли как основного средства производства.

В Крымской области, в связи с расширением площадей садов и виноградников, возникает необходимость более рационального использования земель, оставшихся под другими культурами.

Одним из резервов повышения урожайности сельскохозяйственных культур является мелиорация солонцовых почв, занимающих вместе с комплексами темно-каштановых слабосолонцеватых и солонцеватых почв около 400 *тыс.* га.

Особое место среди них принадлежит лугово-степным солонцовым комплексам (грунтовые воды – от 3 до 8–10 *м*), которые занимают площадь около 150 *тыс.* га и представляют основной фонд пахотопригодных земель в Присивашье. Ниже территории с указанным уровнем грунтовых вод расположены луговые комплексы, лишь частично используемые под пашню, а выше – степные комплексы с 10% солонцов или вовсе без них.

Поэтому при разработке мероприятий по повышению плодородия солонцовых почв основное внимание должно быть привлечено к лугово-степным комплексам, в которых солонцы имеют большой удельный вес.

В северном Присивашье (Генический и другие районы) основная часть территории занята степными солонцовыми комплексами с малым участием солонцов и более слабыми отрицательными свойствами. По этой причине многочисленные опыты по мелиорации солонцов, проводимые различными организациями на юге Украины в последние два десятилетия, были заложены в основном на степных комплексах.

---

[4] Статья опубликована в сборнике научных трудов УНИИПА «Улучшение физических свойств и питательного режима почв». Киев, 1961, том V. С. 132-159.

В Крымской области систематические исследования по улучшению солонцов и солонцеватых почв начаты в 1949 г. А.В. Новиковой в Крымском филиале Академии наук СССР и продолжаются с 1956 г. в Украинском научно-исследовательском институте почвоведения.

За эти годы выявлена эффективность гипсования, известкования, плантажной вспашки и других приемов, определены оптимальные дозы гипса и извести; предложены основные принципы районирования приемов, мелиорации (Новикова, 1956).

В настоящей статье излагаются результаты исследований, начатых в 1954 г. на двух различных в геоморфологическом отношении участках с лугово-степными солонцовыми комплексами. Один из них отличается более глубоким, другой – более близким уровнем грунтовых вод.

Первый участок находится в колхозе «Крым», Джанкойского района. Он расположен на полуострове, вдающемся в Сиваш. Уровень залегания грунтовых вод здесь 7,5 *м*, степень минерализации – 17 *г/л*. Почвообразующими породами являются желто-бурые лессовидные глины.

Второй участок (в совхозе «Молодая гвардия», Азовского района, возле поселка Зеленая Роща) находится на более низком, менее дренированном берегу, с грунтовыми водами на глубине 3–4,5 *м*, содержащими 16 *г/л* солей. Почвообразующие породы здесь также представлены желто-бурыми лессовидными глинами.

Как установлено детальным картированием, почвенный покров участка в колхозе «Крым» представлен преимущественно солонцами, залегающими вместе с темно-каштановыми солонцеватыми почвами. На втором участке в южной части преобладают солонцы, в северной – лугово-каштановые солонцеватые почвы.

Оба опыта заложены осенью 1954 г., каждый на площади в 10 *га*. Среди вариантов опытов основными являлись плантажная вспашка на глубину 60–65 *см*, гипсование дозой 3 *т/га* по глубокой безотвальной пахоте на 40 *см*, безотвальная пахота на глубину 40 и 60 *см* и контроль – обычная вспашка на глубину 20–22 *см*.

В 1955 г. участки находились под черным паром, а в 1956, 1957 и 1958 гг. – под зерновыми культурами.

Наблюдения за изменением свойств почв в различных вариантах опыта велись на специально отобранных участках размером 10 $м^2$. Водопроницаемость определялась методом заливаемых

площадок в двукратной повторности с установкой рам на поверхности и на глубине 20 *см*; объемный вес изучался в 2–5-кратной повторности, влажность в 2–3-кратной.

Урожай зерновых культур учитывался на каждом варианте дробно с десяти учетных площадок размером в 5 $м^2$ каждая на основных почвенных разностях. Данные урожая 1957 и 1958 гг. обработаны методом вариационной статистики.

Полевые наблюдения на обоих стационарах в 1954–1956 гг. проводились старшим лаборантом А.В. Зыбало, а в 1957–1958 гг. – старшим лаборантом А. Н. Зайцем и двумя техниками-агрономами при участии и руководстве автора. Анализы выполнены лаборантом В. А. Хасаповой.

Погодные условия в период 1955–1957 гг. характеризовались следующими основными чертами (табл. 1). Зима конца 1955 и начала 1956 г. была умеренно теплой и влажной, однако в феврале наступило резкое похолодание, вследствие чего посевы озимых культур в ряде районов Крыма вымерзли. Весна в 1956 г. была холодной, затяжной, а лето – дождливое и прохладное.

Таблица 1

Осадки и среднемесячная температура воздуха в 1955–1957 гг. (данные Крымского областного гидрометеорологического бюро)

Метеорологические станции	Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
						Осадки								
Джанкойская	1955	29	75	10	40	21	74	55	79	1	12	34	48	473
	1956	56	13	34	36	65	38	115	0	51	14	34	6	462
	1957	36	25	22	22	56	1	30	20	44	34	48	55	395
	Средние многолетние	17	19	13	22	31	43	35	29	20	31	35	41	336
						Среднемесячная температура								
Джанкойская	1955	—	—	—	—	—	—	—	—	18,2	14,7	3,4	1,0	—
	1956	0,5	−7,8	−0,3	9,2	14,5	20,1	21,1	22,7	14,1	9,9	1.6	0,4	—
	1957	−2,2	−2,3	−1.3	10,2	15,8	21.9	24,4	21.3	18,2	9,3	5,8	1,9	—
Нижнегорская	1955	—	—	—	—	—	—	—	—	17,9	14,6	3,0	1,2	—
	1956	0,9	−7,6	−0,4	9,4	14,2	19,6	20.4	—	—	—	—	—	—
	1657	−1,9	2,6	1,1	10,1	15,6	21,4	24,0	23,8	—	—	—	—	—

В 1957 г. зима была мягкой. С февраля установилась теплая погода, появились дружные всходы озимых культур, хорошо развивавшиеся в дальнейшем – в период затяжной, влажной весны.

Однако летом установилась очень сухая и жаркая погода с температурой воздуха в июле и августе, превышающей сред-

нюю многолетнюю на 1–2°. В средине лета на территорию Крымской области проникли горячие сухие массы воздуха, вызвавшие запал зерна некоторой части посевов озимых культур. Тем не менее основная масса их не пострадала, и урожай зерновых был выше среднего.

Таким образом, погодные условия 1956 г. отличались большой влажностью, 1957 г. – засушливостью в летний период.

В 1958 г. очень засушливой (местами без единого дождя) была весна. Посевы яровых культур и отчасти озимых находились в плохом состоянии и кое-где погибли. С июня стали выпадать осадки, и поэтому вторая половина вегетации сельскохозяйственных культур проходила в более благоприятных условиях увлажнения. Урожай зерновых культур в целом по степному Крыму был неплохим.

Обратимся к анализу материалов полевых опытов в колхозе «Крым».

В профиле солонцов до постановки опытов вскипание от соляной кислоты отмечалось с глубины 42 *см*, залегание гипса – в среднем с 60 *см* при колебаниях от 45 до 70 *см*. Содержание солей в верхнем полуметре почвы незначительное, однако в первом солевом максимуме оно достигло 1,6%, тип засоленности – сульфатно-кальциевый. Содержание обменного натрия в солонцеватом горизонте составляло 23% от емкости поглощения.

На следующий год после постановки опытов оказалось, что распределение карбонатов в профиле солонцов контрольной делянки, вспаханной без отвала и гипсованной, было одинаковым с постепенным возрастанием в нижней части от 1,2–1,7 до 15–17–28% (табл. 2).

Таблица 2

Содержание карбонатов кальция (в процентах) в солонцах на различных вариантах опыта (Колхоз «Крым», Джанкойского района, 1955 г.)

Глубина (в *см*)	Варианты опыта			
	контроль	вспашка без отвала на 40 *см*	гипсование по безотвальной вспашке	плантаж на 65 *см*
0—10	1,71	1,24	1,28	14,84
20—30	1,77	1,47	1,39	3,82
30—40	3,98	3,20	2,51	3,11
50—70	20,06	15,85	17,58	16,07
70—90	28,98	23,29	22,67	25,38

В плантажированном солонце, вследствие выворачивания глины с глубины 60–65 *см* на поверхность, наблюдалось иное распределение карбонатов. На глубине 0–10 *см* содержание их возросло до 14,48%, на глубине 20–50 *см* – до 3–3,8%.

Простой подсчет показывает, что извлечение на поверхность почвы десятисантиметрового слоя, содержащего 14% карбоната кальция, равносильно внесению 168 *т/га* извести. Такое количество мелиорирующего вещества в десятки раз превышает обычные нормы, принятые в рекомендациях по улучшению солонцов.

Естественно, что карбонатная масса разбавляет массу солонцеватого горизонта и этим снижает относительное содержание обменного натрия в первый же год мелиорации (табл. 3).

Таблица 3

Содержание обменного натрия и емкость поглощения (в мг-экв на 100 г *почвы) в солонцах различных вариантов опыта (Колхоз «Крым», Джанкойского района)*

Глубина (в *см*)	Контроль			Плантаж			Вспашка без отвала на 40 см		
	емкость поглощения	Na		емкость поглощения	Na		емкость поглощения	Na	
		в *мг-экв*	в % от емкости		в *мг-экв*	в % от емкости		в *мг-экв*	в % от емкости
				1955 г.					
0—10	22,80	2,57	11,27	27,36	3,43	12,71	22,80	2,48	10,87
20—30	30,40	3,39	11,15	31,92	4,30	13,47	30,40	3,18	10,46
30—40	24,32	5,60	23,03	27,36	3,78	13,81	22,20	5,30	23,24
				1958 г.					
0—10	—	2,48	—	—	1,72	—	—	—	—
10—20	—	3,48	—	—	2,21	—	—	—	—
20—30	—	4,75	—	—	3,30	—	—	—	—

Как видно из таблицы 3, в солонце контрольного участка содержание обменного натрия, составляющее в верхнем слое 11,27%, на глубине 30–40 *см* возрастает до 23,03. После подъема плантажа в верхней части пахотного слоя обнаруживается небольшое (на 1–2%) увеличение содержания натрия, однако на глубине 30–40 *см* – резкое уменьшение (до 13,81%).

Через четыре года после плантажной пахоты в почве произошло дальнейшее уменьшение содержания обменного

натрия за счет вытеснения его кальцием карбонатов: на глубине 0–10 *см* – с 2,48 до 1,72 *мг-экв*, на глубине 20–30 *см* – с 4,75 до 3,30 *мг-экв*.

При глубокой плантажной вспашке на поверхность вместе с карбонатами могут быть вывернуты и легкорастворимые соли, в частности хлориды.

Однако, как показывают данные анализа водных вытяжек (табл. 4), хлориды не вовлечены в пахотный слой, поскольку солевой горизонт залегает ниже нижней границы вспашки. Поэтому здесь, как и в других вариантах опыта, содержание ионов хлора колеблется в пределах 0,007–0,06%, не достигая токсической величины.

Таблица 4

Данные анализа водных вытяжек в солонцах различных вариантов опыта
(Колхоз «Крым», Джанкойского района, 11 августа 1955 г.)

Варианты	Глубина (в *см*)	Плотный остаток (в %)	Содержание ионов (в %)					Ca
			HCO_3'	Cl'	SO_4''	Ca''	Mg''	Na' по разности
Контроль	0—10	0,147	0,038	0,006	0,015	0,008	0,001	0,014
	30—40	0,104	0,065	0,003	следы	0,006	0,001	0,017
	50—70	0,449	0,064	0,041	0,158	0,011	0,003	0,106
	70—90	1,636	0,019	0,131	0,924	0,190	0,052	0,217
Плантаж	0—10	0,257	0,075	0,010	0,103	0,007	0 001	0,073
	30—40	0,263	0,073	0,007	0,088	0,008	0,002	0,059
	50—70	0,441	0,071	0,061	0,143	0,012	0,003	0,113
	70—90	0,546	0,047	0,060	0,181	0,024	0,011	0,094
Гипсование по безотвальной пахоте	0—10	0.123	0,041	0,004	0,034	0,008	0 003	0,019
	30—40	0,265	0,049	0,003	следы	0,005	0,002	0,011
	50—70	1,583	0,016	0,032	1,053	0,220	0,046	0,190
	70—90	1,872	0,016	0,060	1,170	0,255	0,048	0,219

Таблица 5

Содержание гумуса по Тюрину (в процентах) *в солонцах различных вариантов опыта*
(Колхоз «Крым», Джанкойского района, 1955 г.)

Глубина (в *см*)	Варианты опыта		
	контроль	плантаж на 65 *см*	вспашка без отвала на 40 *см*
0—10	1,50	0,86	1,54
20—30	1,70	1,44	1,59
30—40	1,31	1,74	1,38
50—70	0,29	0,72	0,49

Особый интерес представляет распределение органической части в плантажированном солонце (табл. 5).

Если в солонце контрольной делянки и делянки, вспаханной без отвала, содержание гумуса постепенно уменьшается вниз по профилю почвы с 1,5 до 0,3%, то в плантажированном солонце максимальное количество гумуса приходится не на верхний слой, где его содержится всего 0,86%, а на глубину 30–40 *см*. Следовательно, почвенная масса, наиболее обогащенная органическими веществами, оказывается перемещенной вниз, на глубину от 20 до 60–65 *см*, в то время как самый верхний слой, в результате разбавления массой карбонатного горизонта, обедняется гумусом.

Наблюдения А.М. Можейко и Т.К. Воротника (1954) показали, что по мере старения плантажа содержание перегноя в почве выравнивается.

Вместе с тем в верхнем слое плантажированного солонца отмечается уменьшение содержания нитратов по сравнению с обычно вспаханной почвой.

По данным В.В. Севостьяновой (табл. 6), количество нитратов в слое 0–20 *см* снизилось с 130 до 26 *мг* на 1 *кг* почвы.

На глубине 20–40 *см* содержание нитратов в обоих вариантах примерно одинаково, а ниже, на глубине 40–60 *см*, количество их в плантажированной почве возрастает вдвое, достигая 38,5 *мг/кг* вместо 17,0 на контроле.

Следовательно, в первый год после вспашки наблюдается усиление нитрификации в нижней части мощного пахотного слоя и снижение ее в самом верхнем слое. Гипсование по безотвальной пахоте также способствует усилению нитрификации в нижних слоях почвы.

Таблица 6

Содержание NO_3 (в *мг* на 1 *кг* воздушно-сухой почвы)
13 июля 1955 г. (Данные В.В. Севостьяновой) Черный пар

Глубина обработки (в *см*)	Варианты опыта			
	контроль	плантаж	гипсование по безотвальной пахоте	вспашка без отвала на 40 *см*
0—20	130,0	26,0	101,0	70,0
20—40	39,5	30,0	35,5	46,0
40—60	17,0	38,5	33,3	28,0

Уменьшение гумуса, снижение биогенности свидетельствует о некотором падении плодородия, которое свойственно нижним горизонтам почв вообще.

Как установлено С.А. Захаровым (1946) с помощью предложенного им метода развернутых разрезов, плодородие генетических горизонтов чернозема и каштановой почвы с глубиной убывает, достигая минимума в горизонтах B_2 и C_1 и несколько повышается в C_2 или в D. Однако после выставления нижних горизонтов на поверхность через несколько лет происходит увеличение плодородия этих горизонтов.

С помощью вегетационных и лабораторных опытов Б.Г. Карнаухов (1946) установил, что плодородие нижних горизонтов каштановых почв понижается вследствие недостатка в них фос-

фора, а в солонцах – азота. Внесение азотистых удобрений вызвало увеличение урожая ячменя на солонцах в 7–14 раз.

Таким образом, снижение плодородия верхнего слоя плантажированных солонцов можно компенсировать внесением азотистых удобрений, имея, однако, в виду, что через несколько лет происходит естественное возрастание плодородия.

Весьма показательны данные определения водно-физических свойств почв различных вариантов опыта (табл. 7).

Таблица 7

Удельный и объемный вес и порозность в солонцах на различных вариантах опыта (Колхоз «Крым», Джанкойского района, 1955 г.)

Глубина (в *см*)	Варианты опыта								
	контроль			плантаж			гипсование по безотвальной пахоте		
	удельный вес	объемный вес	порозность	удельный вес	объемный вес	порозность	удельный вес	объемный вес	порозность
0—10	2,45	1,20	52	2,50	1,03	59	2,51	1,02	60
20—30	2,43	1,38	48	2,47	1,15	54	2,42	1,19	52
40—50	2,49	1,46	42	2,50	1,21	52	2,48	1,25	50

В обычно вспаханном солонце вследствие большой его плотности объемный вес достигает больших величин: 1,2 на глубине 0–10 *см* и 1,46 на глубине 40–50 *см*. В плантажированном солонце он резко снижается по соответствующим глубинам – до 1,03 и 1,21. Заметное уменьшение объемного веса отмечалось также после безотвальной пахоты.

Естественно, что порозность в почвах последних двух вариантов возросла до 50–60%, в то время как на контроле она была значительно ниже – 42–52%. Однако через два года (в 1957 г.) солонец, гипсованный по безотвальной пахоте, оказался настолько уплотненным, что по величине объемного веса приближался к контрольному. В то же время плантажированный солонец сохранил прежнюю рыхлость.

Эти данные подтверждаются определениями скорости впитывания воды в почву (табл. 8).

Как видно из таблицы, в первый год после вспашки плантаж и гипсование по безотвальной пахоте по своей фильтрационной способности были довольно близки. Однако уже в 1957 г. водопроницаемость почвы, вспаханной без отвала, сильно сни-

зилась и стала близкой к водопроницаемости обычно вспаханной почвы.

Таблица 8

Количество впитавшейся воды (в мм) за 3 часа наблюдений на солонцах различных вариантов опыта

Место проведения наблюдений	Варианты опыта					
	контроль		плантаж		гипсование по безотвальной пахоте	
	1955 г.	1957 г.	1955 г.	1957 г.	1955 г.	1957 г.
На поверхности почвы	58,8	12,0	264	107,3	150	19,3
На глубине 20 *см* . .	23,1	10,2	788	184,8	73,2	21,4

Глубина промачивания почвы на третий день после определения скорости впитывания оказалась неодинаковой. В обычно вспаханном солонце нижняя граница заметного увлажнения отмечалась на голубине 40 *см*, в плантажированном солонце – на глубине 90 *см* (табл. 9)

Таблица 9

Влажность (в процентах) *и плантажированном и неплантажированном солонце* (Колхоз «Крым», Джанкойского района, 3 августа 1957 г.)

Глубина (в *см*)	Контроль	Плантаж
0—10	27,38	30,99
10—20	25,39	27,30
20—30	25,03	27,03
30—40	24,36	23,63
40—50	19,31	24,35
50—60	17,41	24,31
60—70	16,39	23,71
70—80	16,64	23,50
80—90	16,16	20,10
90—100	14,30	17,92

В табл. 10 приведены данные определения влажности за четыре года. В первые два года плантажированная почва и почва, вспаханная без отвала с внесением гипса, содержали значительно больше влаги, чем обычно вспаханная. Однако на третий и, особенно, на четвертый год безотвально вспаханная почва почти утратила это преимущество, в то время как на плантаже оно сохранилось. Так, 13 июня 1958 г. на глубине 90–100 *см* в плантажированном солонце содержалось 20,2%, в контрольном – 16,7 и в гипсованном по безотвальной вспашке – 17,4%.

Вместе с тем в плантажированной почве в жаркие периоды времени иногда наблюдается и меньшее содержание влаги вследствие большого ее потребления лучше развитыми растениями.

Таблица 10

Данные влажности солонцов различных вариантов опыта (в процентах) (Колхоз «Крым», Джанкойского района)

Глубина (в *см*)	Контроль	Плантаж	Гипсование по безотвальной вспашке	Контроль	Плантаж	Гипсование по безотвальной вспашке	Контроль	Плантаж	Гипсование по безотвальной вспашке
	1955 г.								
	30 марта			13 июля			10 августа		
0—10	24,2	24,2	21,4	9,0	9,5	10,2	18,1	23,7	19,4
20—30	24,2	25,0	27,6	22,0	24,9	19,8	21,0	23,3	22,4
30—40	29,5	24,9	25,4	18,0	21,2	21,3	23,3	22,5	23,8
50—70	20,3	21,4	—	18,8	22,2	20,2	18,8	20,2	18,1
70—90	19,3	22,1	22,0	—	—	—	18,3	19,8	16,4
140—150	19,9	21,0	20,7	—	—	—	—	—	—
	1956 г.								
	28 марта			20 апреля			7 октября		
0—10	29,7	22,0	22,0	20,2	—	15,5	8,6	8,8	—
20—30	24,9	33,9	25,0	25,6	24,0	24,2	14,7	13,8	—
40—50	22,3	29,0	26,2	25,2	21,2	22,2	15,6	16,0	—
50—60	17,6	23,7	23,1	17,8	22,8	22,2	14,9	20,9	—
70—80	19,7	20,7	18,1	—	24,3	21,2	—	—	—
90—100	17,8	19,3	18,5	17,4	21,5	21,0	—	—	—
120—130	17,3	21,3	18,5	—	—	—	—	—	—
140—150	17,5	21,4	—	—	—	—	—	—	—
	1957 г.								
	15 апреля			16 мая			14 августа		
0—10	19,3	24,8	18,5	17,2	13,9	16,9	3,6	5,7	2,9
20—30	26,5	27,0	24,8	21,4	15,1	19,7	14,3	14,3	14,6
40—50	19,6	22,0	16,1	19,8	22,1	21,2	14,1	15,1	12,2
50—60	19,3	22,2	16,6	19,5	19,3	20,2	14,0	—	12,8
90—100	20,3	—	17,6	20,8	19,2	20,6	17,2	13,6	17,9
140—150	22,6	19,6	26,6	20,8	22,2	20,0	20,0	17,5	19,0
	1958 г.								
	3 марта			21 мая			13 июня		
0—10	22,8	25,3	23,1	10,0	13,6	9,7	17,4	21,2	19,8
20—30	27,6	27,4	27,7	18,6	19,2	17,6	16,5	18,3	17,5
40—50	19,3	25,1	20,4	19,4	21,0	17,0	17,6	22,1	18,2
50—60	17,3	23,0	17,2	18,3	20,1	18,4	16,5	20,2	17,6
70—80	17,0	20,4	17,2	18,4	19,6	18,5	16,3	20,1	17,7
90—100	18,3	19,8	17,6	18,3	19,1	18,2	16,7	20,2	17,4
140—150	19,7	19,4	19,6	—	—	—	—	—	—

Для выяснения причин сохранения рыхлого сложения плантажированного солонца был определен структурный состав по Н.И. Саввинову (табл. 11).

Как видно из таблицы 11, плантажирование вызывает повышение стойкости структуры к размывающему действию воды. Количество структурных агрегатов размером от 0,5 до 3*мм* увеличилось по всему профилю плантажированном почвы на глубине 0–20 *см* с 8,70 до 19,56%, на глубине 40–60 *см* – с 12,28 до 20,08%. При этом содержание агрегатов размером менее 0,25 *мм* в плантажированноп почве, наоборот, уменьшилось соответственно с 83,78 до 69,77% и с 76,66 до 69,68%.

Таблица 11

Структурный состав почвы по Саввинову (1955 г.)

Варианты	Глубина (в *см*)	Содержание водопрочных агрегатов почвы (в %) по фракциям (в *мм*)						
		более 3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	менее 0,25	сумма фракций от 0,5 до 3 *мм*
Контроль . . .	0—20	0,16	0,24	2,68	5,78	7,36	83,78	8,70
	20—40	—	0,58	5,58	7,66	7,74	78,44	13,82
	40—60	0,38	0,96	4,34	6,98	10,68	76,66	12,28
Плантаж . . .	0—20	—	0,76	6,98	11,84	10,68	69,74	19,58
	20—40	—	0,58	5,32	9,60	8,30	76,20	15,50
	40—60	0,25	1,58	8,90	9,60	9,90	69,68	20,08

Улучшение структурности плантажированных почв отмечено также А.М. Можейко, С.П. Семеновой-Забродиной и др.

Нашими прежними исследованиями было установлено, что почвам пленочно-капиллярного типа увлажнения, к которым относятся почвы опытного участка, свойственно сезонное подтягивание солей в летний период, сменяемое выщелачиванием в холодное и влажное время года.

Дальнейшие наблюдения показали, что плантажирование лугово-степных солонцов способствует лучшему выщелачиванию солей, ослабляет процесс сезонной аккумуляции их и динамику в целом. Так, летом 1957 г. на глубине 50–70 *см* плантажированного солонца количество хлора уменьшилось по сравнению с летом 1955 г. с 1,74 до 0,42 *мг-экв* (табл. 12). Аналогичное действие оказало также гипсование по безотвальной пахоте.

Как известно, реакция среды в карбонатных горизонтах почв повышается; поэтому было интересно проследить за изменением pH после применения плантажной вспашки.

Как показали определения, во всех образцах солонцов, независимо от их обработки обнаруживается отчетливо выраженная щелочная реакция; pH почвенных суспензий в них колеблется в пределах 8,2–8,6 (табл. 13).

Несмотря на извлечение карбонатов в верхний слой, реакция среды в плантажированной почве заметным образом не изменилась; разница в двух десятых щелочного интервала практически ничтож-

на. Следовательно, плантажирование не вызывает резкого повышения щелочности и, по наблюдениям А.М. Можейко и Т.К. Воротника (1954) плантажированных почвах имеет место даже снижение реакции почвенного раствора.

Таблица 12

Содержание ионов (в мг-экв на 100 г.) *в водных вытяжках из солонцов различных вариантов опыта*
(Колхоз «Крым», Джанкойского района)

Варианты	Глубина (в *см*)	1955 г.		1957 г.
		30.III	11.VIII	7.VII
Контроль	0—10	0,10	0,18	0,08
	30—40	0,07	0,08	1,14
	50—70	1,09	1,18	2,11
	70—90	2,73	3,76	3,31
Плантаж	0—10	0,10	0,28	0,08
	30—40	0,81	0,20	0,16
	50—70	0 81	1,74	1,42
	70—90	1,47	1,73	1,77
Гипсование по безотвальной пахоте . .	0—10	0,05	0,12	—
	30 -40	0,05	0,08	—
	50—70	0,96	0,91	0,19
	70—90	1,35	1,72	0,92

Таблица 13

Определение pH в водной суспензии солонцов (1958 г.)

Глубина (в *см*)	Варианты опыта		
	контроль	плантаж	гипсование по безотвальной пахоте
0—20	8,3	8,5	8,2
20—40	8,6	8,5	8,5
40—60	8,2	8,5	8,4

Наблюдениями за развитием растений в 1956–1958 гг. установлено, что в первые два года на плантажированном участке встречались пятна изреженных растений и даже оголенные места. Причина этого явления будет рассмотрена особо несколько ниже. Однако через два года изреженность посевов почти не наблюдалась. Растения на плантажированных участках всегда обгоняли в росте растения других вариантов опыта по высоте, толщине стебля, длине колоса и количеству зерен в колоске.

Поэтому урожай сельскохозяйственных культур здесь всегда был выше, как это видно из данных таблиц 14–16.

Во второй год после закладки опытов плантажирование вызвало прибавку урожая в 3,4 *ц/га* на солонцах и 3,55 *ц/га* на темно-каштановых солонцеватых почвах.

Таблица 14

Урожай озимой пшеницы и суданской травы (в ц/га) на второй год действия (Колхоз «Крым, Джанкойский район, 1956 г.)

Варианты	Урожай	Прибавка	
		ц/га	%
Озимая пшеница			
Контроль I, солонец	7,1	—	—
Плантаж, солонец	10,5	3,4	47
Контроль I, темно-каштановая солонцеватая почва	8,47	—	—
Плантаж, темно-каштановая солонцеватая почва	12,02	3,55	43
*Суданская трава (зеленая масса)**			
Контроль II, солонец	67,1	—	—
Вспашка без отвала на глубину 60 *см*, солонец	79,3	12,2	18
Вспашка без отвала на глубину 40 *см*, солонец	71,1	4,0	6
Гипсование—3 *т/га* по безотвальной вспашке на глубину 40 *см*	73,9	6,8	10

* Суданская трава была посеяна на части опытного участка в связи с вымерзанием там в 1956 г. озимой пшеницы.

Гипсование и другие варианты вызвали меньшую прибавку урожая, чем плантаж.

На третий год действия (1957) наибольшая прибавка урожая озимой пшеницы была получена также на плантажированном участке – 12,7 *ц/га* при урожае на контрольном – 9,8 *ц/га* (таб. 15).

Таблица 15

Урожай озимой пшеницы (в ц/га) *на третий год действия*
(Колхоз «Крым», Джанкойского района, 1957 г.)

Варианты	Урожай	Прибавка		Средняя ошибка опыта		Коэффициент достоверности	Масса корней в слое 60 *см* (*в ц/га*)
		ц/га	%	*m* ц/га	*C* %		
На солонцах без удобрений							
Контроль I	9,8	—	—	0,36	3,6	—	11,12
Плантаж	12,7	2,9	28	0,57	4,5	4,3	15,85
Контроль II	11,9	—		0,51	4,3	—	—
Вспашка без отвала на глубину 60 *см*	12,8	0,9	7	0,52	4,2	1,3	—
Вспашка без отвала на глубину 40 *см*	12,7	0,8	6	0,42	3.3	1,2	–
Гипсование—3 *т/га* по безотвальной вспашке на глубину 40 *см*	13,1	1,3	11	0,59	4,4	1,6	14,60
С внесением 10 т/га навоза и 3 ц/га суперфосфата							
Контроль	10,2	—	—	0,22	2,15	—	
Плантаж	13,1	2,9	28	0,81	6,1	3,4	—

Таблица 16

Урожай озимого ячменя (в ц/га) на четвертый год действия
(Колхоз «Крым», Джанкойского района, 1958 г.)

Варианты	Урожай	Прибавка		Средняя погрешность		Коэффициент достоверности
		ц/га	%	*m* ц/га	*C* %	
На солонцах без удобрений						
Контроль	10,87	—	—	0,16	1,47	—
Плантаж	20,21	9,34	85,92	0,44	2,19	19,95
Вспашка без отвала на глубину 60 *см*	11,82	0,94	8,64	0,52	4,39	1,72
Вспашка без отвала на глубину 40 *см*	11,12	0,25	2,30	0,65	5,83	0,36
Гипсование—3 *т/га* по безотвальной вспашке на глубину 40 *см*	10,78	0,09	—0,8	0,49	4,60	0,17
На солонцах с внесением 2 ц/га суперфосфата по поверхности озимых						
Контроль	13,63	—	—	0,20	1,49	—
Плантаж	19,42	5,72	42,47	0,82	4,1	6,7
Вспашка без отвала на глубину 40 *см*	14,48	0,85	8,51	0,66	4,6	1,2
На солонцах с внесением 3 ц/га гипса по поверхности озимых						
Контроль	13,10	—	—	0,60	4,5	—
Плантаж	20,94	7,84	59,85	1,69	8,07	4,8
Вспашка без отвала на глубину 40 *см*	13,68	0,58	--	0,15	1,09	0,93
На темно-каштановых солонцеватых почвах без удобрений						
Контроль	16,74	—	—	0 70	4,10	—
Плантаж	20,90	4,1	24,8	0,43	2,07	5
Вспашка без отвала на глубину 60 *см*	16,40	—0,34	—2,03	0,50	3,35	0,39
Вспашка без отвала на глубину 40 *см*	16,05	—0,69	—4,12	0,44	2,05	0,83
Гипсование—3 *т/га* по безотвальной вспашке на глубину 40 *см*	17,32	0,58	3,46	0,23	0,31	0,78

Эффективность гипсования оказалась менее сильной.

Следует отметить, что внесение гипса таким путем, как это было сделано при постановке опытов, является не совсем удачным. Гипс вносился после безотвальной вспашки, был заделан в почву лущильниками на глубину 8–10 *см,* вероятно частично просыпался по трещинам и не особенно хорошо перемешался со всей массой пахотного слоя. Поэтому возможно, что невысокая эффективность гипсования в данном опыте объясняется именно не совсем удачным внесением гипса в почву.

Приведенные выше данные урожая могут считаться вполне достоверными – коэффициент достоверности превышает

тройную ошибку; средняя ошибка опыта находится в пределах 0,2–0,8, что допустимо.

Как показал учет распределения массы корней, в плантажированной почве они развиваются значительно лучше – вес их составляет 15,85 *ц/га*/вместо 11,12 *ц/га* на контроле.

На четвертый год опытов урожай озимого ячменя (табл. 16) на плантажированном участке достиг 20,21 *ц/га* на солонце и 20,90 *ц/га* на темно-каштановой почве при урожае на контроле соответственно 10,87 и 16,84 *ц/га*. Другие варианты (безотвальная пахота и т. д.) практически прибавки урожая не вызвали, и степень достоверности этих последних данных не высока. Внесение по поверхности озимых 2 *ц/га* суперфосфата и 3 *ц/га* гипса вызвало прибавку урожая около 2 *ц/га* на обычно вспаханном участке и по безотвальной пахоте, но на плантажированном эффекта не дало.

Следовательно, на лугово-степных солонцовых комплексах с глубокими грунтовыми водами наиболее эффективным приемом окультуривания является глубокая мелиоративная плантажная вспашка, которая способствует улучшению физических и химических свойств почвы и вызывает устойчивое повышение урожая сельскохозяйственных культур.

Рассмотрим результаты опытов на другом участке (совхоз «Молодая гвардия»), где лугово-степные солонцовые комплексы развиваются при более близком залегании грунтовых вод (3–4,5 *м*).

В профиле солонцов вскипание от соляной кислоты обнаруживается с глубины 50 *см*, гипсовый горизонт залегает в среднем с 50 *см,* белоглазка – с 65 *см.* По сравнению с солонцами колхоза «Крым» эти почвы отличаются более близким залеганием сульфатного горизонта и более глубоким – карбонатного.

На следующий год после постановки опытов карбонаты были распределены в почвах различных вариантов следующим образом (табл. 17).

Таблица 17

Содержание $CaCo_3$ (в процентах) *в солонцах на различных вариантах опыта* (Совхоз «Молодая гвардия», 1955 г.)

Глубина (в *см*)	Варианты опыта		
	контроль	плантаж	гипсование по безотвальной вспашке
0—10	1,32	4,12	1,41
20—30	1,35	2,77	1,41
30—40	1,40	2,54	1,42
50—70	13,20	4,86	9,25
70—90	15,95	14,11	16,72

В верхнем полуметре почв контрольной и гипсованной делянок карбонаты содержались в небольших количествах (1,3–1,4%), вырастая до 9,13% на глубине 50–70 *см.* В плантажированном солонце произошло обогащение карбонатами всего мощного пахотного слоя. Однако в верхний слой извлечено меньше карбонатов (4,12%), чем в солонцах колхоза «Крым» (14,8%), что, однако, соответствует внесению достаточно большого количества извести (48 *т/га).* Это различие объясняется меньшей карбонатностью более молодых в эволюционном отношении почв, залегающих на прибрежных территориях, к которым относятся рассматриваемые почвы совхоза «Молодая гвардия».

Последние являются также более гумусированными — в верхнем горизонте солонца содержание гумуса достигает 2% и снижается на глубине 50–70 *см* до 0,6%, в то время как в солонцах колхоза «Крым» величина гумуса падает с 1,5 до 0,3% (табл. 18).

Таблица 18

Содержание гумуса по Тюрину (в процентах) *в солонцах различных вариантов опыта* (Совхоз «Молодая гвардия», 1955 г.)

Глубина (в *см*)	Варианты опыта		
	контроль	плантаж	вспашка без отвала на глубину 40 *см*
0—10	1,85	1,39	2.02
20—30	1,77	1,44	2,0
30 – 40	1,25	1,63	1.31
50—70	0,60	1,33	0,62
70—90	0,37	0,51	0,37

Вследствие указанной особенности плантажирование молодых лугово-степных солонцов Присивашья сопровождается извлечением на поверхность более гумусированной (в данном случае **1**.39% гумуса) и умеренно карбонатной массы, что следует считать положительным моментом их мелиорации.

Еще одно отличие лугово-степных солонцов, развивающихся на близких грунтовых водах, заключается в более высоком содержании обменного натрия, пополняемом из грунтовых вод. Если в солонцеватом горизонте лугово-степных солонцов колхоза «Крым» количество натрия составляло 5,6 *мг-экв*, или 23% от емкости, то в солонцах совхоза «Молодая гвардия» оно возросло до 10,21 *мг-экв*, или 39,5% от емкости. Плантажирование последних вызвало также некоторое повышение содержания

натрия в верхнем (до 30 *см*) слое и резкое снижение его (почти в два раза) в нижней части пахотного слоя (табл. 19).

Таблица 19

Емкость поглощения катионов и обменный натрий в солонцах различных вариантов опыта (Совхоз «Молодая гвардия», 1955 г.)

Глубина (в *см*)	Варианты опыта								
	контроль			плантаж			вспашка без отвала на глубину 40 *см*		
	емкость (в *мг-экв*)	Na		емкость (в *мг-экв*)	Na		емкость (в *мг-экв*)	Na	
		мг-экв	в % от емкости		*мг-экв*	в % от емкости		*мг-экв*	в % от емкости
0—20	24,32	2,12	8,71	25,84	3,48	13,46	22,80	1,57	6,88
20—30	28,68	2,63	9,11	27,16	4,75	17,48	25,84	2,93	11,33
30—40	25,84	10,21	39,50	28,68	6,12	21,33	24,32	9,27	38,11

Анализы водных вытяжек (табл. 17, 18) из почв различных вариантов показывают, что в солонцах до глубины 50 *см* содержится мало водорастворимых солей (0,2%), но с глубины 50 *см* количество их возрастает до 1,3%, и, хотя здесь обнаруживается повышенное содержание ионов хлора (0,07%), тип засоленности остается сульфатно-кальциевым.

Однако плантажирование этих почв также не вызывает заметного засоления пахотного слоя хлоридами. На следующий год после вспашки их содержание было равно 0,2–1,1 *мг-экв* и не достигло токсической величины. Вместе с тем наблюдалось дальнейшее опреснение почвенного профиля. Так, в августе 1955 г. количество хлора в водной вытяжке снизилось на глубине 50–70 *см* до 0,23 *мг-экв* при 2,02 *мг-экв* на контроле, а на глубине 70–90 *см* соответственно: 3,06 против 5,19 *мг-экв*.

Общая щелочность водной вытяжки не высока – 0,02 – 0,05% (табл. 20), т. е. ниже, чем в солонцах колхоза «Крым». Реакция почвенного раствора здесь также более благоприятна для развития растений – pH колеблется в пределах 7,2–7,9. Плантажирование несколько повышает pH – с 7,2 до 7,9, но это повышение не является вредным для сельскохозяйственных культур (табл. 21).

О состоянии водно-физических свойств рассматриваемых почв можно судить по данным определения объемного веса и влажности на четвертый год опытов (табл. 22, 23).

При анализе данных объемного веса (табл. 22) снова приходится убеждаться в правильности вывода о длительном сохранении рыхлости плантажированной почвы и быстрой слеживаемости почвы, гипсованной по безотвальной пахоте. В

плантажированном солонце объемный вес значительно ниже (1,03–1,36), чем в обычно вспаханном (1,33–1,54) и гипсованном по безотвальной вспашке (1,33–1,54). Точно такая же закономерность наблюдается в профилях лугово-каштановых солонцеватых почв с различной обработкой.

Таблица 20

Данные анализа водной вытяжки из образцов солонца
(в процентах) (Совхоз «Молодая гвардия», 1955 г.)

Наименование анализов	29 марта				10 августа			
	глубина (в *см*)							
	0—10	30—40	50—70	70—90	0—10	30—40	50—70	70—90
				Контроль				
Плотный остаток	0,238	0,280	1,311	1,460	0,126	0,399	0,561	1,788
Общая щелочность HCO'_3	0,026	0,043	0,016	0,021	0,009	0,028	0,025	0,019
Cl'	0,010	0,022	0,071	0,136	0,009	0,027	0,079	0,181
SO_4''	0,017	0,086	0,738	0,746	0,021	0,022	0,275	0,964
$Ca^{\cdot\cdot}$	нет	0,004	0,176	0,207	0,004	0,007	0,033	0,220
$Mg^{\cdot\cdot}$	нет	0,002	0,043	0,052	0,0006	0,001	0,022	0,070
$Na^{\cdot}$ (по разности)	0,024	0,062	0,122	0,117	0,011	0,028	0,111	0,201
				Плантаж				
Плотный остаток	0,290	0,394	0,359	1,872	0,154	0,285	0,299	1,291
Общая щелочность HCO'_3	0,056	0,046	0,027	0,019	0,036	0,025	0,032	0,022
Cl'	0,007	0,010	0,010	0,129	0,011	0,007	0,078	0,107
SO_4''	0,100	0,187	0,165	1,053	0,021	0,025	0,085	0,549
$Ca^{\cdot\cdot}$	0,008	0,013	0,026	0,209	0,013	0,010	0,014	0,094
$Mg^{\cdot\cdot}$	0,002	0,002	0,011	0,058	0,001	0,001	0,006	0,037
$Na^{\cdot}$ (по разности)	0,060	0,093	0,064	0,243	0,013	0,012	0,075	0,163
				Гипсование по безотвальной вспашке				
Плотный остаток	0,136	0,479	1,273	1,558	0,160	0,371	1,541	2,012
Общая щелочность HCO'_3	0,039	0,028	0,019	0,019	0,016	0,029	0,016	0,019
Cl'	0,005	0,105	0,106	0,137	0,025	0,014	0,081	0,254
SO_4''	0,030	0,126	0,665	0,747	0,023	0,042	0,841	1,064
$Ca^{\cdot\cdot}$	0,005	0,013	0,167	0,183	0,008	0,010	0,197	0,255
$Mg^{\cdot\cdot}$	0,001	0,004	0,043	0,059	0,004	0,002	0,046	0,065
$Na^{\cdot}$ (по разности)	0,024	0,116	0,120	0,131	0,015	0,023	0,147	0,245

Таблица 21

Величина pH суспензии в почвах различных вариантов опыта
(Совхоз «Молодая гвардия», 1958 г. Солонцы)

Глубина (в *см*)	Варианты опыта		
	контроль	плантаж	гипсование по безотвальной вспашке
0—20	7,2	7,9	7,2
20—40	7,5	7,8	7,2
40—60	7,7	7,7	7,9

Таблица 22

Объемный вес почв различных вариантов опыта
(Совхоз «Молодая гвардия», 1958 г.)

Глубина (в *см*)	Солонец			Лугово-каштановая солонцеватая почва		
	контроль	плантаж	гипсование по безотвальной вспашке	контроль	плантаж	гипсование по безотвальной вспашке
0—10	1,33	1,03	1,33	1,00	0,95	1,05
20—30	1,39	1,23	1,35	1,27	1,20	1,15
40—50	1,54	1,36	1,54	1,42	1,23	1,42
60—70	1,59	1,51	1,53	1,55	1,22	1,53

Таблица 23

Влажность (в процентах) *в почвах различных вариантов опыта*
(Совхоз «Молодая гвардия», 1958 г.)

Глубина (в *см*)	Солонцы			Лугово-каштановая солонцеватая почва		
	контроль	плантаж	гипсование по безотвальной вспашке	контроль	плантаж	гипсование по безотвальной вспашке
			22 апреля. Всходы овса			
0—10	17,80	23,42	17,07	21,55	23,90	21,36
20—30	23,62	24,41	23,89	20.15	25,71	25,45
40—50	23,09	23,70	23,68	19,78	22,66	23,76
60—70	19,82	20,79	21,12	18,51	18,29	18,84
90—100	21,02	20,82	21,73	19,27	19,17	19,13
140—150	20,91	25,33	22,36	20,62	20,59	20,92
			17 июня. Цветение овса			
0—10	19,28	32.82	23,63	13 75	15,19	15,40
20—30	19,97	31,81	23,91	13,62	15,24	15,00
40—50	22,54	23,65	22,53	14,38	15,34	15,82
60—70	23,69	21,77	22,27	15,46	15,(6	14,94
90—100	23,43	21,16	21,09	18,28	18,08	18,32
			10 июля. Полная спелость овса			
0—10	16,02	15,19	14,26	7,53	10,85	11.38
20—30	17,80	15,51	15,90	13,99	14,91	14,00
40—50	16,80	15,59	17,56	14,57	14,65	14,18
60—70	19,57	20,63	19,73	15,75	15,06	15,67
90—100	20,93	21,10	20,98	18,71	15,96	16,33

Однако в водном режиме этих почв обнаруживается нечто новое по сравнению с почвами колхоза «Крым».

Во-первых, оказалось, что относительно близкое залегание грунтовых вод несколько сглаживает различие в водном режиме почв рассматриваемых вариантов опыта. Поднимающиеся снизу пленочно-капиллярные растворы равномерно увлажняют почвообразующую породу и нижнюю часть почвенного профиля. Поэтому содержание влаги здесь бывает довольно высоким и примерно одинаковым.

Лугово-каштановые почвы несколько выделяются меньшей влажностью, но это объясняется тем, что стационарные площадки на этих почвах расположены в верхней части участка, где грунтовые воды находятся глубже 4 *м*, а площадки на солонцах – в нижней. Кроме того, в июле выпало много осадков, которые прошли полосой и увлажнили в основном нижнюю часть участка, где преобладают солонцы, мало затронув верхнюю часть. Поэтому обнаруживается такая заметная разница во влажности верхних горизонтов в два летних срока. Это отразилось на урожае овса, который на лугово-каштановых солонцеватых почвах оказался ниже (табл. 23).

Второе обстоятельство, обращающее на себя внимание, состоит в более заметном, чем в остепненных почвах, накоплении влаги в почвах, гипсованных по безотвальной вспашке на четвертый год опытов. Объяснение этому мы видим в дополнительном поступлении влаги снизу, от грунтовых вод, после разрыхления уплотненного горизонта. Особенно это заметно в плантажированном солонце, где солонцеватый горизонт после механического измельчения и смешивания с карбонатной массой перестает играть роль водонепроницаемого экрана, и влага с легкостью устремляется по профилю почвы как сверху вниз, так и снизу вверх. Это хорошо иллюстрируется данными определения влажности 17 июня, после выпадения осадков. В верхнем горизонте солонцов количество влаги было равно: 19% на контроле, 30– на плантаже и 23% – на гипсованном фоне по безотвальной вспашке.

Однако преимущество в накоплении влаги остается за плантажной вспашкой, в чем нетрудно убедиться, рассмотрев приведенную таблицу.

На этом стационаре растения развивались несколько лучше, чем в колхозе «Крым», и на плантажированном участке всходы были дружнее, а изреженность меньше.

На протяжении всей вегетации растения, плантажированного участка обгоняли в росте растения других вариантов опыта (рис. 1). Особенно большая разница в высоте растений наблюдалась во второй половине вегетационного периода. В это

время рост растений на плантаже был больше окружающих на 20–30 *см*. В 1958 г. длина метелки овса на плантаже достигла 14,7 *см* против 11,5 *см* на контроле и 13,3 *см* на гипсованном участке по безотвальной вспашке; количество колосков соответственно равнялось 21, 12 и 15. Все эти данные хорошо согласуются с результатом учета урожая.

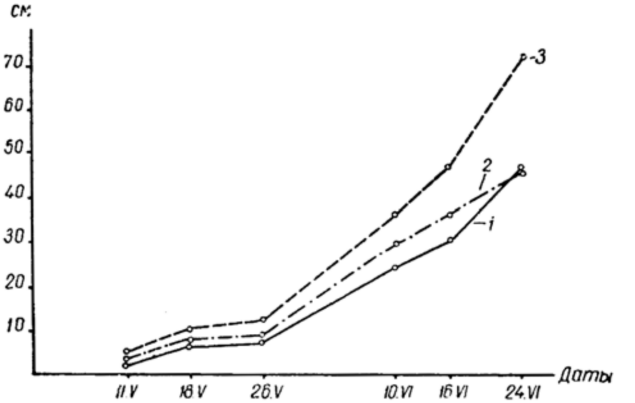


Рис 1. Динамика роста овса в 1958 г.:
1 – контроль; 2 – гипс (3 т/га по безотвальной пахоте);
3 – плантаж.

Урожай озимой пшеницы в 1957 г. показал, что наибольшую эффективность вызывает плантажная вспашка (18,7 *ц/га* на солонцах при урожае на контроле 7,7 *ц/га*). Заметное повышение урожая наблюдается также после внесения удобрений (навоз, суперфосфат). На лугово-каштановых солонцеватых почвах разница между вариантами контроль и плантаж несколько меньше, прибавка равна 4,28 *ц/га* при урожае на контроле 16,7 *ц/га*.

Значительная прибавка урожая получена также от гипсования по безотвальной пахоте – 2,9 *ц/га* и по глубокой безотвальной пахоте– 2,9–3,9 *ц/га* (табл. 24).

Следует отметить высокую степень достоверности урожайных данных. Коэффициент достоверности на всех вариантах более чем в три раза превышает среднюю погрешность, которая колеблется в допустимых пределах (0,3–0,8).

Учет массы корней показывает, что в этом опыте на плантажированной почве лучше развивается корневая система, вес которой в 60-сантиметровом слое почвы составляет 11 *ц/га* при 7,43 *ц/га* на контроле.

На четвертый год действия приемов мелиорации (табл. 25) по-прежнему наблюдалась очень высокая эффективность

плантажной вспашки: прибавка урожая овса достигла 5 *ц/га* при урожае на контроле в 14–15 *ц/га*. Последействие удобрений, внесенных год назад, также еще сказывалось, но несколько слабее. Обращает на себя внимание более низкая урожайность овса на лугово-каштановых солонцеватых почвах, причину которой мы объяснили раньше.

Таблица 24

Урожай озимой пшеницы. Третий год действия
(Совхоз «Молодая гвардия», 1957 г.)

Варианты	Урожай (в *ц/га*)	Прибавка		Средняя ошибка опыта		Коэффициент достоверности	Масса корней в слое 60 *см* (в *ц/га*)
		ц/га	%	*m* *ц/га*	*C* %		
На солонцах без удобрений							
Контроль (среднее из двух)	7,7	—	—	0,37	4,8	—	7,43
Плантаж	18,7	11	143	0,74	3,95	13	11
Вспашка без отвала на глубину 60 *см*	10,6	2,9	37	0,95	8,96	2,9	—
То же, на глубину 40 *см*	11,6	3,9	50	0,75	6,49	9	—
Гипсование—3 *т/га* по безотвальной вспашке на глубину 40 *см*	10,6	2,9	37	0,31	2,92	6	8,49
С *внесением 14 т/га навоза и 3 ц/га суперфосфата*							
Контроль	12,6	—	—	0,50	3,9	—	—
Плантаж	19,4	6,8	50	0,81	4	7	—
Вспашка без отвала на глубину 50 *см*	16,5	3,9	23	0,45	2,72	5	—
То же, на глубину 40 *см*	14,8	2,2	17	0,28	1,8	4	—
Гипсование—3 *т/га* по безотвальной вспашке на глубину 40 *см*	15,0	2,4	18	0,3	2,3	4	—
На лугово-каштановых солонцеватых почвах без удобрений							
Контроль (среднее из двух)	16,7	—	—	0,8	4,5	—	—
Плантаж	20,98	4,28	25	0,62	2,96	4,1	—
Вспашка без отвала на глубину 60 *см*	20,5	3,8	22	0,30	1,46	4	—
То же, на глубину 40 см	19,4	2,7	16	0,62	3,2	2,4	—
Гипсование—3 *т/га* по безотвальной вспашке на глубину 40 *см*	19,7	3,0	18	0,49	2,4	1,4	—

Снова наблюдается довольно высокая прибавка урожая (в среднем около 3 *ц/га*) от применения безотвальной пахоты.

Таким образом, приведенный выше материал свидетельствует о том, что на лугово-степных комплексах низкой ступени (грунтовые воды – на глубине 3–5 *м*) плантажная вспашка является приемом коренного окультуривания солонцов, поскольку

она вызывает глубокие химические изменения в почвах и улучшает водно-физические свойства, которые сохраняются длительное время. Изменяется направление процесса почвообразования в сторону рассолонцевания и опреснения. Вследствие более глубокой гумусированности этих почв, а также большого грунтового увлажнения эффективность плантажной вспашки здесь повышается по сравнению с эффективностью такой вспашки на почвах, развивающихся на более глубоких грунтовых водах.

Таблица 25

Данные урожая овса. Четвертый год действия
(Совхоз «Молодая гвардия», 1958 г.)

Варианты	Урожай (ц/га)	Прибавка		Погрешность опыта		Коэффициент достоверности
		ц/га	%	ц/га	%	
На солонцах без удобрений						
Контроль (среднее из двух)	14,83	—	—	0,48	3,28	—
Плантаж	19,9	5,07	34,12	0,23	1,14	9,54
Безотвальная вспашка на глубину 60 *см*	16,42	1,59	10,7	0.22	1,35	3,06
То же, на глубину 40 *см*	18,85	4,02	27,1	0,14	0,74	8,0
Гипсование—3 *т/га* по безотвальной вспашке на глубину 40 *см*	18,53	3,70	24,9	0,27	1,48	7,0
На солонцах, последействие 14 т/га навоза и 3 ц/га суперфосфата						
Контроль	15,84	—	—	0,46	2,91	—
Плантаж	21,35	5,51	34,8	0,28	1,33	10,2
Безотвальная вспашка на глубину 60 *см*	19,15	3,31	20,9	0,50	2,63	4,8
То же, на глубину 40 *см*	18,86	3,02	19,06	0,34	2,61	5,2
Гипсование—3 *т/га* по безотвальной вспашке на глубину 40 *см*	19,07	3,23	20,40	0,30	1,58	6,2
На лугово-каштановых солонцеватых почвах без удобрений						
Контроль (среднее из двух)	13,42	—	—	0,25	2,02	—
Плантаж	18,58	5,16	38,45	0,23	1,17	15,2
Безотвальная вспашка на глубину 60 *см*	17,03	3,60	26,90	0,16	0,93	12,8
То же, на глубину 40 *см*	17,11	3,69	27,49	0,41	2,41	7,6
Гипсование—3 *ц/га* по безотвальной вспашке на глубину 40 *см*	16,44	3,02	22,5	0,21	1,26	9,2

Об этом можно судить даже по результатам урожайности.

В совхозе «Молодая гвардия» прибавка урожая в среднем за два года по всем фонам плантажной вспашки составила 6 *ц/га*, а в колхозе «Крым» за первые два года – 3 *ц/га*, за три года –4 *ц/га*.

Безотвальная вспашка не может считаться приемом окультуривания, поскольку она не вызывает изменений почвообразовательного процесса. Химический состав почв остается

прежним, солонцеватость нисколько не уменьшается, изменяются только водно-физические свойства за счет разрыхления уплотненного горизонта и повышения фильтрационной способности.

В условиях относительной близости грунтовых вод разрыхление способствует дополнительному притоку влаги снизу и возможному использованию ее растениями.

Однако преимущества в водно-физических свойствах кратковременны, и через некоторое время почва возвращается к исходному состоянию.

Необходимо отметить, что вопрос о способе внесения гипса при сочетании гипсования с безотвальной вспашкой нуждается в уточнении.

В данной статье предстоит еще рассмотреть результаты производственных испытаний плантажной вспашки и дополнительные опыты по уточнению агротехники приема глубокой мелиоративной пахоты.

Установленная на стационарах высокая эффективность плантажной вспашки лугово-степных солонцовых почв подтверждается также данными производственного испытания этого приема, организованного в 1955 г. в ряде колхозов и совхозов Крымской области (табл. 26).

Таблица 26

Урожай озимой пшеницы в колхозах и совхозах Крымской области на участках производственного испытания плантажа. Второй и третий годы действия

Название колхоза или совхоза	Урожаи (в ц/га)		Прибавка (в ц/га)
	контроль	плантаж	
1957 г.			
Совхоз „Серый каракуль", Красноперекопского района	28,8	31,5	2,6
Колхоз им. Фрунзе, Джанкойского района	18	29	11
Совхоз „Ленинский", Ленинского района	18,3	20,8	2,5
Колхоз им. Калинина, Джанкойского района	18	27	9
Совхоз „Семисотка", Ленинского района	23	26	3
Совхоз „Приморский", Раздольненского района [1]	23,4	20,5	—2,9
1958 г.			
Колхоз им. Фрунзе, Джанкойского района	11	17,3	6,3
Колхоз „Крым", Джанкойского района	10	17	7
Совхоз „Семисотка", Ленинского района (посев овса)	23,3	26	2,7
Совхоз „Присивашный", Советского района	18,1	16,8	1,3
Колхоз им. Калинина, Раздольненского района	16,1	17,3	1,2
Колхоз им. Сталина, Азовского района	22,5	23,7	2,2
Совхоз „Таврический", Красноперекопского района	18	19	1
Колхоз им. Ленина, Азовского района [2]	18,1	15,1	—3

[1] Имел место запал зерна
[2] Опыт заложен на луговых комплексах.

Как видно из таблицы 26, испытание дало в общем положительные результаты. Прибавка урожая колебалась в широких пределах, но в среднем за два года по всем участкам (без отрицательных данных) она составила более 3 *ц/га*.

Отрицательные результаты получены только на участке с луговыми комплексами или в связи с запалом зерна.

Снижение урожая при плантажировании луговых солонцовых комплексов с близким уровнем грунтовых вод объясняется следующим. Солонцеватый горизонт, выполняющий роль своеобразной пробки по отношению к восходящим почвенным растворам, после разрыхления и перемешивания перестает играть эту роль. Поэтому, когда грунтовые воды залегают очень близко (1,5–2 *м*), солевые растворы с большей легкостью устремляются по почвенному профилю, достигают самой поверхности и засоляют почву, образуя иногда корку солей.

Механизм такого процесса был раскрыт нами в специальном модельном опыте с засолением монолитов плантажированного и неплантажированного солонца (см. нашу статью «Об особенностях мелиорации луговых солонцов» в этом же сборнике).

В этой связи на территории луговых солонцовых комплексов, в отличие от лугово-степных, плантаж, как и вообще любую глубокую вспашку, применять нельзя.

Заслуживает внимания вопрос о подверженности посевов плантажированных участков суховейным ветрам. Накопление больших запасов влаги и некоторое запаздывание с появлением всходов в первый год после плантажной вспашки ведет к растягиванию вегетационного периода. Растения, более обеспеченные влагой, длительнее вегетируют, как бы «жируют» и не спешат с созреванием, как это обычно наблюдается на посевах, расположенных в понижениях рельефа – по днищам балок и лощин.

Поэтому, если на участке с обычной вспашкой посевы в период созревания имеют желтоватый цвет, то па плантажированном участке они стоят еще зеленые. И когда в этот период внезапно наступает очень жаркая погода с суховейными ветрами, зерно на плантажированном поле начинает усыхать, сморщиваться, «запаливаться».

Такое явление наблюдалось в 1957 г. в совхозе «Приморском». В фазу колошения виды на урожай были хорошими, а

после суховея он оказался на 3 *ц/га* ниже, чем на контрольном участке.

В более «старых» плантажированных участках происходит обратное явление – вегетационный период растений сокращается. Объясняется это тем, что семена озимых культур скорее прорастают на более обеспеченных влагой плантажированных полях, растения лучше укореняются и хорошо перезимовывают. Весной они, как более сильные, раньше начинают вегетировать и скорее созревают.

В 1958 г. в колхозе «Путь к коммунизму», Приморского района, фазы развития озимой пшеницы на староплантажированном участке наступали на 3–4 дня раньше, чем на контроле, пшеница быстрее созрела и раньше других была убрана. Поэтому в первые один-два года посевы на свежеплантажированных участках в большей степени подвержены действию суховеев, чем посевы на обычной вспашке, однако на старо-плантажированных полях они, наоборот, более устойчивы.

Опыты в колхозах подтвердили прежние выводы о том, что плантажная вспашка должна проводиться строго на установленную глубину, при которой будет извлечен слой глины, содержащий карбонаты или гипс. Уменьшение глубины вспашки может привести к сильному ухудшению почвы, так как при мелкой плантажной вспашке солонцов наверх извлекается горизонт, лишенный карбонатов кальция или гипса и содержащий максимальное количество обменного натрия; пятна солонцов после такой вспашки остаются на прежнем месте, а агрофизические свойства почв ухудшаются.

Производственные опыты, как и опыты на стационарах, вскрыли одну особенность развития растений на плантажированных участках, которую необходимо рассмотреть подробнее.

Вопрос заключается в том, что на свежеплантажированных участках в первые один-два года обнаруживается разновременность в появлении всходов озимой пшеницы и их изреженность.

С целью выяснения причин этого явления в мае 1956 г. в колхозе им. Кирова, Раздольненского района, в различных местах опытного поля были сделаны прикопки, взяты образцы почв для анализа и замерена высота растений и глубина распространения их корневой системы.

Приводим описание прикопок.

Р. 275. Контрольный участок (вспашка на 20 *см*). Состояние озимой пшеницы хорошее, высота растений – 45 *см*. Корни растений прослеживаются до глубины 40 *см*, остатки материнского семени – на глубине 7–8 *см*. Почва с поверхности до 22 *см* имеет темно-серую окраску со слабым буроватым оттенком, с 22 до 40 *см*

– темно-серую, с 40 *см* до 60 *см* – буровато-серую. Вскипание обнаруживается с 41 *см*.

Р. 274. Плантажированное поле с хорошим развитием озимой пшеницы. Высота растений – 60 *см*, цвет темно-зеленый, глубина обильного распространения корней – 60 *см*, остатки материнского семени – на глубине 8 *см*. Почва с поверхности до 22–30 *см* имеет буровато-серую окраску, вспучивается от действия 10-процентной соляной кислоты; сложение плотноватое. Ниже, до глубины 60 *см*, прослеживается масса гумусового солонцеватого и карбонатного горизонта.

Р. 273. Средина плантажированного поля, место свала пластов. Развитие растений хорошее, высота их – 60 *см*, окраска темно-зеленая. Корни хорошо развиты, прослеживаются до глубины 50 *см*. Цвет почвы темно-серый с буроватым оттенком.

Р. 272. Плантаж, оголенное пятно без растений с большой массой извлеченного карбонатного горизонта на поверхности. Слой бурой глины –18 *см*, бурно вскипает от действия 10-процентной соляной кислоты; сложение очень рыхлое. На окраине голого пятна несколько кустиков растений бледно-зеленого цвета, высотой в 15 *см*, глубина распространения корневой системы – 20 *см*, остатки материнского семени – на глубине 12–13 *см*.

Таким образом, на контрольном участке высота растений достигала 45 *см*, на плантаже – 60 *см* и на отдельных изреженных пятнах с наиболее рыхлой почвой – 15 *см*. Глубина распространения основной массы корней на контроле – 40 *см*, на хорошем участке плантажа – 60 *см* и на плохом – 20 *см*. Остатки материнского семени соответственно на глубинах: 8, 8 и 13 *см*.

Для того чтобы установить, какое влияние мог оказать состав почвы на состояние растений, были выполнены некоторые анализы (табл. 27).

Таблица 27

Содержание карбонатов кальция, ионов хлора, обменного кальция и нитратов в темно-каштановой солонцеватой почве 25 мая 1956 г.

№ разреза и варианты опыта	Глубина (в *см*)	$CaCO_3$ (в %)	Cl' (в %)	$Ca^{\cdot\cdot}$ обменный (в *мг-экв*)	NO_3' (в *мг* на 100 *г* почвы)
Р. 275 Контроль	0—10	0,73	0,004	21,38	0,42
	10—20	0,99	0,002	19,32	0,44
Р. 274 Плантаж с хорошим развитием растений	0—10	2,08	0,004	20,94	0,50
	10—20	0,95	0,004	18,61	0,61
	30—40	1,11	0,005	—	—
Р. 273 Плантаж; место свала. Хорошее развитие растений	0—10	1,63	0,003	—	1,42
	10—20	1,99	0,004	—	0,76
	20—30	1,31	0,004	—	—
Р. 272 Плантаж; голое пятно без растений	0–10	6,27	0.002	15,50	3,92
	10—20	5,78	0.004	12,52	3,89
	20—30	0,92	0,005	14,40	—

Из данных анализа видно, что оголенное от растений пятно плантажированной почвы характеризуется наибольшим содержанием карбонатов (6%), незначительным содержанием ионов хлора в водной вытяжке (0,002–0,005%) и пониженным количеством обменного кальция (12–15 *мг-экв* вместо 19–21 на контроле).

Поскольку карбонат кальция является безвредной для растений солью, содержание его в количестве 6% не могло служить причиной гибели растений. Должна быть исключена также возможность токсического влияния хлоридов, ввиду их ничтожной величины. Следовательно, со стороны химического состава почвы никакого отрицательного воздействия на развитие растений произойти не могло.

Учитывая, что в наиболее изреженных участках плантажированного поля семена озимой пшеницы находились на большей глубине, чем на контрольном участке, причину изреженности растений следовало искать в глубокой заделке семян при посеве в рыхлую почву.

Такое предположение нуждалось в экспериментальной проверке. С этой целью ставился специальный микроделяночный опыт с различной глубиной заделки семян при посеве в плантажированную почву.

В марте 1958 г. в колхозе «Крым», Джанкойского района, был посеян яровой ячмень на глубину 6, 8, 10, 12 и 14 *см* на маленькие делянки площадью в 1 $м^2$ в трехкратной повторности.

Всходы первых трех вариантов (6, 8 и 10 *см*) появились раньше и имели темно-зеленую окраску. Растения последних двух вариантов (12 и 14 *см*) взошли позже и были бледно окрашены, с бурыми пятнами на листовой поверхности. Большее количество погибших растений (21%) отмечалось среди вариантов в 12, 14 и 6 *см*.

Дальнейшее развитие растений проходило неодинаково. 27 апреля ячмень первых трех вариантов находился в стадии кущения, в то время как на последних двух вариантах он имел всего по 1–2 листочка. Отставание в развитии ячменя, посеянного на глубину 12 и 14 *см*, наблюдалось на протяжении почти всего вегетационного периода (табл. 28).

Число растении, раскустившихся 6 мая, в последних двух вариантах было равно 10–12, в то время как в первых трех – 63–69. Заметно меньшей была и густота стояния растений в фазе выхода в трубку – 215–226 при 306–375 растениях первых вариантов; соответственное различие было и в высоте растений – 21–24 *см* и 28–29 *см*.

Таблица 28

Данные фенологических наблюдений за развитием ярового ячменя

Глубина посева (в *см*)	Количество погибших растений (в %)	Количество раскустившихся растений (в %)		Густота стояния в фазе выхода в трубку	Высота растений (в *см*)				Количество продуктивных стеблей
		6. V.	12.V	26.V	26.V	3.VI	10.VI	16.V I	
6	22	69	78	305	28,7	36,5	39,1	41	224
8	15	63	81	306	29,5	37,6	40,3	42,2	284
10	13	65	76	375	29,8	38,9	41,5	44,3	319
12	21	10	34	215	24,4	35,7	39,5	42	173
14	21	12	36	226	21,5	35,7	42,9	44	178

К концу вегетационного периода растения сравнялись по росту, и разница между ними сгладилась, однако количество продуктивных стеблей у растений, посеянных глубоко (12 и 14 *см*) было заметно меньшим, чем у посеянных на глубину 8 и 10 *см* (173–178 против 284–319).

Таким образом, опыт показал, что при глубокой заделке семян в плантажированную почву (12–14 *см*) растения всходят позже, подвергаются большей гибели, запаздывают в наступлении фенологических фаз и дают меньшее количество продуктивных стеблей.

Большая рыхлость плантажированного поля в первые один-два года после пахоты вызывает заглубление сошников сеялки при посеве, семена ложатся на большую глубину, чем на обычно вспаханном участке, поэтому всходы появляются позже и бывают изреженными.

В связи с этим возникла мысль о возможности заменить обычную вспашку плантажированного поля лущением, чтобы не сильно взрыхлять почву.

С этой целью был поставлен дополнительный опыт в колхозе «Крым» и в совхозе «Молодая гвардия».

После уборки урожая озимой пшеницы в 1957 г. плантажированное поле было разделено на две части; одна часть вспахана на 20 *см*, как и весь участок, вторая взлущена многолемешными лущильниками на глубину 12–14 *см*. В колхозе «Крым» в сентябре был посеян озимый ячмень, а в совхозе «Молодая гвардия» весной 1958 г. – овес.

В колхозе «Крым» на взлущенном участке растения действительно взошли лучше, и количество их на квадратный метр было больше, чем на вспаханном участке, что видно из таблицы 29.

В фазе кущения наибольшая густота растений отмечалась на плантажированном взлущенном участке (1107) и меньшая на вспаханном (868). В период выхода в трубку разница между этими

двумя вариантами стала сглаживаться, и к моменту молочно-восковой спелости количество продуктивных стеблей на обоих вариантах было почти одинаковым (328 и 353).

Таблица 29

Фенологические наблюдения за озимым ячменем
(колхоз «Крым», 1958 г.)

Варианты опыта	Количество растений на 1 м²		Количество продуктивных стеблей
	фаза кущения	выход в трубку	
Контроль	489	254	118
Плантаж вспаханный	868	491	328
взлущенный	1107	542	353

Биометрические наблюдения и учет урожая (табл. 30) показали, что на взлущенном участке высота стебля озимого ячменя выше, толщина его больше, колос длиннее, но вес колоса и абсолютный вес зерна меньше (39 *г* вместо 44 на вспаханном участке). Поэтому общий урожай озимого ячменя на вспаханном участке выше, чем на взлущенном (20,21 *ц/га* против 17,1).

Таблица 30

Урожай озимого ячменя и структура урожая
(колхоз «Крым», 1958 г.)

Варианты опыта	Длина стебля (в *см*)	Толщина стебля (в *см*)	Длина колоса (в *см*)	Вес колоса (в *г*)	Количество зерна в колосе	Абсолютный вес зерна	Урожай (в *ц/га*)
Контроль	56,8	0,34	4,9	1,2	30	38,9	10,87
Плантаж вспаханный	77,6	0,43	5,9	1,8	39	44,0	20,21
„ взлущенный	86,7	0,47	6,3	1,6	40	39,0	17,10

Объяснение этого положения следует искать в большем накоплении влаги во вспаханном участке за счет лучшего просачивания осадков вниз (табл. 31).

Таблица 31

Влажность плантажированной почвы (1958 г.)

Глубина (в *см*)	21.IV		21.V		13.VI	
	Плантаж					
	вспаханный	взлущенный	вспаханный	взлущенный	вспаханный	взлущенный
0—10	20,7	21,1	13,6	13,6	21,2	22,5
20—30	21,9	22,2	19,2	18,0	18,3	18,5
40—50	20,7	20,8	21,0	20,2	22,1	21,0
50—60	21,5	18,7	20,1	20,0	20,2	20,0
70—80	17,8	18,0	19,6	16,9	20,1	20,2
90—100	17,1	17,5	19,1	16,5	20,2	20,0

Из приведенных в таблице 31 данных видно, что в мае и июне на вспаханном участке содержалось несколько больше влаги, чем на взлущенном.

Однако не только этим объясняется такое различие.

Возможно, что основная причина кроется в различной степени засоренности этих участков.

В первые годы после плантажной вспашки общая засоренность ослабевает. Однако, как видно из таблицы 32, на взлущенном плантажированном участке количество сорняков стало больше, чем на вспаханном (232 против 136), хотя в общем значительно меньше, чем на контроле.

Таблица 32

Количество сорных растений

Варианты	Количество растений (в тыс. на 1 *га*)
Контроль	390
Плантаж вспаханный	136
» взлущенный	232

Поэтому, несмотря на лучшие всходы семян на взлущенном участке, дальнейшее развитие растений здесь стало угнетаться сорной растительностью. К тому же на взлущенном участке несколько меньше накапливалось влаги. В результате урожай сельскохозяйственных культур на нем оказался ниже.

Как видно из таблицы 33, в совхозе «Молодая гвардия» всходы овса также были лучшими и количество растений на взлущенном участке больше, чем на вспаханном (425 против 345).

Таблица 33

Данные фенологических наблюдений, засоренности и учета урожая в опытах

Варианты	Густота стояния овса	Высота овса (в *см*)				Общая засоренность (в тыс на 1 *га*)	Количество продуктивных стеблей	Урожай
		11.V	26.V	16.VI	24.VI			
Контроль	308	2,4	7,3	30,4	46	268	392	14,1
Плантаж вспаханный	345	4,6	12,2	47	71	98	525	19,9
„ взлущенный	425	3	9,2	42	54	177	527	18,8

Но дальнейшее развитие овса в этом опыте было лучше, и урожай больше на вспаханном участке.

Засоренность взлущенного участка была больше и здесь.

Таким образом, на основании данных одного года можно считать, что в связи с большей засоренностью поля и некоторым снижением урожая сельскохозяйственных культур не следует заменять вспашку лущением.

Более целесообразным, вероятно, будет предпосевное прикатывание почвы тяжелыми катками. Вопрос этот уточняется.

Практически необходимость применения особого агротехнического приема на плантажированных почвах возникает только в первые два года после вспашки, поскольку на третий год изреженность растений почти не наблюдается.

Остановимся вкратце на экономической оценке плантажной вспашки. В условиях Крымской области стоимость плантажной вспашки 1 *га* на глубину 60–65 *см* составляет 200 руб. В случае получения прибавки урожая в 3 *ц/га* доход от реализации этой прибавки составит 180 руб., и затраты на мелиорацию окупятся в основном в первый год.

Здесь мы не рассматриваем наших прежних материалов об эффективности гипсования. Можно лишь отметить, что к гипсованию целесообразно прибегать в трех случаях:

1) когда нельзя глубоко пахать из-за возможности сезонного засоления на луговых солонцовых комплексах с уровнем грунтовых вод выше 2 *м*;

2) когда карбонаты или гипс залегают глубоко (ниже 50–60 *см*) и не могут быть извлечены плутом;

3) когда солевой горизонт залегает слишком близко к поверхности и содержит много хлористых солей. Последний случай может иметь место на солонцовых комплексах Керченского полуострова, развивающихся на засоленных третичных глинах.

Плантажную вспашку следует проводить на лугово-степных и степных комплексах Присивашья в расчете на извлечение карбонатов кальция, а на Керченском полуострове–на извлечение гипса.

Выводы

1. В работе изложены результаты четырехлетних опытов по окультуриванию солонцовых почв лугово-степных комплексов на глубоких (7,5 *м*) и близких (3–4,5 *м*) грунтовых минерализованных водах, а также данные производственных испытаний плантажной вспашки в колхозах и совхозах Крымской области.

2. Стационарные наблюдения и производственные испытания дают основание считать плантажную вспашку основным приемом окультуривания лугово-степных и степных солонцовых почв Крымской области. Этим приемом достигается изменение направления почвообразовательного процесса в сторону рассолонцевания, рассоления и повышения плодородия.

Положительными чертами этого приема являются следующие:

а) Плантажированием создается мощный пахотный слой, в котором солонцовый горизонт измельчается, перемешивается с карбонатным горизонтом.

б) Карбонаты, извлекаемые плугом на поверхность в количестве 4—14%, могут обеспечить процесс дальнейшего вытеснения натрия кальцием карбонатов, поскольку эти количества соответствуют внесению известняка в дозе 48—160 *т/га*.

в) При глубокой вспашке лугово-степных солонцов не происходит засоления пахотного слоя хлоридами, так как большие их количества (0,1%) обнаруживаются глубже 50–60 *см*. Солевой режим плантажированной почвы улучшается.

г) Глубокой пахотой вызывается резкое улучшение водно-физических свойств, создается большая рыхлость, водопроницаемость, которые сохраняются длительный срок. В почве увеличивается влагонакопление, имеющее решающее значение для повышения урожаев в условиях засушливого юга УССР.

д) Перемещение гумусового горизонта сверху на глубину от 20 до 60 *см* имеет отрицательное значение для первых стадий роста растений, но для последующих, когда корни растений проникают в него, – определенно положительное значение. Нижние горизонты удерживают больше влаги, поэтому растение может использовать их питательные вещества в большей мере, чем на поверхности, иссушенной в вегетационный период.

е) В мощном пахотном слое создаются условия для лучшего развития корневой системы.

ж) Надо полагать, что в почве изменяются также биохимические процессы, улучшается поступление из почвы в растение таких элементов, как кальций и др., что обусловливает лучший питательный режим и повышение плодородия в целом.

Все это создает возможность получать на солонцах дополнительно от 3 до 11 *ц/га* озимой пшеницы.

3. Некоторые отрицательные стороны приема плантажной вспашки, рассмотренные выше, имеют место только в свежеплантажированных почвах. С большим возрастом окультуривания они не наблюдаются. Однако и эти недостатки вполне устранимы. Обеднение органической частью самого верхнего слоя можно компенсировать внесением органических и минеральных удобрений. Излишнюю рыхлость почвы, способствующую глубокой заделке семян при посеве, можно снизить предпосевным уплотнением тяжелыми катками.

4. Безотвальная вспашка на солонцах и солонцеватых почвах с сильно выраженной химической и физической солонцеватостыо не изменяет направления почвообразовательного процесса, а лишь временно, на 2–3 года, улучшает водно-физические свойства.

5. Плантажная вспашка особенно эффективна на лугово-степных комплексах с относительно близкими грунтовыми водами (3–4 *м*). Однако на территориях, где имеются луговые комплексы с очень близким уровнем высокоминерализованных грунтовых вод, ее применять нельзя из-за наступающего затем засоления почв.

ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ОРОШАЕМЫХ ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ СЛАБОСОЛОНЦЕВАТЫХ ПОЧВ КРЫМСКОГО ПРИСИВАШЬЯ[5]

А.В. Новикова, Н.Е. Гаврилович, А.М. Пятакова

В 1965 г. в совхозе «Воинский» Крымской области был заложен опыт по окультуриванию темно-каштановых слабосолонцеватых почв, орошаемых пресной водой (Пятакова А.М. под руководством Новиковой А.В.).

Опыт проводился по следующей схеме: контроль; плантажная вспашка на глубину 50–60 *см*; ярусная вспашка на глубину 45–50 *см*; гипс, 2 *т/га* под обычную вспашку (норма определена по содержанию поглощенного натрия). Площадь 1000 $м^2$, повторность трехкратная.

В процессе исследований в 1965–1970 гг. было установлено, что при орошении такая норма гипса недостаточна, так как последействие его было непродолжительным. Поэтому дополнительно внесли большие нормы гипса, рассчитанные на основе

---

[5] Статья опубликована в кн. «Окультуривание солонцовых почв» под редакцией Новиковой А.В. Киев, «Урожай», 1984. С. 128-140.

коагуляционного метода Мамаевой, – 5 *т/га* и метода допоглощения кальция по Гринченко – 10 *т/га*. Вследствие этого с 1971 г. схема опыта включала обычную, ярусную и плантажную вспашки и их сочетания с гипсованием в норме 5 и 10 *т/га* (см. табл. 45).

В последующие годы после закладки опытов пахали на глубину 26–27 *см* и лишь в 1976 г. провели обработку на 40 *см*.

Удобрения вносили на всех делянках в одинаковой норме в соответствии с зональными рекомендациями. Поливали водой из Северо-Крымского канала дождевальной машиной ДДА-100М. Оросительные нормы колебались в зависимости от культуры (1200–4000 $м^3/га$).

На участке возделывали культуры зерно-кормового севооборота. Урожай учитывали дробным методом по площадкам 5 $м^2$ в десятикратной повторности, данные урожайности обрабатывали математическим методом.

Наблюдения за изменениями свойств почв вели на специально выделенных стационарных площадках, на которых предварительно изучали степень пестроты некоторых показателей свойств почв с последующим отбором смешанных образцов в 5–10-кратной повторности.

В результате исследований установлено, что в процессе мелиоративных глубоких обработок почвенные горизонты перемешиваются. Так, на контрольной делянке разница в содержании ила на глубине 20–40 и 0–20 *см* составила 12,5%, после ярусной вспашки – всего 6,1%. После плантажирования на поверхность попала масса с большим количеством глины, но в целом различия в пахотном слое несколько сгладились (табл. 39).

Одной из задач, ставившихся перед мелиоративной обработкой, было извлечение карбоната кальция из нижних горизонтов и вовлечение его в мощный пахотный слой.

После ярусной вспашки карбонаты переместились снизу на глубину 30 *см*, где составили 2,57 против 0,26 % до обработки. В процессе плантажирования они переместились в верхний (0–20 *см*) слой и составили 2,31 %. Следовательно, основная цель вспашки была достигнута.

Положительное воздействие мелиоративной обработки проявилось прежде всего в резком улучшении физических и водно-физических свойств, о чем свидетельствуют многолетние определения объемной массы и водопроницаемости почв (табл. 40). Объемная масса пахотного слоя при внесении гипса под обычную вспашку мало отличалась от показателя на контроле, а на делянках с мелиоративными обработками она уменьшилась не только в верхнем слое, но и в более глубоких (до 50–60 *см*).

Таблица 39

Влияние мелиоративной обработки на распределение илистой фракции и карбонатов в темно-каштановой почве

Глубина, см	Контроль	Ярусная вспашка	Плантажная вспашка	Глубина, см	Контроль	Ярусная вспашка	Плантажная вспашка
Илистая фракция <0,001 мм, %				*CO_2 карбонатов, %*			
0—20	31,2	34,1	41,4	0—20	0,28	0,28	2,31
				20—30	0,28	0,60	1,01
20—40	44,2	40,2	33,6	30—40	0,26	2,57	0,47
				40—50	1,43	4,26	0,95
40—60	43,7	41,8	39,6	50—60	5,46	3,18	2,80

Особенно заметно изменился этот показатель после плантажной вспашки на глубину 50–60 *см* –1,32 против 1,52 *г/см*^{2} на контроле. В связи с этим возросла общая скважность почв, увеличилась и водопроницаемость в 2–2,9 раза.

Под влиянием дождевания в темно-каштановой немелиорированной почве, а также при внесении гипса в небольшой норме (2 *т/га*) наметилась тенденция к уплотнению – величина объемной массы понизилась на 0,1 *г/см*^{3}. Это совпадает с выводами других исследователей о негативном влиянии поливов на физические и физико-механические свойства почв (Антипов-Каратаев И.Н., Филиппова В.Н., 1955; Гоголев И.Н., 1978; Гаврик П.А., 1964; Кукоба П.И., Балюк С.А., 1978; Медведев В.В. и др., 1978).

Последующее глубокое перепахивание до 40 *см* в 1976 г. несколько увеличило рыхлость почв. Что же касается участков с плантажной и ярусной обработками, то уплотнения почв под влиянием поливов не произошло. Даже на 15-й год плантажированная почва сохранила высокую рыхлость на глубине 50–60 *см*, не затронутой повторным перепахиванием.

Таблица 40

Влияние мелиоративных приемов на изменение объемной массы, общей скважности и водопроницаемости темно-каштановой слабосолонцеватой почвы

Год наблюдения	Объемная масса, г/см³								Общая скважность, %		Коэффициент водопроницаемости, мм/ч
	0—10 см	10—20 см	20—30 см	30—40 см	40—50 см	50—60 см	в среднем 0—30 см	в среднем 30—60 см	0—30 см	30—60 см	
Обычная вспашка (контроль)											
1966	1,19	1,20	1,26	1,35	1,41	1,52	1,22	1,43	55	51	17,5
1969	1,30	1,34	1,36	1,42	1,47	1,53	1,33	1,47	51	47	12,0
1970	1,30	1,35	1,36	1,41	1,51	1,50	1,34	1,48	51	46	—
1978	1,27	—	1,27	—	1,32	—	1,27	1,32	52	—	—
1980	1,21	—	1,28	1,26	1,28	—	1,24	1,27	53	52	24,3
Обычная вспашка + гипс, 2 т/га											
1966	1,16	1,20	1,25	1,33	1,41	1,47	1,20	1,40	55	50	18,6
1969	1,24	1,37	1,38	1,42	1,49	1,50	1,35	1,49	53	45	16,0
1970	1,26	1,36	1,37	1,43	1,50	1,53	1,33	1,49	52	45	—
1978	1,22	—	1,28	—	1,35	—	1,25	1,35	53	50	—
1980	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23,2
Ярусная вспашка											
1966	1,05	1,07	1,24	1,25	1,31	1,44	1,12	1,33	58	50	40,6
1969	1,09	1,17	1,26	1,28	1,36	1,50	1,17	1,38	56	49	26,0
1970	1,15	1,20	1,30	1,30	1,40	1,42	1,21	1,37	55	49	—
1980	1,18	—	1,22	1,18	1,15	1,33	1,20	1,22	55	48	51,9
Плантажная вспашка											
1966	1,03	1,06	1,22	1,23	1,25	1,32	1,10	1,27	58	53	49,6
1969	1,13	1,13	1,26	1,30	1,32	1,34	1,17	1,32	56	52	28,0
1970	1,18	1,2	1,28	1,32	1,35	1,35	1,22	1,34	54	51	—
1978	1,11	—	1,19	1,15	—	—	1,15	1,15	57	—	—
1980	1,09	—	1,18	1,18	1,28	1,31	1,13	1,25	58	54	69,8

Днепровская вода, подаваемая для полива, содержит 0,3 *г/л* солей гидрокарбонатно-натриево-кальциевого состава. Содержание натрия не превышает 25–30 %, поэтому вода вполне пригодна для орошения. Вместе с тем в некоторые периоды в ее составе были обнаружены в небольшом количестве ионы CO_3'' (0,07–0,1 *мг-экв/л*), которые образуются при разложении аниона HCO_3 (Денисова О.А. Майстренко Ю.Г., 1962). Поэтому то небольшое количество ионов CO_3'', обнаруживаемое иногда в поливной воде, может вызвать некоторое ухудшение свойств почвы.

Темно-каштановые слабосолонцеватые почвы содержат очень мало солей в слое 0–50 *см*. Орошение пресной водой способствует дальнейшему их опреснению.

На почвах, где проводилась плантажная вспашка, наблюдалось небольшое повышение общей щелочности за счет гидролиза карбонатов, однако pH не превышал 8,2. После этой обработки гумусовый горизонт оказывается под пахотным слоем и подвергается разложению микроорганизмами. При этом в почвенный воздух продуцируется в 1,7–1,9 раза больше углекислоты, чем в немелиорированную почву. Кроме того, орошение также усиливает биохимические процессы, в результате чего увеличивается содержание углекислоты. В связи с этим карбонат кальция из инертной формы переходит в растворимую, что проявляется в увеличении активности ионов кальция. Повышенная активность его сохраняется длительное время (на 15-й год после мелиоративной вспашки). После внесения гипса активность кальция также повышается, но до тех пор, пока он не вымоется из почвы. На 10-й год после его внесения активность кальция снижается до уровня активности в немелиорированной почве (табл.41).

Следовательно, глубокая мелиоративная вспашка в условиях орошения способствует высокому насыщению почвенного раствора кальцием, которое сохраняется длительное время. Изменения активности кальция и натрия вызвали соответствующие изменения и в составе поглощающего комплекса почвы при орошении (табл. 42).

Как показывают данные, приведенные в таблице 43, орошение пресной водой вызвало некоторое рассолонцевание темно-каштановых почв. Уменьшение содержания обменного натрия отмечено и другими авторами (Кукоба П.И., Балюк С.А., 1978, Муха В.Д., 1978).

Необходимо подчеркнуть, что вытеснение натрия из поглощающего комплекса под влиянием орошения происходит и в более глубоких горизонтах почв, имеющих остаточную солонцеватость и содержащих карбонат кальция. Именно в таких горизонтах на глубине 50–100 *см* отмечено появление двууглекислой соды после опреснения почвы. Образование соды связано с рассолонцеванием почвы, т. е. с вытеснением натрия из поглощающего комплекса кальцием карбонатов после выщелачивания солей.

Таблица 41

Изменение активности ионов натрия и кальция в темно-каштановой слабосолонцеватой почве под влиянием мелиоративных приемов

Глубина, см	20.07 1973 г.			29.05 1980 г.		
	активность, мг-экв/л		$\frac{aNa}{\sqrt{aCa}}$	активность, мг-экв/л		$\frac{aNa}{\sqrt{aCa}}$
	Na^+	Ca^{2+}		Na^+	Ca^{2+}	
Обычная вспашка (контроль)						
0—20	3,47	5,75	1,4	2,22	4,08	1,1
20—30	3,8	7,94	1,4	2,33	5,76	1,0
30—40	4,17	9,55	1,3	2,47	5,26	1,1
40—60	5,13	7,58	1,8	3,04	5,26	1,3
Обычная вспашка + гипс, 5 т/га						
0—20	2,24	9,12	0,7	2,24	4,48	1,1
20—30	3,39	14,13	0,9	3,13	3,82	1,6
30—40	Не опр.	Не опр.	—	2,98	3,64	1,5
40—60	»	»	—	3,39	3,82	1,7
Ярусная вспашка						
0—20	2,75	11,22	0,8	1,35	12,62	0,4
20—30	2,51	7,94	0,9	1,26	6,46	0,5
30—40	2,63	Не опр.	—	1,48	7,08	0,6
40—60	3,24	»	—	1,32	11,5	0,4
Плантажная вспашка						
0—20	1,02	Не опр.	—	0,69	18,79	0,2
20—30	1,07	»	—	0,76	8,73	0,3
30—40	—	»	—	1,02	8,73	0,4
40—60	—	»	—	1,18	5,64	0,5

Таблица 42

Состав поглощенных оснований в темно-каштановой слабосолонцеватой мелиорированной почве в слое 0–30 *см*, *мг-экв* на 100 *г* почвы (1973 г.)

Обработка почвы	Поглощенные основания				Сумма поглощенных оснований
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	
Исходная неорошаемая почва (1965 г.)	20,8	7,9	1,0	—	29,7
Обычная вспашка (контроль)	Не опр.	6,6	0,6	0,9	—
Обычная вспашка + гипс, 10 т/га	20,4	4,0	0,6	0,8	25,8
Ярусная вспашка	19,1	8,3	0,7	0,9	29,7
Ярусная вспашка + гипс, 10 т/га	20,0	7,7	0,6	0,9	29,2
Плантажная вспашка	22,5	9,1	0,9	1,0	33,7
Плантажная вспашка + + гипс, 10 т/га	22,9	8,7	0,8	1,0	33,5

Таблица 43

Некоторые свойства темно-каштановых слабосолонцеватых почв при их окультуривании
(1978 г., среднее из 10 повторностей)

Глубина, см	Гумус, %	pH водный	Фактор дисперсности
Контроль			
0—10	1,9	8,2	13,7
20—40	1,7	8,2	2,5
40—50	1,2	8,2	Не опр.
Гипс, 10 т/га под обычную вспашку			
0—10	1,9	8,2	1,0
20—40	1,8	8,2	1,7
40—50	—	8,1	Не опр.
Плантажная вспашка			
0—10	1,9	8,2	1,8
20—40	1,7	8,2	4,9
40—50	1,6	8,2	Не опр.

Таблица 44

Урожайность культур в зависимости от мелиоративных приемов на темно-каштановых слабосолонцеватых почвах, ц/га
(совхоз «Воинский» Крымской области)

Годы	Контроль	Гипс, 2 т/га		Ярусная вспашка		Плантажная вспашка		Р, %	НСР, ц/га
	урожай	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка		
				Зеленая масса кукурузы					
1966	426	497	71	515	89	565	139	1,5	17,8
				Озимая пшеница					
1967	19,5	20,4	0,9	26,7	7,2	28,1	8,6	3,9	3,2
				Яровой ячмень					
1968	22,0	22,9	0,9	24,8	2,8	26,4	4,4	3,4	2
				Картофель					
1969	145	150	5	172	27	204	59	3,4	13,7
				Помидоры					
1970	374	387	13	509	135	519	145	2,5	27,1

Таблица 45

Урожайность культур в зависимости от мелиоративных слабосолонцеватых почвах, ц/га (совхоз «Воинский»)

Вариант	Кукуруза на силос (1971 г.)		Озимая пшеница на зерно (1972 г.)		Озимая рожь на зеленый корм (1973 г.)		Куку на си (1974 г.)
	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай
Обычная вспашка	517	—	38,3	—	209	—	254
Обычная вспашка + гипс, 5 т/га	—	—	47	8,7	253	44	290
Обычная вспашка + гипс, 10 т/га	640	123	47,4	9,1	256	47	304
Ярусная вспашка	679	162	49,7	11,4	346	137	320
Ярусная вспашка + гипс, 5 /га	—	—	49,2	10,2	351	142	333
Ярусная вспашка + гипс, 10 т/га	690	173	49,0	10,7	355	146	354
Плантажная вспашка	763	246	55,0	16,7	362	153	448
Плантажная вспашка + гипс, 5 т/га	—	—	53,0	14,7	363	154	466
Плантажная вспашка + гипс, 10 т/га	770	253	54,5	16,3	357	148	254
$НСР_{0,95}$	41,7	—	3,1	—	3,2	—	31,3

Таблица 45

приемов на орошаемых темно-каштановых

руза лос	Озимая пшеница на зерно (1975 г.)		Озимая пшеница на зерно (1977 г.)		Озимая пшеница на зеленый корм (1978 г.)		Картофель летней посадки (1979 г.)		Кормовая свекла (1980 г.)	
прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка
—	33,4	—	47,7	—	260	—	152	—	1035,6	—
36	39,9	6,5	51,7	4	265	5	152	—	1035,6	—
50	39,5	6,1	51,5	3,8	272	12	154	2	1053,9	24,3
66	45,4	12,0	54,5	6,8	350	90	191	39	1512,0	476,4
79	46,8	13,4	54,4	6,8	368	108	192	40	1486,4	450,8
100	46,5	13,1	54,8	7,1	360	100	194	42	1483,4	447,8
194	50,6	17,2	59,5	11,8	378	118	215	63	1739,1	703,5
212	51,6	18,2	59,0	11,3	371	111	213	61	1725,9	690,3
270	50,8	17,4	60,1	12,4	389	129	214	62	1738,2	702,6
—	1,5	3,4	3,4	—	26,2	—	14,6	—	150,7	—

Процесс рассолонцевания и появления соды по реакции Гедройца был воспроизведен в специальном модельном опыте на почвах Крымского Присивашья. При орошении водой, насыщенной углекислотой и карбонатом кальция, из почвы было удалено до 40 % обменного натрия, давшего в фильтрате с ионом HCO_3' двууглекислую соду. Появление соды в почвах и грунтовых водах Крымского Присивашья можно рассматривать как закономерный процесс рассоления и рассолонцевания почв и пород. Небольшое количество ее, как и отсутствие очагов, пока не дают основания говорить об угрозе содового засоления. Вместе с тем необходимо предпринимать соответствующие меры для профилактики повторного осолонцевания содой (кислые мелиоранты и др.).

Как видно из приведенных материалов по совхозу «Воинский», в условиях отрыва почвенного профиля от грунтовых вод при орошении пресной водой происходит некоторое рассолонцевание даже без химических мелиорантов.

Внесение гипса или извлечение на поверхность карбоната кальция в свою очередь повышают активность кальция, роль которого в почве многогранна. Он улучшает питательный режим, усиливает биохимические процессы, кроме того, улучшает структуру почв, снижая их дисперсность. Так, на 13-й после мелиоративной обработки и 7-й год после внесения гипса фактор дисперсности по Качинскому в верхнем (0–20 *см*) слое мелиорированных почв был в 8–13 раз меньше, чем на контроле.

При проведении плантажной вспашки верхняя гумусированная часть почвы перемещается на некоторую глубину, а верхняя часть нового пахотного слоя обедняется перегноем иногда на 15–20 %. Исследования показали, что со временем гумусированность верхнего слоя плантажированной почвы возрастает. Содержание гумуса и его распределение на 13-й год после вспашки стало таким же, как и в почве контрольной делянки, что объясняется накоплением органического вещества в связи с лучшим развитием и высоким урожаем растений на этом варианте опыта.

В плантажированной почве улучшился питательный режим. Количество фосфатов возросло до 0,11 % против 0,09 % на контроле и валового азота – соответственно до 0,16% против 0,12%. Применение комплекса приемов позволило окультурить почву, что сказалось на лучшем развитии и урожае сельскохозяйственных культур.

Действие гипса в норме 2 *т/га* по обычной вспашке в условиях орошения было кратковременным – всего один год. В последующие годы прибавки урожая от внесения этой нормы были небольшими и статистически недостоверными (табл. 44). А увеличение его нормы до 5 и 10 *т/га* оказывало положительное действие более продолжительное время – 7 лет (табл. 45). В 1978–1980 гг. прибавки урожая от внесения гипса были статистически недостоверны, что свидетельствует о прекращении его последействия. Учитывая незначительные отличия в прибавках урожая от гипсования в норме 5 и 10 *т/га*, следует рекомендовать внесение его в норме 5 *т/га*, так как это экономически выгоднее. Сочетание внесения гипса с плантажной и ярусной

вспашками при вовлечении карбонатов в верхнюю часть почвы не давало увеличения урожайности культур во все годы исследований.

В условиях орошения окультуривание темно-каштановых солонцеватых почв можно проводить комплекс таких мероприятий: глубокую мелиоративную обработку с обязательным извлечением карбоната кальция; при большой глубине залегания карбонатов и отсутствии плантажного или ярусного плугов рекомендуется внесение гипса в норме 5 *т/га* под обычную или глубокую (на 35–40 *см*) вспашку; внесение навоза и минеральных удобрений; при подъеме грунтовых вод – устройство дренажа.

О ПУТЯХ МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ УКРАИНЫ[6]

Совет Министров Украинской ССР в 1964 г. принял решение о мерах по известкованию кислых и гипсованию солонцовых почв на период 1965–1970 гг. За это время намечено провести гипсование солонцовых почв на площади 290 *тыс. га*.

В связи с этим перед научными работниками, занимающимися мелиорацией солонцовых почв, была поставлена ответственная задача – определить территории, нуждающиеся в первоочередной мелиорации и дифференцировать способы улучшения их.

Эта задача в значительной мере облегчалась тем, что за последние 40 лет на Украине был накоплен большой опыт по борьбе с солонцеватостью. Достаточно отметить, что самые длительные стационарные исследования, организованные в тридцатых годах А.Н. Соколовским и его учениками (А.М. Можейко, А.М. Гринченко, Г.Н. Самбур), были проведены именно на Украине – в зоне левобережной Лесостепи. В послевоенные годы в связи с необходимостью быстрого восстановления народного хозяйства интерес к солонцовой проблеме резко возрос и исследованиями стали охватываться новые районы распространения солонцовых почв. Сюда относятся: южное Полесье и северная Лесостепь (Г.Н. Самбур, И.И. Коваленко, Т.Д. Катеринич), Причерноморье (Г.Н. Самбур, Б.И. Лактионов), Крымское Присивашье и Керченский полуостров (А. В. Новикова), Донбасс (А.М.

---

6 Статья опубликована в кн. «Пути повышения плодородия почв». Киев, изд. «Наука», 1969. С. 221 – 235.

Гринченко, П.М. Боярский). Разрабатывается новый метод внесения гипса в рядки (А.М. Гринченко), глубоко и всесторонне исследуется влияние глубокой мелиоративной вспашки на солонцовые почвы (С.П. Семенова-Забродина, З.А. Неред, Г.Н. Самбур, А.В. Новикова). Под научно-методическим руководством Почвенного института им. В.В. Докучаева (И.Н. Антипов-Каратаев, К.П. Пак) осуществляется производственное испытание мелиоративной вспашки.

Устанавливается эффект сламывания солонцового экрана при плантажировании луговых солонцов с близким (1,5–2 *м*) уровнем залегания сильноминерализованных грунтовых вод. Он проявляется в усиленном накоплении солей, поставляемых из грунтовых вод по капиллярам в верхнюю часть плантажированного слоя. На основании этого делается вывод о непригодности метода глубокой мелиоративной вспашки для луговых солонцов (А.В. Новикова, 1961).

Изучается действие на солонцовую почву отходов промышленного производства – хлористого кальция (А.М. Можейко), сернокислого железа (Б.И. Лактионов), а также полимеров (В.А. Рябокляч, М.Н. Савицкая, А.Д. Хоменко и др.).

Данные об эффективности различных приемов, полученные научными учреждениями Украины (Украинским научно-исследовательским институтом почвоведения, Харьковским сельскохозяйственным институтом, Украинским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации), широко освещаются в печати.

С целью оказания помощи сельскохозяйственному производству неоднократно составлялись инструкции по улучшению солонцовых почв Украины (1956, 1960, 1964, 1965 гг.).

Накопленный материал по генетическим особенностям солонцовых и засоленных почв, а также по опыту их освоения дал возможность произвести районирование почв Украины (районирование солонцовых почв Украины – Г.Н. Самбур, 1960; районирование почв по галогенезу – Г.С. Гринь, 1962; районирование солонцовых почв Крыма – А.В. Новикова, 1962).

Новый этап в изучении солонцовых почв наступил после завершения крупномасштабного почвенного картирования территории Украины, проведенного институтом «Укрземпроект» под методическим руководством Украинского научно-исследовательского института почвоведения.

На основе обобщения данных крупномасштабного картирования коллективом авторов под редакцией Н.К. Крупского составлены обзорные почвенные карты (масштаб 1 : 1500000 и 1 :

750000) и карта агропочвенного районирования (масштаб 1 : 1500000). В качестве приложения к почвенной карте масштаба 1 : 1500000 институт «Укрземпроект» подготовил экспликацию площадей почв Украинской ССР по областям.

Все эти материалы дали возможность уточнить существующие представления о распространении солонцовых почв и их площади.

В связи с принятием решения Совета Министров УССР о гипсовании солонцовых почв на Украине широко развернулись работы по мелиорации солонцовых почв. По состоянию на 1 октября 1968 г. гипс внесен на площади 245,2 *тыс. га* и плантажная вспашка в Крымской области (где она успешно внедряется) проведена на площади около 100 *тыс. га*.

Огромная площадь земель, нуждающихся в мелиорациях, требует увеличения производства гипсовой муки заводами, расположенными преимущественно в Донбассе, и налагает особую ответственность на планирующие органы, санкционирующие реконструкцию заводов. Поэтому Плановая комиссия Донецко-Приднепровского экономического района предложила Украинскому институту почвоведения и агрохимии обобщить существующие литературные и фондовые материалы о распространении и свойствах солонцовых почв и с учетом накопленного разными научными учреждениями опыта произвести районирование территории Украины по приемам мелиорации солонцовых почв на основе новейших картографических материалов.

В настоящей статье излагаются результаты исследований, проведенных по данному вопросу, а именно – данные о площади солонцовых почв по их природным особенностям и приемам улучшения, а также районирование.

Площади солонцовых почв Украины. В экспликации площадей почв Украины, составленной институтом «Укрземпроект», были представлены площади отдельных почвенных видов в границах административных областей Украины. Было интересно суммировать площади отдельных видов солонцовых почв и выразить их в процентах от общей площади всех солонцовых почв. Соответствующий пересчет дал возможность получить следующую картину распределения солонцовых почв на Украине (табл. 1).

Таблица 1.

Площади, занимаемые отдельными видами солонцовых почв
(по данным института «Укрземпроект», 1967 г.)

Виды почв	Площадь, тыс. *га*	Процент от площади солонцовых почв	Площадь пахотных солонцовых почв, тыс. *га*	Процент от площади пахотных солонцовых почв
Черноземы солонцеватые на третичных глинах	208,4	6,12	138,8	6,46
Черноземы южные остаточно-солонцеватые	313,4	9,21	259,7	12,09
Лугово-черноземные поверхностно солонцеватые	179,0	5,26	111,3	5,18
Лугово-черноземные глубоко-солонцеватые	201,5	5,92	121,6	5,66
Темно-каштановые остаточно-солонцеватые	963,5	28,31	865,1	40,27
Темно-каштановые солонцеватые	307,0	9,02	224,3	10,44
Каштановые солонцеватые	219,4	6,45	151,0	7,03
Луговые солонцеватые почвы	775,6	22,79	229,4	10,68
Солонцы	235,6	6,92	47,2	2,20
Итого	3403,4	100,0	2148,4	100,0

Как видно из таблицы, общая площадь солонцовых почв на Украине составляет 3403,4 *тыс. га*, из них пахотных – 2148,4 *тыс. га*. В общей площади земель Украины солонцовые почвы занимают 7,7, а пахотные солонцовые почвы – 6,8%.

Из всех солонцовых почв самую большую площадь занимают темно-каштановые остаточно-солонцеватые почвы (28,31% площади всех солонцовых и 40,27% площади пахотных солонцовых земель), затем луговые солонцеватые почвы (соответственно 22,79% и 10,68%) и черноземы южные остаточно-солонцеватые (соответственно 9,21 % и 12,09%).

Для суждения о распространении солонцовых почв в зональном разрезе мы суммировали площади почв, находящихся в пределах административных областей, по двум группам. В одну были отнесены области, находящиеся главным образом в Лесостепи и частично в Полесье, в другую – области степной зоны. Области, расположенные на стыке разных географических зон, относились к той или иной зоне по преобладанию соответствующей территории.

С учетом некоторой условности такого разделения получилась следующая картина распределения солонцовых почв Украины в зональном разрезе (табл. 2).

Таблица 2.

Площади солонцовых почв, приуроченных к разным географическим зонам

(по данным института «Укрземпроект», 1967 г.)

Области	Площадь солонцовых почв, тыс. га	Процент от площади солонцовых почв	Площадь пахотных солонцовых почв, тыс. га	Процент от площади пахотных солонцовых почв
Лесостепь (преимущественно) и частично Полесье				
Киевская	43,9	1,29	17,4	0,81
Полтавская	176,7	5,19	54,0	2,51
Сумская	131,4	3,86	59,1	2,75
Харьковская	116,4	3,42	31,8	1,48
Черкасская	16,7	0,49	10,4	0,48
Черновицкая	1,0	0,03	0,8	0,04
Черниговская	236,6	6,95	118,1	5,50
Тернопольская	0,1	0,003	0,1	0,01
Итого	722,8	21,23	291,7	13,58
Степь				
Кировоградская	3,7	0,11	1,3	0,06
Днепропетровская	182,3	5,36	78,7	3,66
Запорожская	340,2	10,00	270,9	12,61
Донецкая	106,3	3,12	47,5	2,21
Крымская	639,7	18,80	395,4	18,40
Луганская	87,1	2,56	29,0	1,35
Николаевская	3 8,8	9,37	242,3	11,28
Одесская	149,1	4,38	85,2	3,97
Херсонская	853,4	25,07	706,4	32,88
Итого	2680,6	78,77	1856,7	86,42
Всего	3403,4	100,0	2148,4	100,0

Как оказалось, в зонах Лесостепи и Полесья солонцовые почвы занимают всего 21,23% общей площади солонцовых земель и 13,58% площади пахотных солонцовых земель. В Степи солонцовые почвы распространены значительно шире, площадь их соответственно составляет 78,77 и 86,42%.

Полученные данные о площади солонцовых почв представляют большой интерес не только с общепознавательной точки зрения, но и будут использованы при планировании необходимого количества гипса и внедрения других приемов мелиорации солонцов.

Районирование территории Украины по природным особенностям солонцовых почв и способам их мелиорации. В основу районирования было положено единство физико-географических условий, генетические свойства почв и данные стационарных опытов с учетом экономической эффективности отдельных приемов. При этом было учтено районирование, выполненное Г.Н. Самбу-

ром (1960), Г.С. Гринем (1962), А.В. Новиковой (1962), а также данные стационарных опытов большого коллектива почвоведов-мелиораторов Украины (А.М. Можейко, А.М. Гринченко, Г.Н. Самбур, С.П. Семенова-Забродина, З.А. Неред, Б.И. Лактионов, Т.Д. Катеринич, А.В. Новикова и др.).

Рекомендовались только те приемы, которые прошли производственное испытание.

Районирование проведено на основе карты «Почвы Украинской ССР» в масштабе 1 : 1500000 (авторы Г.А. Андрущенко, Н.Б. Вернандер, Г.С. Гринь, А.П. Канаш, В.Д. Кисель, С.А. Скорина, В.М. Ребезо), карты агропочвенного районирования такого же масштаба (авторы Г.А. Андрущенко, Н.Б. Вернандер, Г.С. Гринь, В.Д. Кисель, М.А. Кочкин, Н.К. Крупский, А.В. Новикова, С.А. Скорина, А.Ф. Яровенко), составленной под редакцией Н. К. Крупского в 1967 г.

Прежде чем приступить к характеристике отдельных районов, необходимо остановиться на двух вопросах, один из которых касается приуроченности солонцовых почв к физико-географическим условиям и второй – принципов улучшения солонцовых почв.

При подсчете площадей уже было отмечено, что солонцовые почвы концентрируются преимущественно в зонах Лесостепи (частично в Полесье) и Степи. В тектоническом отношении эти почвы приурочены главным образом к двум областям: Днепровско-Донецкой и Причерноморской впадинам, где общая слабая дренированность территории благоприятствует аккумуляции солей и осолонцеванию почв в прошлом и в настоящее время. Днепровско-Донецкая впадина расположена на северо-востоке республики, в зонах южного левобережного Полесья и левобережной Лесостепи, Причерноморская впадина – на юге, в области южной сухой Степи.

Эти области, как и развивающиеся в них солонцовые почвы, имеют заметные черты различия. В геоморфологическом отношении солонцовые почвы левобережной Лесостепи (Среднее Приднепровье) приурочены к древним террасам Днепра и его притоков. Аналогичные почвы южной сухой Степи размещены в районе древних террас левобережного низовья Днепра и на водораздельных приморских равнинах разного гипсометрического уровня, а также в долинах рек.

Типы засоленности солонцовых почв неодинаковы: в области Днепровско-Донецкой впадины они преимущественно содового (к югу – содово-хлоридно-сульфатного) засоления, а в области Причерноморской впадины – преимущественно хлоридно-сульфатного. По строению почвенного профиля в первой области встречаются поверхностно солонцеватые, а также глубо-

косолонцеватые, во второй – преимущественно глубокосолонцеватые почвы.

Значительно меньше засоленных и солонцовых почв встречается в северной Степи – здесь они приурочены к пойменным террасам рек, а, кроме того, к выходам третичных глин на склонах расчлененных равнин (Донбасс).

Причины возникновения засоленных и солонцовых почв на Украине и их генетические особенности изложены в ряде работ (А.Н. Соколовский, Г.С. Гринь, Г.Н. Самбур, А.М. Можейко, А.Ф. Яровенко, А.В. Новикова и др.), поэтому останавливаться на этом вопросе нет необходимости.

Что касается принципов улучшения плодородия солонцовых почв, то они, исходя из современных представлений, сводятся к тому, что для разных физико-географических условий в зависимости от видов почв, особенностей почвообразовательного процесса, типов засоленности, содержания поглощенного натрия, глубины залегания карбонатного горизонта и других факторов нужен особый комплекс мероприятий, главным из которых является какой-то один (гипсование, плантажная вспашка и др.).

В границах каждого района на картосхеме районирования приемов мелиорации (рис. 1) показаны контуры солонцовых почв для того, чтобы была видна концентрация этих почв в районе. Это позволило уточнить границы районов солонцовых почв и исправить ряд ошибок в прежней схеме районирования Г.Н. Самбура (им ошибочно был выделен солонцовый район на возвышенной части Тарханкутского полуострова, необоснованно – большой район в междуречье Дунай – Днестр, в то же время не отмечен район солонцовых почв на водоразделе между Днестром и Дунаем, в восточном Присивашье Крыма и др.).

При выделении районов наряду со степенью солонцеватости и характером засоления были учтены также (впервые для юга Украины) степень гидроморфности солонцовых почв и глубина залегания карбонатного горизонта. Всего выделено 14 районов.

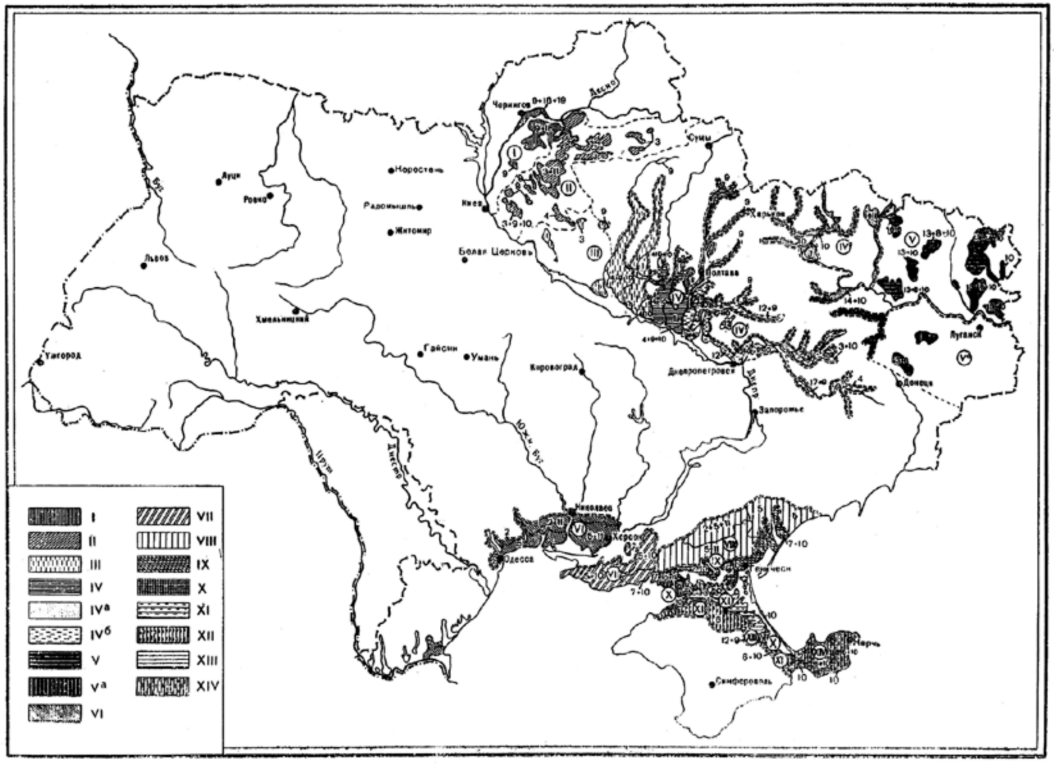
1. Полесский (Козелецкий) район – охватывает главным образом южное левобережное Полесье в центральной части Черниговской области. Приурочен к террасам р. Десны и ее притоков. Юго-восточная граница района проходит примерно по линии Бровары – Носовка – Нежин. Район отличается слабой дренированностью. Почвенный покров представлен светло-серыми оподзоленными почвами, среди которых встречаются луговые солонцеватые содово-солончаковатые почвы, луговые и торфяные почвы.

Районы:

I — Полесский (Козелецкий); II — Северный лесостепной террасовый (Бахмачский); III — Центральный лесостепной террасовый (Оболонский); IV — Южный лесостепной террасовый (Кобелякский); IVа — Восточный лесостепной (Сиверско-Донецкий); IVб — Северный степной (Чаплинский); V — Северо-восточный степной (Задонецкий); Va — Восточный степной (Артемовский); VI — Причерноморский высокий (Очаковский); VII — Приднепровский террасовый (Скадовский); VIII — Причерноморско-Приазовский высокий (Асканийско-Мелитопольский); IX — Североприсивашский высокий (Геничский); X — Южноприсивашский и Прикаркинитский (Ишуньский); XI — Южноприсивашский слабопониженный (Красноперекопско-Кировский); XII — Южноприсивашский высокий (Раздольненско-Азовский); XIII — Террасово-дельтовый (Салгирский); XIV — Керченский.

Почвы:

1 — черноземы мощные остаточно-солонцеватые; *2* — черноземы южные остаточно-солонцеватые; *3* — лугово-черноземные поверхностно-солонцеватые; *4* — лугово-черноземные глубоко-солонцеватые; *5* — темно-каштановые остаточно-солонцеватые; *6* — темно-каштановые солонцеватые; *7* — каштановые солонцеватые; *8* — черноземно-солонцеватые на третичных глинах; *9* — луговые солонцеватые; *10* — солонцы; *11* — лугово-черноземные и дерновые осолоделые глеевые; *12* — лугово-черноземные; *13* — черноземы обыкновенные; *14* — черноземы и дерново-карбонатные на элювии карбонатных пород; *15* — черноземы и дерновые почвы на элювии плотных некарбонатных пород; *16* — черноземы мощные среднегумусные; *17* — луговые почвы; *18* — дерновые оглеенные песчаные; *19* — лугово-болотные.



Картосхема районов распространения и приемов улучшения солонцовых почв УССР (составила А. В. Новикова, редактор Н. К. Крупский).

Рис. 1

Засоление почв содового типа, по мнению Г.Н. Самбура, носит вторичный характер и вызвано вырубками лесов и отведением таких участков под интенсивный выпас с уплотнением поверхности и развитием анаэробных процессов, способствующих образованию соды.

По данным Г.Н. Самбура (1960), лучшим приемом окультуривания таких почв является глубокая вспашка, способствующая развитию анаэробных процессов разложения органических веществ и приостанавливающая образование соды (табл. 3).

Таблица 3

Влияние обработки, гипсования и удобрений на средний ежегодный урожай в переводе на кормовые единицы на луговых глеевых содово-солончаковых почвах, ц/га

(данные Г.Н. Самбура, 1960)

Способы основной обработки почвы	Без удобрений	Свежий навоз, 25 *т/га*	$N_{45}P_{60}$ + навоз 25 *т/га*	Навоз 25 *т/га* + гипс 1,8 *т/га*	$N_{45}P_{60}$ + гипс 1,8 *т/га*
Вспашка с оборотом пласта на глубину 16–18 *см*	23,2	27,5	23,2	24,2	29,1
Вспашка на глубину 14 *см* + почвоуглубление на 10–12 *см*	20,8	28,9	25,9	25,7	24,1
Вспашка с оборотом пласта на глубину 25 *см*	30,7	30,1	25,6	27,1	27,9
Вспашка с оборотом пласта на глубину 30 *см*	30,4	30,3	28,2	26,6	27,5
Безотвальная вспашка плугами на 45 *см*	26,4	28,9	28,2	25,1	23,9

Для улучшения засоленных и солонцовых почв этого района рекомендуется дренаж, глубокая вспашка (25–30 *см*), внесение навоза (20–30 *т/га*); при снижении уровня грунтовых вод ниже 1,5–2 *м* – гипсование нормой 2 *т/га*; посев белого донника; минеральные удобрения.

II. Северный лесостепной террасовый (Бахмачский) район занимает северную часть Среднего Приднепровья на юге Черниговской области, на востоке Киевской и западе Сумской областей. Южная и восточная границы района проходят примерно по линии Переяслав-Хмельницкий – Пирятин – Прилуки – Ичня – Недригайлов. Это сла-бодренированная равнина древней террасы Днепра, Десны и других рек с гидроморфными, преимущественно луговыми и лугово-черноземными поверхностно солонцеватыми содово-солончаковатыми почвами, среди которых в южной части района много содовых солончаков и корковых солонцов. На более дренированных участках распространены

черноземы мощные, а также их солонцеватые разновидности. Тип засоления – содовый.

В этом районе отмечена высокая эффективность гипсования, а также положительное действие белого донника (табл. 4 и 5).

Таблица 4

Влияние белого донника как предшественника на урожай озимой пшеницы на солонцовых почвах, ц/га

(с. Бзов Барышевского района Киевской области, данные Г.Н. Самбура, 1962)

Варианты опыта	Негипсованный фон				Гипсованный фон			
	черноземно-луговые солончаковатые почвы		солонцы		черноземно-луговые солончаковатые почвы		солонцы	
	урожай зеленой массы донника	урожай озимой пшеницы	урожай зеленой массы донника	урожай озимой пшеницы	урожай зеленой массы донника	урожай озимой пшеницы	урожай зеленой массы донника	урожай озимой пшеницы
Черный пар	—	18,8	—	5,1	—	—	—	—
Белый донник, припаханный на зеленое удобрение	190	24,9	56	6,8	214	34,6	63,3	17,7
Белый донник на силос	221	21,5	78	5,1	211,5	26,9	88,3	17,9

Для улучшения солонцовых почв района рекомендуется вносить гипс в норме: на солонцы –5 *т/га*, на солонцеватые почвы – 1,5–3 *т/га*. Кроме того, следует сеять белый донник, вносить органические и минеральные удобрения, дренажировать почву.

Таблица 5

Эффективность разных норм гипса на солонцах и содово-солончаковатых почвах Бзовского отделения совхоза «Морозовский» Барышевского района Киевской области (урожай основной продукции, ц/га, по элементам почвенного комплекса)
(данные Г.Н. Самбура, 1966)

Варианты опыта	1959 г. Озимая пшеница по черному пару		1960 г. Сахарная свекла		1961 г. Викоовес (зеленая масса)		1962 г. Озимая пшеница	
	черноземно-луговые содово-солончаковатые	солонцы мелкие	черноземно-луговые содово-солончаковатые	солонцы мелкие	черноземно-луговые содово-солончаковатые	солонцы мелкие	черноземно-луговые содово-солончаковатые	солонцы мелкие
Контроль	42,6	7,8	352	171	113,7	8,0	18,9	10,8
Навоз 20 *т/га*	48,9	15,3	394	—	79,7	30,7	23,48	11,8
Навоз 20 *т/га* + гипс 0,5 нормы под вспашку	50,0	29,6	481	299,8	125,5	53,5	22,6	17,6
Навоз 20 *т/га* + гипс 1 норма под вспашку	49,2	30,2	370	211,4	93,0	70,2	21,0	13,5
Навоз 20 *т/га* +гипс 0,5 нормы под вспашку+0,5 нормы весной под культивацию	45,0	16,5	503,2	247,0	121,3	43,4	22,95	16,3

Примечание. Норма гипса на солонцах 10 *т/га*, на черноземно-луговых содово-солончаковатых почвах 4 *т/га*.

III. Центральный лесостепной террасовый (Оболонский) район охватывает центральную часть Среднего Приднепровья (районы Полтавской области и небольшую часть левобережных районов Черкасской и Киевской областей).

Юго-восточная и восточная границы района проходят по низовью р. Псел, а затем по его притоку – Хоролу. Условно она идет по линии следующих населенных пунктов: Кременчуг – Миргород-Липовая Долина. Это слабоволнистая равнина с более высоким по сравнению с предыдущим районом гипсометрическим уровнем и несколько сниженным уровнем грунтовых вод.

Почвы – лугово-черноземные глубоко-солонцеватые солончаковые и солончаковатые, луговые солонцеватые, солонцы луговые, черноземы слабосолонцеватые и др. Засоление почв содового и содово-хлоридно-сульфатного типов.

В этом районе гипсование также является весьма эффективным, что видно из таких данных (табл. 6).

Окультуривание слабо- и среднесолонцеватых черноземов возможно путем внесения гипса в малых дозах (2–4 *ц/га*) при севе в рядки. По данным А.М. Гринченко, в этом случае создается тесный контакт между почвой, гипсом и растением, реакция корнеобитаемого слоя почвы становится менее щелочной, улучшается соотношение между питательными веществами (в растение поступа-

ет больше кальция и меньше натрия). Внесение гипса на солонцеватых черноземах по 2–3 *ц/га* способствовало повышению урожая зерновых в среднем на 2,7–3,9 *ц/га* при урожае на контроле 16,4 *ц/га*.

Таблица 6

Средний урожай зерновых культур на солонцовых почвах Оболонского стационара при различных нормах внесения гипса за 1937—1952 гг., ц/га (данные А.М. Гринченко, 1955)

Варианты опыта	Корковый солонец		Сильносолонцеватый чернозем		Средне- и слабосолонцеватый чернозем	
	урожай зерна	прибавка	урожай зерна	прибавка	урожай зерна	прибавка
Контроль без удобрений	4,9	—	16,1	—	16,4	—
Гипс 1 норма*	11,6	+6,7	19,3	+3,2	18,8	+2,4
Гипс 1,5 нормы	11,8	+6,9	19,2	+3,1	19,7	+3,3
Навоз 25 *т/га*	4,4	—0,5	18,4	+2,3	19,4	+3,0
Навоз+гипс 0,5 нормы	11,1	+6,2	21,2	+5,1	20,8	+4,4
Навоз+ 1 норма гипса	13,7	+8,8	22,5	+6,4	22,5	+6,1
Навоз+1,5 нормы гипса	14,0	+9,1	21,4	+5,3	22,0	+6,4

* Норма гипса для коркового солонца – 12 *т/га*, для сильносолонцеватого чернозема – 8 *т/га*, для средне- и слабосолонцеватого чернозема – 4–6 *т/га*.

В целом для улучшения почв этого района рекомендуется гипс в норме: на солонцах – 6 *т/га*, на лугово-черноземных солонцеватых почвах – 2–3 *т/га*, на черноземах солонцеватых – 2–3 *ц/га* в рядки при севе; кроме того, дренаж, посев белого донника, органические и минеральные удобрения.

IV. Южный лесостепной террасовый (Кобелякский) район занимает южные районы Полтавской и западные районы Харьковской областей. Южная и восточная границы района проходят по низовью р. Ворсклы и ее притоку Мерле, или примерно по линии следующих населенных пунктов: Кишеньки – Кобеляки – Богодухов – Тростянец.

По сравнению с предыдущим районом это более дренированная, слабоволнистая равнина с глубиной залегания грунтовых вод 2,5–3 *м*. Солонцы отличаются более четким распределением илистой фракции по профилю почв и очень высоким содержанием поглощенного натрия. Тип засоления содово-хлоридно-сульфатный.

Гипсование в этом районе также является очень эффективным приемом улучшения. По данным А.М. Можейко, на Кременчугском стационаре за 17 учетных лет урожай зерновых

культур при внесении 12 *т/га* гипса на корковые солонцы составил 10,8 *ц/га* при урожае на контроле 3,6 *ц/га*.

Рекомендуется: гипс на солонцы – 10–12 *т/га*, на лугово-черноземные солонцеватые почвы – 2,5–3 *т/га*, на черноземы солонцеватые – 3–4 *ц/га* в рядки при севе; дренаж, посев белого донника, органические и минеральные удобрения.

IVа. Восточный лесостепной (Сиверско-Донецкий) район размещен в зоне Лесостепи на севере Харьковской области и охватывает пойменные террасы р. Сиверский Донец и его притоков. Почвы – преимущественно луговые солонцеватые, смешанного типа засоления.

Рекомендуется: гипс 2,5–3 *т/га*, дренаж, посев белого донника, внесение органических и минеральных удобрений.

IVб. Северный степной (Чаплинский) район расположен в зоне северной Степи на границе с Лесостепью и является восточным продолжением района IV. Охватывает северную часть Днепропетровской области на территории пойменных террас рек Орели, Самары, Волчьей и др.

Почвы – лугово-черноземные солонцеватые, луговые солонцеватые, солонцы; засоление смешанного типа.

Рекомендуется: гипс на солонцы–10–12 *т/га*, на луговые солонцеватые почвы – 2,5–3 *т/га*, внесение органических и минеральных удобрений, дренаж.

V. Северо-восточный степной (Задонецкий) район приурочен также к зоне северной Степи, охватывая северную часть Луганской и восточную часть (до долины р. Оскол) Харьковской областей. Это сильно расчлененная речными долинами и балками равнина.

Солонцовые почвы встречаются на склонах балок, где местами на поверхность выходят дочетвертичные соленосные глины, а также в долинах рек.

Рекомендуется: гипс 4–6 *т/га* на пятна солонцов. 2,5–3 *т/га* на луговые солонцеватые почвы, внесение органических и минеральных удобрений.

Иногда на склонах встречаются мочаристые почвы, образующиеся вследствие выклинивания грунтовых вод. Они избыточно увлажнены, иногда солончаковаты или солонцеваты. Для их улучшения необходимо снизить уровень грунтовых вод и в случае солонцеватости внести гипс.

Vа. Восточный степной (Артемовский) район размещен южнее предыдущего, охватывая северную часть Донецкой и центральную часть Луганской областей. Это расчлененная возвышенная равнина Донецкого бассейна местами с выходами до-

четвертичных пород, на которых образуются солонцовые почвы. Кроме того, солонцовые почвы встречаются в долинах рек.

Рекомендуется: внесение гипса 4–6 *т/га* на пятна солонцов и 2,5–3 *т/га* на луговые солонцеватые почвы; внесение органических и минеральных удобрений.

VI. Причерноморский высокий (Очаковский) район расположен на Правобережье Днепра, охватывает неширокую водораздельную полосу между Днепром и Днестром. В административном отношении занимает северо-западную часть Херсонской, юг Николаевской и юго-восток Одесской областей. Это равнина, расчлененная лиманами и балками в западной части и осложненная подами в восточной.

Почвы – черноземы южные остаточно-солонцеватые и солонцы (последние на склонах подов и на побережье). В подах – лугово-черноземные глеевые солонцеватые и осолоделые почвы. Большая часть солонцовых почв отличается пониженным залеганием карбонатов (по линии вскипания) – с 60–80 *см*, поэтому в отличие от некоторых других районов юга Украины здесь не может применяться плантажная вспашка.

Рекомендуется: гипс 1,2–1,5 *т/га* на остаточно-солонцеватых почвах и 4–5 *т/га* на солонцах, вспашка на 30 *см* с дополнительным углублением до 40 *см*., мероприятия по дополнительному увлажнению, органические и минеральные удобрения.

VII. Приднепровский террасовый (Скадовский) район охватывает древние террасы нижнего течения Днепра, восточная граница которых проходит по линии Каховка – Каланчак. Занимает юго-западные районы Херсонской области. Рельеф плоскоравнинный, местами с выраженными микропонижениями. Район слабо дренирован, особенно в приморской части. Почвообразующие породы – лессовидные суглинки легкого механического состава, подстилаемые песками. Солонцовые почвы приурочены ко второй (террасе – дельте) и третьей надпойменным террасам. Они представлены в северной части района южными остаточно-солонцеватыми черноземами, на юге сменяемыми темно-каштановыми солонцеватыми легко- и среднесуглинистыми почвами (вдоль побережья – лугово-каштановыми солонцеватыми) и солонцами. Почвы отличаются глубокой выщелоченностью от карбонатов, поэтому плантажная вспашка здесь не вызывает улучшения, что видно из таких данных (табл. 7). Рекомендуется: гипс 1,2–1,5 *т/га* на слабо-солонцеватые почвы и 4–5 *т/га* на солонцы, вспашка на 30 *см* с дополнительным рыхлением до 40 *см*,

увлажнительные мероприятия, органические и минеральные удобрения.

VIII. Причерноморско-Приазовский высокий (Ас-канийско-Мелитопольский) район. В центральной части представляет собой сглаженную равнину с большим количеством подов, в восточной части (к востоку от р. Молочной) полого-волнистую равнину. В административном отношении охватывает центральную и восточную части Херсонской и юго-западную часть Запорожской областей.

Территория отличается хорошей естественной дренированностью. Почвообразующие породы представлены легкоглинистыми лёссами. Грунтовые воды залегают глубоко. Почвенный покров представлен темно-каштановыми остаточно-солонцева тыми почвами, отчасти южными остаточно-солонцеватыми черноземами. Солонцы встречаются главным образом на пологих склонах подов, занятых среднесолонцеватыми темно-каштановыми почвами, а также лугово-черноземными глееосолоделыми почвами.

Таблица 7

Урожай зерновых культур при различной глубине обработки и внесении гипса (Скадовская опытная станция)

Варианты опыта	Озимая пшеница			Ячмень
	1-й год действия гипса	2-й год действия гипса	3-й год действия гипса	1-й год действия гипса
Вспашка на глубину 30 *см*+15 *см* почвоуглубление	12,4	25,8	9,8	18,1
То же + 4 *т/га* гипса	14,0	27,6	10,3	18,6
Плантажная вспашка на глубину 45 *см*	10,7	25,7	10,0	16,8
То же + гипс 4 *т/га*	13,8	28,6	12,4	18,6

* Данные Б. И. Лактионова, 1958.

Для устранения солонцеватости межподовых пространств рекомендуется плантажная вспашка на глубину 60–65 *см* или в случае глубокого (ниже 55 *см*) залегания карбонатного (вскипающего от 10-процентной соляной кислоты) горизонта – гипсование 1,2–1,5 *т/га* по вспашке на 30 *см* с дополнительным рыхлением до 40 *см*, увлажнительные мероприятия, органические и минеральные удобрения.

Таблица 8

Влияние плантажной вспашки на урожай зерновых культур на солонцовых почвах Херсонской области, ц/га
(Геническая опытно-мелиоративная станция) *

Варианты опыта	1951 г. ячмень		1953 г. озимая пшеница	
	урожай	прибавка	урожай	прибавка
Каштаново-солонцеватый комплекс				
Контроль (вспашка на 25—27 *см*)	18,7	—	26,5	—
Плантаж на глубину 55—60 *см*	26,2	7,5	32,3	5,8
Каштановые среднесолонцеватые почвы				
Контроль (вспашка на 25—27 *см*)	21,5	—	44,8	—
Плантаж на глубину 55—60 *см*	27,9	6,4	47,0	2,2
Солонцы глыбисто-призматические				
Контроль (вспашка на 25—27 *см*)	20,5	—	45,1	—
Плантаж на глубину 55—60 *см*	27,5	7,0	43,9	1,3

* Данные С. П. Семеновой-Забродиной и З. А. Неред, 1960.

IX. Северо присивашский высокий (Генический) район охватывает северную прибрежную полосу Сиваша на юге Херсонской области. Рельеф равнинный с многочисленными подами. Равнина сложена легкоглинистыми засоленными лессами. Грунтовые воды залегают ниже 10 *м*. Почвенный покров межподовых пространств представлен темно-каштановыми и каштановыми солонцеватыми почвами и солонцами. В подах развиваются лугово-каштановые засоленные глеевые солонцеватые почвы.

Для устранения солонцеватости почв равнинных территорий рекомендуется плантажная вспашка на глубину 60–65 *см*, которая отличается высокой эффективностью в этом районе (табл. 8).

X. Южноприсивашский и Прикаркинитский низкий (Ишуньский) район занимает береговую полосу вдоль Сиваша и Каркинитского залива в Крымской области – наиболее низкую часть Присивашской аккумулятивной низменности с близким уровнем минерализованных грунтовых вод. Почвы представлены луговыми комплексами: лугово-каштановыми солонцеватыми и луговыми солонцами. Засоленность хлоридно-сульфатного типа. Как видно из наших данных (табл. 9), для луговых солон-

цов лучшим приемом повышения плодородия является гипсование. Плантажная вспашка может вызвать вторичное засоление и даже снижение урожая.

Таблица 9

Влияние глубины обработки и гипсования на урожай яровой пшеницы, ц/га (совхоз «Молодая Гвардия» Азовского района Крымской области)

Варианты опыта	Солонцы луговые		Луговые каштановые солонцеватые почвы	
	урожай	прибавка	урожай	прибавка
Контроль (вспашка на 18 *см*)	5,8	—	7,0	—
Плантаж	6,5	0,7	8,5	1,5
Вспашка на 30 *см* с углублением на 10 *см*	6,8	1,0	8,5	1,5
То же + гипс 3 *т/га*	7,2	1,4	9,0	2,0
Гипс 3 *т/га* по вспашке на 18 *см*	7,9	2,1	9,5	2,5

Рекомендуется: гипс 3–4 *т/га* по вспашке на 18–20 *см*, увлажнительные мероприятия, органические и минеральные удобрения.

XI. Южноприсивашский слабопониженный Красноперекопско-Кировский) район занимает слабопониженную часть Присивашской аккумулятивной низменности на севере Крымской области, сложенную лессовидными засоленными глинами. Грунтовые воды залегают на глубине 3–8 (10) *м*. Засоленность хлоридно-сульфатного типа. Почвенный покров представлен лугово-степными комплексами: лугово-каштановыми солонцеватыми почвами, темно-каштановыми солонцеватыми и лугово-степными солонцами.

Улучшение лугово-степных солонцовых почв Крыма лучше всего проводить с помощью плантажной вспашки на глубину 60–65 *см*, рассчитанную на извлечение карбонатов кальция, как это видно из таких наших данных (табл. 10).

Таблица 10

Влияние плантажирования и гипсования на урожай зерновых культур на лугово-степных солонцовых комплексах Крымского Присивашья, ц/га (колхоз «Молодая Гвардия» Азовского района Крымской области)

Варианты опыта	1957 г. озимая пшеница		1958 г. овес		1959 г. озимая пшеница (зеленая масса)		1960 г. овес	
	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка
Солонцы								
Контроль	17,7	—	14,8	—	83,0	—	12,5	—
Плантаж	18,7	11,0	19,9	5,0	116,6	33,5	13,7	6,2
Гипс 3 *т/га* по вспашке без отвала на глубину 40 *см*	20,6	2,9	18,5	3,7	84,4	1,3	12,9	0,4
Лугово-каштановые солонцеватые почвы								
Контроль	16,7	—	13,4	—	83,0	—	16,3	—
Плантаж	21,0	4,3	18,6	5,2	109,0	31,0	22,4	6,1
Гипс 3 *т/га* по вспашке без отвала на глубину 40 *см*	19,7	3,0	16,4	3,0	99,3	16,3	17,3	1,0

Желательно внесение органических и минеральных удобрений.

XII. Южноприсивашский высокий (Раздольненско-Азовский) район. Наиболее высокая и более дренированная часть Присивашской аккумулятивной низменности, сложенная лёссовидными глинами. Грунтовые воды залегают глубже 10 *м*.

Почвы представлены степными комплексами темно-каштановых слабо- и среднесолонцеватых почв, иногда с небольшим участием солонцов.

Эффективность различных приемов мелиорации на таких почвах представлена в таблице 11.

Таблица 11.

Урожай сельскохозяйственных культур, ц/га, на темно-каштановых слабосолонцеватых почвах при орошении в совхозе «Воинский» Красноперекопского района Крымской области (данные А. В. Новиковой и А. М. Пикузы)

Годы учета урожая	Контроль		Гипс (2 *т/га*)		Ярусная вспашка		Плантажная вспашка	
	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка
			Кукуруза (зеленая масса)					
1966	426	—	497	71	515	89	565	139
			Озимая пшеница					
1967	19,5	—	20,4	0,9	26,7	7,2	28,1	8,6
			Яровой ячмень					
1968	22,1	—	23,0	0,9	24,9	2,8	26,5	4,4

Рекомендуется плантажная или ярусная вспашка на глубину 60–65 *см*. При отсутствии соответствующих плугов – гипсование – 1,2–1,5 *т/га* по вспашке на 30 *см* с дополнительным рыхлением до 40 *см*, увлажнительные мероприятия, органические и минеральные удобрения.

XIII. Террасово-дельтовый (Салгирский) район охватывает древние террасы и дельту р. Салгир на востоке Крымской области. Равнинный, слабодренированный район, с глубиной грунтовых вод 2–7 *м* и пестрой минерализацией. Почвы – лугово-черноземные солонцеватые и луговые солонцеватые в комплексе с солонцами.

Рекомендуется: плантажная вспашка на лугово-степных комплексах и гипсование (4 *т/га*) на луговых солонцовых комплексах, органические и минеральные удобрения.

XIV. Керченский район охватывает Керченский полуостров в Крымской области. Волнисто-холмистая равнина с третичными отложениями, среди которых широко распространены сарматские и майкопские соленосные глины. Грунтовые воды на большей части территории отсутствуют.

Почвы – черноземы солонцеватые и солонцы на третичных глинах. Тип засоления хлоридно-сульфатный.

Улучшение этих почв можно осуществлять путем гипсования или известкования, а также плантажной вспашки. Однако, как видно из данных наших опытов (табл. 12), действие гипса и извести ограничивается сроком в 6–7 лет, а затем наступает восстановление солонцеватости солями, залегающими в большом количестве в материнской породе (третичных глинах). Положительное действие плантажной вспашки здесь более продолжительное.

Таблица 12

Влияние гипсования, известкования и плантажирования солонцов, развивающихся на третичных глинах, на урожай озимой пшеницы (колхоз «Родина развивающихся Крымской области), *ц/га*

Варианты опыта	1951 г.		1952 г.		1957 г.		1958 г.	
	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка
Контроль	14,0	—	19,5	—	18,7	—	12,6	—
Гипс 9,2 *т/га*	22,2	8,2	27,7	8,2	22,3	3,6	13,3	0,7
Гипс 4,6 *т/га*	19,5	5,5	25,6	6,1	22,0	3,3	12,8	0,2
Гипс 1,8 *т/га*	17,2	3,2	25,2	5,7	22,3	3,6	12,8	0,2
Известняк 5,6 *т/га*	22,1	8,1	27,9	8,4	20,6	1,6	12,1	—0,5
Известняк 2,8 *т/га*	18,2	4,2	24,4	5,6	20,4	1,7	12,7	0,1
Известняк 1,1 *т/га*	18,8	4,2	23,7	3,2	—	—	13,2	0,6
Контроль	—	—	20,9	—	—	—	14,8	—
Плантаж на 65 *см*	—	—	26,8	5,9	24,8	6,1	17,3	2,5

Для солонцовых почв Керченского района рекомендуется плантажная вспашка, рассчитанная на извлечение гипса в солонцах и карбонатов в солонцеватых черноземах, при глубоком (ниже 50–55 *см*) залегании кальциевых солей – гипсование по 5 *т/га* с периодическим повторением через 6–7 лет; внесение органических и минеральных удобрений.

ПРИГОДНОСТЬ МЕЛИОРАТИВНОЙ ПЛАНТАЖНОЙ ВСПАШКИ ДЛЯ ОКУЛЬТУРИВАНИЯ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ[7]

А.В. Новикова, В.Н. Калиниченко

[7] Статья опубликована в сб. «Агрохімія і ґрунтознавство», № 72, 2009. С. 23-35.

К истории вопроса. На территории Украины заметное место (около 4 млн. га) занимают солонцовые почвы, большая часть которых приходится на сухостепную зону. Проведенные на территории северного Причерноморья исследования А.М. Можейко (1936). Г.Н. Самбура (1953), С.П. Семёновой-Забродиной (1954), привели к заключению, что в автоморфных условиях (с более глубоким залеганием уровня грунтовых вод), лучшим приёмом мелиорации солонцовых почв является глубокая мелиоративная плантажная вспашка. Этот прием, в сочетании с орошением, внесением минеральных и органических удобрений и посевом многолетних трав оказался наилучшим на юго-востоке России. Такой комплексный метод окультуривания солонцовых почв был назван «агробиологическим методом» (Антипов-Каратаев, 1953).

Но в сухостепной зоне Украины солонцы образуются и в гидроморфных условиях. Поэтому оставался неясным вопрос насколько мелиоративная плантажная вспашка будет эффективной на таких почвах. Стационарные опыты по изучению этого вопроса были поставлены А.В.Новиковой в период 1949–1951 г.г. (Крымский филиал АН СССР) на всех разновидностях солонцовых почв (луговые, лугово-степные и степные на лёссах, а также степные на сарматских третичных засоленных морских глинах).

Проведенные стационарные исследования привели к заключению о необходимости дифференцированного подхода к использованию разных методов мелиорации для таких почв, так как не на всех выше перечисленных почвах плантажная вспашка даёт положительные результаты (1958, 1961). Впервые было выявлено, что на луговых солонцах после плантажирования не происходит их окультуривание, а наоборот, возникает вторичное засоление почв (1961).

На основании данных стационарных опытов, а затем широкого производственного испытания, автором было проведено районирование приемов мелиорации солонцов Крыма с учётом которого началось внедрение мелиоративной плантажной вспашки, площадь которой за два с лишним десятилетия достигла 220 тыс. га

В 1969 г. нами (А В.Новикова, 1969) было проведено мелиоративное районирование всей территории Украины, занятой солонцовыми почвами (зона Лесостепи и Сухой степи).

В последующие годы это районирование уточнялось по мере получения дополнительных материалов, в частности, по глубине вскипания карбонатов в солонцовых почвах. Была составлена схема районирования солонцовых почв Херсонской

области (Новикова, Пятакова, 1982). Затем были собраны материалы по глубине вскипания карбонатов в почвах и в других административных областях Украины.

В разные годы исследований по проблеме мелиорации солонцов, проводимых под руководством автора данного сообщения, принимали участие многие сотрудники лаборатории мелиорации, и в их числе были В.Я. Ладных (1969), А.М. Пятакова (1982), Н.Е. Гаврилович (1984), Е.Г. Мамонтова (1982), В.Н. Калиниченко и др.. В данной статье подводится итог по одному из вопросов мелиорации солонцов, связанному с выбором территории под мелиоративную плантажную вспашку.

Некоторые особенности строения солонцовых почв Причерноморья. Солонцовые почвы юга Украины приурочены к Причерноморской впадине, к её северному (континентальному) и южному (Крымскому) бортам. Основной почвообразующей породой здесь являются лёссовидные суглинки разного гранулометрического состава, а на Керченском полуострове – морские третичные засоленные глины. По условиям грунтового увлажнения, почвы северного борта Причерноморской впадины являются преимущественно автоморфными, а южного борта примерно на половине территории – автоморфными, а на другой половине – гидроморфными и полугидроморфными. В автоморфных условиях преобладают тёмно-каштановые остаточно-солонцеватые, тёмно-каштановые солонцеватые, каштановые солонцеватые почвы и солонцы степные. В условиях повышенной гидроморфности развиваются тёмно-каштановые солонцеватые почвы и лугово-каштановые солонцеватые почвы в комплексе с солонцами лугово-степными или луговыми.

Мощность гумусированной части тёмно-каштановых почв преимущественно 50–60 *см*, каштановых – 40–50 *см*, и в солонцах она примерно такая же.

Содержание гумуса в тёмно-каштановых почвах достигает: – 2,5–3,0 %, в каштановых 1,5–2,5 %, а в солонцах около 1,8–2,0 %.

В профиле солонцов, как общеизвестно, выделяются горизонты элювиальный, иллювиальный и порода. Иллювиальный горизонт подразделяется на два подгоризонта: верхний (бескарбонатный) и нижний (карбонатный). Карбонаты кальция в нижнем подгоризонте находятся в рассеянном состоянии и определяются по вскипанию от 10 % HC1. Ниже, в горизонте породы, карбонаты кальция находятся как в рассеянном состоянии, так и в виде скоплений белоглазки. Следует подчеркнуть, что при проведении плантажной вспашки на поверхность или на некоторую глубину от неё выносится преимущественно масса иллювиально-карбонатного горизонта, а изредка (в солонцах) выносится и горизонт породы со

скоплением белоглазки. В солонцовых почвах и породах содержатся водорастворимые соли хлоридно-сульфатного состава. Их скопления, с участием гипса, чаще всего обнаруживаются в солонцах на глубине 60–80 *см*, в каштановых почвах – на глубине 80–100 *см* и в тёмно-каштановых на глубине 120–160 *см*.

Плодородие отдельных генетических горизонтов солонца. Все генетические горизонты различаются между собой по уровню плодородия. В этом убеждают данные, полученные нами с В.Я. Ладных (1969) при проведении полевого опыта по методу «развёрнутого разреза», предложенного С.А. Захаровым (1946). Опыт был заложен на Крымском полуострове вблизи с. Предмостное Джанкойского района. На целинном участке с большим пятном лугово-степного солонца выкапывались три траншеи (для трёх повторностей опыта) длиной 4 *м*, шириной 1 *м* и глубиной 0,60 *м*. При этом почвенная масса каждого из выкопанных горизонтов складывалась в отдельную кучу. Затем выкопанные траншеи разделили на четыре части водонепроницаемыми перегородками (по числу генетических горизонтов в профиле) и в каждый отсек закладывали почвенную массу того или иного горизонта. Опыт проводился в трёх повторностях (3 траншеи). На полученные ячейки высевали зерновые культуры и вели наблюдения за ростом и развитием растений. В конце созревания учитывали урожай. Такие же наблюдения велись и на площадке естественного солонца с ненарушенной структурой профиля. Она служила контролем для данного модельного опыта. Наблюдения велись в течение трёх лет. Результаты химических анализов каждого горизонта и урожай растений приведены в таблице 1. Из таблицы видно, что количество карбонатов кальция в элювиальном горизонте составляет всего 0,16 %. В верхней части иллювиального горизонта до 12 %, достигая максимума 17,4 % в иллювиально-карбонатном горизонте. Примерно такая же закономерность прослеживается по величине pH и общей щёлочности. Максимум этих показателей приходится на иллювиально-карбонатный горизонт. Что касается питательных веществ, то в этом горизонте и в породе их содержится весьма мало.

Таблица 1

Некоторые показатели химического состава отдельных гннетических горизонтов солонца лугово-степного Крымского Присивашья и урожай сельхозкультур

Варианты опыта	Генетический горизонт	Глубина, см	$CaCO_3$, %	Гумус, %	Емкость поглощения, мг-экв/100 г почвы	Na обменный, % от ёмкости	В водной вытяжка			P_2O_5 по Мачигину, мг на 1 кг почвы	K_2O по Масловой, мг на 1 кг почвы	Урожай*		
							Сумма солей, %	pH	HCO_3, мг-экв на 100 г почвы			1961	1962	1964
												озимая пшеница	соя	яровой ячмень
Контроль	EH	0-20	0,08	2,66	20,18	7,0	0,113	7,40	1,21	28,34	544	12,6 / 100*	17,6 / 100	20,8 / 100
	IH	20-40	0,04	1,60	32,66	-	0,140	8,50	2,18	1,17	348	-	-	-
	Ihpk	40-50	1,32	1,35	-	-	0,257	8,85	2,4	3,01	315	-	-	-
Делянки с генетическими горизонтами	EH	0-17	0,16	2,37	23,40	7,1	0,074	7,6	1,03	43,5	452	22,2 / 180	33,3 / 194	25,0 / 120
	IH	20-30	0,47	1,80	34,20	12,0	0,190	8,2	1,78	4,8	416	13,8 / 109	13,7 / 81	19,1 / 92
	Ihpk	40-50	3,00	1,3	34,30	17,4	0,186	8,7	2,6	6,85	362	9,9 / 78	10,6 / 62	16,2 / 78
	Pik	50-60	12,6	0,72	27,73	7,6	0,210	7,5	1,05	8,57	224	7,2 / 57	7,7 / 45	12,9 / 62

*над чертой – урожай, ц/га; под чертой – урожай, % от урожая на ЕН контроля.

Примечание: Почва вскипает с глубины 36 см, Генетические горизонты: ЕН—0-17 см, IH—17-36 см, ihpk—36-50 см,. Pik—50-60 см.

Урожай зерна озимой пшеницы на массе отдельных генетических горизонтов сильно различался. На элювиальном горизонте он равен 22,2 *ц/га*, на верхней части иллювиального горизонта почти вдвое меньше – 13,8 *ц/га*, на ил-лювиально – карбонатном ещё меньше – 9,9 *ц/га*, и совсем ничтожный урожай –7,2 *ц/га* – на горизонте породы.

Такой же характер изменения урожая наблюдается и по другим культурам – сое и яровому ячменю. Интересно отметить, что урожай этих сельхозкультур на делянке контроля (естественное расположение горизонтов) был почти вдвое меньшим, чем урожай в ячейке с элювиальным горизонтом. Следовательно, по уровню плодородия самым высоким плодородием обладает только элювиальный горизонт, а остальные же горизонты – вдвое меньшим.

Поскольку из числа горизонтов, расположенных ниже элювиального горизонта – HI, Ihk, Pk – более высокой урожайностью обладает верхний иллювиальный горизонт HI (бескарбонатный), то возникает вопрос о возможном проведении мелиоративной вспашки, рассчитанной на вынесение наверх только этого горизонта. Для уточнения этого вопроса нами был поставлен производственный опыт в колхозе им. Кирова Раздольненского района на Крымском полуострове, где одним из вариантов была вспашка на 30 *см* с дополнительным углублением (рыхлением) на 10 *см*. Оказалось, что такая пахота обеспечивает лишь разрыхление почвы, но как только почва уплотнится, то урожай становится близким к урожаю на контроле (Новикова, 1958). Следовательно, необходимо извлекать на поверхность массу именно иллювиально-карбонатного горизонта, которая по своему составу хотя и является низкоплодородной, но содержит соли кальция, необходимые для рассолонцевания.

Возникает также вопрос об оптимальной мощности карбонатного слоя, выносимого на поверхность при плантажировании. Для решения этого вопроса нами совместно с Е.Г. Мамонтовой и А.А. Егоршиным (1982) был поставлен вегетационный опыт по программе многофакторного опыта с разным уровнем варьирования следующих показателей: количество карбонатов, степень крошения иллювиального горизонта и степень перемешивания иллювиального горизонта с карбонатным горизонтом. Опыт заложен в вегетационных сосудах емкостью 5 *л*. Почва – иллювиальный горизонт темно-каштановой слабосолонцеватой почвы. В качестве карбонатной массы взята почвообразующая порода с содержанием $CaCO_3$ 10 %. Опытная культура – овёс.

Данные учёта урожая обрабатывались на ЭВМ «Мир» по программе А.А. Егоршина.

Результаты опыта сводятся к следующему. При малой мощности карбонатного слоя (5 или 10 *см*) по мере увеличения количества карбонатов растёт и урожай овса. При большой мощности карбонатного слоя (15 *см*) влияние количества карбонатов остается на одном уровне. Следовательно, оптимальное содержание карбонатов достигается при вынесении на поверхность почвы или небольшого слоя мощностью 5 см, в котором содержится повышенное количество карбонатов или слоя большей мощности (15 *см*), содержащего мало карбонатов. Подчеркнём, что это относится к слабосолонцеватой почве, к её иллювиальному горизонту, на массе которого произрастают растения.

Глубина залегания иллювиально-карбонатного горизонта. Данные о глубине вскипания почв от соляной кислоты получены нами из почвенных партий системы «Укрземпроект» и статистически обработаны сотрудниками нашей лаборатории. в том числе В.Н. Калиниченко. Эти данные представлены в таблице 2, где значения глубины вскипания выражены по средней арифметической и доверительному интервалу. Как видно из приведенных данных, глубина вскипания в солонцовых почвах – колеблется в значительных пределах – от 40 до 100 *см* (по средней арифметической). Глубина вскипания зависит, прежде всего, от гранулометрического состава: в почвах лёгкого состава вскипание обнаруживается глубже, а тяжёлого – ближе к поверхности.

Так, например, в Херсонской области в темно-каштановых остаточно солонцеватых почвах тяжелосуглинистого состава вскипание обнаруживается с глубины 48 *см*, в среднесуглинистых – с 65 *см*, в легкосуглинистых – с 75 *см*, в супесчаных – с 117 *см*. На глубину залегания карбонатов влияет также степень солонцеватости: чем она выше, тем ближе к поверхности залегает карбонатный горизонт, например, в Запорожской области в темно-каштановых остаточно-солонцеватых почвах тяжелосуглинистого состава, вскипание обнаруживается с глубины 45 *см*, а в солонцах – с 37 *см*.

Определённую роль в глубине залегания карбонатного горизонта играют климатические условия. Так, в более северной части степной зоны, например, в черноземах южных остаточно-солонцеватых, вскипание обнаруживается с глубины 47 *см*, а в каштановых – с 41 *см*.

Учитывая, что большая часть солонцовых почв имеет тяжелосуглинистый или легкоглинистый гранулометрический состав, и карбонатный горизонт в них залегает на глубине пример-

но 40–50 *см*, то эти почвы в основном пригодны под мелиоративную плантажную вспашку по показателю глубины вскипания.

Таблица 2

Глубина вскипания в солонцовых почвах юга Украины, см

Почвы	Гранулометрический состав	Административные области						Крым		
		Херсонская			Запорожская					
		n	$\bar{x}$	Д	n	$\bar{x}$	Д	n	$\bar{x}$	Д
Черноземы южные остаточно-солонцеватые	легкоглинистый	-	-	-	504	48	46-49	203	45	43-47
	тяжелосуглинистый	124	47	46-49	162	55	52-57	-	-	-
	среднесуглинистый	32	66	64-69	100	57	53-60	-	-	-
	легкосуглинистый	22	78	68-86	-	-	-	-	-	-
Темно-каштановые остаточно-солонцеватые	легкоглинистый	-	-	-	457	45	44-46	246	45	44-46
	тяжелосуглинистый	1407	48	47-49	462	47	46-49	-	-	-
	среднесуглинистый	232	65	64-67	303	53	51-54	71	48	46-50
	легкосуглинистый	230	76	73-78	-	-	-	-	-	-
	супесчаный	59	117	110-123	-	-	-	-	-	-
Темно-каштановые средне- и сильносолонцеватые	легкоглинистый	-	-	-	41	43	40-47	417	46	44-48
	тяжелосуглинистый	-	-	-	-	-	-	186	48	46-50-
	среднесуглинистый	-	-	-	93	47	44-50	-	-	-
Каштановые солонцеватые	легкоглинистый	-	-	-	23	45	40-50	14	44	41-48
	тяжелосуглинистый	97	41	39-43	24	49	47-51	-	-	-
	среднесуглинистый	51	45	40-50	54	49	46-52	-	-	-
Солонцы степные глубокие и средние	тяжелосуглинистый	130	46	43-48	5	37	35-39	9	41	34-48
	среднесуглинистый	40	56	53-58	-	-	-	-	-	-
	легкосуглинистый	38	51	47-55	-	-	-	-	-	-
	супесчаный	12	68	62-75	-	-	-	-	-	-

n – объем статистической выборки
$\bar{x}$ – среднее арифметическое
Д – доверительный интервал при вероятности 0,95

В то же время, значения глубины вскипания довольно сильно варьируют (что видно по данным доверительного интервала). Поэтому при одной и той же глубине вспашки большая масса карбонатного горизонта окажется либо на поверхности, либо на некоторой глубине от неё. Это было подмечено и Н.И. Полупаном (1981) при обследовании плантажированных почв.

Особенности вещественного состава карбонатного горизонта в солонцовых почвах юга Украины. Как отмечалось выше, основными почвообразующими породами в Причерноморье являются лессовидные суглинки различного гранулометрического состава и морские третичные засоленные глины.

По минералогическому составу илистой фракции они довольно сильно различаются между собой. Исследованиями П.Г. Коваливнича (1969) установлено, что в составе вторичных минералов лессовидных суглинков преобладают каолинитово-гидрослюдистые ассоциации, а в морских глинах – каолинитово-гидрослюдисто-монтмориллонитовые ассоциации. Такой состав наследуют и образовавшиеся на таких породах солонцовые почвы.

Так, в солонце лугово-степном на лессовидной глине гидрослюды преобладают по всему профилю. Однако с глубиной уменьшается количество каолинита и хлорита, а увеличивается содержание минералов монтмориллонитовой группы. В солонцах на морских третичных глинах в верхних горизонтах преобладают гидрослюдистые минералы, а к низу их количество уменьшается, но возрастает содержание минералов монтмориллонитовой группы. Следовательно, при выносе на поверхность плантажированной почвы нижней части иллювиального горизонта, почва с самой поверхности приобретает высокую набухаемость, поскольку в этих горизонтах преобладают минералы с подвижной кристаллической решеткой. В большей мере это отмечается для почв, образующихся на морских глинах.

Минералогический состав собственно карбонатных стяжений (белоглазка, журавчики и др.) представлен кальцитом, магнезитом и доломитом (Супрычев, 1962). В карбонатном горизонте, где карбонаты находятся в рассеянном состоянии, в их составе находится карбонат кальция и карбонат магния, причем значительно преобладает первый.

Химический состав карбонатного горизонта в разных почвах ряда мелиоративных районов представлен в таблице 3.

Таблица 3

Средние показатели состава иллювиально-карбонатного горизонта солонцовых почв отдельных почвенно-мелиоративных районах юга Украины

Солонцеватые почвы	Глубина карбонатного горизонта, см	Карбонаты		% от суммы		$\frac{CaCO_3}{MgCO_3}$	Плотный остаток, %	pH	a_{Na}, мг-экв/л	a_{Ca}, мг-экв/л	$\frac{a_{Na}}{\sqrt{a_{Ca}}}$
		%	т/га в слое 10 см	$CaCO_3$	$MgCO_3$						
Причерноморский (Очаковский) мелиоративный район											
Черноземы южные	60-90	15,1	241	91	9	10,1	0,08	8,0	не опр.	не опр.	-
Темно-каштановые	40-80	12,0	199	87	13	6,7	0,1	8,0	не опр.	не опр.	-
Приднепровский (Скадовский) мелиоративный район											
Темно-каштановые вторично-луговые	100-110	9,7	150	86	14	6,1	0,22	7,8	60	8,8	20
Солонцы вторично-луговые	40-50	2,2	35	75	25	3,0	0,98	7,8	184	8,2	66
Солонцы содово-засоленные	60-80	2,3	36	65	35	1,8	0,15	8,1	94	2,5	59
Причерноморско-Приазовский (Мелитопольский) мелиоративный район											
Темно-каштановые	50-60	10,9	175	88	12	7,3	0,08	7,7	3,6	8,0	1,3
Северо-Присивашский (Генический) мелиоративный район											
Темно-каштановые	50-60	10,3	164	90	10	9	0,09	7,6	3,2	6,8	1,2
Солонцы	45-55	15,4	246	87	13	6,7	0,77	7,9	33,6	7,9	14,0
Каштановые и др. (п-ов Чонгар)	50-70	16,0	256	81	19	4,2	0,11	7,9	13,9	не опр.	не опр.
Южно-Присивашский (Прикаркинитский) мелиоративный район											
Солонцы луговые	30-50	10,1	161	69	31	2,2	0,70	7,5	78,9	7,3	29
Южно-Присивашский среднепониженный мелиоративный район											
Темно-каштановые	60-70	17,0	271	91	9	10,1	0,08	7,8	2,4	не опр.	-
Лугово-каштановые	50-70	18,7	299	80	20	4,0	0,09	7,8	5,0	не опр.	-
Солонцы	40-60	12,5	200	86	14	6,6	0,14	8,0	28,8	не опр.	-
Южно-Присивашский высокий мелиоративный район											
Темно-каштановые	40-50	13,0	208	90	10	9,0	0,11	7,8	6,7	4,6	3,1
Солонцы	30-40	12,0	192	87	13	7,0	0,16	7,9	18,2	-	-
Керченский мелиоративный район											
Черноземы солонцеватые	70-80	5,0	80	81	19	4,2	-	-	-	-	-

Как видно из данных таблицы, количество карбонатов в иллювиально-карбонатных горизонтах неодинаково. Меньше всего – 2–3 %, – их содержится в солонцовых почвах легкого гранулометрического состава на террасе-дельте Днепра. В почвах тяжелого гранулометрического состава их количество возрастает до 10%, причем в солонцах их больше, чем в зональных солонцеватых почвах. Так, например, в Северо-Присивашском мелиоративном районе в солонцах содержится 15 % карбонатов, а в темно-каштановых – всего 8 %. Несколько меньше карбонатов в солонцах луговых с близким залеганием грунтовых вод в Южно-Присивашском и Прикаркинитском мелиоративных районах. В солонцовых темно-каштановых почвах Северного Причерноморья количество карбонатов меньше, чем в таких же почвах южного (Крымского) Причерноморья. Заметные различия наблюдаются и в составе карбонатов. По мере продвижения от высокой части предгорья Крыма к низкой, охватывающей низменную приморскую полосу, наблюдается увеличение содержания *карбонатов магния*, что объясняется влиянием морских вод, обогащенных магнием.

Что касается водорастворимых солей, то их количество по плотному остатку практически ничтожно в карбонатных горизонтах солонцеватых почв –0,08–0,1 %, а в солонцах более значительное – 0,7–0,9 %. При этом в солонцах лугово-степных и степных их меньше чем в луговых, а в их составе значительное место принадлежит сульфату кальция.

В большинстве иллювиально-карбонатных горизонтов солонцовых почв невысокой оказалась и активность ионов натрия, определяемая в почвенных пастах. В зональных солонцеватых почвах она равна 2–9 *мг-экв/л*. В солонцах, особенно вторично-засоленных, она резко возрастает, достигая 60–180 *мг-экв/л*.

Количество поглощенного натрия в иллювиальном горизонте солонцов колеблется в больших пределах. По этому показателю солонцы северного Присивашья относятся к малонатриевым (6–8 % от емкости). В солонцах Крымского Присивашья, которые на половине его территории развиваются при более близком залегании грунтовых вод, содержание поглощенного натрия достигает 20–22 % от емкости, постепенно снижаясь в процессе эволюционного развития в автоморфных условиях. В целом, солонцы Крымского Присивашья относятся к средненатриевым. В зональных солонцеватых почвах количество поглощенного натрия значительно ниже.

Степень иллювиированности, зависящая от содержания поглощенного натрия, также меняется по профилю солонцовых

почв. В луговых и частично лугово-степных солонцах максимум её приходится на верхнюю часть иллювиального горизонта, в солонцах остепняющихся – на нижнюю, карбонатную часть этого горизонта (Новикова, 2007).

Величина щелочности в солонцовых почвах также зависит от содержания поглощенного натрия. В зональных солонцеватых почвах она невысока, pH равен 7,5–8,0, а в солонцах резко увеличивается до 8,2–9,0.

Помимо данных, представленных в табл. 3, приведём дополнительно сведения о составе микроэлементов и агрохимических показателей в солонцовых почвах. Как установлено Л.П. Головиной (1984) в солонцах и сильносолонцеватых почвах количество микроэлементов больше, чем в черноземах и каштановых почвах. Среднее содержание микроэлементов в этих почвах в миллиграммах на 1 кг почвы таково: цинка – 55–80, меди – 11–40, кобальта – 10–11 и бора – 22–132.

По агрохимическим показателям солонцовые почвы относятся к группе почв с низким содержанием валового и подвижного азота, но при этом темно-каштановые почвы более богаты, чем солонцы (Юрко, 1984). Содержание валового азота зависит как от содержания гумуса, так и от гранулометрического состава и степени солонцеватости. По содержанию валового фосфора наблюдается его максимальное накопление в верхнем горизонте солонцов, а минимум приходится на почвообразующую породу. В карбонатном горизонте отмечается накопление фосфатов кальция (Кривоносова, 1984). По содержанию калия солонцовые почвы относятся к высокообеспеченным. Максимальное содержание калия приходится на верхний горизонт, с постепенным уменьшением к низу. Но в горизонте породы калий снова возрастает (Воробьева, 1984).

Таковы особенности солонцовых почв и их иллювиально-карбонатного горизонта.

Влияние химического состава иллювиально-карбонат-ного горизонта на рост и развитие растений. Для решения вопроса о возможной реакции растений на химический состав иллювиально-карбонатного горизонта, нашей лабораторией (Н.Е. Гаврилович и др.) был поставлен микровегетационный опыт, субстратом в котором служила масса иллювиально-карбонатного горизонта солонцовых почв из разных регионов юга Украины. Емкость сосудов 0,5 *л*, повторность трехкратная, опытное растение – ячмень. До начала опыта почва анализировалась в лаборатории. Результаты анализов химического состава массы иллювиально-карбонатного горизонта и урожай ячменя (таблица 4)

Таблица 4

Некоторые показатели химического состава массы иллювиально-карбонатного горизонта, взятой для вегетационного опыта и урожай ячменя

Место отбора	Мелиоративный район	Почва	Состав карбонатов по Кудрину, мг-экв/100 г		Сухой остаток, %	Токсичные соли, мг-экв/100 г	pH	Урожай, г/сосуд
			$CaCO_3$	$MgCO_3$				
Николаевская обл., Березанский р-н, с-з им. Петровского	VI	чернозем южный солонцеватый	247,5	11,3	0,067	0,2	7,7	3,81
Херсонская обл., Скадовский р-н, к-з им. Ладычука	VII	лугово-каштановая солонцеватая	252,5	88,8	0,320	4,4	8,2	2,95
Херсонская обл., Цюрупинский р-н, с-з «Знамя коммунизма»	VII	лугово-каштановая солонцеватая	308,8	91,3	0,228	3,0	8,8	2,04
Запорожская обл., Акимовский р-н, к-з им.Ленина	VIII	темно-каштановая слабосолонцеватая	296,3	63,8	0,075	0,4	7,9	5,45
Херсонская обл., Генический р-н, Геническая опытная станция	IX	темно-каштановая солонцеватая	302,5	38,8	0,070	0,6	7,9	5,32
Крымская обл., Красноперекопский р-н, с-з «Герои Сиваша»	X	темно-каштановая среднесолонцеватая	282,5	53,8	0,331	4,0	7,8	4,21
Крымская обл., Красноперекопский р-н, с-з «Воинский»	XII	темно-каштановая слабосолонцеватая	361,3	38,8	0,162	1,3	7,8	5,33
Крымская обл., Кировский р-н	XI	темно-каштановая солонцеватая	215,0	32,5	0,074	0,4	7,5	6,18
Крымская обл., Джанкойский р-н, с. Предмостное	XI	солонец	330,0	75,0	0,554	8,6	7,5	4,80

Как видно из таблицы, растения заметно реагировали на состав субстрата. Урожай (в граммах на сосуд) был невысоким и колебался по разным вариантам от 2 до 6 *г/сосуд*. Он снижался при более высоком содержании карбоната магния, например, в случае, когда в почве содержалось $CaCO_3$ – 308 *мг-экв*, а $MgCO_3$ – 91,3 *мг-мг-экв* на 100 *г* почвы. Урожай резко снижался также и при повышенном содержании токсичных солей – 3–4 *мг-экв* на 100 *г* почвы. Снижался урожай и при высокой щелочности, когда pH достигал 8,2–8,8. Таким образом, видно, что иллювиально-карбонатный горизонт солонцовых почв хотя и обладает запасами солей кальция, необходимых для рассолонцевания почвы, но в этом горизонте содержатся и токсические соли, отмечается высокая щелочность почвенного раствора, которые влияют отрицательно на рост и развитие растений. Поэтому при решении вопроса о пригодности мелиоративной вспашки на какой-либо территории необходимо учитывать не только глубину залегания карбонатного горизонта, но и его химический состав. Однако, имеется еще один важный показатель пригодности такого метода - это степень гидроморфности территории.

Влияние степени гидроморфизма территории на эффективность плантажной вспашки. Как известно (Новикова, 1961) в луговых солонцовых почвах, развивающихся при близком залегании минерализованных грунтовых вод, создается капиллярно-грунтовое увлажнение с сезонно-необратимым засолением. На таких почвах нами в совхозе «Молодая Гвардия» Азовского района в Крыму был поставлен стационарный опыт, где изучалось воздействие плантажной вспашки и других приемов. Опыт показал очень низкую эффективность плантажной вспашки, а в почвах – повышенное содержание солей с самой поверхности, т.е. проявление вторичного засоления, отсутствовавшего в почвах контрольной делянки.

С целью выявления причин вторичного засоления после плантажной вспашки, нами был проведен модельный опыт в лаборатории. На опытном участке возле с. Предмостное Джанкойского района Крыма, где грунтовые воды залегают глубоко, около 7–8 *м*, были отобраны два монолита. Один из них взят на солонце контрольной делянки, другой - на плантажированном солонце. В лаборатории оба монолита были поставлены в ванночки, в которые подавался раствор поваренной соли. Выдерживался испарительный режим. Через год опыт был завершен. Оказалось, что на поверхности почвенного монолита с плантажированным солонцом образовалась корка солей NaCl. В монолите солонца контрольной делянки корка солей отсутствовала, а мак-

симум содержания солей обнаруживался в подсолонцовом горизонте.

Этот опыт показал, что сламывание при плантажной вспашке солонцового горизонта приводит к усилению капиллярного движения солевых растворов вверх от близкозалегающих грунтовых вод. Следовательно, на эффективность приема мелиоративной пахоты влияет не только глубина и состав карбонатного горизонта, но и степень гидроморфности территории. При высокой её степени, как это отмечается в луговых солонцовых почвах, применять этот метод нельзя.

Автор статьи сознательно не приводит подробных данных об агрономической эффективности глубокой мелиоративной плантажной вспашки. Этот вопрос хорошо освещен во многих публикациях, как сотрудников лаборатории мелиорации, так и мелиораторов других научных организаций. Наиболее полно эти сведения изложены в монографии «Окультуривание солонцовых почв» (1984). В рамках данного сообщения лишь отметим, что в степных и лугово-степных солонцах и солонцеватых почвах мелиоративная плантажная вспашка в большинстве случаев вызывает заметное повышение урожая всех сельскохозяйственных культур.

Это объясняется не только постепенным рассолением и рассолонцеванием почвы кальциевыми солями самой почвы, но и, главным образом, резким улучшением водно-физических свойств, вызванным разрыхлением почвы плантажным плугом и последующим накоплением большого количества влаги.

Важно подчеркнуть, что длительность положительного последействия мелиоративной плантажной вспашки для почв Украины составляет в среднем 20–25 лет (1975, 1984). Такая же продолжительность последействия установлена и на юго-востоке России (Любимова, 2002).

Полученные в прошлые годы материалы по районированию солонцовых почв (Новикова, 1969) и приведенные в данной статье показатели по глубине, составу иллювиально-карбонатного горизонта и степени гидроморфности территории, позволили нам совместно с В.Н.Калиниченко составить картосхему пригодности солонцовых почв юга Украины к мелиоративной плантажной вспашке и представить её ниже. В ней отражено распределение почвенного покрова, мелиоративные районы (1969) и группы земель по степени пригодности к мелиоративной обработке. Всего выделено три группы солонцовых земель по степени пригодности к мелиоративной плантажной вспашке: пригодные, частично пригодные, и непригодные (рис. 1).

Мелиоративные районы:
VI—Причерноморский высокий;
VII—Приднепровский террасовый (Скадовский
VIII—Причерноморско-Приазовский высокий (Асканийско-Мелитопаольский)
IX—Североприсивашский высокий (Генический);
X—Южноприсивашский и Прикаркинитский (Ишунский)
XI—Южноприсивашский слабопониженный (Красно-Перекопско-Кировский);
XII—Южноприсивашский высокий (Раздольненско-Азовский);
XIII—террасово-дельтовый (Салгирский);
XIV—Керченский

Почвы:
2 – черноземы южные остаточно-солонцеватые;
5 – темно-каштановые остаточно-солонцеватые;
6 – темно-каштановые солонцеватые;
7 – каштановые солонцеватые;
8 – черноземно-солонцеватые на третичных ных глинах;
9 – луговые солонцеватые;
10 - солонцы;
11 – лугово-черноземные и дерновые осолоделые глеевые;
12 – лугово-черноземные

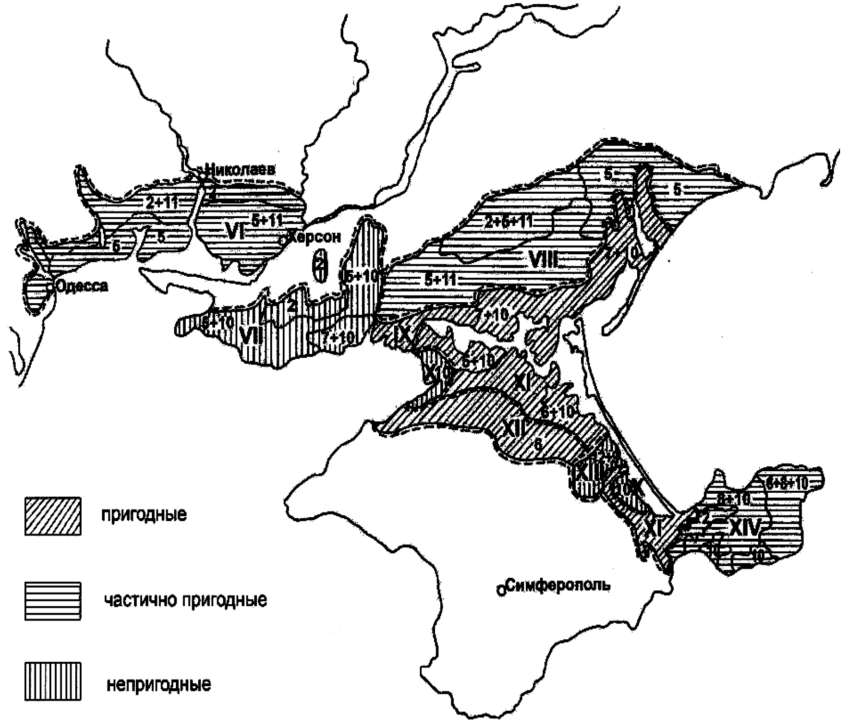


Рисунок 1. ***Картосхема пригодности солонцовых земель Юга Украины к мелиоративной плантажной вспашке***

К пригодным почвам *отнесены земли трёх мелиоративных районов: это район IX – Северное Присивашье (Херсонская область); район XI – Средне-пониженное Крымское Присивашье; район XI – Высокое Крымское Присивашье. Это степные и лугово-степные солонцовые комплексы на лёссах.*

К частично пригодным почвам отнесены солонцовые земли мелиоративных районов, где на фоне высокой приморской равнины простираются речные террасы разного уровня или многочисленные поды, занимающие иногда до 20 % площади, а также низменные побережья с близким уровнем грунтовых вод. Именно на таких участках плантаж проводить нельзя из-за пониженного залегания карбонатного горизонта, большой его засоленности или оглеенности почв подов. На возвышенных же территориях с тёмно-каштановыми остаточно солонцеватыми или другими солонцеватыми почвами с неглубоким залеганием карбонатного горизонта, плантажную вспашку проводить можно. К таким частично пригодным районам относятся: район VI – Причерноморский высокий; район VIII – Причерноморско-Приазовский; и отличный от них вследствие иной почвообразующей породы (морские третичные глины) район XIV – Керченский. В последнем районе плантаж возможен лишь в случае неглубокого залегания гипса в солонцах.

К непригодным для мелиоративной плантажной вспашки почвам – отнесены земли мелиоративных районов: VII– Приднепровско-террасовый район, где преобладающая часть солонцовых почв имеет лёгкий гранулометрический состав и глубокое залегание карбонатов; X – Южноприсивашский и Прикаркинитский район с близким уровнем минерализованных грунтовых вод; и наконец, XIII – террасово-дельтовый Салгирский район с близким залеганием грунтовых вод.

Разумеется, данная схема в таком мелком масштабе может быть использована лишь как обзорная для ориентировочного учета территории и ориентировочного отбора земель под мелиоративный плантаж. Окончательный отбор территории возможен лишь при составлении проекта мелиорации, как это делалось в прошлые годы Агрохимслужбой Украины. При этом сле-

дует учитывать соответствующие методические руководства, в том числе ГОСТ (Балюк и др., 2005; Новикова, Канаш, 1976) и рекомендации по использованию солонцовых земель (2001).

В настоящее время, когда земля стала частным достоянием граждан, что ограничивает помощь государства в проведении мелиорации, а также в связи с заметным спадом экономического развития сельского хозяйства, особенно в период финансового глобального кризиса, вопросы об использовании сельскохозяйственных земель значительно осложнились. Поэтому о мелиорации солонцовых земель, когда даже часть пахотных плодородных почв вовсе не используется, сейчас практически даже нечего и мечтать. Но нужно думать о будущем. И несомненно придёт время, когда вопросы земледелия и мелиорации солонцовых земель будут обязательно востребованы.

Заключение

Большое разнообразие природных условий и состава солонцовых почв вызывает необходимость дифференцирования приемов их мелиорации. На юге Украины более пригодным методом мелиорации является мелиоративная плантажная вспашка на глубину 60–65 *см*. Однако её применение не везде целесообразно.

В своё время автором была разработана схема мелиоративного районирования территории Украины, где показаны рекомендуемые приемы мелиорации солонцовых почв (Новикова, 1969). Накопленные позже материалы исследований по разработке приемов повышения плодородия солонцовых почв позволили уточнить ряд вопросов, связанных с их внедрением. В частности, было выявлено, что эффективность мелиоративной плантажной вспашки зависит от ряда причин. Они рассмотрены в данной статье. Основными из них являются условия гидроморфности территории, глубина залегания иллювиально-карбонатного горизонта и его химический состав. С учетом этих показателей составлена картосхема пригодности территорий солонцовых земель под мелиоративную плантажную вспашку.

5.ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ЗАСОЛЕНИЯ, ОЩЕЛАЧИВАНИЯ И СОДОПРОЯВЛЕНИЯ В ОРОШАЕМЫХ ПОЧВАХ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ[1]

Введение

По данным ФАО[2], население земного шара очень быстро растет и за последние 15 лет увеличилось на $^1/_3$. В то же время около 75% населения (исключая население индустриально развитых стран) страдает от голода. В связи с этим в мире усиленно изучается потенциальная биологическая продуктивность нашей планеты. И если для увеличения продуктов питания в ряде стран в первой половине века главное внимание уделялось химизации, то во второй половине века – ирригации. В настоящее время орошается шестая часть пахотных земель мира (225 *млн*. гектаров). Причем к ирригации прибегают не только в странах с сухим климатом, где без орошения земледелие практически невозможно, но и в странах с достаточным увлажнением (например, в Англии, Голландии и др.), где с помощью ирригации получают устойчивые урожаи (С.А. Гиршкан, 1969).

В Советском Союзе для удовлетворения возрастающей потребности населения в продуктах питания, а промышленности в сырье намечена грандиозная программа работ по мелиорации земель, которой предусмотрено создание трех районов гарантированного урожая зерновых культур – на Украине, Поволжье и Северном Кавказе. К концу четвертого года пятилетки на Украине введено в эксплуатацию 1,3 *млн*. гектаров орошаемых земель. Производство зерна на этих землях в девятой пятилетке должно достичь 10–12 *млн*. тонн.

Курс на ирригацию в стране оправдался уже в первые годы. Так, в Крымской области за 1966–1970 гг. урожай зерновых составил в среднем 45,1 *ц/га*, в том числе озимой пшеницы 41,3 и риса 53,9 *ц/га*. За этот же период в совхозе «Комсомольский» Херсонской области урожай озимой пшеницы достиг 52,6 *ц/га*, а в совхозе «Авангард» Николаевской области –52,7 *ц/га*. В целом

---

[1] Опубликовано в монографии «Прогнозирование вторичного засоления почв при орошении». Киев, изд. «Урожай», 1975, 184 с. Из этой книги в данный сборник помещены: введение, глава II и выводы.

[2] ФАО – секция ЮНЕСКО, занимающаяся вопросами продовольствия и сельского хозяйства.

во многих хозяйствах юга Украины урожай озимой пшеницы и риса достиг проектного уровня, по другим культурам урожаи пока ниже проектных.

Некоторые организационные и эксплуатационные недостатки, а также не вполне благоприятные природные условия в какой-то мере сдерживают получение ожидаемого эффекта от орошения на части площади. В известной степени это закономерно, ибо мировой практикой ирригации установлено, что орошение земель засушливых областей представляет собой исключительно сложную проблему и прежде всего потому, что эти территории нередко приурочены к бессточным низменностям, испытавшим засоление в прежние геологические эпохи, а поступление огромных количеств воды при ирригации нарушает сложившийся водно-солевой баланс и ведет к повышению уровня грунтовых вод, заболачиванию и вторичному засолению.

В настоящее время вторичное засоление проявляется в огромных размерах на орошаемых землях Пакистана, Ирака, Сирии, Китая, Египта и других стран.

Вторичное засоление не только приносит огромный материальный ущерб, но и портит природу земного шара. И в этом аспекте вопросы правильного выбора территории под орошение, прогнозирования и предотвращения вторичного засоления и рационального использования почв при ирригации выходят за рамки чисто научных и даже национальных интересов, приобретая, в известной мере, международное значение.

С особой остротой эти вопросы возникли на Украине, где ранее не было опыта широкого орошения. Здесь на впервые построенных системах произошло некоторое ухудшение мелиоративной обстановки. Возникла необходимость в реконструкции построенных и уточнении проектов новых оросительных систем. Потребовались более глубокие научные исследования с обстоятельным анализом исходных природных условий, учетом влияния первых лет орошения и прогнозом дальнейших изменений мелиоративной обстановки.

Одним из первых в эту работу включился Украинский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского. Еще задолго до широкой ирригации, в начале 50-х годов, автор данной книги начал изучать почвы Крымской области по вопросам, связанным с предстоящей ирригацией и повышением плодородия солонцовых почв.

В результате исследований было обнаружено резкое различие в водно-солевом режиме почв в зависимости от глубины грунтовых вод, которое послужило основой для разделения

почвенного покрова на луговые, лугово-степные и степные комплексы почв, что имело существенное значение при оценке возможности использования почв под орошение. Разделение почвенного покрова по степени гидроморфности отражено на ряде почвенных карт Крыма, в том числе и на последней, составленной почвоведами Крыма под нашей редакцией в масштабе 1 : 200000, а также на составленной нами карте степного Крыма в масштабе 1 : 750000, являющейся частью карты почв Украины.

Была также установлена своеобразная геохимическая зональность соленакопления, отраженная на первой карте типов засоленности почв степного Крыма, составленной в 1953 г. Эта карта использована при мелиоративном районировании и первых прогнозных расчетах, выполненных для проектирования орошения в пятидесятых годах (А. В. Новикова, 1958, 1959).

Поставленные автором в 1949 г. опыты по мелиорации солонцов в разных геоморфологических условиях Крыма, которые сопровождались изучением генезиса солонцов, позволили в короткий срок установить необходимость применения различных приемов повышения их плодородия, предложить их районирование (А. В. Новикова, 1962), а с 1959 г. по решению Крымского облисполкома их стали внедрять в производство.

С 1962 г. мы начали вплотную заниматься разработкой метода солевого прогноза на примере ряда участков Краснознаменного и Северо-Крымского массивов еще до начала их орошения (А.В. Новикова, 1964, 1967). В последующие годы на этих участках были организованы стационарные опыты, на которых велись наблюдения за фактическим изменением солевого состава почв и грунтовых вод при орошении.

Когда в последние годы возникла необходимость обоснования уточненного проекта орошения Северо-Крымской и переустройства Краснознаменной систем, то, располагая большим фактическим материалом личных исследований, исследований сотрудников руководимой лаборатории, а также фондовыми материалами ряда организаций, мы приступили к их обобщению, желая помочь проектирующей организации.

Известно, что качество проекта орошения в значительной мере определяется полнотой и глубиной предшествующих ему изысканий, в частности почвенно-мелиоративных. Недостаточная исходная характеристика объекта орошения нередко приводит к просчетам в проектировании и оборачивается в последующем большими затратами на переустройство оросительной сети и осуществление дополнительных мер по оздоровлению мелиоративной обстановки.

Поэтому сейчас, в период широкой ирригации в стране, особенно важно совершенствовать методы почвенно-мелиоративных исследований.

Возникнув в начале XX века на стыке почвоведения, гидрогеологии и гидромелиорации, мелиоративное почвоведение своим появлением было обязано работам В.С. Богдана (1900), С.А. Захарова (1905) и особенно Н.А. Димо (1910, 1911), который впервые при обследовании почв поставил цель получить оценку пригодности их под орошение и обосновать рациональное их использование. В 30-е годы в почвенной мелиорации формируются собственные методы исследований (Б.Б. Полынов, 1930; С.В. Зонн, 1934; Н.А. Качинский, 1934; Л.П. Розов, 1936; В.А.Ковда, 1937; Д.Г. Виленский, 1937 и др.).

С конца сороковых годов в связи с развертыванием в стране ирригации усилилось внимание к почвенной мелиорации. Широкие региональные и стационарные исследования, результаты которых изложены в крупных обобщениях, вскрыли новые закономерности в системе почво-грунт – вода и дали возможность усовершенствовать методы почвенно-мелиоративных исследований (В.А. Ковда, 1946; А.Н. Розанов, 1946, 1959; В.Р. Волобуев, 1948; А.Т. Морозов, 1954; П.А. Летунов, 1958; В.В. Егоров, 1959; И.С. Рабочев, 1961; О.А. Грабовская, 1961; А.П. Бирюкова, 1962; Н.И. Базилевич, 1965; П.С. Панин, 1968; Н.Г. Минашина, 1970 и др.).

В настоящий период в связи с научно-техническим прогрессом почвенно-мелиоративная наука получает дальнейшее свое развитие благодаря использованию ряда методов смежных наук, а также успехов мелиоративного почвоведения. Так, появилась возможность количественно оценить не только общую, но и токсичную засоленность почво-грунтов; перейти от характеристики засоления по так называемым типичным разрезам к усредненной математически достоверной оценке засоления, основанной на использовании теории вероятности; вместо качественной характеристики степени естественной дренированности перейти к количественным показателям и т. д.

В работе над книгой автор стремился показать на примере юга Украины возможность применения более совершенных методов оценки пригодности территории для орошения, более широкого использования методов математической статистики в мелиоративном почвоведении, ознакомить с предложенным методом солевого прогнозирования и результатами расчетов, показать фактическое изменение обстановки в первое десятилетие

орошения и предложить мероприятия по предупреждению вторичного засоления и по рациональному использованию почв.

ГЛАВА II

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ

Основные принципы существующих методов почвенно-мелиоративного прогнозирования

Проектирование оросительных мелиораций в нашей стране имеет довольно длительную историю. Однако до настоящего времени существенным недостатком как изыскательских работ на территории будущего широкого орошения, так и самих проектов, являлась поверхностная оценка возможного изменения мелиоративной обстановки в ходе ирригационной эксплуатации поливных массивов. Такую оценку делали на основании условий, предшествующих орошению. Как отмечает С.Ф. Аверьянов, «у многих почвоведов и гидрогеологов, которые дают заключение о пригодности земель для орошения и составляют их характеристики, прочно укоренилось ошибочное мнение, что описание существующих до орошения условий является вполне достаточным для обоснования проекта. По этим материалам делается районирование земель и качественно оценивается мелиоративное состояние последних. Поэтому часто создается впечатление о мнимом благополучии мелиоративного состояния земель, что приводит к серьезным ошибкам и необходимости в дальнейшем их исправления» (1965, стр. 95). И здесь же С.Ф. Аверьянов подчеркивает необходимость разработки специальных прогнозов, которые должны быть частью ирригационных проектов.

Со второй половины прошлого десятилетия положение в ирригационном проектировании сильно изменилось в лучшую сторону. Прогноз мелиоративной обстановки уже считается обязательной составной частью проекта. И все же научное прогнозирование почвенно-мелиоративной обстановки стало предметом настойчивых исследований лишь в последние годы. Раньше всего начали разрабатываться методы гидрогеологического прогноза, в становлении которых участвовали не только гидрогеологи, но и физики, математики. В результате этого к настоящему времени имеется целый ряд методов гидрогеологического прогноза (Д.М. Кац, 1969).

В разработке почвенно-мелиоративных прогнозов, которые стали изучаться позже, чем гидрогеологический прогноз, наметились следующие направления.

Метод сравнительных почвенно-географических и почвенно-мелиоративных аналогий базируется на использовании принципа экстраполяции (перенесения). Основан на изучении староорошаемых массивов и экстраполяции выводов об изменении почвенно-мелиоративных условий на территорию, намеченную под орошение.

Балансовый метод основан на расчетах баланса грунтовых вод, их состава и выноса солей в корнеобитаемую часть почвы на будущем орошаемом массиве (В.А. Ковда, 1947; Е.Л. Минкин, 1957; А.Т. Морозов, 1962; Н.М. Решеткина, 1965; Ф.И. Козловский, 1966).

Аналитические методы состоят в математическом описании процесса передвижения солей под влиянием конвективной диффузии и растворения (Н.Н. Веригин, 1953; С.Ф. Аверьянов, 1965; В.А. Барон, 1967; Л.М. Рекс, 1968; М.П. Чиркин, Д.Ф. Шульгин, 1967; В.И. Пеньковский, 1971 и др.). Методы позволяют рассчитать ожидаемое содержание солей только в первом приближении, поскольку не могут описать все процессы, которые совершаются при насыщении почво-грунтов грунтовыми водами.

Метод моделирования процессов перемещения воды и солей в почво-грунтах возник в связи с отсутствием четких представлений об элементарных процессах, протекающих при взаимодействии грунтовых вод с почво-грунтами. Этот метод мало разработан. Одной из попыток применения физического моделирования для составления солевого прогноза является метод, предлагаемый автором данной работы (А.В. Новикова, 1964, 1967), основные положения которого будут рассмотрены ниже.

Прогнозированию распределения солей при орошении посвящено и несколько зарубежных работ (Шевет и Рейнгер, 1964; Дей и Форзиц, 1957; Гарднер и Брук, 1957; Нильсон и Биггар, 1962; Дутт, 1964; Бреслер, 1967 и др.), однако в них рассмотрены вопросы прогнозирования распределения солей в почве под влиянием промывного режима. При этом учитывается осолоненность оросительной воды. Влияние отрицательного водного баланса, при котором испарение преобладает над инфильтрацией, а также воздействие грунтовой воды при подпитывании ею почвенного профиля, в этих работах не взяты во внимание. Лишь в опубликованной в 1971 г. статье Сабольч, Дараб, Варалляи отмечается отрицательное влияние грунтовых вод на засоление почв и предлагается формула для учета такого воздействия.

Основные положения теории вторичного засоления почв и вопросы, решаемые при прогнозировании

Литературные данные по характеристике условий и факторов, способствующих появлению вторичного засоления и его развитию во времени и пространстве (В.С. Богдан, 1900; С.А. Захаров, 1905; Н.А. Димо 1911; В.С. Малыгин, 1913; М.М. Бушуев, 1915; Б.Б. Полынов, 1903; Ю.Г. Лопато, 1932; Л.П. Розов, 1936; В.А. Ковда, 1946; А.Н. Розанов, 1946; В.В. Егоров, 1959; Н.Г. Минашина, 1963; К.Э. Бурзи, 1970 и др.), а также непосредственный анализ явлений, протекающих на новых оросительных системах юга Украины в первое десятилетие после ввода их в эксплуатацию, дают возможность автору представить следующую концепцию вторичного засоления почв.

Вторичное засоление является неизбежным спутником орошения только при следующих условиях: слабой естественной дренированности территории; наличии определенного исходного запаса солей в почво-грунтах (а также грунтовых водах), вовлечение которых в ирригационный влагооборот может вывести эти соли из состояния резерва и привести в активное состояние; подъеме грунтовых вод и превышении критической глубины их залегания и критической минерализации (В.А. Ковда, 1946). Грунтовые воды поднимаются вследствие фильтрации воды в каналах и на полях с образованием куполов фильтрационной воды, непосредственного растекания этой воды в стороны и гидродинамического отжимания естественных грунтовых вод вверх (А.Н. Костяков, 1960; А.Н. Костяков, Н.Н. Фаворин, С.Ф. Аверьянов, 1956; В.А. Ковда, 1946; В.В. Егоров, 1959). Подъем грунтовых вод представляет, таким образом, результирующую горизонтального и вертикального перемещения воды в почво-грунтах. Темп подъема грунтовых вод зависит от элементов, составляющих водный баланс территории.

Поднимаясь в толще почво-грунтов, грунтовые воды претерпевают изменения в минерализации и составе, что обусловлено растворением солей из твердого субстрата (или выпадением их в осадок из раствора), диффузией, обменно-поглотительными реакциями с коллоидным комплексом или взаимодействием самих солей. Помимо этого, на состав грунтовых вод оказывает влияние также инфильтрация поливной воды (если она имеет место). Она может усилить или ослабить осолоненность поднимающихся грунтовых вод. Если вода недостаточно насыщена солями, то она может растворить соли, заключенные в породах и почвах, и, следовательно, минерализация ее

повысится. Если же ею достигнут предел солевой концентрации для данных условий (т. е. уровень насыщенности солями), то она в дальнейшем, проходя сквозь другие слои почво-грунтов, «не растворяет соли и не наращивает минерализации, а проходит через эти слои транзитом. Когда предельно насыщенная вода поступает в слои с меньшим засолением или с меньшей влажностью, эти слои становятся более засоленными» (П.С. Панин, 1968, стр. 50). В том же случае, когда минерализация воды при перемещении сквозь толщу пород даже остается неизменной, то в ней все же увеличивается количество хлоридов, поскольку они не адсорбируются почвой и имеют высокую растворимость.

Отмеченные здесь изменения минерализации вод при их прохождении сквозь почвы и породы должны происходить не только при фильтрации пресной воды, т. е. при движении ее главным образом вниз (что изучали В.В. Спенглер и П.С. Панин), но (что вполне очевидно) и в случае подъема грунтовой воды, т. е. при движении ее вверх.

По достижении грунтовыми водами критического уровня (критической глубины залегания) создается возможность интенсивного расходования их на испарение и транспирацию. Если водный баланс складывается таким образом, что эта статья расхода преобладает над приходом воды (осадки плюс оросительная вода и подземный приток), то в почве начинается процесс вторичного засоления (С.Ф. Аверьянов, 1965).

Миграция солей в почве совершается благодаря двум основным процессам: диффузии солей и передвижению их вместе с влагой.

Диффузионное перемещение подчиняется общей закономерности выравнивая концентрации, установленной Фиком, которая заключается в том, что количество диффундирующего вещества пропорционально падению концентрации и времени.

Скорость диффузии зависит от растворимости соли, ее концентрации, влажности почвы (В.А. Чернов, 1935, 1939; С.И. Долгов и З.И. Каменева, 1937; Н.А. Комарова, 1937 и др.).

При движении воды в водонасыщенной среде проявляется механизм конвективной диффузии, т. е. молекулярной диффузии в потоке жидкости (Н.Н. Веригин, 1953; А.Е. Орадовская, 1957 и др.), величина которой хотя и мала, но имеет существенное значение в определенных условиях (С.Ф. Аверьянов, 1965).

Передвижение солей вместе с водой (пассивное – по терминологии В.Р. Волобуева, 1941) может быть в зависимости от форм влаги различным: молекулярным, капиллярным, гравитационным. От форм влаги зависит и скорость передвижения

солей: она будет небольшой в случае пленочного передвижения и большой в остальных случаях.

Вторичное засоление почв развивается по этапам (фазам), стадийно, что получает отражение в распределении его как во времени, так и в пространстве (В.А. Ковда, 1946; А.Н. Розанов, 1946; В.В. Егоров, 1959).

Таким образом, вторичное засоление почв – явление многоплановое, включающее разные процессы: гидродинамические, физико-химические, физические и другие, которые, однако, имеют в данном случае комплексный характер. В природной обстановке происходит своеобразное наложение названных выше процессов друг на друга, поэтому трудно вычленить роль и значение каждого из них в отдельности. Отсутствие в настоящее время четких данных по количественным характеристикам расчлененной совокупности факторов (процессов), обусловливающих вторичное засоление почв, вынуждает исследователей прибегать к изучению каждого из них в отдельности, применяя для этого самые разнообразные методы.

Выше мы отмечали, что гидрогеологическое и солевое прогнозирование может быть осуществлено на базе целого ряда методов, каждый из которых имеет свойственные лишь ему особенности и свои целевые сферы применения.

При прогнозировании вторичного засоления почв одним из эффективных путей является использование метода физического моделирования отдельных процессов, протекающих в «тройственной» системе «почво-грунт – грунтовая вода – оросительная вода».

Для такого прогнозирования можно прибегнуть и к сочетанию данного метода с другими, например, с аналитическим.

Перечислим теперь узловые вопросы, которые, исходя из изложенных выше основных положений теории вторичного засоления почв, должны, по нашему мнению, решаться при прогнозировании последнего.

1. Определение степени естественной дренированности территории для предварительной оценки возможности появления вторичного засоления. Если будет установлено, что естественная дренированность слабая, то этим уже будет доказана правомерность дальнейших исследований по прогнозированию изменений почвенно-мелиоративной обстановки под влиянием орошения. Исходя из сложности процессов, которые вызывают вторичное засоление, и специфичности некоторых из них, прогнозирование должно быть разделено на два этапа: а) гидрогеологический прогноз, б) почвенно-солевой прогноз.

2. Разработка гидрогеологического прогноза, целью которого является показ возможного изменения уровня грунтовых вод под влиянием орошения. При этом должны учитываться природно-климатические условия, будущая агротехника, поливной режим и особенности выращивания тех сельскохозяйственных культур, которыми будет занят ирригационный массив, а также исходная глубина грунтовых вод. По нашему мнению, эта часть исследований должна выполняться специалистами, владеющими современными методами гидрогеологического прогнозирования – аналитическими, моделированием и другими, в частности гидрогеологами, гидравликами, математиками.

3. Разработка почвенно-солевого прогноза, задача которого сводится к выявлению возможных изменений в минерализации и составе грунтовых вод и степени засоленности почв под влиянием ожидаемого изменения уровня грунтовых вод и водного баланса орошаемого поля. Для составления прогноза солевого режима тем или иным методом потребуется решение нижеследующих вопросов:

а) определение степени исходной засоленности почвогрунтов во всей зоне аэрации (или до регионального водоупора, а при наличии связи между отдельными слоями подземных вод и засоленности более глубоких слоев пород – наличие солей и в них); получение данных о водно-физических свойствах почвогрунтов, необходимых для последующих расчетов;

б) определение минерализации исходных (природных) грунтовых вод и прогноз ее изменения под влиянием орошения должно составлять одну из центральных задач солевого прогноза;

в) изучение водного баланса и его составляющих, в частности расхода грунтовых вод для испарения в данной почвенно-климатической зоне, как фактора, активно способствующего возможному вторичному засолению;

г) установление скорости капиллярного передвижения солей в почво-грунтах, как наиболее важного механизма вторичного засоления, является необходимым элементом исследования. Наряду с этим должен изучаться также диффузионный путь миграции солей (коэффициент конвективной диффузии);

д) определение критической глубины залегания (критический уровень) и критической минерализации грунтовых вод обязательно для каких-то заранее оговоренных условий (богара, орошение, с непременным учетом водно-солевого режима);

е) расчет количества солей, которые смогут накопиться в почве при вторичном засолении или опреснении и их распределение в почве – центральный этап прогнозирования;

ж) составление карт прогноза. Совокупность материалов, полученных в ходе выполнения перечисленных выше комплексных научно-исследовательских работ, позволяет составить карты прогноза вторичного засоления, на которых показывают участки, где оно возможно при определенных условиях водного баланса.

Для решения перечисленных здесь вопросов применительно к условиям степного Крыма и Днепровской террасово-дельтовой равнины нами были применены различные методы: физическое моделирование (прогноз минерализации грунтовых вод, определение скорости капиллярного передвижения растворов и др.), полевые наблюдения (определение критической глубины грунтовых вод, влияние засоленности почво-грунтов и грунтовых вод, отбор проб для моделирования, определение коэффициента конвективной диффузии и др.), аналитические (прогноз распределения солей в почвах по методу С.Ф. Аверьянова и др.).

Ниже излагаются методические проработки автора по научному обоснованию метода прогноза минерализации грунтовых вод и солевого прогноза почв, а затем освещаются результаты исследований по названным выше вопросам в степном Крыму и на юге Днепровской террасово-дельтовой равнины.

Прогноз минерализации грунтовых вод методами физического моделирования и расчетным

Первыми в нашей стране действие воды на соли, заключенные в почве, изучали С.А. Захаров и К.К. Гедройц.

С. А. Захаров (1905,) установил влияние времени взаимодействия почвы с водой на переход солей в раствор. К.К. Гедройц (1955) показал, что при действии воды на почву происходят следующие процессы: растворение простых солей, растворение гумусовых и кремнекислых соединений, разложение сложных солей и гидролизующее действие воды на соли. Влияние разных объемов растворителя сказывалось по-разному в зависимости от состава солей в почве.

На основании работ С.А. Захарова и К.К. Гедройца в почвоведении до сих пор применяется разработанный ими метод извлечения солей водной вытяжкой при соотношении твердой и жидкой фаз как 1 : 5.

В связи с освоением засоленных почв ставилось много опытов с промывкой солей пресной водой – на монолитах, в колонках с насыпным грунтом и т. д. В то же время влияние солевых растворов на выщелачивание солей из почвы специально не исследовалось. Этот вопрос освещался лишь частично в ходе опытов с промывкой солей пресной водой. Так, В.В. Спенглер (1950) выясняла причины различной интенсивности выщелачивания солей при промывках водой из отдельных горизонтов засоленных почв, помещенных в латунные цилиндры. Цилиндры были установлены один над другим таким образом, чтобы фильтрат из первого цилиндра поступал во второй, из второго в третий и т. д. Фильтраты из каждого цилиндра подвергались анализу. В.В. Спенглер удалось установить, что при насыщении почвы водой до предельной влагоемкости происходит не только растворение солей, но и перемещение их вниз. По мере передвижения воды из верхних горизонтов почвы к нижним возрастает ее минерализация. Чем выше минерализация воды, поступающей из вышележащих слоев, тем меньше солей она вымывает из последующих.

Аналогичный опыт провел А.И. Силин-Бекчурин (1960). Небольшие монолиты, обточенные в виде цилиндра, помещались в стеклянные трубки с оттянутым нижним концом в виде воронки. Первый монолит промывали пресной водой, последующие – фильтратами из вышележащих монолитов. Оказалось, что минерализация фильтратов увеличивалась и менялся химический состав. Растворы превращались из сульфатно-натриевых в хлоридно-сульфатные.

Убедительный эксперимент, показывающий значение минерализации на выщелачивание солей при промывке пресной водой, поставил П. С. Панин (1968). Он промывал два монолита: один представлял собой полный почвенный профиль (0–100 *см*), второй лишь нижнюю часть (80—100 *см*) такой же почвы. После промывки сравнивались слои на глубине 80–100 *см*. В первом монолите пресная вода пока доходила до глубины 80 *см* становилась высокоминерализованной, во втором, где верхняя толща почвы отсутствовала, на слой 80–100 *см* действовали также пресной водой. В результате оказалось, что из слоя 80–100 *см* первого монолита вымылось в 10 раз меньше солей, чем из такого же слоя второго монолита.

На основании этих опытов было установлено, во-первых, что по мере продвижения воды в грунте минерализация ее увеличивается, во-вторых, что минерализованная вода вымывает меньше солей по сравнению с пресной.

Однако эти опыты не давали представления о том, как конкретно влияет различная концентрация грунтовых вод на переход солей из почво-грунтов, тем более для объектов, в которых нами велись исследования (юг Украины). Поэтому возникла необходимость в постановке специальных лабораторных опытов. Но прежде всего возникла задача определить, каковы запасы (резервы) солей в типичных по засолению лессовых грунтах и в какой мере показания водной вытяжки при соотношении навески и воды как 1 : 5 отвечают истинным запасам солей.

Определение запасов солей в лессовидной глине Присивашья

В качестве объекта исследования была взята широко распространенная в Причерноморской впадине почво-образующая порода – лессовидная глина из Крымского Присивашья (совхоз «Воинский» Красноперекопского района). Из большого объема этой породы отобрано 10 смешанных проб каждая весом в 50 *г.* Навески были помещены в конические колбы и после добавления 250 *мл* дистиллированной воды (соотношение навески к воде 1 : 5) закрывали пробками, встряхивали в течение трех минут и оставляли на сутки или более продолжительное время, необходимое для полного осветления раствора. Затем из каждой колбы с помощью специально изготовленного сифона прозрачный раствор сливали в мерный цилиндр, переносили в новую колбу и подвергали анализам. Каждый раз сливали одинаковый объем – 150 *мл*, а 100 *мл* оставляли в колбе ввиду необходимости сохранить над осадком слой жидкости для предотвращения взмучивания. В каждой отобранной пробе определяли сухой остаток и через определенные интервалы выщелачивания – солевой состав.

Длительность выщелачивания составила 130 дней (с 30. III по 8. VIII – 1967). За это время было слито 26 последовательных декантационных вытяжек. Полученные данные о количестве вынесенных солей обработаны методом математической статистики (А.В. Новикова, 1969).

Лессовидная глина, взятая для анализа, содержала в исходном состоянии $CaC0_3$ 6,78%, $CaSO_4$ 1,37% и водорастворимых солей 1,097%, определенных в водной вытяжке. В составе солей на сернокислый натрий приходилось 31%, на сернокислый

магний –23,27%, на сернокислый кальций – 31,48% и на хлористый натрий 10,33%.[1]

В связи с тем, что после каждого сливания часть раствора в колбах сохраняли, то выщелачивание солей проходило замедленно.

В целом для удаления хлоридов и сульфатов, в том числе гипса, потребовалось 20 декантационных вытяжек. Объем поданной воды составил 6 *л*, общий объем до конца опыта – 8 *л*. Чтобы убедиться в полноте отмывания сульфатов из образцов глины, в ней по окончании выщелачивания было определено содержание гипса и карбонатов. Как оказалось, в остатке глины сохранилось 0,01 *г* гипса и 6,19 *г* карбонатов в пересчете на 100 *г* исходного грунта.

Подсчет баланса солей показывает хорошую сходимость между исходным количеством солей, с одной стороны, и количеством солей, вымытых и оставшихся после отмывания, с другой. Так, в исходном образце содержалось (в г на 100 *г* навески): легкорастворимых солей 1,1, гипса 1,37, карбонатов 6,78 – всего 9,25. Во время декантации вымылось 3,04 и сохранилось в остатке 6,10, что дает в сумме 9,24. Разница между суммой солей в первом и во втором случаях находится в пределах ошибки анализа; следовательно, результаты опыта не вызывают сомнений.

Установив таким образом возможные размеры перехода солей из засоленного грунта в пресную воду при последовательном выщелачивании солей и по данным водной вытяжки, мы далее задались целью определить, как влияют на переход солей из почво-грунта в раствор различные концентрации и объем растворителя.

Вопрос о влиянии объема растворителя (минерализованного раствора) на выщелачивание солей из почво-грунта возник в связи со следующими представлениями о механизме взаимодействия грунтовых вод с твердой частью (породой и почвой). Грунтовые воды поднимаются в толще зоны аэрации. Происходит растворение части солей, заключенных в грунтах; кроме того, в условиях поднятия грунтовых вод возникают обменно-поглотительные реакции между катионами жидкой фазы и коллоидной частью грунта. При этом переход солей из грунта в грунтовые воды (и повышение их минерализации) совершается

[1] Такое содержание водорастворимых солей характерно для пород Присивашья (район IV) при 75%-ном уровне обеспеченности, поэтому взятые образцы можно считать типичными.

не беспредельно, а ограничивается их растворимостью и рядом факторов, влияющих на растворимость.

Для моделирования подъема грунтовых вод и процессов, протекающих при этом, предстояло имитировать этот природный процесс. Самым естественным приемом было моделирование в монолитах с ненарушенным сложением почво-грунтов и подачей в монолиты грунтовых вод. Так и было сделано на первом этапе работ. Однако оказалось, что такое моделирование является трудоемким, требует много времени и больших физических усилий. Тогда автор перешел к физическому моделированию с образцами, предварительно растертыми и пропущенными через сито с диаметром отверстий 1 *мм*. Преимущество такого моделирования состояло в возможности применять смешанные из нескольких повторностей образцы (с заранее выбранной степенью точности), а кроме того, оказалось и более быстрым.

Для того, чтобы иметь представление о том, в каких соотношениях твердой и жидкой фаз необходимо вести опыт, надо было проанализировать (расчетным путем), какие соотношения бывают в почве (в условной призме почвы) при заполнении ее пор водой снизу, что совершается в природе при подъеме уровня грунтовых вод.

Соотношение между твердой и жидкой фазами при заполнении водой условной призмы почвы

Представим, что уровень грунтовых вод поднимется на высоту 1 *м* и заполнит призму грунта объемом в 1 $м^3$. При порозности грунта, равной, допустим, 0,4, объем воды в призме размером 1 S 1 S 1 *м* составит 0,4 $м^3$, или 400 *л*. Когда грунтовая вода начнет заполнять поры в грунте снизу вверх, то через каждый десятисантиметровый слой пройдет неодинаковое количество ее порций в виде величин полной влагоемкости. Примем для удобства, что полная влагоемкость во всех слоях одинаковая и для слоя 10 *см* составляет 40 *л.* При объемном весе 1,5 вес каждого слоя грунта равен 150 *кг*.

Как видно из таблицы 6, через самый нижний слой пройдет 10 величин полной влагоемкости, через вышележащий – 9 и так далее, а через самый верхний – только одна величина.

В рассматриваемом случае соотношение твердой и жидкой фаз будет изменяться по слоям от 1 : 2,6, в самом нижнем слое до 1:0,26, в самом верхнем (в среднем для толщи оно будет равно 1 : 1,45 или при значительном округлении 1:2).

Таким образом, соотношение между твердой и жидкой фазами при взаимодействии грунта и воды в образцах с нарушенным

сложением должно находиться в пределах (с округлением) 1 : 3–1 : 0,3, а в среднем –1 : 2 в первый год подъема грунтовых вод. Если же иметь в виду более долгосрочный прогноз, например на пять лет, то суммарные объемы жидкой фазы соответственно возрастут и указанное соотношение для нижнего образца составит 1 : 13, для верхнего – 1 : 1,3.

6. Соотношение между твердой и жидкой фазами в элементарных (10-сантиметровых) слоях метровой призмы грунта при подъеме грунтовых вод на один метр (полная влагоемкость каждого 10-сантиметрового слоя равна 40 л, а вес его твердой фазы –150кг)

Показатели	Элементарные слои метровой призмы, *см*									
	100—90	90—80	80—70	70—60	60—50	50—40	40—30	30—20	20—10	10—0
Количество фильтрата, прошедшего через каждый слой, начиная снизу, *л*	400	360	320	280	240	200	160	120	80	40
Количество смен фильтрата в величинах полной влагоемкости	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Соотношение твердой и жидкой фаз	1:2,6	1:2,4	1:2,1	1:1,8	1:1.6	1:1,3	1:1,1	1:0,8	1:0,5	1:026

Увеличение объемов воды может быть вызвано тем, что до известного предела грунтовые воды будут подниматься на орошаемом участке с каждым годом все выше (при отсутствии бокового их растекания). В этом случае метровый слой грунта, находящийся до орошения вблизи уровня грунтовых вод и увлажненный лишь до капиллярной влагоемкости, в последующем станет насыщаться влагой до состояния полной влагоемкости и по мере заполнения пор в нижней части будет фильтровать сквозь себя снизу вверх поднимающуюся грунтовую воду. Если принять, что в течение первого года поднявшийся уровень грунтовых вод заполнил лишь метровый слой, то на следующий год, в связи с дальнейшим подъемом вод, этот процесс повторится и в результате будет заполнен вышележащий метровый слой, в то время как через первый слой пройдет удвоенное количество воды.

Поэтому, если учитывать суммарно всю воду, прошедшую сквозь единицу объема грунта за период, пока грунтовые воды достигнут критической глубины, то соотношение твердой и жидкой фаз будет более широким.

Рассчитаем возможное соотношение между твердой и жидкой фазами для какого-либо слоя. Условно подразделив толщу грунта от естественного уровня грунтовых вод до критической глубины их залегания на ряд элементарных

слоев (мощность каждого из них можно увязать со скоростью подъема грунтовых вод в какую-то данную единицу времени), пронумеровав их сверху вниз, обозначив порядковый номер каждого слоя индексом i_x, зная пористость (m) и объемный вес (d), можно определить соотношение твердой (p) и жидкой ($И$) фаз в каждом слое по формуле:

$$P : И = 1 : \frac{m \times i_X}{d} . \qquad (1)$$

В рассматриваемом примере, где верхний слой i_x = 1, а последний i_x = 10, получим следующее соотношение между твердой и жидкой (прошедшей через расчетный слой) фазами грунта:

Для верхнего слоя $P : И = 1 : \frac{0{,}4 \times 1}{1{,}5} = 1 : 0{,}26$

Для нижнего слоя $P : И = 1 : \frac{0{,}4 \times 10}{1{,}5} = 1 : 2{,}66$

что и показано в таблице 6.

Таким путем можно установить соотношение между твердой и жидкой (прошедшей через расчетный слой) фазами по каждому слою грунта, сквозь который будет подниматься грунтовая вода, что необходимо для физического моделирования процесса подъема грунтовых вод, когда применяется метод последовательных солевых вытяжек с образцами нарушенного сложения.

Влияние различных объемов и концентраций растворов на переход солей из почво-грунта в раствор

Задача опыта состояла в том, чтобы определить изменения конечной концентрации солей в растворе в зависимости от изменений исходных объема и концентрации. В качестве объектов исследования были взяты искусственно приготовленные растворы солей, аналогичные по составу грунтовым водам Присивашья, дистиллированная вода, а также образец лессовидной глины, аналог которой был использован в опыте, рассмотренном нами выше; исходный солевой состав глины и растворов, взятых для опыта, приведен в таблице 7.

7. Исходный солевой состав лессовидной глины и растворов, взятых для опыта

Объекты исследований	Сумма солей	HCO_3^{1-}	Cl^{1-}	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{2+}	K^{1+}
Лессовидная глина	1,11 %	0,032 0,52	0,071 2,01	0,692 14,41	0,111 5,55	0,049 4,09	0,152 6,60	0,001 0,03
Раствор № 1	3,50 *г/л*	0,348 5,70	1,441 41,17	0,613 12,77	0,088 4,41	0,317 26,46	0,644 28,00	0,007 0,18
Раствор № 2	6,52 *г/л*	0,537 8,80	3,685 105,30	0,213 4,44	0,266 13,23	0,675 56,59	1,115 48,50	0,025 0,645
Раствор № 3	15,57 *г/л*	0,430 7,05	7,938 226,80	2,059 42,90	0,838 41,89	1,402 116,87	2,852 124,00	0,055 1,40

Примечание. В числителе для лессовидной глины – в *г* на 100 *г* навески, в знаменателе – *мг-экв*; для растворов — в числителе в *г/л*, в знаменателе – в *мг-экв*.

К навескам глины добавляли приготовленные растворы в количестве, при котором сохранялось соотношение твердой и жидкой фаз (в расчете на сухое вещество), как 1 : 1, 1 : 3, 1 : 5, 1 : 10, 1 : 20 и 1 : 50. Суспензии в течение 3 *мин.* взбалтывали, затем отстаивали в течение суток, фильтровали и анализировали. Опыт вели в пятикратной повторности. Конечная концентрация опытных растворов представлена в таблице 8.

Как и следовало ожидать, на растворимость солей и, следовательно, на изменение концентрации раствора в значительной мере влияет исходная концентрация последнего. Чем она слабее, тем в большей мере выражена способность раствора насыщаться солями из почво-грунта и тем резче в общем меняется его концентрация после соприкосновения с грунтом. Например, при соотношении между твердой и жидкой фазами 1 : 1 в дистиллированную воду перешло 6,81 *г* солей, а в раствор, исходная концентрация которого составляла 15,57 *г/л*, — только 3,5 *г*.

С возрастанием объемов раствора его солевая насыщенность или концентрация, уменьшается, но не строго пропорционально количеству новых, добавляемых объемов раствора. Связь между исследуемыми показателями носит более сложный характер, что объясняется тем, что в составе грунтов имеем смесь солей, состоящую не только из легкорастворимых, но и из средне- и труднорастворимых солей. Наличие одних лишь легкорастворнмых солей, которые переходили бы в раствор сразу при первом объеме, обусловило бы снижение концентрации строго пропорционально увеличению количества добавленной

воды, т. е. в этом случае имела бы место функциональная зависимость.

8. Изменение концентрации растворов при твердой и жидкой фаз и различной исходной концентрации (в среднем из пяти анализов)

Соотношение между твердой и жидкой фазами	Исходная концентрация раствора, *г/л*			
	дистиллированная вода	3,5	6,5	15,6
	Конечная концентрация, *г/л*			
1 : 1	6,81	9,20	12,05	19,05
1 : 3	3,43	6,56	9,38	17,61
1 : 5	2,38	5,83	8,80	16,94
1 : 10	1,33	4,76	8,14	16,77
1 : 20	0,73	4,34	7,55	16,15
1 : 50	0,39	3,90	7,11	15,86

Таким образом, присутствие в составе почво-грунтов солей разной степени растворимости вызывает постепенное уменьшение концентрации раствора, что и наблюдалось в данном опыте. В дальнейшем с помощью корреляционного и регрессионного анализов удалось установить характер зависимости между объемом раствора и его концентрацией. Для этого отдельно по каждому из растворов, приготовленных и использованных в опыте, были составлены выборки (общее число их равно 30). Анализировали зависимость конечной концентрации от объема растворителя.

Во всех солевых растворах (а также дистиллированной воде) связь между объемами жидкости и повышением минерализации оказалась прямой линейной и существенной. Коэффициенты корреляции были равны 0,69 j 0,71 ± 0,13 при вероятности 0,99.

В каждом из трех рассмотренных случаев уравнения регрессии несколько отличались.

Для случая с дистиллированной водой уравнение имело вид:

$$y = 3{,}70 - 0{,}08x:, \qquad (2)$$

для раствора с исходной концентрацией 3,5 *г/л*

$$y = 6{,}81 - 0{,}07x, \qquad (3)$$

для раствора с исходной концентрацией 15,57 *г/л*

$$y = 17{,}66 - 0{,}04x, \qquad (4)$$

где *y* – конечная концентрация раствора после взаимодействия с грунтом, содержащим 1,11% солей; *x* – объем раствора, который изменялся в пределах от 100 до 5000 *мл* при навеске сухого грунта 100 *г*.

Из приведенных уравнений вытекает, что с увеличением объема раствора конечная концентрация его уменьшается, причем последнее более значительно выражено для относительно пресных растворов, а менее значительно для растворов минерализованных.

Учитывая, что среди исходных растворов два (с концентрацией 3,5 и 15,6 *г/л*) имели близкое соотношение ионов Cl к SO_4 (равное примерно 3–5), мы провели корреляционный анализ, исследовав характер изменения конечной концентрации раствора при разных уровнях исходной концентрации его.

Для этого в выборку относили исходную и конечную концентрации только для какого-то одного соотношения твердой и жидкой фаз. Исследовались результаты с дистиллированной водой и растворами, исходная концентрация солей в которых составляла 3,5 и 15,6 *г/л*.

Связь признаков оказалась очень тесной, коэффициенты корреляции вплотную приближались к 1 (0,999). Были найдены уравнения регрессии, решение которых позволило получить целый ряд данных об изменении конечной концентрации растворов в зависимости от исходной и построить график (рис. 5). Им можно пользоваться в практических целях для определения изменения конечной концентрации в зависимости от величины соотношения твердой и жидкой фаз суспензии.

Предположим, что была сделана солевая вытяжка из грунта при одном каком-то соотношении твердой и жидкой части (например, 1 : 5) и получена определенная конечная концентрация раствора (например, 5 *г/л*). Теперь, допустим, необходимо узнать, как эта величина изменится, если соотношение будет иным (например, 1 : 1). Для этого на оси ординат графика находим цифру 5 и проводим горизонтальную линию (параллельно оси абцисс) до пересечения с линией, соответствующей соотношению 1 : 5. Затем от места пересечения линий возводим перпендикуляр до пересечения с другой линией, соответствующей соотношению 1 : 1. От места пересечения проводим влево к оси ординат линию и снимаем показания конечной концентрации.

Следует подчеркнуть, что графиком можно пользоваться для случая, в котором проведен эксперимент, т. е. когда почвогрунт имеет сульфатный состав солей, а грунтовые воды (с ми-

нерализацией не выше 15,64 *г/л*) содержат в основном хлориды и сульфаты с соотношением первых ко вторым, равным 3–5.

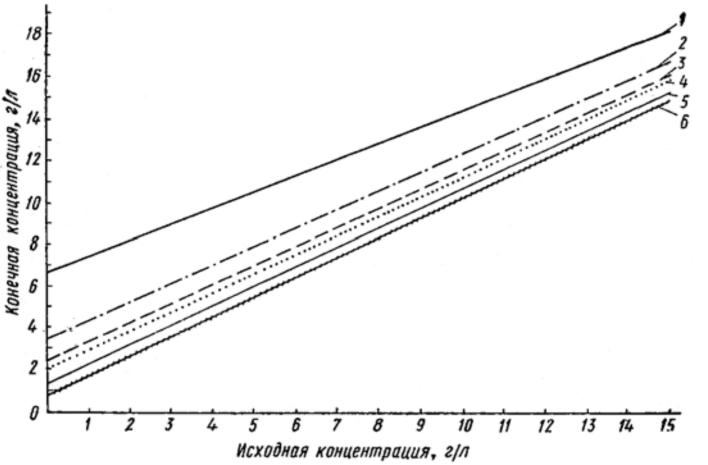


Рис. 5. *График зависимости конечной концентрации растворов от исходной их концентрации при различном отношении твердой и жидкой фаз в водной суспензии. Составила А.В. Новикова. Отношение твердой фазы к жидкой в водной суспензии: 1 — 1 : 1; 2 — 1 : 3; 3 — 1:5; 4 — 1 : 10; 5 — 1 : 20; 6 — 1 : 50.*

Следовательно, для прогнозирования минерализации грунтовых вод можно прибегать к физическому моделированию, используя при этом смешанные растертые образцы, которые обрабатывают искусственно приготовленным солевым раствором, аналогичным по составу природным грунтовым водам в изучаемом районе. Соотношение между твердой и жидкой фазами раствора должно устанавливаться заранее, как указано в предыдущем параграфе. Если же возникает необходимость внести поправку на соотношение твердой и жидкой фаз, тогда можно воспользоваться графиком (рис. 6).

Для взаимодействия раствора и почво-грунта (исходя из данных С. А. Захарова) может быть достаточно суток при наличии большого количества сульфатов, а при хлоридном засолении достаточно 3–5 *мин*.

Ход работ при физическом моделировании прогнозирования конечной минерализации грунтовых вод ($С_к$) и основные этапы его таковы. Из нескольких параллельных скважин, расположенных на объекте, для которого составляют прогноз, отби-

рают образцы почво-грунта на определенной ключевой площадке (размером 2–10 *га*) на всю глубину зоны аэрации. Эти образцы извлекают в нескольких повторностях, количество которых нужно заранее определить с учетом того, что доверительная вероятность должна приниматься не менее 70–80%. Образцы почвенного вида смешивают по-горизонтно в один образец. Готовят искусственный солевой раствор, состав которого аналогичен солевому раствору грунтовых вод этой ключевой площадки (или берут природную грунтовую воду этой площадки). Делают предварительный расчет необходимых навесок и объемов раствора таким образом, чтобы при обработке сохранять заранее выбранное соотношение между ними.

Затем производят последовательные солевые вытяжки: вначале исходным раствором обрабатывают навеску образца, взятого с самой нижней части зоны аэрации, после чего полученным фильтратом обрабатывают образец грунта из расположенной выше части – и так до глубины, соответствующей критическому уровню грунтовых вод. Конечная минерализация и явится прогнозируемой величиной минерализации грунтовых вод (Ск).

Математическая модель физического моделирования прогноза минерализации грунтовых вод

Пользуясь предложенным методом физического моделирования, изложенным выше, мы путем последовательных солевых вытяжек получили величины прогнозируемой минерализации грунтовых вод (Ск) для различных ключевых участков, находящихся в зоне Северо-Крымского канала. В дальнейшем эти данные использовались для прогноза вторичного засоления почв.

При физическом моделировании, помимо конечного солевого состава растворов, соответствующих грунтовым водам, условно залегающим на глубине 2 *м* от поверхности земли, были проанализированы также исходные смешанные образцы промежуточной части толщи пород, а также соответствующие составы растворов, которые получены после взаимодействия образцов пород с растворами. Таким образом создалась возможность проследить за изменением концентрации растворов в процессе вертикального движения по профилю грунта.

Оказалось, что по мере последовательной обработки образцов почво-грунтов концентрация растворов постепенно возрастала и, например, по одному ключевому участку достигала максимума (20,28 *г/л*) после обработки наиболее засоленного

образца, взятого с глубины 60–100 *см* и содержащего 1,511% солей. Но затем в ходе дальнейшего контактирования с незасоленным горизонтом (0,27%) концентрация последующего фильтрата несколько снизилась (19,70 *г/л*), а после взаимодействия с почвой из совсем опресненного горизонта, расположенного на глубине 0–20 см (0,06%), концентрация последнего фильтрата еще уменьшилась (19,02 *г/л*). Если увеличение концентрации модельного солевого раствора объясняется весьма просто – растворением части солей, то опреснение, вероятно, можно объяснить механическим поглощением солей, удерживаемых водной пленкой вокруг частиц ранее сухой почвы.

Нарастание концентрации растворов по мере обработки засоленных горизонтов свидетельствовало о существовании связи между степенью засоления грунта, исходной и конечной концентрациями растворов. Чтобы выяснить характер математической связи между названными показателями, был проведен множественный корреляционный, а затем и регрессионный анализы данных последовательных солевых вытяжек для различных почво-грунтов, имеющих засоленность от 0,1 до 2,5% и исходные концентрации растворов в интервале от 4 до 22 *г/л*. Засоленность почво-грунтов и растворов колебалась от хлоридно-сульфатной до сульфатно-хлоридной.

В выборку вошли материалы 33 опытов, содержащих данные об исходной засоленности образца почво-грунта, исходной и конечной (после обработки почво-грунта) концентрации раствора.

Оказалось, что между исходной и конечной концентрациями растворов существует очень тесная прямая линейная связь. Частный коэффициент корреляции равен 0,997 ± 0,03 при вероятности 0,99. Между исходным засолением почво-грунта (сумма водорастворимых солей) и конечной концентрацией раствора корреляционная прямая линейная связь также существует, но она является средней. Частный коэффициент корреляции в этом случае равен 0,51 ± 0,14 при вероятности 0,99. Более ослабленная связь между последними признаками объясняется тем, что из почво-грунта в раствор переходят не все соли, а только часть их.

Поскольку между рассматриваемыми признаками связь оказалась существенной, то стало возможным получить уравнение регрессии, которое имеет вид:

$$y = 0{,}41 + 0{,}96x_1 + 0{,}97x_2, \qquad (5)$$

где y – конечная концентрация раствора, *г/л*;

x_1 – исходное содержание солей в почво-грунте, %;

x_2 – исходная концентрация раствора, *г/л*.

По данному уравнению можно определить прогнозируемую минерализацию (не прибегая к физическому моделированию) для условий, когда величины x_1 находятся в пределах от 0,1 до 2,5%, а x_2 – от 4 до 22 *г/л*.

Учет влияния инфильтрующихся поливных вод на прогнозируемую минерализацию

На орошаемых участках при каждом поливе часть ирригационной воды не используется растениями, она постепенно передвигается в почве вглубь зоны аэрации (С. Ф. Аверьянов, 1965). Поскольку почво-грунты зоны аэрации содержат большее или меньшее количество солей, то стекающая вода будет выщелачивать эти соли и, дойдя до уровня грунтовых вод, обусловит увеличение запаса солей в них. При избыточных поливах процесс инфильтрации усиливается.

О возможных размерах изменения солевой концентрации растворов, образующихся при медленном (инфильтрационном) просачивании сверху, можно судить по данным нашего опыта с медленной промывкой монолитов почво-грунта из Крымского Присивашья (А.В. Новикова, 1968).

В этом опыте средневзвешенное содержание солей в первом монолите (верхняя часть темно-каштановой слабосолонцеватой почвы) составляло 0,35%, во втором монолите (нижняя часть этой почвы) – 1,03%, в третьем (почвообразующая порода) – 1,22%. Дистиллированную воду подавали на поверхность первого монолита, а затем образующийся фильтрат поступал на поверхность второго монолита, а фильтрат из него – в третий монолит. Воду подавали медленно, каплями.

*9. Концентрация инфильтрующихся вод и вынос солей из монолитов **

Номер монолита	Номера последовательных порций по 4,3 *л*									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3,12	1,57	1,37	0,87	0,78	0,66	0,59	0,48	0,60	0,54
	10,0	5,03	4.39	2.78	2,49	2,11	1,89	1,53	1,92	1,73
2	8,93	3,17	2,42	1,89	2,07	2,57	2,63	—	—	—
	5,97	1,64	1,08	1,05	1,32	1,96	2,09			
3	30,25	12,95	8,68	8,16	—	—	—	—	—	—
	18,59	8,53	5,43	5,46						

* В числителе – в *г/л*; в знаменателе – в процентах к исходному содержанию в монолитах.

В таблице 9 представлены значения концентрации инфильтратов для объемов 4,3 *л*, соответствующих величине 1500 *м^3/га*, принятой в одной из проектных проработок «Укргипроводхоза» как величину ежегодной инфильтрации оросительной воды.

При анализе материалов, представленных в таблице 9, обращают на себя внимание два обстоятельства. Одно из них заключается в том, что самое сильное увеличение концентрации раствора происходит при первом соприкосновении воды с почво-грунтом. Объясняется это прежде всего тем, что в первую порцию отжимаются почвенные растворы, а также тем, что в нее переходят легко растворимые соли. Второе обстоятельство – это медленный характер выщелачивания солей из почво-грунтов при отсутствии гидростатического напора и малой скорости движения воды. Даже с десятой порцией после прохождения сквозь монолит 14482 *м^3/га* воды в раствор перешло все еще 0,54 *г/л*, что составляло 1,73% от исходного запаса солей в метровом монолите. Медленное удаление оставшегося малого количества солей отмечалось также Л.П. Розовым (1936), В.Р. Волобуевым (1940), П.С.Паниным (1968) и др.

В целом же сильное засоление инфильтрующихся вод можно ожидать лишь в первые годы орошения, в последующем они должны постепенно опресняться по мере выщелачивания солей из пород и в ряде случаев их минерализацией можно пренебрегать, считая инфильтраты пресными.

Определение осолоненности образующихся инфильтратов можно произвести с помощью последовательных солевых вытяжек. В этом случае первой исходной порцией жидкости должна служить оросительная (или дистиллированная) вода, а обрабатывать надо начиная с образцов, взятых с верхних слоев, и кончая образцами из нижних слоев, где ожидается образование уровня грунтовых вод. Полученная минерализация инфильтрата (*Cи*) и принимается в дальнейшем в расчет. Такой способ оценки возможного осолонения оросительных вод был применен М. Ф. Будановым (1958).

Чтобы учесть, как изменится прогнозируемая конечная минерализация грунтовых вод (*Cп*) в зависимости от степени осолонения инфильтратов (*Cи*), необходимо знать долю участия инфильтрационных и грунтовых вод в подъеме уровня последних.

Эту зависимость можно выразить следующим уравнением:

$$C_п = (1 — \alpha)\, C_и + \alpha C_к, \qquad (6)$$

где $C_п$ – прогнозируемая минерализация грунтовых вод с учетом влияния минерализации инфильтрационных вод, *г/л*;

$C_к$ – прогнозируемая минерализация грунтовых вод, полученная путем последовательных солевых вытяжек, *г/л*;

$C_и$ – минерализация инфильтрационных вод, полученная путем последовательной обработки почвы пресной водой, *г/л*;

α – доля участия бытовых грунтовых вод в подъеме их уровня;

$(1 - \alpha)$ – доля участия инфильтрационных вод в подъеме грунтовых вод.

Очевидно, в том случае, когда инфильтрационные воды будут пресными, первый член правой части уравнения (6) будет равен 0 и тогда

$$C_п = \alpha\, C_к \qquad (7)$$

Если же подъем грунтовых вод полностью будет идти за счет самих грунтовых вод, то

$$C_п = C_к \qquad (8)$$

Таким образом, выше были рассмотрены способы прогнозирования минерализации грунтовых вод для случая, когда территория является бессточной и в результате потерь воды из каналов и с полей происходит подъем грунтовых вод, а вместе с тем меняется их минерализация. Показан и путь учета влияния инфильтрующихся вод на изменение минерализации грунтовых вод.

В специальной литературе имеются данные о влиянии скорости оттока грунтовых вод на их минерализацию. Так, Е.И. Здобнов (1959), Г.Ю. Исрафаилов, Е.И. Здобнов и И.Г. Алиев (1961) установили, что минерализация грунтовых вод есть функция скорости потока и глубины залегания его от поверхности земли. Большое значение скорости оттока придает Э.А. Соколенко (1966), который вводит представление о критической скорости бокового движения грунтовых вод, как критерии засоленности почв.

Гидрогеологические материалы по Крыму свидетельствуют о том, что в Присивашье отток грунтовых вод практически отсутствует. Это подтвердилось и нашими проработками при определении степени естественной дренированности территории. Значительная часть Присивашья по условиям скорости движения грунтовых вод относится к бессточной области. По существу это уже не поток грунтовых вод, а их бассейн.

Одна из причин высокой минерализации грунтовых вод Крымского Присивашья как раз и заключается в малой их подвижности. А в этом случае скорость их движения не может сильно сказываться на изменениях минерализации. В этом можно убедиться на основании множественного корреляционного анализа данных о минерализации, глубине и скорости движения грунтовых вод. Был взят ряд точек, по которым имелись данные относительно глубины и минерализации грунтовых вод до орошения. По карте гидроизогипс определен уклон грунтовых вод, а затем с учетом коэффициента фильтрации пород определена скорость движения грунтовых вод. Была составлена выборка (n = 96), в которую вошли данные по грунтовым водам со следующей общей характеристикой: глубина залегания (уровень) 0,6–13 *м*; минерализация 5–34 *г/л*; скорость движения 0,02–4 *м* в сутки.

Анализ показал, что в данном районе между минерализацией и скоростью движения грунтовых вод существует обратная линейная зависимость при средней тесноте связи между исследуемыми показателями. Коэффициент частной корреляции $r \pm m_r$ равен 0,50 ± 0,09. Он статистически достоверен с вероятностью 0,99.

Между минерализацией и глубиной залегания грунтовых вод существует также обратная зависимость ($r \pm m_r = -0{,}49 \pm 0{,}09$) при вероятности 0,99.

Связь этих трех признаков ($r = -0{,}69 \pm 0{,}07$) для Крымского Присивашья выражается уравнением

$$y = 8{,}16 + \frac{1{,}50}{x_1} + \frac{0{,}34}{x_2}\ , \qquad (9)$$

где y – минерализация грунтовых вод (от 5 до 34 *г/л*);

x_1 – скорость оттока грунтовых вод (0,02—0,4 *м* в сутки);

x_2 – глубина залегания грунтовых вод (0,6—13 *м*).

Указанная связь установлена для большей части территории Присивашья, имеющей абсолютные отметки от 1 до 12–15 *м*, а потому и большие амплитуды глубин, скорости движения и минерализации грунтовых вод. К тому же здесь учитывались богарные условия.

Что касается орошаемых условий, то по данному вопросу еще необходимо собрать и проанализировать соответствующий материал, характерный для поливного земледелия, который и может быть принят во внимание в дальнейших проработках.

Составляя прогноз минерализации грунтовых вод на первое десятилетие начала орошения, можно, по-видимому, не вносить поправку на скорость движения грунтовых вод, т. е. абстра-

гироваться от этого показателя. В пределах одного орошаемого участка, где разница в уровнях грунтовых вод невысока, с началом ирригации скорость их перемещения заметно не изменится (кроме приканальной зоны, а при наличии дрен – и на всем участке).

Слабая естественная дренированность территории участка является причиной возрастания минерализации грунтовых вод, что и имеет место в действительности. Это же подтверждается и данными лаборатории фильтрации «Укргипроводхоза», которая путем моделирования в лабораторных условиях установила (А.Д. Петраш и др., 1967), что в первые 10 лет орошения отток воды от орошаемых участков с зерно-кормовыми севооборотами в сторону неорошаемых не будет иметь места.

Следовательно, возможным изменением минерализации грунтовых вод в зависимости от скорости движения их при прогнозировании на первые 10 лет ирригации, по-видимому, можно пренебречь, поскольку скорость их движения в этот период резко не изменится.

Что касается более отдаленного времени, то, несомненно, в прогнозные расчеты нужно будет вносить поправку на возможное изменение скорости движения грунтовых вод, однако для условий юга УССР, вследствие ограниченности опыта орошения и отсутствия необходимых данных, сделать это пока затруднительно.

Расчетный метод прогноза минерализации грунтовых вод

Расчетный метод прогнозирования минерализации грунтовых вод при их подъеме в толще почво-грунта описан С. Ф. Аверьяновым (1965). Им предложено определять возможное изменение минерализации грунтовых вод путем вычислений, для которых используют полученные с помощью элементарных анализов и несложных расчетов данные по формуле:

$$C_2 = \alpha \times C_1 + \frac{a \times S \times d \times 10}{m} \text{ г/л}, \qquad (10)$$

Где: C_2 – прогнозируемая минерализация грунтовых вод, *г/л*;

C_1 – исходная минерализация грунтовых вод, *г/л*;

S – среднее содержание солей в данном почво-грунте, %;

a – количество солей, переходящих из почво-грунта в грунтовую воду в долях единицы (условно принимается равным 0,5);

α – доля участия грунтовых вод в подъеме их уровня;

m – порозность (в долях единицы);

d — объемный вес почво-грунтов, $г/см^3$.

В данной формуле предполагается, что инфильтрующиеся с полей воды являются пресными. В противном случае необходимо учитывать минерализацию инфильтрационных вод и долю их участия в подъеме уровня грунтовых вод, как было показано выше.

Быстрота определения прогнозируемого показателя составляет неоспоримое достоинство этого метода.

Вместе с тем использование приведенной выше формулы встречает определенные трудности, связанные с особенностями солеотдачи, которая при вычислениях условно принимается равной 0,5, т. е. 50%.

Полученные в последние годы данные по солеотдаче (П.С. Панин, 1968) показали большие различия в выносе солей из почв пресной водой. Как оказалось, удельная солеотдача (количество солей, вымываемых за один такт промывки пресной водой, в объеме, равном полевой влагоемкости, выраженное в процентах к исходному запасу их в почве перед каждым тактом промывки) постоянна только для почв, которым присуща стабильность состава солей во времени и в пространстве. Но поскольку в ходе промывок соли выносятся в соответствии с их растворимостью, то состав солей в почве постоянно меняется. Так, по мере выноса хлоридов из хлоридных солончаков состав солей в них меняется от хлоридного к хлоридно-сульфатному, а затем к сульфатному. Поэтому, по данным П.С. Панина, если для хлоридных солончаков удельная солеотдача в начале промывок составляла 55%, то в последующие четыре промывки она снизилась до 40%. В почвах с хлоридно-сульфатным типом засоления в начале промывок она была равна 32%, а затем падает до 23%. Для почв с содово-сульфатным засолением колебания исследуемого показателя по П.С. Панину составляют 31–13% (табл.10).

Приведенные данные свидетельствуют о необходимости дифференцированного учета солеотдачи почв различного типа засоления. Кроме того, поскольку грунтовые воды в большинстве орошаемых районов отличаются повышенной минерализацией, а способность концентрированных растворов к выщелачиванию солей понижается, что хорошо иллюстрируется вышеприведенными данными, то для прогнозирования необходимо заранее определить солеотдачу из почво-грунтов именно в грунтовые воды или в растворы солей. Лишь в этом случае прогнозирование расчетным путем будет максимально, с наибольшей достоверностью, отражать действительную картину.

Наряду с этим в указанную формулу необходимо ввести поправку на различие в объемах грунтовой воды, воздействующей в разных слоях грунта, по которому она поднимается, т. е. следует определить одновременные изменения минерализации в толще грунта. Как было показано выше (табл. 6), грунтовые воды, поднимаясь вверх, воздействуют на разные слои породы неодинаковым объемом.

10. Количество солей, вымываемых по отдельным тактам промывок объемами пресной воды, равными полевой влагоемкости промываемого слоя (П)

Почвы	Объем профильтровавшейся воды в единицах *П*					
	1	2	3	4	5	6
Вынесено солей, % к исходному содержанию их перед каждой промывкой (удельная солеотдача)						
Хлоридные солончаки	55	43	41	40	—	—
Почвы с хлоридно-сульфатным засолением	32	30	31	29	23	—
Почвы с содово-сульфатным засолением	31	18	21	13	—	—
Суммарное количество вынесенных солей по тактам промывок, % к исходному содержанию						
Хлоридные солончаки	55	74	83	86	89	90
Почвы с хлоридно-сульфатным засолением	32	52	67	76	82	88
Почвы с содово-сульфатным засолением	31	42	54	60	65	69

Естественно, что общее количество солей, способных перейти из почвы в грунтовую воду (на какой-то определенный период), будет складываться из суммы солей, перешедших из каждого слоя отдельно. Рассмотрим это на примере. Для удобства расчетов примем, что грунтовые воды весьма слабо минерализованы (0,8 *г/л*), чтобы иметь возможность пользоваться данными о солеотдаче почв, полученными П.С. Паниным[1] (табл. 11).

Допустим, что грунт содержит 1% солей, преимущественно хлоридов и сульфатов, с равномерным распределением их в толще. Выпишем из таблицы 11 относительные величины возможного выноса солей в процентах к исходному содержанию (предпоследняя строчка) в зависимости от величины *П*. Таблица

[1] В рассматриваемом случае правильнее пользоваться величинами солеотдачи при полной, а не полевой влагоемкости.

заканчивается данными для 6 *П*, в нашем же случае предусматривается 10 *П*. Предположим, что, начиная с 7 по 10 *П*, суммарная величина вынесенных солей равна 90%. Теперь рассчитаем абсолютные количества вынесенных солей по каждому слою в отдельности. Эти данные показаны в предпоследней строке таблицы 11. Получим, что в самых нижних слоях в грунтовую воду перейдет 90% солей, а чем выше расположен слой породы, тем меньше солей он отдает, так как все меньшее взаимодействие грунта с водой. Средневзвешенное количество вынесенных солей составило 0,757 *г* на 100 *г* грунта. Если же не учитывать воздействие различных объемов воды и принять величину солеотдачи в 50%, что в долях единицы составляет 0,5, то количество вынесенных солей будет равно всего 0,5 *г* на 100 *г* грунта. Следовательно, точность расчетов повысится, если принять во внимание изменения солеотдачи в зависимости от объемов грунтовой воды, которые прошли сквозь данный слой почвы или породы.

11. Общее количество солей, вымываемых грунтовыми водами из слоев почво-грунта – с учетом объемов воды и удельной солеотдачи (исходное содержание солей равно 1 г в 100 г грунта)

Показатели	Элементарные слои метровой призмы, *см*									
	100—90	90—80	80—70	70—60	60—50	50—40	40—30	30—20	20—10	10—0
Количество смен фильтрата (в величинах полной влагоемкости)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Суммарное вымывание солей в зависимости от объема фильтрата, % к исходному содержанию	90	90	90	90	88	82	76	67	52	32
Вынос солей из каждого слоя грунта, в *г* на 100 *г* грунта	0,90	0,90	0,90	0,90	0,88	0,82	0,76	0,67	0,52	0,32

Если принять, что доля участия грунтовых вод в их подъеме (*а*) равна единице, минерализация их равна 0,8 *г/л*,

объемный вес грунта 1,5, порозность 0,4, средняя величина солеотдачи равна 0,5, то в данном примере прогнозируемая минерализация будет следующей:

$$C_2 = 1 \times 0{,}8 + \frac{0{,}5 \times 1 \times 1{,}5 \times 10}{0{,}4} = 19{,}5 \text{ г/л}$$

А если взять средневзвешенную величину солеотдачи, равную 0,757, то прогнозируемая минерализация значительно увеличится:

$$C_2 = 1 \times 0{,}8 + \frac{0{,}757 \times 1 \times 1{,}5 \times 10}{0{,}4} = 29{,}2 \text{ г/л}$$

Разница, как видим, весьма значительная.

Из сказанного следует, что предложенный С.Ф. Аверьяновым метод расчета прогнозируемой минерализации грунтовых вод подлежит некоторому уточнению в свете приведенных выше замечаний. Если при этом учесть, что, кроме различной солеотдачи, каждый слой грунта будет содержать еще и различное количество солей, при условии, что объемный вес и порозность во всей исследуемой толще грунта останутся постоянными, то формула примет следующий вид:

$$C_2 = \alpha \times C_1 + \frac{(a_1 S_1 + a_2 S_2 + ...a_n S_n) \times d \times 10}{m \times n}, \qquad (11)$$

где C_2 – прогнозируемая минерализация грунтовых вод, *г/л*;

C_1 – исходная минерализация грунтовых вод, *г/л*;

a_1, a_2…суммарная солеотдача для каждого слоя с учетом профильтровавшейся воды (в долях единицы);

S_1, S_2 – исходное содержание солей в грунте, %;

n – количество расчетных слоев породы;

α– доля участия грунтовых вод в подъеме их уровня;

m – порозность;

d – объемный вес почво-грунтов, *г/см*^{3}.

Таким образом, при пользовании расчетным методом прогнозирования минерализации грунтовых вод необходимо: предварительно определить удельную солеотдачу в грунтовую воду (на величину полной влагоемкости) для характерных почвогрунтов в различные по составу грунтовые воды района орошения; вычислить суммарное вымывание солей в зависимости от объема фильтрата в процентах к исходному содержанию; условно подразделить толщу грунта, в котором должна подняться грунтовая вода, на элементарные слои; установить исходное содержание солей в этих слоях, вычислить вынос солей как в отдельности по слоям, так и в целом для всей толщи и определить

прогнозируемую степень минерализации, воспользовавшись для этого приведенной выше формулой, в которую подставляют соответствующие значения.

Методы определения степени накопления солей при вторичном засолении

Балансовый метод

Располагая данными о величинах расхода грунтовых вод на испарение (по лизиметрическим данным) и об ожидаемой (прогнозной) их минерализации, можно определить вероятное накопление солей в почве на основе балансовых расчетов.

Исходя из уравнений солевого баланса, предложенных В. А. Ковдой (1946), Д. М. Кацем (1969), солевой баланс почвенного слоя, где солеобмен протекает наиболее интенсивно, может быть выражен следующим равенством:

$$S_к - S_н = \Delta S \qquad (12)$$

$$\Delta S = S_{ор} + S_{гр} - S_{сб} - S_{ур} - S_{инф}, \qquad (13)$$

где $S_к$ – конечный запас солей в почве;

$S_н$ – начальный запас солей в почве;

ΔS – разность солевых запасов;

$S_{ор}$ – поступление солей с оросительной водой;

$S_{гр}$ – поступление солей в почву из грунтовых вод при физическом испарении и транспирации последних;

$S_{сб}$ – вынос солей со сбросными оросительными водами;

$S_{ур}$ – вынос солей с урожаем растений;

$S_{инф}$ – вынос солей из почвы в грунтовые воды при инфильтрации влаги.

Поскольку вторичное засоление происходит благодаря тому, что расход грунтовых вод на испарение и транспирацию превышает поступление влаги с оросительной водой и осадками, то определение возможного накопления солей в почве следует вести в расчете на вегетационный период – на конец его или отдельные его отрезки.

Однако для представления о динамике солевых запасов в многолетнем плане считаем необходимым производить дополнительные расчеты отдельно для холодного влажного периода года, когда расход влаги на испарение и транспирацию практически прекращается, а водный баланс имеет положительный знак и преобладает вынос солей из почвы.

Учитывая, что оросительная вода Каховского водохранилища пресная, сброс оросительных вод (в отсутствие дренажа)

практически ничтожен, а вынос солей с урожаем в значительной мере компенсируется вносимыми удобрениями, названными статьями солевого баланса можно пренебречь.

Несколько сложнее обстоит дело с учетом выноса солей при инфильтрации влаги из почвы в грунтовые воды при поливах. Выше были показаны возможные размеры такого выноса солей при промывке монолитов пресной водой. Но вместе с тем на примере орошения территорий, имеющих близкий уровень грунтовых вод (ближе 1,5 *м*) и где уже развивается вторичное засоление, было установлено (А.В. Новикова, 1959), как после очередного полива происходит еще большее повышение уровня грунтовых вод и, благодаря усилившемуся расходу их на испарение, возрастает накопление солей в почве. Поэтому солевой баланс за весь вегетационный период будет определяться расходом грунтовых вод на испарение и транспирацию за минусом инфильтрации влаги. Такую величину можно получить с помощью лизиметрических наблюдений.

Солевой баланс для вегетационного периода можно, таким образом, упростить до выражения:

$$\Delta S_1 = S_{1гр} - S_{инф} \qquad (14)$$

В холодный и влажный период года, когда практически прекращается расходование влаги на испарение и транспирацию и водный баланс становится положительным (приход влаги преобладает над расходом), из почвы начинается выщелачивание солей. Для этого периода солевой баланс определяют по аналогичному выражению:

$$\Delta S_2 = S_{2гр} - S_{2инф}. \qquad (15)$$

Однако поскольку отложившиеся из почвенного раствора в осадок соли представлены не только легкорастворимыми соединениями, но и среднерастворимыми, а, кроме того, растворимость некоторых солей понижается при низкой температуре, то в холодный период вымываются инфильтрационными токами не все соли, а какая-то их часть, что должно учитываться при соответствующих расчетах.

Вычисление количества солей, которое может накопиться в почве при вторичном засолении за вегетационный период (А. В. Новикова, 1967), производится по формуле:

$$S_{гр} = \frac{C_n \times H}{d \times h \times 100}, \qquad (16)$$

где $S_{гр}$ – количество солей, поступившее в почву из грунтовых вод при их испарении и транспирации, %;

$C_п$ – прогнозируемая минерализация, *г/л*;

d – объемный вес слоя почвы, *г/см*^{3};

H – величина слоя грунтовой воды, расходуемой на испарение и транспирацию, *мм*;

h – мощность верхнего слоя почвы, в котором будут откладываться соли, *см*.

Для вычисления солевого баланса в невегетационный период необходимо знать количество солей, которое может выщелачиваться атмосферными осадками в этот период года. В условиях Крымского Присивашья, по наблюдениям автора (А.В. Новикова, 1962), осенне-зимними и ранневесенними осадками выносится 40–60, а иногда и 80% солей из верхнего слоя почв. Примерно такое же количество солей выносится из почв других районов страны, в частности, из почв тяжелого механического состава долины Вахша – 43–52% (О.А. Грабовская, 1961).

Вычтя из величины, характеризующей накопление солей в вегетационный период, ту ее часть, которая может быть выщелочена в невегетационный период, можно получить данные о засолении на начало следующего вегетационного периода. Затем путем соответствующих расчетов по каждому последующему году (отдельно от вегетационного и невегетационного периодов) можно определить ожидаемое вторичное засоление на любой срок.

В качестве примера расчета количества солей, поступивших в почву из грунтовых вод при их испарении и транспирации ($S_{гр}$), приведем данные прогноза по одному из ключевых участков в зоне Северо-Крымского канала. Прогнозируемая минерализация ($C_{п}$) с учетом разбавления пресными инфильтрационными водами (на $^1/_4$) составила 7,4 *г/л*; величина слоя грунтовой воды (*H*), расходуемой на испарение и транспирацию при глубине залегания грунтовых вод на 1 *м* от поверхности и транспирацию озимой пшеницы, по аналогии с другими районами составила 230 *мм* за вегетационный период (Д.М. Кац, 1969); мощность верхнего слоя почвы, на который произведен расчет (*h*), равна 20 *см* при объемном весе (*d*) 1,3 *г/см*^{3}.

Вторичное засоление данного слоя почвы в первый год (первый вегетационный период) выразится такой величиной:

$$S_{гр} = \frac{7{,}4 \times 230}{1{,}3 \times 20 \times 100} = 0{,}65\%$$

Вынос солей атмосферными осадками в первый невегетационный период ($S_{инф}$) примем равным 60%, что составит 0,39%.

Солевой баланс за невегетационный период (и, таким образом, в целом за первый год) будет равен:

$$\Delta S_2 = S_{2гр} - S_{2инф} = 0{,}65 - 0{,}39 = 0{,}26\%$$

Следовательно, к началу второго вегетационного периода в верхнем слое почв сохранится 0,26% солей. Во второй вегетационный период снова накопится 0,65% солей, что вместе с остатком (0,26%) даст 0,91% солей.

Аналогичный расчет на последующие годы показывает, что дальнейшее возрастание содержания солей в почве будет происходить до шестого года. Затем, вследствие того, что количество накапливаемых за один вегетационный период солей будет равно количеству вымываемых солей за невегетационный период, соленакопление стабилизируется, составляя 1,08% в конце вегетационного периода.

Так, используя балансовый метод, можно прогнозировать величину вторичного засоления почв при условии, что оросительная вода пресная. В противном случае нужно учесть и поступление солей с оросительной водой, исходя из вышеприведенной формулы, а также учитывая предложения Сабольч, Дараб, Варалляи (1971) и др.

Метод прогноза солевого режима, основанный на учете механизма конвективной диффузии

Выше отмечалось, что в последние годы широкое распространение получили аналитические методы прогноза, основанные на теории физико-химической гидродинамики пористых сред, в частности, учитывающие механизм конвективной диффузии.

С.Ф. Аверьянов (1965) предложил использовать для прогноза такое уравнение:

$$\frac{d_n}{d_t} = D^* \frac{d^{2n}}{dx^2} - V\frac{dn}{dx} + \beta(n_M - n) \ , \qquad (17)$$

где n – концентрация почвенного раствора, *г/л*;

t – время;

x – расстояние, *м*;

V – фактическая скорость движения воды в порах грунта, равная

$$V = \frac{V_0}{m}$$

где V_0 – скорость фильтрации, *м* в сутки;

m – порозность,

$n_м$ – предельная концентрация насыщения;

β – коэффициент растворения, 1/*сутки*;

D* – коэффициент конвективной (фильтрационной) диффузии, $м^2$ в сутки.

Из уравнения следует, что изменение во времени концентрации солей в какой-либо точке зависит от поступления солей в результате разности концентрации почвенного раствора (диффузионный член, первый), переноса солей движущейся водой (конвективный, фильтрационный член, второй) и растворения твердой фазы солей, а также поступления их в раствор.

В зависимости от начальных и граничных условий и способов решения этого уравнения могут быть выделены различные аналитические методы прогноза солевого режима, первые и основные из которых предложены С.Ф. Аверьяновым. Им же предложена и методика определения физико-химических параметров, входящих в указанное уравнение, в частности, коэффициента конвективной диффузии.

По методу С.Ф. Аверьянова вначале составляют прогноз водного режима и определяют скорость ежегодного подъема уровня грунтовых вод. При этом учитывают, в какой мере подъем грунтовых вод вызван потерей воды из каналов, а в какой – потеоями воды на полях. Рассчитывают величину прогнозируемой минерализации грунтовых вод. Определяют среднее устойчивое положение грунтовых вод, при котором они, превысив критическую глубину, начнут стабилизироваться вследствие того, что приток грунтовых вод снизу будет равен расходу их на испарение: Определяют коэффициент конвективной диффузии. Расчет количества солей, накопившихся в почве при установившемся солевом режиме за счет расхода грунтовых вод на физическое испарение, ведут по следующей формуле:

$$C = -\frac{C_2 \times V_2}{V_1 - V_2} + \left(C_1 + \frac{C_2 \times V_2}{V_1 - V_2} \right) \times e^{\frac{(x_1 - x_2) \times (V_1 - V_2)}{m \times D^*}}$$

где C_2 –минерализация оросительных вод, *г/л*;

C_1 – минерализация грунтовых вод, *г/л*;

x_1 –глубина стабилизации грунтовых вод, *м*;

V_2, – среднегодовая интенсивность поступления воды на поверхность почвы, *м* в сутки;

V_1 – среднегодовая интенсивность расходования воды на испарение, м в сутки;

D^* – коэффициент конвективной диффузии, $м^2$ в сутки;

m – активная пористость;

x – расстояние от поверхности земли, *м*.

Время (*t*), в течение которого произойдет стабилизация в накоплении солей, определяют по формуле

$$t = \frac{D^*}{V_2},$$

где $V = \frac{V_1 - V_2}{m}$ - конвективная скорость перемещения солей.

Для учета расхода воды растениями на транспирацию из всего почвенного слоя предлагается другой способ расчета (здесь он не приведен).

Результаты разработки прогноза вторичного засоления почв на юге Украины

Начав в 1962 г. разработку метода солевого прогноза и совершенствуя его в последующие годы, автор на разных этапах исследований применял два метода. По первому – балансовому – прогноз составляли на основании гидрогеологического прогноза, выполненного Днепропетровским госуниверситетом (В.Д. Филимонов, В.Д. Кращенко и др.) и «Укргипроводхозом» (А.Д. Петраш, В.П. Ивахненко и др.), а также по данным полевых исследований автора с сотрудниками и моделирования процессов передвижения влаги и солей в почвах. Результаты прогноза оформляли на картах масштабов 1:50000, 1:200000, которые составляли на несколько сроков от начала орошения (5; 10; 20 лет и др.) для совхоза «Память Ильича» в зоне Краснознаменской системы и для ряда участков предстоящего орошения Северо-Крымской оросительной системы.

Преимущество оформления данных прогноза на картах состоит в том, что по ним легко определить участки, нуждающиеся в первоочередном строительстве дренажа (участки, где по прогнозу ожидается вторичное засоление) Все эти материалы передавали проектирующей организации, которая использовала их при уточнении проекта.

С появлением метода С.Ф. Аверьянова автор выполнил повторную проработку прогноза вторичного засоления по его методу в сочетании с методом прогноза минерализации грунтовых вод, предложенным автором данной книги. Прогноз составлен для 22 основных ключевых участков в пределах степного Крыма, где до начала орошения велись специальные исследования, отбирались пробы почво-грунтов и грунтовых вод, велось моделирование и т. д. Ключевые участки закладывали на неорошаемых

землях с учетом геоморфологии, геологии и гидрогеологии на отдельных почвенных видах, что позволило разработать солевой прогноз с учетом механического состава и основных водно-физических показателей для следующих почв, расположенных ныне на уже орошаемых участках: темно-каштановых слабосолонцеватых, лугово-каштановых солонцеватых, солонцов, черноземно-луговых и аллювиально-луговых.

В пределах Краснознаменского канала прогноз разработан для лугово-каштановых супесчано-легкосуглинистых и лугово-черноземных легко- и среднесуглинистых почв совхоза «Память Ильича» (терминология почв дается по условиям до ввода в орошение).

Поскольку на каждом ключевом участке (с каким-то одним видом почв) образцы отбирали в 3–6-кратной повторности, а на некоторых в еще большей повторности, то это позволило вести прогнозирование при доверительной вероятности 0,7–0,8.

Для составления прогноза принимали во внимание следующие параметры и условия расчета.

Коэффициент конвективной диффузии *Д** определяли по полевым наблюдениям в лизиметрах и на стационарных площадках, используя для условий установившегося солевого режима метод С.Ф. Аверьянова и для неустановившегося – Л.М. Рекса.

В первом случае для солонцовых почв Крыма по данным лизиметрических наблюдений сопоставляли средние за два года значения содержания солей (плотного остатка и отдельно иона хлора), во втором – сопоставляли данные весны и осени 1966 г., осени 1965 и осени 1966 г.

Расчет по формулам С.Ф. Аверьянова (1965) дал следующие значения Д* ($м^2$ в сутки): по плотному остатку 0,00076 и 0,00099; по иону хлора 0,00084 и 0,00111.

Коэффициент конвективной диффузии по неустановившемуся режиму с решением основного уравнения, предложенного Л.М. Рексом (1969) для условий неравномерного начального распределения солей, рассчитывали на ЭВМ «Минск-22» по специально составленной программе (С.Г. Цыгуткин, 1971).

Величина Д* при сопоставлении сроков весны и осени 1966 г. оказалась равной 0,00037 $м^2$ в сутки, для сроков осень 1965 и осень 1966 – 0,00110 $м^2$ в сутки.

---

* В последнее время предложены и другие методы определения Д* (Д.Ф. Шульгин, Р.М. Машарипов, 1973).

Поскольку эти данные оказались близкими к полученным первым способом, они были суммированы и получен средний из шести определений коэффициент конвективной диффузии для солонцовых почв Присивашья, равный 0,00086 $м^2$ в сутки (8,6 · 10^{-4} $м^2$ в сутки).

Для западной приморской части террасы-дельты Днепра величину Д* определяли по двум видам почв — каштаново-луговой супесчаной и черноземно-луговой легкосуглинистой. Вычисления производили по формулам для неустановившегося режима на основании данных динамики солей в период осени 1966 и весны 1967 г. Величина Д* для каштаново-луговой супесчаной почвы оказалась равной 0,0038, для черноземно-луговой легкосуглинистой почвы — 0,0020 $м^2$ в сутки.

Таким образом, для последующих расчетов были приняты следующие значения Д* ($м^2$ в сутки): для тяжелых почв Крымского Присивашья – 0,00086, для почв средне- и легкосуглинистых юга Причерноморья – 0,0020, для почв супесчаных юга Причерноморья – 0,0038.

Опираясь на данные полевых наблюдений Крымской опорной гидрогеологической экспедиции (О.А. Федосеева), «Укргипроводхоза» (В.С. Ставицкий, Ю.А. Чирва и др.), автора и других, мы произвели расчет величины стабилизации уровня грунтовых вод в Крымском Присивашье при следующих исходных данных. Ежегодный подъем уровня грунтовых вод 1 *м*, соотношение потерь из каналов и с полей $^1/_2$: $^1/_2$, активная пористость в зоне полного водонасыщения 34% (в объемных величинах), или m = 0,34; испаряемость – 850 *мм*; критическая глубина – 2 *м*.

Скорость подъема грунтовых вод $V_1 = \frac{1}{365} = 0{,}00274$ *м* в сутки.

Поскольку половина этой величины вызвана инфильтрацией с полей, то скорость поступления воды на поля составит $V_2 = {}^1/_2 V_1 = {}^1/_2 \cdot 0{,}00274 = 0{,}00137$ *м* в сутки. Высота слоя инфильтрующейся воды составит V_2 = 0,00137 · 0,34 = 171 *мм/год*. Скорость притока воды снизу за счет только инфильтрации из каналов равна $V_1 - V_2$ = 0,00274 – 0,00137 = 0,00137 *м* в сутки, а величина слоя воды ($V_1 - V_2$) – m=0,00137 – 0,34=171 *мм/год*.

Считая, что стабилизация наступит, когда величина притока 171 *мм* будет равной расходу на испарение, то, использовав предложение С.Ф. Аверьянова (1965) по определению этой величины, получим, что она равна 132 *см*.

Итак, после подъема грунтовых вод и принятия относительно устойчивого положения их на глубине 132 *см*, перемещение со-

лей в почве будет зависеть от соотношения скоростей просачивания V_2 и восходящего тока от грунтовых вод – подпитывания грунтовыми водами ($V_1 - V_2$).

Для расчета водного баланса принимали во внимание климатические показатели и рекомендуемые «Укргипроводхозом» нормы и сроки поливов основных сельскохозяйственных культур.

Исходя из того, что на орошаемых полях выращивают различные культуры, расчет водного баланса (водо-поступления и расхода на суммарное испарение) был выполнен по нескольким культурам, а также в целом для поля севооборота (осредненный водный баланс). В последнем случае был принят следующий севооборот, рекомендуемый «Укргипроводхозом» в качестве примерного для степного Крыма: 1–2 поля – многолетние травы; 3– озимая пшеница, пожнивно – кукуруза на зеленый корм; 4– овощные; 5– кукуруза на силос; 6– озимая пшеница, пожнивно – горохово-овсяная смесь; 7– кормовые корнеплоды; 8– яровые зерновые с подсевом многолетних трав. Суммарное испарение рассчитывали по методике А.М. Алпатьева (1954), уточненной для условий юга Украины С.М. Алпатьевым (1965). При этом для поля, занятого разными культурами, вначале вычисляли процент культуры в севообороте, а затем с учетом биологического коэффициента каждой культуры определяли усредненный биологический коэффициент за каждую декаду вегетационного периода. Необходимые для расчетов климатические показатели принимались для года 75%-ной обеспеченности (за теплый и холодный периоды года) по метеостанции Клепинино.

Расчет водного баланса вели для трех его значений: отрицательного, когда на орошаемое поле подают воды меньше, чем необходимо для растений, а потому имеет место подпитывание поверхности почвы грунтовыми водами и величина подпитывания – $V_1 - V_2 > 0$; нулевого (компенсационного) водного баланса, когда количество подаваемой воды соответствует расходу на испарение и транспирацию; и, наконец, положительного, когда на поле подают больше воды, чем необходимо для транспирации и испарения, а потому подпитывание грунтовыми водами поверхности почвы не только не имеет места, но даже $V_1 - V_2 < 0$.

Вариант отрицательного водного баланса получен при расчете его показателей для осредненного поля севооборота. Суммарное испарение за год составило 814,9 *мм*. Оросительная норма (с влагозарядкой) – 4200 *м^3/га*, или 420 *мм* (рекомендована «Укргипроводхозом» для осредненного поля се-

вооборота); количество осадков за год 296,1 *мм*. Общее водопоступление оказалось равным 716,1 *мм*. Годовой водный баланс (водопоступление минус расход влаги на испарение) составил 716,1–814,9 ≈ —99 *мм*, т. е. отрицательный. Величина подпитывания грунтовыми водами ($V_1 - V_2$) равна 0,000271 *м* в сутки.

Второй вариант водного баланса (нулевой) был получен для поля озимой пшеницы. Результаты расчета таковы: осадки 296,1 *мм*, оросительная норма 180 *мм*, влагозарядка 100 мм, общее водопоступление за год 576,1 *мм*. Расход на испарение составил 579,2 *мм*. Годовой водный баланс равен 576,1 – 579,2= –3,1 *мм*, т. е. практически близкий к нулевому. Величина подпитывания грунтовыми водами ($V_1 - V_2$) при данных условиях оказалась равной 0,0000082 *м* в сутки.

Третий вариант водного баланса (положительный или промывной) получен для такого же поля озимой пшеницы при условии увеличения водопоступления на 20% сверх необходимой величины. В этом случае величина водопоступления оказалась равной 692,1 *мм*, расход на испарение 579,2 *мм*, водный баланс 692,1 – 579,2 = 112,9 *мм* или, с округлением, 113 *мм*. Подпитывание грунтовыми водами поверхности почвы отсутствует, а величина, выражающая подпитывание, имеет отрицательный знак: $V_1 - V_2 = -0{,}00031$ *м* в сутки.

Кроме трех условий различного водного баланса, учитывали три варианта по величине конечной (прогнозируемой) минерализации грунтовых вод. Первый вариант соответствует тому условию, когда грунтовые воды поднимаются на орошаемом участке исключительно за счет потерь воды из каналов и гидростатического отжимания фильтрующимися водами естественных грунтовых вод. В этом случае инфильтрация с полей отсутствует (случай идеального орошения). Грунтовые воды при подъеме осолоняются в той или иной мере вследствие перехода в них солей из почво-грунтов, опреснение (разбавление) инфильтратами не происходит. Соотношение потерь из каналов к потерям с полей равно 1 : 0. Такому варианту соответствует состав грунтовых вод, полученный непосредственно после физического моделирования последовательными солевыми вытяжками.

Второй и третий варианты относятся к случаю, когда подъем уровня грунтовых вод совершается по двум причинам – вследствие потерь воды из каналов и потерь воды с полей. Выше было показано, что при инфильтрации воды на полях вначале происходит заметный вынос солей из грунтов в грунтовые воды, но затем количество выносимых солей резко уменьшается и им практически можно пренебречь.

Учитывая, что прогноз разрабатывается в многолетнем плане, мы приняли условие, что инфильтраты с полей будут пресными (возможность влияния соленых инфильтратов на изменение минерализации грунтовых вод показана нами выше). В этом случае часть воды, теряющаяся на полях и способствующая подъему грунтовых вод, будет вызывать опреснение (разбавление) поднимающихся грунтовых вод. Для расчетов приняты два возможных случая опреснения, один – когда соотношение потерь из каналов к потерям с полей выражается как $^3/_4 : {}^1/_4$, т. е. происходит разбавление на $^1/_4$ объема поднявшихся грунтовых вод, и другой – при соотношении, равном $^1/_2 : {}^1/_2$ т. е. разбавление солевых грунтовых вод совершается наполовину.

Вводя три названные варианта по степени минерализации грунтовых вод, автор стремился отразить возможные случаи, наблюдаемые при ирригации, когда на одном и том же поле встречаются воды разной минерализации.

В качестве примера вычисления степени засоления и распределения солей в темно-каштановой почве после подъема уровня грунтовых вод и их стабилизации на глубине около 1,3 м приведем данные прогноза для орошаемого участка в совхозе «Таврический» (табл. 12).

Здесь показано распределение солей в почве при расходе грунтовых вод на физическое испарение в случае отрицательного, практически нулевого и положительного водного баланса, а в пределах каждого водного баланса — по три варианта с различной степенью минерализации грунтовых вод. Кроме того, для условий отрицательного баланса сделан расчет, при котором учитывался расход влаги только на транспирацию. В целом получилось 12 вариантов солевого прогноза.

Анализ полученных данных позволяет прийти к следующим заключениям. Для осредненного поля севооборота приведенная оросительная норма (4200 *м*^{3}*/га*) является недостаточной, поскольку в этом случае складывается отрицательный водный баланс, который в условиях близкого залегания уровня минерализованных грунтовых вод и покрытия дефицита водного баланса расходом грунтовых вод на испарение ведет к аккумуляции солей. Максимальное засоление имеет место при расходе грунтовых вод на физическое испарение с наибольшим засолением поверхностного слоя почвы от 0,54% (при разбавленных наполовину грунтовых водах) до 0,97% (при неизменном после их подъема составе). Накопление солей в таких пределах должно завершиться, как показал расчет, примерно за четыре года.

В случае расхода грунтовых вод только на транспирацию корнями растений из всего корнеобитаемого слоя (в данном случае около 1 *м*) накопление солей, в соответствии с общими

представлениями, оказывается значительно меньшим – от 0,16 до 0,29% на поверхности почвы. Максимальная аккумуляция солей отмечается на глубине 1 *м*.

В действительности следует ожидать какую-то среднюю картину засоления, поскольку грунтовые воды будут расходоваться и на транспирацию, и на физическое испарение.

12. Данные прогноза распределения солей по профилю темно-каштановой почвы после подъема уровня грунтовых вод и их стабилизации

Вариант	Культура	Водный баланс	Величина подпитывания грунтовыми водами $V_1—V_2$	Условия расхода грунтовых вод	Разбавление грунтовых вод пресными инфильтратами	Прогнозируемая минерализация грунтовых вод, г/л	Содержание солей в почве, %, на глубине, м				
							0	0,2	0,5	1,0	1,2
1	Кукуруза, озимая пшеница или другая культура (осредненные данные для поля севооборота)	Отрицательный	+0,000271	Физическое испарение	0	9,9	0,97	0,80	0,64	0,38	0,32
2	»	»	+0,000271	»	¼	7,4	0,77	0,64	0,51	0,30	0,25
3	»	»	+0,000271	»	½	4,9	0,54	0,44	0,36	0,21	0,17
4	»	»	+0,000271	Транспирация	0	9,9	0,29	0,31	0,34	0,36	0,34
5	»	»	+0,000271	»	¼	7,4	0,23	0,25	0,27	0,29	0,27
6	»	»	+0,000271	»	½	4,9	0,16	0,17	0,19	0,20	0,19
7	Озимая пшеница	Практически нулевой	+0,0000082	Физическое испарение	0	9,9	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29
8	»	»	+0,0000082	»	¼	7,4	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23
9	»	»	0,0000082	»	½	4,9	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
10	»	Положительный (промывной)	—0,00031		0	9,9	0,07	0,09	0,14	0,21	0,29
11	»		—0,00031	»	¼	7,4	0,06	0,07	0,11	0,17	0,23
12	»		—0,00031	»	½	4,9	0,04	0,05	0,08	0,12	0,16

При практически нулевом водном балансе (варианты 7–9 с озимой пшеницей), когда подпитыванием грунтовых вод практически можно пренебречь, в почве все-таки происходит некоторое накопление солей.

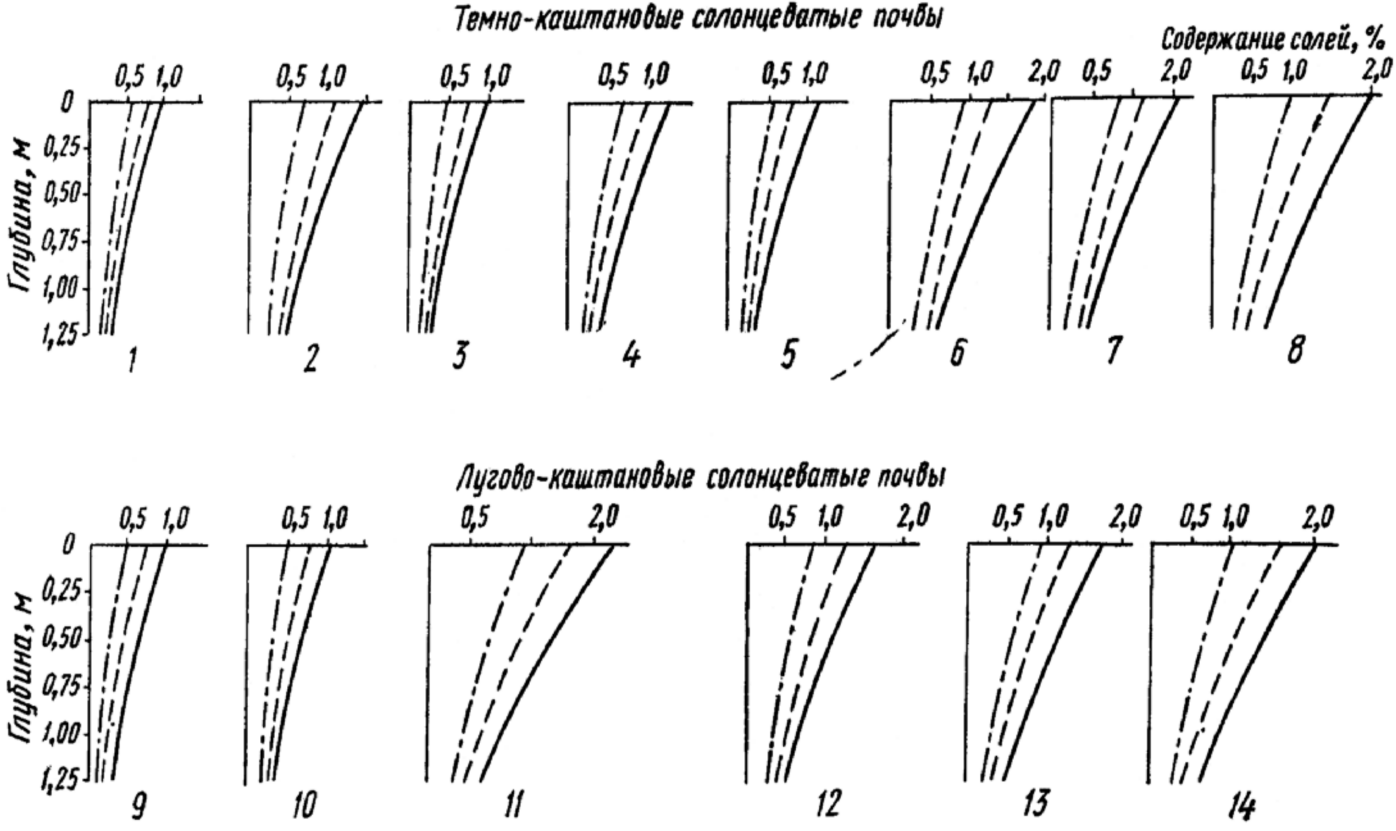
И, наконец, в том случае, когда подается оросительная норма, на 20% превышающая суммарное испарение (варианты 10–12), и при этом предполагается, что имеется искусственный отток в дрены, поскольку иначе поданная вода должна просто оказаться на поверхности (рассматриваются условия близкого – 1,3 *м* – залегания грунтовых вод), то в почве будет происходить опреснение. Как показало обследование орошаемого участка в совхозе «Таврический», такое распределение солей свойственно избыточно орошаемым почвам, в которых уровень грунтовых вод находится ниже 1,5–2 *м*, а воды оттекают по потоку вниз.

Таким образом, последний из рассматриваемых вариантов может быть примером водно-солевого режима промывного типа, когда при этом имеется отток грунтовых вод (в дрену или понижения рельефа).

Возникает вопрос, в какой мере для целей составления прогнозов можно пользоваться описанным аналитическим методом, основанным на учете механизма конвективной диффузии, поскольку такой механизм имеет место в водонасыщенной среде. Нам представляется, что в условиях близкого залегания грунтовых вод (около 1,3 *м*) и орошения почва практически является водонасыщенной, особенно после полива. Поэтому имеется определенное основание применять систему расчетов для данного случая вторичного засоления почв.

Второй вопрос, связанный с применением данного метода, касается условий, при которых рассматривался этот метод, когда в почве перемещаются только легкорастворимые соли, находящиеся в поровом растворе. Такие условия соблюдаются при составлении солевого прогноза для темно-каштановых, лугово-каштановых почв, черноземов и других, в которых солевой горизонт, содержащий также и среднерастворимые соли (гипс и другие), находится глубже 1,3–1,5 *м*. Поэтому для большей части почвенного покрова орошаемой территории юга Украины применение этого метода вполне целесообразно, что не исключает возможности проведения соответствующих расчетов по другим аналитическим решениям (Н.Н. Веригин, 1953; В.А. Барон, и др., 1967; В.И. Пеньковский, 1971 и др.).

Результаты произведенных расчетов солевого прогноза представлены в виде эпюр распределения солей в различных почвах на 22 ключевых участках степного Крыма (рис. 6)


Темно-каштановые солонцеватые почвы
Содержание солей, %
Глубина, м
0
0,25
0,50
0,75
1,00
1,25
0,5 1,0
2,0
1
2
3
4
5
6
7
8
Лугово-каштановые солонцеватые почвы
9
10
11
12
13
14

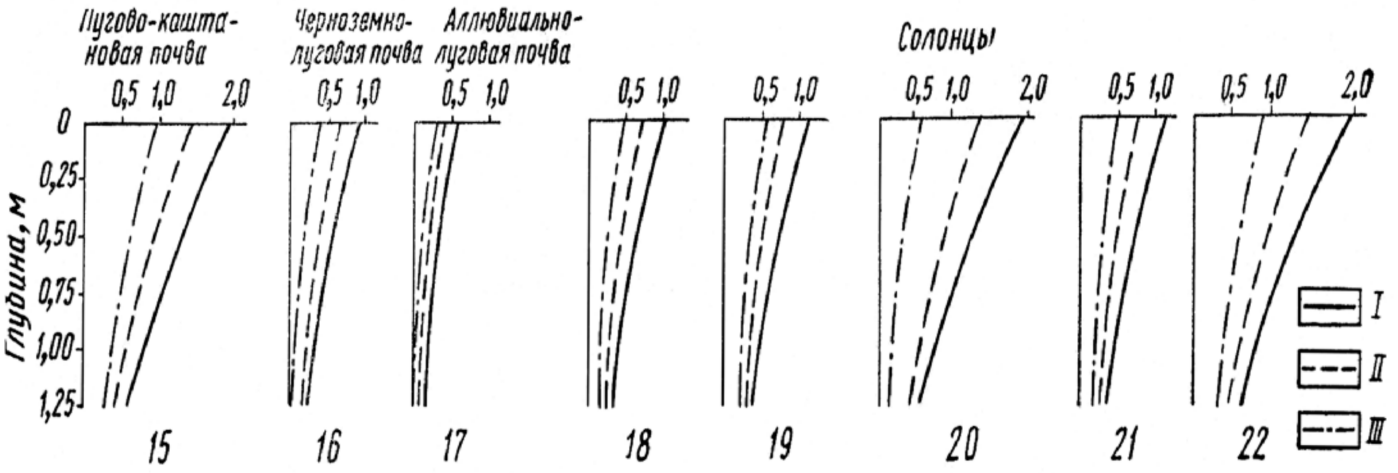


Рис. 6. *Прогноз вторичного засоления почв в зоне орошения Северо-Крымского канала при отрицательном водном балансе (V_1–$У_2$ = 0,00027* ***м*** *в сутки: грунтовые воды расходуются на испарение: Д* =0,00086* ***м²*** *в сутки). Варианты прогноза: I – грунтовые воды не разбавлены; II – грунтовые воды разбавлены на $^1/_4$; III – грунтовые воды разбавлены на $^1/_2$ Номера ключевых участков от 1 до 22, их местоположение:*

а) северо-западное Присивашье, Красноперекопский район: 1 – *от* с. Пятихатки 3 ***км*** на юго-запад; **8 –** от с. Кураевка 0,4 **км н а** запад; **20** – от с. Кураевка 0,2 ***км*** на север; б) – западное Присивашье, Раздольненский район; ***3*** – от с. Максимовка 3 ***км*** на север; ***4 –*** от с. Червонное 1,5 ***км*** на северо-запад; ***9 –*** от с. Ручьи–2 ***км*** на восток; 10 – от с. Новое 0,5 ***км*** на северо-запад; **11 –** от с. Воронцовка 2 ***км*** на север; **18** – от с. Ручьи 1,5 ***км*** на запад; **19** – от с. Кропоткино 0,6 ***км*** на восток; **21 –** от с. Новое 0,4 ***км*** на северо-запад; в) центральное Присивашье, Красноперекопский (частично) и Джанкойскнй районы: **2 –** от с. Вишневка 7 **км** на юг; 5 – от с. Лобаново 1,5 **км** на запад; **6** – от с. Колоски 1 **км** на юг; **12** – от с. Ермаково 1,5 **км** на юг; **13 –** от с. Боброво 1 **км** на запад; **14** – от с. Новомихайловка 0,6 **км** на юго-восток; восточное Присивашье – Джанкойский (б. Азовский) и Нижнегорский районы: 7– от с. Новосельцево 1,3 **км** на восток; **16** – от с. Чкалово 1 **км** на северо-запад; **16** – от с. Лиственное 1 **км** на северо-восток; **17 –** от с. Лиственное 0,5 **км** на юго-восток; **22** – от с. Велнкоселье 2,5 **км** на юго-запад.

Прогноз показывает следующее. Если на орошаемом поле поддерживается такой режим орошения, при котором испарение превышает водопоступление (отрицательный водный баланс) и дренаж отсутствует, в почвах всех рассматриваемых ключевых участков может начаться вторичное засоление (в большей или меньшей степени) через четыре года после начала орошения. За этот срок грунтовые воды поднимутся и займут стабильное положение на глубине около 1,3 *м*.

Интенсивность проявления вторичного засоления будет зависеть от степени минерализации грунтовых вод (о влиянии водно-физических свойств было сказано ранее). Если грунтовые воды будут иметь прогнозируемую минерализацию, соответствующую результатам физического моделирования, то ожидаемое вторичное засоление будет максимальным и составит в большинстве почв 1–2% (в их верхних слоях). Лишь в аллювиально-луговых почвах степень возможного засоления будет слабее – 0,5%.

Если же минерализация грунтовых вод будет меньше на $^1/_4$ от предыдущей, то в большинстве почв ключевых участков ожидаемое вторичное засоление будет находиться в пределах 0,7–1,7%.

При условии еще большего разбавления грунтовых вод пресными инфильтратами (на $^1/_2$) размеры вторичного засоления будут меньше. Прежде всего это относится к почвам речных долин (ключевые участки № 16 и 17), где величина засоления составит всего 0,3–0,4%. Несколько выше (0,4–0,5%) оно будет в темно-каштановых и лугово-каштановых почвах Раздольненского района Крымской области (западное Присивашье) на ключевых участках № 3 и 9. Еще сильнее – 0,5 и 0,7% – засоление охватит темно-каштановые почвы и степные солонцы других районов Присивашья. И самое большое для всего данного варианта водного баланса и условий минерализации грунтовых вод засоление будет в лугово-каштановых солонцеватых почвах и солонцах лугово-степных в связи с более повышенной минерализацией грунтовых вод в этих почвах по сравнению с другими.

В рассматриваемом случае отрицательного водного баланса соли должны распределяться в почвенном профиле таким образом, что максимум их будет находиться на поверхности.

Результаты прогноза по второму варианту водного баланса – практически нулевому, когда приход влаги и расход ее

весьма близки, значительно отличаются от результатов прогноза для условий отрицательного водного баланса.

Прежде всего количество солей, которое может находиться в почвах, оказывается весьма небольшим даже при условиях, когда грунтовые воды не разбавлены пресными инфильтратами.

Ожидаемое содержание солей в почвах речных долин (ключевые участки № 16 и 17), а также в темно-каштановых, лугово-каштановых почвах и солонцах Присивашья (ключевые участки № 8, 9 и 10) таково (0,2 – 0,3%), что почвы можно отнести к незасоленным.

В большинстве ключевых участков с темно-каштановыми почвами других территорий ожидаемое засоление также невелико – 0,3–0,5, увеличиваясь до 0,6–0,7% в лугово-каштановых солонцеватых почвах. Наличие солей в почвах соответствует концентрации грунтовых вод. Распределение солей по почвенному профилю практически равномерное.

В случае, если грунтовые воды опреснить на $^1/_4$, по сравнению с результатами моделирования, прогноз становится еще более благоприятным. Почвы речных долин, темно-каштановые почвы основной части ключевых участков, а также лугово-каштановые и солонцы западного Присивашья оказываются практически незаселенными (0,2–0,3% солей). Лишь в лугово-каштановых почвах ряда ключевых участков (№ 8, 11, 13, 14, 15) ожидаемое содержание солей может составлять 0,4 – 0,5%. И наконец, при значительном разбавлении грунтовых вод (наполовину) во всех почвах Присивашья вторичное засоление не должно наступить.

При третьем варианте водного баланса орошаемой территории, когда водопоступление превышает расход на испарении на 20% и имеется дренаж, обеспечивающий сохранение грунтовых вод на одном уровне (около 1,3 *м*), создается наиболее оптимальный солевой режим, при котором не происходит вторичное засоление почв. Соли распределяются по профилю почв в этом случае таким образом, что максимум их приходится на нижнюю часть, вблизи уровня грунтовых вод. Такой профиль свидетельствует об интенсивном отжимании солей вниз, рассолении.

Прогноз засоления почв в условиях, когда грунтовые воды расходуются только на транспирацию, при отрицательном водном балансе является положительным. Лишь для лугово-

каштановых почв при отсутствии разбавления грунтовых вод возможна заметная аккумуляция солей с образованием максимума на глубине около 1 *м* (размеры ожидаемого засоления в верхних горизонтах 0,5–0,6%).

В случае разбавления грунтовых вод на $^1/_2$ засоления не должно произойти.

Солевой прогноз для Краснознаменской оросительной системы был составлен нами только для одного хозяйства – совхоза «Память Ильича», поскольку в этой системе орошение ведется уже в течение 10 лет и данные прогноза не представляют такого интереса, как для массивов, где орошение еще только проектируется или начинается.

Прогноз по методу С.Ф. Аверьянова иллюстрируется в данной работе по одному варианту баланса (отрицательному) для двух видов почв: каштаново-луговой супесчаной и черноземно-луговой легкосуглинистой при двух значениях прогнозируемой минерализации грунтовых вод – 4 и 6 *г/л*. Результаты прогноза показаны в таблице 13.

13. Прогнозируемое содержание солей, %, в почвах совхоза «Память Ильича» Скадовского района Херсонской области (условия прогнозных расчетов: водный баланс отрицательный, $V_1 - V_2 = 0{,}000271$ м в сутки, грунтовые воды расходуются на испарение)

Минерализация грунтовых вод, *г/л*	Глубина от поверхности, *м*				
	0	0,2	0,5	1,0	1,3
Каштаново-луговая супесчаная почва, Д=0,0038 м² в сутки*					
4,0	0,13	0,12	0,11	0,10	009
6,0	0,17	0,16	0,15	0,13	011
Черноземно-луговая легкосуглинистая почва, Д=0,002 м² в сутки*					
4,0	0,19	0,17	0,15	0,12	0,10
6,0	0,27	0,25	0,22	0,17	0,15

Как видно из этих данных, возможное вторичное засоление невелико по сравнению с таковым в почвах Северо-Крымского орошаемого массива. При минерализации грунтовых вод 4 *г/л* в верхнем горизонте каштаново-луговой супесчаной почвы может накопиться всего 0,13% солей, в черноземно-луговой лугкосуглинистой – около 0,2% (т. е. в пределах слабого

засоления при хлоридном составе солей). При более высокой минерализации грунтовых вод – 6 *г/л* вторичное накопление солей возрастает до 0,17% в супесчаной и до 0,3% в легкосуглинистой почве.

Меньшие размеры вторичного засоления по сравнению с возможным засолением почв Крымского Присивашья объясняются легким механическим составом, большой величиной коэффициента конвективной диффузии (Д*), исходной опресненностью почв и слабой минерализацией грунтовых вод.

В заключение можно отметить, что прогноз вторичного засоления оказался более благоприятным (в количественном отношении) для почв легкого механического состава, имеющих меньшую засоленность и небольшую минерализацию грунтовых вод (терраса-дельта Днепра, особенно ее западная часть, древние террасы р. Салгир и др.).

По степени усиления возможного засоления после этих почв на втором месте стоят почвы более тяжелого механического состава западного Присивашья, на третьем — почвы высокого Присивашья (северо-западная, центральная и восточная его части) и на четвертом — почвы среднепониженного Присивашья (те же его части).

Разработка прогноза вторичного засоления почв по нескольким вариантам позволила получить разностороннюю информацию о возможном направлении солевого режима в разных условиях орошения. Это особенно важно для почв Северо-Крымской оросительной системы, где орошение в ряде районов только начинается. Можно заблаговременно оценить возможное влияние тех или иных вариантов режима орошения (конечным проявлением которых является водный баланс) и выбрать те из них, которые не будут вызывать вторичное засоление, а при высокой исходной засоленности почво-грунтов и грунтовых вод – подобрать режим, способствующий опреснению почв.

Опираясь на данные прогноза, можно сделать в этом плане заключение о том, что при орошении почв речных долин (р. Салгир и др.) можно поддерживать такой режим орошения, при котором водный баланс будет нулевым, т. е. поступление влаги для полива (плюс осадки) будет компенсироваться расходом ее на испарение и транспирацию.

Такой же режим можно применять и на территории высокого Присивашья (в его северо-западном, западном и восточном районах), где развиваются степные почвы и комплексы, а также

на среднепониженной части западного Присивашья с лугово-каштановыми почвами. По аналогии с темно-каштановыми почвами, и учитывая еще меньшую засоленность пород и грунтовых вод, такой же режим орошения будет целесообразен и на остальной более высокой части равнинного Крыма с черноземными почвами.

Разумеется, необходимо устройство дренажа с тем, чтобы не допустить подъема уровня грунтовых вод выше критического.

Иначе обстоит дело с территорией среднепониженного Присивашья в северо-западной, центральной и восточной его частях, где развиваются лугово-степные комплексы (лугово-каштановые почвы и солонцы). Здесь в связи с повышенной засоленностью почв, пород и грунтовых вод необходимо поддерживать такой режим орошения, который бы способствовал выносу солей из почвы, т. е. режим, при котором водный баланс является положительным (поступление влаги превышает расход на испарение и транспирацию) в условиях дренажа.

Сопоставление прогнозируемого и фактического засоления почв

Проверка прогноза осуществлялась нами в зоне Краснознаменского канала на территории совхозов «Память Ильича» и «Приморский» и в зоне Северо-Крымского канала — совхозов «Таврический», «Днепровский» и «Орловский».

Теоретические и фактические данные для почв с прогнозируемой (или близкой к ней) глубиной грунтовых вод приведены в таблицах 14 и 15.

Как видно из приведенных данных, прогноз вторичного засоления в целом оправдался. Во всех приводимых разрезах в верхнем слое наблюдалось максимальное содержание солей, превышающее токсические пределы и характерное для современного активного соленакопления. По ряду разрезов отмечено даже появление солевой корки на поверхности почв (эти данные более подробно приведены в главе IV).

Сравнив между собой результаты прогноза, полученные с помощью разных методов, необходимо констатировать, что в целом они показывают одинаковую направленность процесса соленакопления.

Следует еще раз подчеркнуть, что прогноз солевого режима является весьма важной проблемой, решение которой находится в стадии становления. Поэтому, наряду с примененными нами методами, используют и другие.

Необходимо вести дальнейшие исследования в этой области знаний, накапливать фактический материал по характеристике исходных параметров, применяемых в расчетах, ибо от них зависит обоснованность прогноза, совершенствовать методику определения этих параметров.

В целом же прогноз вторичного засоления можно рассматривать как научное обоснование необходимости, во-первых, применяемого режима орошения и, во-вторых, планирования и учета мероприятий по предупреждению подъема уровня грунтовых вод и вторичного засоления, а в целом для более глубокой оценки пригодности территории для орошения.

14. Теоретически ожидаемое на конец вегетационного периода через 3–5 лет после начала орошения и фактическое распределение солей, %, на тот же период в орошаемых почвах в зоне Северо-Крымской оросительной системы

Глубина, *см*	Балансовый метод	Метод Аверьянова	Глубина, *см*	Совхозы						
				„Таврический"		„Днепровский"		„Орловский"		
				Разрезы						
				542	550	534	529	1	2	1
Ожидаемое распределение солей			Фактическое распределение солей							
0	1,07	0,77	2—20	1,12	0,75	0,26	0,30	0,35	0,33	1,33
20		0,64	20—50	1,26	0,32	0,24	0,29	0,37	0,35	0,80
50		0,51	50—70	0,99	1,01	—	0,29	0,44	0,34	0,78
100		0,30	70—100	—	0,46	—	0,29	—	0,41	0,35
120		0,25								
Прогнозируемая глубина грунтовых вод, *м*			Фактическая глубина грунтовых вод, *м*							
	1,0	1,3	—	0,90	0,84	1,0	1,14	1,0	1,4	0,8
Прогнозируемая минерализация грунтовых вод, *г/л*			Фактическая минерализация грунтовых вод, *г/л*							
	7,4	7,4	—	8,1	—	7,5	10,4	11,2	18,8	13,5

Примечание. Расчет по Аверьянову выполнен для следующих условий: осредненное поле севооборота при отсутствии дренажа, водный баланс отрицательный, $V_1 - V_2 = 0{,}000271$ *м* в сутки; грунтовые воды разбавлены на $^1/_4$ пресными инфильтратами и расходуются только на испарение; почвы тяжелосуглинистого и легкосуглинистого механического состава.

15. Теоретически ожидаемое на конец вегетационного периода через 3–5 лет после начала орошения и фактическое распределение солей, %, на тот же период в орошаемых почвах в зоне Краснознаменской оросительной системы

Глубина, *см*	Балансовый метод	Метод Аверьянова	Глубина, *см*	Совхозы						
				„Память Ильича", октябрь, 1965 г.					„Приморский", август, 1971 г.	
				5	7	9	11	21	3	1
Ожидаемое распределение солей			Фактическое распределение солей							
0	0,40	0,19	5—20	0,07	0,69	0,28	0,19	0,65	0,10	1,09
20		0,17	20—50	0,10	0,38	0,21	0,15	0,48	0,10	0,80
50		0,15	50—100	0,07	0,36	0,18	0,25	0,20	0,07	0,47
100		0,12	100—150	0,09	0,23	0,15	0,21	—	—	—
120		0,10	—	—	—	—	—	—	—	—
Прогнозируемая глубина грунтовых вод, *м*			Фактическая глубина грунтовых вод, *м*							
	1,0	1,3	—	1,10	0,93	1,0	1,8	1,11	0,80	0,90
Прогнозируемая минерализация грунтовых вод, *г/л*			Фактическая минерализация грунтовых вод, *г/л*							
	4,0	4,0	—	1,68	4,9	4,0	6,3	3,2	1,3	28,0

Примечание. Расчет по Аверьянову выполнен для следующих условий: осредненное поле севооборота при отсутствии дренажа, водный баланс отрицательный, $V_1 - V_2 = 0{,}00271$ *м* в сутки. Д*=0,002 $м^2$ в сутки; грунтовые воды не разбавлены пресными инфильтратами и расходуются только на испарение; почвы легкосуглинистого механического состава. При расчете по балансовому методу осенне-зимнее выщелачивание солей принималось равным 70%.

Выводы

1. Оценка пригодности любого региона под орошение должна осуществляться не только на основании данных об исходном его состоянии (первый этап оценки), но и с учетом предполагаемых изменений под влиянием будущей ирригации, т. е. с учетом прогноза мелиоративной обстановки (второй этап оценки).

На первом этапе (оценка исходного состояния территории) должны учитываться такие общепринятые показатели, как геоморфологические условия, геологическое строение, состав и фильтрационные свойства почвообразующих и подстилающих пород, гид-

рогеологические условия (в частности глубина грунтовых и пластовых вод, их взаимосвязь, минерализация и химический состав), климатические условия, особенности почвенного покрова – его структура, состав и свойства почв, в том числе фильтрационные, солонцеватость и т. д.

Кроме них, необходимо использовать и другие показатели: степень естественной дренированности территории по количественным данным; характеристика засоленности пород (до регионального водоупора) и почв по массовым данным, обработанным методами математической статистики; характеристика засоленности по двум показателям вместо общепринятого одного – по общему содержанию солей и по токсичным солям; оценка исходных запасов солей по так называемому «критическому» содержанию солей, под которым предлагается понимать средневзвешенное содержание токсичных солей, превышающее порог токсичности.

Второй этап оценки должен основываться на данных о предполагаемых изменениях рассматриваемой территории под влиянием орошения, которые необходимо определить при специальном исследовании по прогнозированию мелиоративной обстановки (прогноз гидрогеологический, прогноз солевого режима и т. д.). Для разработки прогноза солевого режима можно воспользоваться методическими предложениями автора книги (прогноз минерализации грунтовых вод путем физического моделирования, использование полученных данных для расчетов возможного изменения содержания солей в почвах по балансовому методу или расчетному, основанному на механизме конвективной диффузии, применение поливариантной системы расчетов и т. д.). Основанием для рекомендации использования метода автора служит удовлетворительная сходимость прогнозируемых и фактически полученных значений засоленности почв на некоторых орошаемых участках почв Украины.

Суммарная оценка пригодности территории (по исходным и прогнозным данным) получает отражение в мелиоративном районировании изучаемого региона.

2. Для предупреждения дальнейшего ухудшения мелиоративной обстановки на юге Украины и повышения плодородия орошаемых почв необходимо осуществить ряд мероприятий, к числу которых относятся следующие: строгое водопользование – высокая техника поливов; систематическая очистка существующих земляных каналов от сорной растительности; облицовка каналов водонепроницаемым экраном; посевы многолетних трав, особенно люцерны; устройство лесных полос вдоль каналов;

мульчирование поверхности земли для предохранения от испарения; дренаж для предупреждения подъема уровня грунтовых вод и регулирования водно-солевого режима; агротехнические мероприятия.

3. Наблюдения за фактическим изменением мелиоративной обстановки на отдельных орошаемых участках зон Краснознаменской и Северо-Крымской оросительных систем в первое десятилетие ирригационной эксплуатации дали возможность выявить закономерности:

а) под влиянием потерь воды из Каховского водохранилища, магистральных, межхозяйственных и внутрихозяйственных каналов, а также непосредственно на полях происходит повсеместный подъем уровня грунтовых вод, особенно значительный в зоне Краснознаменской оросительной системы;

б) там, где грунтовые воды хотя и поднимаются, но залегают пока глубже 2 *м*, происходит опреснение почв. В местах, где грунтовые воды при орошении поднялись выше 2–1 м, появилось вторичное засоление.

СОДОПРОЯВЛЕНИЕ И ОЩЕЛАЧИВАНИЕ В БОГАРНЫХ И ОРОШАЕМЫХ ПОЧВАХ ЮГА УКРАИНЫ [1]

А.В. Новикова, Н.Е. Гаврилович

Введение

В почвенном покрове Украины значительную часть (до 40 %) занимают почвы степной зоны (южной и сухой степи). Это чернозёмы и тёмно-каштановые, каштановые и другие почвы. Весь регион представляет собой основную житницу страны. Климатические условия в целом благоприятствуют земледелию, но периодически имеют место засушливые явления, приводящие к резкому снижению урожая сельскохозяйственных культур, а иногда и к полной его гибели. Преодолеть засуху можно лишь путём применения орошения.

В 50-е годы XX столетия на юге Украины было введено орошение в степной зоне благодаря сооружению каскада водохранилищ на Днепре и строительству крупных государственных оросительных систем (Краснознаменская, Северо-Крымская и другие). К началу 1982 года орошаемая площадь достигла более двух миллионов гектаров.

Основная цель орошения – получать высокие и стабильные урожаи сельскохозяйственных культур, в основном была достигнута, что обеспечило относительную экономическую независимость республики от природной стихии. Но уже на первых этапах строительства оросительных систем были допущены ошибки, которые объяснялись отсутствием соответствующего опыта проектирования и строительства крупных гидросооружений. Каналы не были покрыты надежной гидроизоляцией, не строилась коллекторно-дренажная сеть, имели место и другие упущения. Поэтому в первые же годы орошения появились признаки подтопления и вторичного засоления, а также осолонцевания орошаемых почв. Потребовалось мелиоративное переустройство оросительных систем, которое в значительной степени позволило улучшить мелиоративную обстановку.

Если такие последствия орошения, как подтопление, вторичное засоление и осолонцевание, не явились неожиданными, то совершенно новым оказалось проявление процессов ощела-

[1] Монография А.В. Новиковой и Н.Е. Гаврилович с таким же названием опубликовано под научной редакцией член-корр. УААН проф. С.А. Балюка. Харьков, 2007, 80 с.

чивания и содопроявления в незасоленных и глубокозасоленных нейтральными солями орошаемых почвах – черноземах, тёмно-каштановых и др.

Содопроявление обнаружилось также и за пределами Украины: на Северном Кавказе (Бобков, 1976, Буйлов, 1982), в Нижнем Поволжье (Зимовец, 1975).

Поскольку содовое засоление является наиболее токсичным для растений (Ковда, 1965, Мигунова, 1985),то оно грозило гибелью или резким снижением урожая сельскохозяйственных культур на орошаемых землях. Поэтому в 80-90 годы почвоведами Национального научного центра «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского» совместно с гидрогеологами системы Министерства мелиорации и водного хозяйства Украины были организованы комплексные исследования, позволившие определить, прежде всего, географические границы распространения содопроявления в почвах при их орошении на юге Украины, а также его глубину по профилю и интенсивность. Были составлены региональные карты и генерализованная карта содопроявления при орошении. Кроме того, дополнительно изучались причины появления соды при орошении и разрабатывались меры его предупреждения и борьбы с ним.

В настоящее время вопрос охраны почв от деградационных явлений в земледелии остается по-прежнему важным для Украины. В связи с этим возникла необходимость в обобщении и публикации результатов научных исследований по содопроявлению и ощелачиванию почв юга Украины в богарных и орошаемых условиях для широкого практического использования их как в нашей стране, так и за её пределами.

Необходимость публикации данных материалов диктуется также тем, что в последние годы в Украине стала сокращаться гидромелиорация: оросительные каналы и дренажная сеть не имеют надлежащего технического ухода, приходят в негодность, дождевальная техника исчезает с полей, площадь орошаемых земель сокращается. Причиной является низкий уровень экономики, недостаток средств как следствие трудностей при переходе государства к рыночным отношениям.

Упадок в развитии оросительной мелиорации по времени совпал с усилением глобального потепления климата на планете, его аридизацией, вызванной парниковым эффектом.

Особенно резкое потепление климата произошло весной 2007 года, когда из-за засухи погиб урожай озимых культур во многих южных областях Украины. Стало очевидным, что без восстановления оросительной мелиорации невозможно обеспе-

чить население продуктами питания. Необходимо не только восстановить орошаемое земледелие на юге Украины, но и провести химическую мелиорацию солонцовых почв и тех, в которых обнаружилось содопроявление и ощелачивание. В работе предложены приемы повышения эффективности использования орошаемых земель.

Содопроявление в неорошаемых почвах юга Украины

На земном шаре содовое засоление почв довольно широко распространено. Оно отмечается в Австралии, Индии, Иране, Китае, южной Америке и других странах. На территории России оно обнаружено в верховьях Дона и Западной Сибири (Ковда, 1965).

В Украине содовое засоление почв встречается широко в тех местах, где близко к поверхности залегают грунтовые воды, содержащие соду. Это отдельные регионы Полесья и Лесостепи, а также небольшой участок Степи (терраса-дельта Днепра). Как отмечает Г.С. Гринь, 1969,в зоне Полесья сода встречается только в южной левобережной его части – Черниговском Полесье, которое расположено в пределах Днепровско-Донецкой впадины. В поймах и на низких террасах этого района близко к поверхности залегают грунтовые воды, содержащие соду, что является причиной засоления почв.

В Лесостепи содовое засоление широко встречается в левобережной низменной части (среднее Приднепровье), приуроченной также к Днепровско-Донецкой впадине. Грунтовые воды содового химизма также находятся близко к поверхности и засоляют содой почвы – лугово-чернозёмные солонцеватые, солонцы и др.

В центральной Степи, где в автоморфных условиях при глубоком залегании грунтовых вод развиваются чернозёмы обыкновенные и южные, сода в горизонте максимального накопления солей отсутствует. Химизм солей нейтральный. Распределение солей по профилю позволяет отвести почвы к остаточно-аккумулятивному типу (Г.С. Гринь, 1969). Верхняя часть почв незасолена и содержит небольшое количество гидрокарбонатов кальция и магния. Но нередки случаи, когда в самой нижней опреснённой части появляется бикарбонат или даже карбонат натрия. Еще ниже располагается солевой горизонт сульфатного, хлоридно-сульфатного или сульфатно-хлоридного типа.

Появление соды Г.С. Гринь объясняет рассолонцеванием почвы, испытавшей некогда засоление и осолонцева-ние.

Такая же специфика распределения водорастворимых солей отмечается и в автоморфных почвах сухой Степи.

С приближением грунтовых вод к поверхности солевой горизонт в почвах повышается, образуя солевой профиль аккумулятивного или активно-аккумулятивного хлоридносульфатного типа, а при содовом химизме грунтовых вод – активно-аккумулятивного хлоридно-сульфатно-содового типа. Таковы основные закономерности распространения почв содового засоления на Украине в зонах Лесостепи и Полесья, а также в степных почвах северного Причерноморья.

В южной части Причерноморья (Северо-Крымская или Присивашская низменность), как показали исследования А.В. Новиковой (1959, 1962) на низком побережье Сиваша и в районе морских водоёмов, где грунтовые воды залегают очень близко к поверхности (1 – 1,5 и 2 *м*), почвы испытывают капиллярно-грунтовое увлажнение и сезонно необратимый режим засоления. Химизм солей в первом горизонте их аккумуляции преимущественно хлоридный и сульфатно-хлоридный. Это – солончаки приморские и солончаковые почвы.

Несколько выше по гипсометрическому уровню и дальше от берега моря и Сиваша грунтовые воды залегают в пределах 3–6 м от поверхности. В таких почвах устанавливается пленочно-капиллярное увлажнение с сезонно обратимым (пульсирующим) режимом засоления-рассоления. В первом горизонте характер аккумуляции солей свидетельствует о преимущественно хлоридно-сульфатном натриевом и кальциевом засолении. Подобный солевой режим испытывают полугидроморфные и частично гидроморфные почвы – лугово-степные солонцы, лугово-каштановые солонцеватые и другие почвы.

И, наконец, в высокой части Крымской Степи, где грунтовые воды залегают глубже 8 *м*, формируются почвы элювиального типа водного режима (непромывного), где сезонная солевая динамика направлена в сторону рассоления. Химизм первого горизонта солевой аккумуляции преимущественно сульфатно-кальциевый. Это автоморфные комплексы солонцов степных с тёмно-каштановыми солонцеватыми почвами, тёмно-каштановые остаточно-солонцеватые и чернозёмы южные.

В соответствии с водно-солевым режимом в разных почвах происходит неодинаковое распределение водорастворимых солей хлоридного или сульфатно-хлоридного химизма. В почвах с сезонно обратимым процессом засоления уже с самой поверхности (0–5 *см*) обнаруживается максимальное накопление солей. В почвах с сезонно обратимым процессом засоления-

рассоления верхняя их часть (в пределах верхнего полуметра или метра) опреснена, а под ней залегает горизонт солевой аккумуляции хлоридно-сульфатного или сульфатного типа засоления. В почвах с сезонно необратимым режимом рассоления большая часть профиля (до 1,5–2 *м*) оказывается опреснённой.

В целом для большинства почв характерно наличие двух частей почвенного профиля: сверху незасолённая, а ниже засоленная. Что касается химического состава солей первого горизонта их аккумуляции, то он, как отмечено выше, заметно меняется в разных почвах – от хлоридного и сульфатно-хлоридного до хлоридно-сульфатного и сульфатного. Поэтому прослеживается чёткая геохимическая зональность, получившая отражение на карте типов засоления почв степного Крыма (Новикова, 1959).

В опреснённой же части почвенного профиля состав водорастворимых солей преимущественно бикарбонатно-каль-циевый и бикарбонатно-магниевый. Вместе с тем весьма часто обнаруживается, что по мере приближения к горизонту аккумуляции солей в их составе появляются бикарбонат натрия, а иногда и нормальная сода. Общее содержание солей в такой части профиля сохраняется небольшим (0,1–0,2, реже 0,3%).

В качестве примера рассмотрим данные водных вытяжек в некоторых почвах степного Крыма (табл. 1). Но прежде отметим, что выделение горизонтов почв с содопроявлением осуществлялось нами, как это рекомендуется (Базилевич, Панкова, 1969) по соотношению катионов и анионов в водных вытяжках. Дополнительно учитывалось отношение содержания иона $HCO_э$ к сумме Ca и Mg (коэффициент содопроявления ***Кс***, или коэффициент содовости по Е.В. Посохову (1969). Если величина коэффициента содопроявления превышает 1, можно считать, что в почве присутствует сода (Бобков, 1976; Посохов, 1969).

$$K_C = \frac{HCO_э}{Ca + Mg}$$

Как видно из таблицы 1, величина **Кс** сильно колеблется в разных горизонтах почв степного Крыма. Так, в солончаке (р. 121) она меньше единицы по всему профилю, что свидетельствует об отсутствии в нем соды. В горизонтах аккумуляции солей других почв ее тоже нет.

Во всех других приведенных разрезах почв сода обнаруживается, но с разной интенсивностью. В солонце луговом (р. 124) величина ***Кс*** наиболее высокая – 4,2. Она приходится на верхний иллювиальный и переходный иллювиально-карбонатный горизонты. В солонце лугово-степном (р. 117) и

степном (р. 128) этот показатель снижается до 3. В тёмно-каштановой почве (р. 126) и южном чернозёме (р. 6) ***Кс*** уменьшается до 1,9–1,5.

Таблица 1. Данные анализов водных вытяжек из неорошаемых почв степного Крыма и интенсивность содопроявления в них (Новикова А.В., 1962)

Номер разреза, почва	Глубина, см	Сухой остаток, %	мг-экв на 100 г почвы						K_c
			HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	
р.121 Солончак примор-ский	0-4	3,38	0,52	18,87	7,87	1,95	18,67	36,64	<1
	4-12	2,53	0,80	34,14	6,25	1,10	7,58	31,51	<1
	15-25	3,79	0,49	33,11	26,02	11,40	14,25	33,92	<1
р. 124 Солонец солонча-коватый луговой	0,10	0,06	0,54	0,03	0,35	0,25	0,25	0,42	1.0
	25-35	0,10	0,79	0,03	0,52	0,30	0,25	0,79	1,4
	45-55	0,10	1,29	0,03	0,27	0,20	0,33	1,05	2,4
	60-70	0,16	1,77	0,03	0,27	0,25	0,17	1,65	4,2
	75-85	0,86	0,49	0,11	11,94	5,30	2,25	4,99	<1
р.117 Солонец солонча-коватый лугово-степной	0-17	0,06	0,51	0,03	0,31	0,25	0,25	0,35	1,0
	20-30	0,07	0,69	0,03	0,23	0,20	0,17	0,58	1,8
	45-55	0,13	1,28	0,53	0,25	0,30	0,08	1,68	3,3
	60-70	0,23	1,08	1,35	1,00	0,25	0,50	2,68	1,4
	70-80	0,33	0,87	2,14	2,31	0,55	0,75	4,02	<1
	80-90	1,10	0,46	2,73	13,60	5,95	4,50	6,34	<1
р. 128 Солонец глубоко-солонча-коватый степной	0-10	0,07	0,33	0,05	0,27	*	*	*	*
	45-55	0,12	1,28	0,34	0,35	0,25	0,17	1,55	3,0
	65-75	0,16	1,33	0,39	0,56	0,25	0,17	1,86	3,1
	105-115	0,53	0,65	2,10	5,44	0,90	1,67	5,63	<1
р.126 Тёмно-каштано-вая почва	0-10	0,05	0,41	0,11	0,10	0,35	0,17	0,14	<1
	35-45	0,05	0,57	0,08	0,12	0,35	0,17	0,25	1,0
	50-60	0,06	0,80	0,11	0,14	0,55	0,25	0,25	1,1
	70-80	0,07	1,03	0,11	0,08	0,40	0,25	0,57	1,5
	140-150	0,32	1,05	1,43	2,52	0,35	0,50	1,15	1,2
	200-210	1,81	0,43	2,78	23,17	13,30	6,63	6,36	<1
р. 6 Чернозем южный	0-10	0,07	0,27	0,10	0,56	0,51	0,14	0,30	<1
	30-40	0,10	0,54	0,06	следы	0,30	0,20	0,12	1,0
	90-100	0,09	1,02	0,06	следы	0,30	0,22	0,56	1,9
	190-200	0,28	0,77	0,06	3,12	0,80	0,79	2,36	<1

Примечание: * не определяли.

Таким образом, на примере изученных разрезов можно убедиться, что в незаселенных горизонтах солонцовых почв и южном чернозёме обнаруживается сода. В соответствии с классификацией Базилевич и Панковой, (1969) тип засоления этих горизонтов является содово-хлоридным или содово-сульфатным натриевым.

Для подтверждения этого вывода требовалось изучить состав водных вытяжек на более представительном массовом материале, с применением статистического анализа. Для этого нами (А.В. Новикова, В.Н. Калиниченко, 1988) были использованы собственные данные, а также результаты, полученные Крымской почвенной партией института Укрземпроект и другими исследователями.

Прежде всего, необходимо было убедиться, во всех ли разрезах отмечается содопроявление. Как видно из данных таблицы 2, в некоторых горизонтах отдельных почв сода не всегда встречается. Даже в солонцах она обнаружена лишь в 64–71 % случаев.

В тёмно-каштановых средне- и сильносолонцеватых почвах содопроявление отмечается более часто – в 77 % случаев, а в тёмно-каштановых слабосолонцеватых почвах – в 57 % случаев. Следует обратить внимание на некоторое возрастание встречаемости содопроявления в южных чернозёмах. Различие в частоте появления соды в разных почвах можно объяснить прежде всего неодинаковой степенью засоления и солонцеватости почв, химизмом солей ниже расположенного солевого горизонта, различной степенью атмосферного увлажнения по формам мезо-, микро- и нанорельефа и другими причинами.

Таблица 2. Частота встречаемости содопроявления в почвах степного Крыма

Номер п/п	Почва	Общее кол-во разрезов	Кол-во разрезов с содопроявлением	% от общего количества разрезов
1	Солонец луговой	14	9	64
2	Солонец лугово-степной	21	15	71
3	Солонец степной	19	13	68
4	Лугово-каштановая солонцеватая	19	17	89
5	Темно-каштановая средне- и сильно-солонцеватая	58	45	77
6	Темно-каштановая слабосолонцеватая	35	20	57
7	Чернозем южный	17	14	82

Как видно из данных таблицы 3, содопроявление в почвах отмечается на разной глубине. Ближе всего к поверхности такие горизонты расположены в солонцах (25–29 *см*), более глубоко – в тёмно-каштановых (74 *см*) и южных чернозёмах (103 *см*). Величина общей щелочности в горизонтах, где ***Кс*** превышает единицу, значительно колеблется. В солонцах она достигает 1,1–1,34 *мг-экв*, в тёмно-каштановых солонцеватых почвах снижается до 1,01–1,03 и в южных чернозёмах равна 1,03 *мг-экв* на 100 *г* почвы.

Чтобы оценить полученные величины щелочности, напомним, что токсичный порог по показателю общей щелочности равен 1,4 *мг-экв* на 100 *г* почвы, а щелочности, связанной с натрием и магнием, – 0,8 *мг-экв* на 100 *г* почвы.

По величине общей щелочности её значение в солонцах следует отнести к токсичной. Если же учесть, что во всех горизонтах содопроявления преобладают соли натрия и магния, то тогда величины щелочности следует сравнивать с порогом токсичности, равным 0,8 *мг-экв* на 100 *г* почвы. Таким образом, щелочность рассматриваемых почв выше порога токсичности.

Таблица 3. Глубина содопроявления по вличине Кс и общая щелочность в почвах Крымского Присивашья и Таврической равнины до орошения

Номер п/п	Почва	Кол-во разрезов	Глубина содопроявления, см			Содержание общей щелочности, мг-экв на 100 г почвы		
			$\tilde{x}$	Д	V	$\bar{x}$	Д	V
1	Солонец луговой	9	26	18-34	39	1,11	0,87-1,35	28
2	Солонец лугово-степной	15	29	24-34	35	1,34	1,16-1,52	25
3	Солонец степной	13	25	19-31	36	1,12	0,98-1,26	20
4	Лугово-каштановая солонцеватая	17	44	34-54	40	1,14	1,03-152	20
5	Темно-каштановая средне- и сильно-солонцеватая	45	52	43-61	55	1,03	0,96-1,10	22
6	Темно-каштановая слабосолонцеватая	20	74	53-95	59	1,01	0,91-1,11	20
7	Чернозем южный	14	103	82-124	35	1,03	0,92-1,14	18

Примечание: ***x*** – средняя арифметическая величина;
Д – доверительный интервал средней при вероятности 0,95;
V – вариационный коэффициент.

Помимо горизонтов с максимальным содовым засолением, охарактеризованных выше, содопроявление обнаруживается и в других горизонтах. О вероятности появления соды на разных глубинах свидетельствуют данные таблицы 4.

Наибольшее число случаев появления соды отмечается в солонцах, где она обнаруживается чаще всего на глубине 20–30 *см* и 30–50 *см*. Вариация обусловлена глубиной иллювиального и переходного иллювиально-карбонатного горизонтов. В тёмно-каштановых почвах наблюдается снижение глубины содопроявления в сравнении с солонцами. Это отмечается чаще всего на глубине 50–100 *см* и реже в пределах 100–200 *см*. В чернозёмах южных содопроявление отмечается в 57 % случаев на глубине 50–100 *см* и в 43 % случаев на глубине 100–200 *см*.

Таблица 4. Встречаемость содового засоления на разных глубинах в почвах степного Крыма

Почва	Кол-во разрезов (n)	0-20 см		20-30 см		30-50 см		50-100 см		100-200 см	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Солонец луговой	9	2	22	3	33	4	45	-	-	-	-
Солонец лугово-степной	15	1	7	6	40	6	40	2	13	-	-
Солонец степной	13	2	16	7	54	4	50	-	-	-	-
Лугово-каштановая солонцеватая	17	1	6	3	18	6	35	7	41	-	-
Темно-каштановая средне- и сильно-солонцеватая	45	-	-	8	18	12	27	20	44	5	11
Темно-каштановая слабосолонцеватая	20	-	-	-	-	6	30	9	45	5	25
Чернозем южный	14	-	-	-	-	-	-	8	57	6	43

Возникает вопрос о том, какие же соли содержатся в горизонтах, где обнаружена сода? С этой целью нами был определен гипотетический состав солей в этих горизонтах по общепринятой методике (Базилевич, Панкова, 1969). Данные анализов приведены в таблице 5.

Как свидетельствуют данные таблицы 5, в почвенных горизонтах с признаками содового засоления присутствует одна и та же группа солей, в числе которых бикарбонаты натрия, магния и кальция, а также сульфаты и хлориды натрия. По величине средних значений содержание бикарбонатов натрия достигает в солонцах около 50 %, а на долю бикарбонатов магния и кальция приходится лишь 11–16 %. В лугово-каштановых почвах содержание бикарбоната натрия снижается до 31 %, в тёмно-каштановых средне- и сильносолонцеватых – до 23 %, а в слабосолонцеватых до 15 %. В южных чернозёмах оно несколько возрастает (до 25 %).

Таблица 5. Гипотетический состав солей в горизонтах почв с повышенной щелочностью (HCO_3 > Ca + Mg)

Почва	Номер разреза	Глубина, см	Содержание солей, % от суммы				
			$Ca(HCO_3)_2$	$Mg(HCO_3)_2$	$NaHCO_3$	Na_2SO_4	NaCl
1	2	3	4	5	6	7	8
Солонец	124	45-55	14	4	64	12	6
	19	26-48	14	5	57	18	6
	22	30-60	12	7	64	13	4
	29	25-42	17	17	35	3	28
	71	42-55	23	23	43	10	1
Средняя для почвы			16	11	48	12	13
Лугово-каштановая солонцеватая	162	70-80	49	13	30	-	8
	163	50-60	25	20	30	-	24
	179	60-70	9	6	32	28	25
Средняя для почвы			28	13	31	9	19

1	2	3	4	5	6	7	8
Темно-каштановая средне- и сильносолонцеватая	80	55-100	12	12	60	-	16
	5	60-80	6	26	25	43	-
	6	50-65	46	26	15	11	2
	29	17-31	58	32	3	2	-
	71	35-48	40	28	8	10	14
	220	43-53	24	9	39	14	14
	23	17-31	58	32	8	-	2
Средняя для почвы			35	24	28	12	7
Темно-каштановая солонцеватая	1	65-75	23	20	14	23	20
	35	100-150	52	27	-	1	20
	144	55-65	34	7	29	18	12
	3	62-72	20	13	34	32	1
	119	37-47	46	19	11	19	5
	126	140-150	7	10	4	50	29
	20	79-100	17	42	2	-	39
Средняя для почвы			28	20	15	20	17
Чернозем южный	6	90-100	28	20	46	-	6
	7	65-75	55	22	14	-	9
	7/2	70-80	29	17	28	26	-
	430	150-160	44	14	14	28	-
Средняя для почвы			39	18	25	14	4

В.В. Егоров (1975), изучая гипотетический состав солей в разных почвах, установил, что, независимо от количества двууглекислой соды, приведенная выше группа солей является типичной для почв, испытавших значительное рассоление. Это подтверждается как нашими материалами, так и данными других исследователей (Гринь, 1969; Иванов, 1969). Таким образом, почвы, в

которых обнаруживается содопроявление, испытывают не только рассоление, но и рассолонцевание (т. е. ион кальция карбоната вытесняет поглощенный Na и образуется бикарбонат натрия $NaHCO_3$).

Немаловажным является вопрос о степени интенсивности содопроявления в неорошаемых почвах степного Крыма. На наш взгляд, целесообразно определять интенсивность содопроявления по величине коэффициента $К_с$ учётом значений величин HCO_3 и $NaHCO_3$.

Исходя из конкретных значений этих показателей (они приведены выше в таблицах и представлены в обобщённом виде в таблице 6), можно выделить такие группы почв по интенсивности содопроявления: а)содопроявление отсутствует, $К_с$ меньше единицы; б) содопроявление слабое – $К_с$ = 1,1–2; *в*) содопроявление среднее – $К_с$ – 2–4; *г*) содопроявление сильное – $К_с$ более 4.

Согласно таблице 6, к почвам со слабым содопроявлением относятся темно-каштановые разной степени солонцева-тости и южные черноземы. Величина коэффициента $К_с$ в этих почвах колеблется в пределах 1,4–2,0, HCO_3 – 1,03–1,08 *мг-экв* на 100 *г* почвы, бикарбоната натрия ($NaHCO_3$) – 16–25%.

Таблица 6. Интенсивность содопроявления по величине $К_с$ с учётом содержания общей щёлочности в горизонтах содопроявления в неорошаемых почвах степного Крыма

Почва	$К_с$	Интенсивность содопроявления по $К_с$	Статистические показатели HCO_3, мг-экв на 100 г почвы		$NaHCO_3$, % от суммы солей
			$\bar{x}$	Д	
Солонец луговой	3,2	средняя	1,11	0,87-1,35	50
Солонец лугово-степной	2,9	средняя	1,34	1,16-1,52	60
Солонец степной	2,6	средняя	1,12	0,98-1,26	50
Лугово-каштановая солонцеватая	2,6	средняя	1,14	1,03-1,26	30
Темно-каштановая средне- и сильно-солонцеватая	2,0	слабая	1,03	0,96-1,10	23
Темно-каштановая слабосолонцеватая	1,4	слабая	1,08	0,91-1,11	16
Чернозем южный	1,9	слабая	1,03	0,92-1,14	25

Примечание: $К_с$ – коэффициент содопроявления.

$\bar{x}$ – средняя арифметическая

Д – доверительный интервал

К почвам со средней интенсивностью содопроявления относятся солонцы луговые, лугово-степные и степные, луго-во-каштановые солонцеватые почвы. Величина K_c колеблется в них от 2,6 до 3,2, HCO_3 – 1,11–1,34 *мг-экв* на 100 *г* почвы, а количество бикарбоната натрия возрастает до 50–60 % от суммы солей.

В степном Крыму имеются почвы, в которых вовсе отсутствует содовое засоление (K_c меньше единицы). Это солончаки приморские с хлоридным или сульфатно-хлоридным засолением, солончаковые почвы, осолоделые лугово-каштановые почвы, аллювиальные почвы речных долин (незасолённые и несолонцеватые), а также черноземы, образующиеся на выходах известняков (Тарханкутский полуостров).

Таковы особенности содопроявления в естественно развивающихся почвах юга Украины на примере степного Крыма.

Содопроявление и ощелачивание на орошаемых землях юга Украины

Содопроявление и ощелачивание в ирригационно-грунтовых и оросительных водах

Как отмечено выше, подземные воды содержатся в геологических отложениях разного возраста. В соответствии с уклоном северного и южного бортов Причерноморской впадины, поток грунтовых вод направлен в континентальной части впадины с севера на юг, а на Крымском полуострове – с юга на север. По мере продвижения потока к осевой части впадины глубина их значительно уменьшается – от 20–15 *м* до 0,5–1 *м*. Разгрузка совершается в море, частично за счет испарения на низменных участках побережья. В естественных условиях состав грунтовых вод до орошения на преобладающей части Причерноморья был представлен нейтральными солями, а на террасе-дельте Днепра – содой и смешанным составом.

После строительства водохранилищ и каналов, а также введения широкого орошения, на юге Украины образовались ирригационно-грунтовые воды. Они поднялись, особенно вдоль каналов, где образовались подканальные купола. В первые годы орошения ежегодный подъем ирригационно –грунтовых вод составлял 0,5–1 *м*. В последующем их уровень на большинстве систем в известной мере стабилизировался. В целом же ирригационно-грунтовые воды на орошаемых землях залегают значи-

тельно ближе, чем до начала орошения (Кукоба, Балюк, 1982,Чирва, 1971 и др.).

При общей закономерности, заключающейся в более близком залегании ирригационно-грунтовых вод вдоль каналов и на понижениях рельефа (0–3 *м*), с постепенным углублением их до 5 *м* и ниже по мере удаления от источников орошения, наблюдаются и некоторые региональные особенности. Так, в связи с лучшей естественной дренированностью земель юго-западной части Причерноморья ирригационно-грунтовые воды залегают несколько глубже, чем в практически бессточной или слабо дренированной южной приосевой части Причерноморья. На последней территории этому способствует также более широкое развитие рисосеяния в Крымском Присивашье и Херсонском Причерноморье. В силу этих и других причин наибольшая площадь с близким залеганием грунтовых вод приходится на Краснознаменскую и Северо-Крымскую оросительные системы. Широкое строительство вертикального и горизонтального дренажа способствует некоторому улучшению мелиоративных условий.

Обработка данных анализов грунтовых вод специалистами гидромелиоративных экспедиций Госводхоза Украины и Национального научного центра «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского» позволила выявить следующие особенности содопроявления. В ирригационно-грунтовых водах оросительных систем, расположенных в Одесской области, установлено содовое засоление: в северной части Червоноярской, на преобладающей части Татарбунарской систем, на локальных участках Нижне-Днестровской, Шкодогорской систем. Однако в целом содопроявление в ирригационно-грунтовых водах этой более дренированной юго-западной части Причерноморья выражено не очень широко.

Иное наблюдается в южных и юго-восточных районах Причерноморья. Так, на террасе-дельте Днепра, к северу от Краснознаменского канала, на неорошаемой территории, охватывающей боровую и часть второй террасы, где грунтовые воды залегают на глубине 5–10 *метров* и глубже, содовое засоление встречается на довольно значительной площади. Уместно напомнить, что именно на боровой террасе еще до орошения отмечались случаи содового засоления в водах некоторых мелких озер. Генезис соды увязывался Г.Н. Самбуром (1963) с прохождением этой террасой пойменно-дельтового режима, с широким развитием сульфат-редукционных процессов.

В южной части террасы-дельты Днепра, где сосредоточена наибольшая часть Краснознаменской оросительной системы, а грунтовые воды залегают более близко к поверхности (1–3–5 *м*), в грунтовых водах как орошаемых, так и неорошаемых участков весьма часто встречается гидрокарбонатно-натриевое засоление, часто с участием карбонатной щелочности (нормальной соды). В целом в ирригационно-грунтовых водах террасы-дельты Днепра содопроявление в настоящее время выражено в наибольшей степени.

В зоне Каховской оросительной системы, расположенной на плиоценовой террасе, содовое засоление в ирригационно-грунтовых водах обнаружено главным образом в подах – как в орошаемых, так и в богарных условиях.

На массиве Северо-Крымской оросительной системы, размещенной на плиоценовой террасе, ирригационно-грунтовые воды северной ее части залегают довольно близко к поверхности, чему способствует как общая бессточность территории, так и подтопление, вызванное широким развитием рисосеяния. Построенный на большой площади (150 *тыс. га*) горизонтальный дренаж способствует улучшению мелиоративной обстановки, однако ирригационно-грунтовые воды залегают здесь всё-таки близко, в пределах 3–5 *м*.

До орошения грунтовые воды в Крымском Присивашье были засолены нейтральными солями, сода отсутствовала. С развитием ирригации сода появилась в ирригационно-грунтовых водах, причем она обнаруживается не повсеместно, а спорадически.

Таким образом, можно прийти к следующему заключению: хотя сода в ирригационно-грунтовых водах появилась не на каждом орошаемом массиве, а встречается спорадически, в целом она свойственна для всего Причерноморья, чего до широкого развития ирригации не было.

Вопрос о путях появления соды в грунтовых водах Причерноморья изучен очень слабо. Поэтому можно лишь высказать предположения по этому вопросу и выделить, по крайней мере, три наиболее вероятные пути появления соды в грунтовых водах.

Один из них связан с влиянием напорных подземных вод. Как уже отмечено выше, в приосевой части артезианского бассейна подземные воды заключены в отложениях разного возраста. Обычно водоносные слои изолированы друг от друга плотными водонепроницаемыми отложениями, что при незначительном их уклоне к центральной осевой части бассейна создает

напор. Местами водонепроницаемые отложения размыты и заполнены более крупнозернистыми осадками, поэтому образуются своеобразные «окна», по которым напорные воды сообщаются с грунтовыми (Макаренко, 1939).

Воды некоторых водоносных горизонтов (понта, меотиса и др.) при небольшой их минерализации часто бывают щелочными и содержат соду, которая и поступает в грунтовые воды. Поэтому один из путей появления соды в грунтовых водах обусловлен влиянием напорных подземных вод, что имеет место на второй террасе Днепра.

Второй путь связан с процессами сульфат-редукции. На террасе-дельте Днепра интенсивно развивались пойменно-дельтовые процессы, т. е. периодически преобладали анаэробные условия при луговом почвообразовании. Они проявляются и сейчас, прежде всего в подах, где развиваются богатые органикой лугово-черноземные почвы. Поэтому во многих подах грунтовые воды имеют щелочную реакцию и часто содержат соду.

Третий путь появления соды в грунтовых водах связан с реакцией обменного поглощения между натрием поглощающего комплекса почв, ранее испытавших засоление и осолонцевание (ново-евксинская и другие эпохи четвертичного периода), и кальцием бикарбоната кальция пород или оросительной воды. Таковы основные факторы появления соды в грунтовых водах плиоценовых террас и частично второй террасы-дельты, сложенной тяжелосуглинистыми и глинистыми лессовидными отложениями.

В целом этот вопрос нуждается в дальнейшем изучении. Однако и на данном этапе исследований есть основания выделения двух типов территорий, где сода в грунтовых водах может быть причиной современного активного содопроявления в почвах (напорные воды, сульфат-редукция) и где она образуется лишь как стадия рассоления и рассолонцевания (по реакции Гедройца). К числу первых территорий относится терраса-дельта Днепра, к числу вторых – плиоценовые террасы, участки плато.

Важной причиной появления соды в почвах могут быть и оросительные воды. Основным источником орошения на юге, Украины являются воды Днепра. Многолетние исследования Украинского НИИ гидробиологии АН УССР показало (Денисова,1979), что вода всех днепровских водохранилищ относится к гидрокарбонатно-кальциевой второго типа (по классификации О.А. Алекина). Минерализация воды небольшая – 0,3–0,4 *г/ л*. Преобладающим катионом является кальций – 28–37 %, а анионом – $НСО_э$ (32–

41%). Наблюдаются значительные колебания в содержании иона HCO_3 в связи с изменением количества углекислоты, появляющейся при окислении органических веществ. Уменьшение содержания углекислоты происходит при фотосинтезе и повышении температуры, с выделением газообразного CO_2 в атмосферу.

При интенсивном фотосинтезе, когда наблюдается полное потребление газообразной двуокиси углерода и сдвиг карбонатного равновесия, углекислота может быть выделена из ионов HCO_3, с образованием иона CO_3 но реакции:

$$2HCO_3^- - CO_3^{2-} + CO_2 + H_2O$$

Концентрация ионов CO_3^{2-} (выведенная из уравнения второй степени диссоциации) находится в обратной зависимости от концентрации ионов водорода или в прямой – с pH. С увеличением в воде ионов CO_3^{2-} уменьшается количество ионов H^+ и увеличивается pH. Поэтому летом на поверхности, где величина CO_2 равна нулю, количество CO_3^{2-} достигает 50 *г/л*, а pH – 9,7.

В нижних слоях водохранилища, наоборот, величина $C0_2$ достигает 2,5 *мг/л*, CO_3^{2-} равна нулю, а pH – 7,8. Вследствие этого в Кременчугском, Киевском, Каховском водохранилищах величина pH воды летом иногда достигает 9,7–10. Такая поливная вода может вызвать ощелачивание верхних горизонтов почв и ухудшить их водно-физические свойства.

Наблюдения других исследователей за составом поливной воды также показали, что при пресном гидрокарбонатно кальциевом составе вод Днепра в водах оросительных каналов часто обнаруживается ион CO_3 (Баер, 1989; Кукоба, Балюк, 1982; Новикова, 1975).

В пределах Краснознаменской системы орошения минерализация поливной воды колеблется от 0,3 до 0,7 *г/л*, при этом натрий составляет 15–30 % от суммы катионов.

В Одесской области состав поливной воды более разнообразен, минерализация воды на разных оросительных системах колеблется от 0,3 до 1,7 *г/л*. Относительное содержание натрия от суммы катионов здесь выше, чем в воде Каховского водохранилища и часто составляет 40–50 %, а в озере Сасык – 60 %. Более значительна здесь и щелочность, pH не-редко достигает 8–8,5 (озера Сасык и Кагул).

Наблюдениями И.Н. Гоголева и Т.Б. Хохленко (1970) установлено, что в поливной воде периодически появляется CO_3^{2-}, и при этом возрастает величина pH. Такая же тенденция отмечается и в водной вытяжке из верхних горизонтов почв.

Так, в колхозе им. Мичурина Килийского района Одесской области в 6 часов утра температура воды была равна 22°С, pH – 7,6, ион CO_3^{2-} отсутствовал, HCO_3^- = 3,3 *мг-экв* в литре. В 17 часов температура воды повысилась до 28°С, возросла величина pH до 8,7, появился ион CO_3^{2-} – 0,40 *мг-экв*, величина HCO_3 несколько снизилась – 3,05 *мг-экв*. в литре.

Следовательно подтверждается вывод гидробиологов о резком подщелачивании среды при сдвиге карбонатно-кальциевого равновесия в жаркий период дня.

Содопроявление и ощелачивание в орошаемых почвах

С развитием широкого орошения на юге Украины содопроявление стало обнаруживаться местами уже непосредственно в почвах. Однако сведения об этом на первом этапе были единичны, и не было представления об истинных масштабах этого явления.

В связи с этим Министерство мелиорации и водного хозяйства Украины поручило Украинскому НИИ почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского совместно с гидрогеологами гидрогеолого-мелиоративных экспедиций и партий изучить проблему содопроявления, и, прежде всего, определить масштабы этого явления.

Методика работ состояла в следующем. По данным анализов водных вытяжек из образцов почв, отобранных при солевых съемках на орошаемых массивах, выделяли горизонты, имеющие содовый химизм засоления на основе коэффициента содопроявления K_c (отношения содержания ионов HCO_3 к сумме Са и Mg (Посохов, 1969). Вероятный состав солей определяли, применяя общепринятую последовательность связывания катионов и анионов с учётом растворимости солей.

Точки опробования наносили на карту, отмечая глубину появления содового засоления и его интенсивность. Сначала изготовили крупномасштабные карты по каждой оросительной системе отдельно (авторы Б.В. Лютаев, В.И. Лазукин, В.И. Галаган, Г.В. Покутнев), затем путем генерализации контуров – обзорную карту (А.В. Новикова, В.Н. Калиниченко). Пос представлена ниже в виде картосхем на рис. 1 и 2.

Для почв разных оросительных систем вычисляли значения глубины залегания почвенных горизонтов с содопроявлением, величины HCO_3 и pH. Эти данные обрабатывались статистическими методами. В преобладающем большинстве мате-

риалы исследований весьма представительны, количество точек опробования составляет 400–1100.

Особенности содопроявления изучали в почвах крупных оросительных систем (ОС): в Одесской области – на Татарбунарской, Дунай-Днестровской и др.; в Херсонской – на Краснознаменской ОС; в Николаевской – на Ингулецкой ОС; в Днепропетровской – на Фрунзенской ОС; в системе канала Днепр-Кривой Рог и на Северо-Крымской ОС.

Главным источником орошения являются воды Днепра (Каховское водохранилище), в Одесской области – воды рек Дуная и Днестра.

Качество поливной воды в целом хорошее, но на некоторых системах вследствие сброса промышленных стоков (Ингулецкий канал) или при использовании в качестве водохранилищ акваторий морских лиманов (озеро Сасык и др. в Одесской области) минерализация воды в отдельные периоды повышается, при этом возрастает соотношение натрия кальция, а иногда и pH (до 8–8,2).

Как сказано выше, ирригационно-грунтовые воды на орошаемых участках залегают преимущественно на глубине 5–10, 3–5 *м*, а иногда еще ближе. Они засолены в основном нейтральными солями, но на ряде систем местами встречается содовое засоление (Татарбунарская, Краснознаменская, Северо-Крымская и др.). Однако оно распространено не сплошь, а спорадически. Отмечена большая динамичность количества соды во времени.

В результате по почвам каждой оросительной системы (для удобства они сведены по административным областям) получены среднеарифметические значения и доверительные интервалы для названных показателей.

Рассмотрим особенности содопроявления – химизм, интенсивность, глубину и частоту встречаемости в почвах.

Химизм и интенсивность содопроявления в орошаемых почвах. По химизму солей в горизонтах содопроявления были выделены почвы гидрокарбонатно-натриевого засоления ($K_c > 1$) и такого же засоления с участием карбонатной щелочности (нормальной соды), когда в водной вытяжке, помимо соблюдения неравенства $HCO_3 > Ca + Mq$, содержался ион CO_3 в количестве > 0,03 мг-экв в 100 г почвы. В соответствии с классификацией Базилевич и Панковой химизм солей преимущественно содово-хлоридный или содово-сульфатный натриевый.

Что касается интенсивности щелочности, то, как известно, в почвоведении принято выражать щелочность по суммарному содержанию щелочей, по величине титровальной щелочности или по показателю pH раствора или водной вытяжки. При этом по значениям pH выделяют такие градации почв: нейтральные (pH 6,5–7), слабощелочные (pH 7,2–7,5), щелочные (pH 7,6–8,5) и сильнощелочные (pH > 8,5).

Учитывая, что величина pH в орошаемых почвах, где K_c > 1, колеблется в пределах от 7,6 до 9, мы выделили на карте следующие градации почв по степени щелочности (табл. 7, рис. 1.)

Таблица 7. Интенсивность содопроявления по величине общей щелочности в орошаемых почвах юга Украины

Химизм засоления и интенсивность щелочности	HCO_3, мг-экв/100 г почвы	
	$\bar{x}$	Д
Гидрокарбонатно-натриевый:		
Весьма слабощелочные	0,5	0,3-0,7
Слабощелочные	0,7	0,4-1,0
Среднещелочные	1,1	0,9-1,3
Гидрокарбонатно-натриевый с участием нормальной соды:		
Весьма слабощелочные, слабо- и среднещелочные	0,95	0,4-1,5

Примечание: $\bar{x}$ – средняя арифметическая величина;
Д – доверительный интервал средней при вероятности 0,95.

Важно подчеркнуть, что хотя величины общей щелочности могут быть небольшими, но они в значительной мере связаны с натрием. Как показали расчеты, в водной вытяжке горизонтов, где K_c > 1, кальций составляет в среднем 0,2–

0,3 *мг-экв*/100 *г* почвы, магний примерно столько же, а натрий – в 2–4 раза больше.

Рассмотрим особенности изменения величин щелочности в почвах отдельных систем на примере Одесской области (табл. 8).

Данные таблицы 8 показывают, что в почвах разных оросительных систем Одесской области имеются определенные колебания, как по глубине, так и по величине щелочности. Так, глубина содопроявления колеблется в пределах от 0,2 до 0,4 *м*, на рисовых участках 0,1–0,4 *м*. Величина щелочности в целом небольшая, с колебаниями от 0,4 до 0,7 *мг-экв* на 100 *г* почвы, pH везде близок к 8.

Таблица 8. Средние показатели глубины появления содового засоления, величины HCO_3 и pH в орошаемых почвах Одесской области

Оросительная система	Кол-во точек	Средние значения		
		Глубина, м	HCO_3^-, мг-экв на 100 г почвы	pH
Татарбунарская*	163	0,27	0,54	8,0
Суворовская*	56	0,30	0,54	7,8
Дунай-Днестровская*	74	0,35	0,42	7,9
Васильевская*	33	0,36	0,74	8,2
Червоноярская*	19	0,21	0,51	7,7
Шкодогорская*	21	0,37	0,57	8,0
Нижне-Днестровская*	21	0,40	0,56	8,2
Придунайские рисовые ОС				
Килийская, к-з "Дружба"**	19	0,35	0,58	8,3
Килийская, к-з "Путь Ленина"**	30	0,20	0,76	8,0
Кислицкая**	15	0,10	0,27	7,5
Килийско-Маякская**	20	0,14	0,45	7,6
Мичуринская**	25	0,49	0,63	8,6
Лисховская**	44	0,15	0,54	7,8
В среднем	540	0,28	0,54	8,0

Примечание. Почвенный покров представлен преимущественно:
*– черноземами южными;
**– лугово-черноземными почвами.

На рисовых участках намечается тенденция к повышению щелочности, хотя и не всегда. В целом все-таки различия по системам не очень резкие, поэтому не будет большой ошибкой характеризовать содопроявление почв Одесской области по средним значениям.

Рассмотрим данные по содопроявлению почв в условиях разных оросительных систем (табл. 9). Анализ данных позволяет прийти к заключению, что общая щелочность постепенно возрастает по мере продвижения от юго-запада Причерноморья (Одесская, Николаевская области) к приосевой части (Херсонская и Крымская области). Так, в Одесской и Николаевской областях преобладают южные черноземы, преимущественно на плато. Общая щелочность в тех горизонтах, где $HCO_3 > Ca + Mg$, наиболее низкая – 0,5–0,6 *мг-экв* на 100 *г* почвы (весьма слабо щелочные почвы). Величина pH в них находится в щелочном интервале.

К востоку и югу, в Запорожской и Херсонской областях, где распространены южные черноземы (в северных районах) и темно-каштановые почвы (районы террасы-дельты и плиоценовой террасы), общая щелочность возрастает до 0,7 *мг-экв*/100 *г* почвы (слабощелочные почвы), величина pH колеблется от 7,6 до 8,6.

Максимальная величина щелочности 1,1 *мг-экв*/100 *г* почвы обнаружена в почвах Крымского Присивашья на плиоценовой террасе, где развиваются темно-каштановые слабо, средне и сильносолнцеватые почвы и солонцы, вторично каштаново-луговые солонцеватые почвы. Возрастание щелочности является вполне закономерным и обусловлено наиболее высокой степенью солонцеватости, тяжелосуглинистым и глинистым гранулометрическим составом.

Следовательно, наименьшее ощелачивание наблюдается в почвах более дренированных территорий – плато, где отсутствуют резко выраженные признаки солонцеватости. Невысокое ощелачивание характерно для почв легкого гранулометрического состава (терраса-дельта Днепра). Максимально оно выражено на недренированной плиоценовой террасе, в почвах тяжелого гранулометрического состава и обладающих высокой степенью солонцеватости по сравнению с другими почвами юга Украины.

Таблица 9. Статистический анализ глубины появления содового засоления, величин HCO_3 и pH на данной глубине (по выборочным данным)

Почвы	Оросительные системы, административные области	Кол-во точек	Глубина,см			HCO_3, мг-экв на 100 г почвы			pH		
			$\bar{x}$	Д	V	$\bar{x}$	Д	V	$\bar{x}$	Д	V
Чернозёмы южные, лугово-чернозёмные	Татарбунарская и др., Одесская обл.	540	0,3	0,1-0,7	95	0,5	0,4-0,7	25	8,0	7,8-8,4	4
Чернозёмы южные, реже тёмно-каштановые	Ингулецкая, Николаевская обл.	437	0,7	0,3-1,2	69	0,6	0,4-0,8	28	-	-	-
Чернозёмы обыкновенные, чернозёмы южные, лугово-чернозёмные почвы	Днепр-Кривой Рог, Фрунзенская ОС, Днепропетровская область	597	0,6	0,2-1,0	68	0,8	0,6-1,0	22	8,0	7,6-8,4	7
Чернозёмы обыкновенные, чернозёмы южные	Васильевская, Михайловская и др., Запорожская обл.	138	1,1	0,6-1,7	41	0,7	0,6-0,8	14	7,8	7,6-8,0	3
Тёмно-каштановые солонцеватые, лугово-каштановые	Краснознаменская, Херсонская обл	443	0,8	0,2-1,3	72	0,7	0,4-1,0	43	7,8	7,5-8,6	7
Тёмно-каштановые солонцеватые	Северо-Крымская, Крымская обл.	1123	0,7	0,3-1,1	58	1,1	0,7-1,5	36	8,7	8,1-9,3	6

Примечание: $\bar{x}$ - средняя арифметическая; Д - доверительный интервал при вероятности 0,95; V - вариационный коэффициент

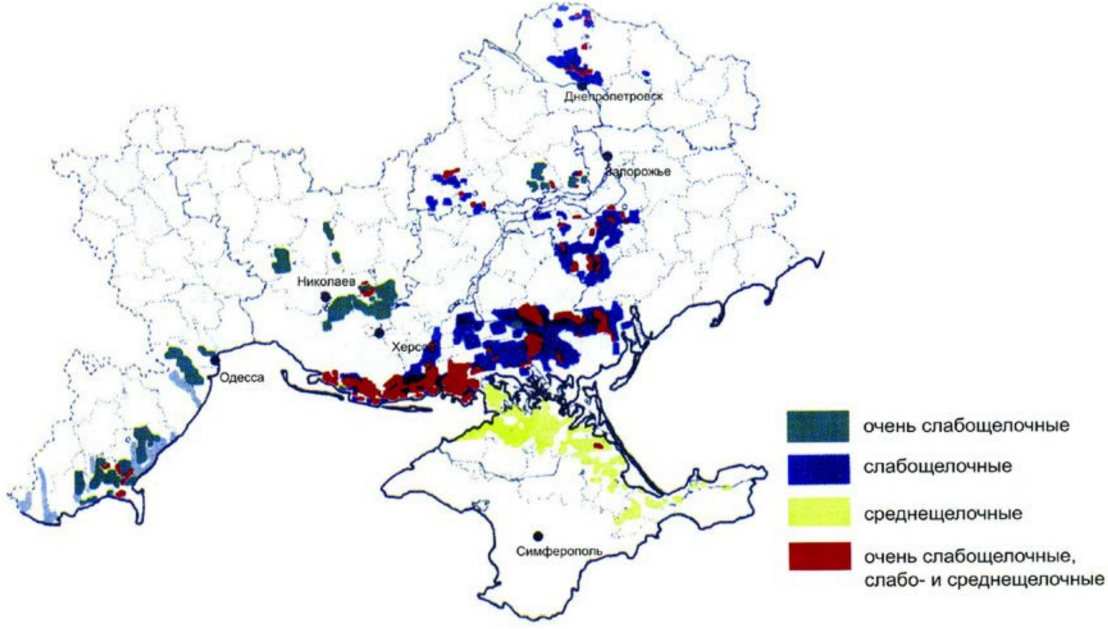


Рис. 1 – Картосхема содопроявления в почвах юга Украины при орошении

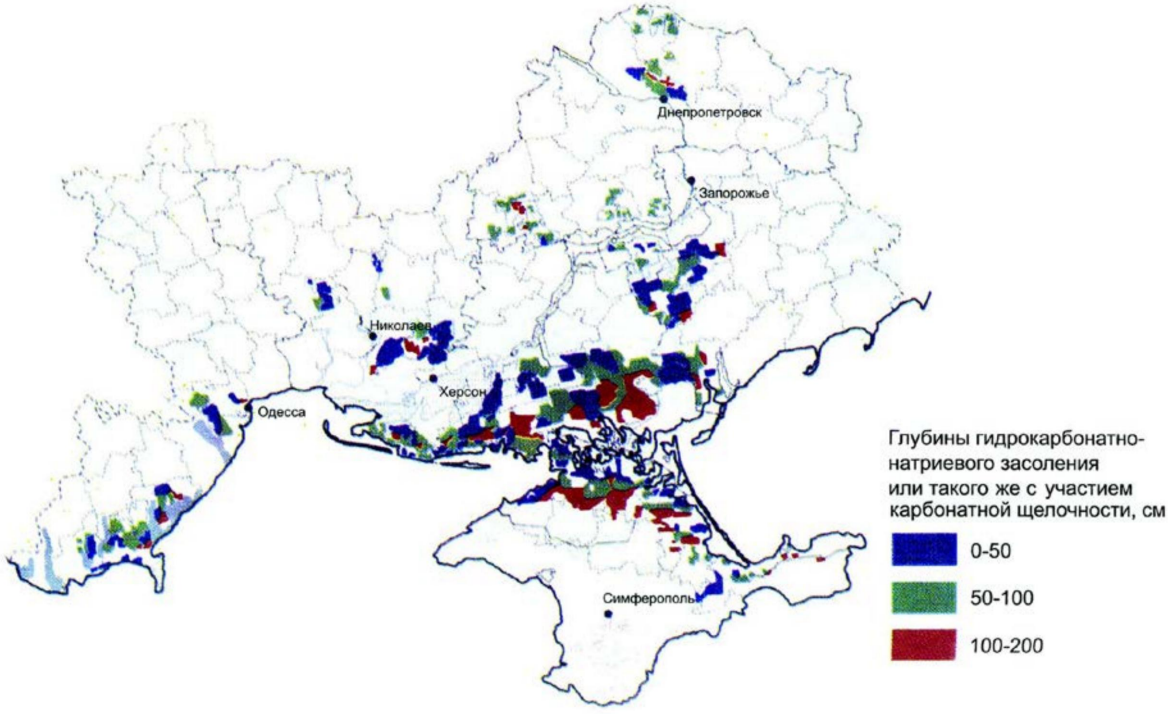


Рис. 2 *– Картосхема глубин залегания соды в почвах юга Украины при орошении*

Если оценивать величины общей щелочности с точки зрения токсичности для растений и принять за порог величину 1,4 *мг-экв*/100 *г* почвы (по Н.И. Базилевич и Е.И. Панковой), то можно прийти к заключению, что только в почвах Крымского Присивашья этот показатель приближается к токсичному пределу. Если же в качестве порога токсичности взять величину 0,8 *мг-экв*/100 *г* почвы, которая, согласно В.А. Ковде (1965), вызывает снижение плодородия почв до уровня 60–70 % относительно нещелочных почв, то следует признать, что в большинстве почв юга Украины щелочность имеет именно такое значение (с учетом доверительных интервалов и максимальных значений). Следовательно, почвы нуждаются в погашении излишней щелочности, в восполнении дефицита кальция.

Глубина содового засоления. Из табл. 9 и рис. 2 следует, что сода при орошении обнаруживается в почвах на разной глубине. Наиболее близко к поверхности она встречается на юго-западе Причерноморья: в Одесской области (южные черноземы) – средняя глубина 0,3 *м*, в Днепропетровской области (южные черноземы) – 0,6 *м*. В остальных областях (Херсонская, Николаевская, Крымская) сода в почвах отмечается более глубоко – в среднем на уровне 0,7–0,8 *м* и наиболее глубоко в Запорожской области.

На картосхеме содопроявления (рис. 2) показаны три интервала глубин: 0–0,5; 0,5–1,0 и 1,0–2,0 *м*. Что касается причин неодинаковой глубины появления соды, то они обусловлены, главным образом, источниками содового засоления. Когда это связано с поливом оросительной водой, содержащей соду или капиллярным подтягиванием растворов от грунтовых вод, то содовое засоление проявляется ближе к поверхности. Когда же причиной является рассолонцевание на карбонатном фоне, то содопроявление приурочено к средней и нижней частям почвенного профиля.

В целом же с учетом средних величин можно считать, что содопроявление в большинстве случаев отмечается во втором и третьем полуметровом слоях от поверхности (в Одесской области – в первом полуметровом слое).

Частота встречаемости в пространстве содового засоления. Анализ данных водных вытяжек показывает, что сода обнаруживается далеко не во всех апробированных точках. Это характерно и для неорошаемых почв степного Крыма, что указывает в основном на спорадический характер содопроявления на юге Украины. Некоторое исключение могут составлять вторично засоленные почвы террасы-дельты Днепра, где сода

возникает из грунтовых вод при их подъеме. На них сода отмечается в преобладающем большинстве разрезов.

Выделены следующие градации по частоте встречаемости содового засоления: а) весьма частая встречаемость соды (> 50%), б) частая встречаемость (25–50%), в) ограниченная встречаемость (10–25%), *г*) единичная встречаемость (< 10%).

Непостоянство появления соды в пространстве хорошо увязывается большой динамичностью ее во времени и зависит от колебания температуры, содержания углекислоты в почвенном воздухе, а в целом от динамики карбонатно-кальциевого равновесия и многих других причин. Этот факт отмечают абсолютно все исследователи, занимающиеся содопроявлением в почвах сухостепной зоны.

Возможные пути появления содового засоления и ощелачивания в орошаемых почвах юга Украины

Причины возникновения естественного и ирригационного содового засоления и ощелачивания различны и зависят от природных и антропогенных условий. В литературе представлен ряд теорий, объясняющих образование и накопление соды:

- образование соды при выветривании кристаллических и осадочных пород;
- образование соды путем реакции обменного разложения нейтральных солей натрия и карбонатов щелочных земель;
- биохимическое образование соды;
- образование соды при минерализации органических остатков;
- геологические источники соды;
- коллоидно-химический путь образования соды по К.К. Гедройцу.

Перечисленные концепции весьма неравнозначны по универсальности, по теоретической обоснованности и практическому значению. До настоящего времени имеются существенные разногласия в их оценке.

Рассмотрим все точки зрения применительно к условиям юга Украины:

Образование соды при выветривании кристаллических и осадочных пород. Сторонниками этой теории являются многие исследователи (Герасимов, Иванова, 1932 и др.). На земном шаре 80–85 % горных пород представлены алюмосиликатами, часть которых содержит натрий (полевые шпаты, нефелины и др.). Выветривание последних ведет к накоплению

натрия и образованию соды. Особенно широко такой процесс распространен в горных местностях, где изливаются лавы, образуются туфы и базальты.

Применительно к Украине такое образование соды возможно в северном Приднепровье, где среди пород имеются меловые и третичные отложения, богатые глауконитом. В результате их выветривания может образоваться сода (Самбур, 1963). Однако комплексных исследований по влиянию выветривания пород на образование соды в условиях юга Украины не проводилось.

Образование соды путем реакции обменного разложения нейтральных солей натрия и карбонатов щелочных земель. Эта теория образования соды при действии на карбонатную почву восходящего раствора минерализованной грунтовой воды с сернокислым натрием известна в литературе как образование соды по Гильгарду. Реакция, которая при этом протекает, описывается следующим образом:

$$CaCO_3 + Na_2SO_4 \leftrightarrows Na_2CO_3 + CaSO_4$$

Реакция может идти в правую сторону лишь при условии перехода труднорастворимого $CaCO_3$ в растворимую соль $Ca(HCO_3)_2$ при давлении углекислоты около 1 атмосферы, т.е. большого содержания углекислоты, что в природе встречается редко. Кроме того, такой процесс должен идти при вторичном засолении (при подъеме соленых грунтовых вод, не содержащих соду). В условиях юга Украины не отмечено образование соды при вторичном засолении, кроме случаев, когда поднимаются грунтовые воды, в составе которых имеется сода. Поэтому следует прийти к заключению, что образование соды по реакции Гильгарда в целом на юге Украины исключено, а если и совершается в особых условиях, то на небольших участках.

Биохимическое образование соды. По этой теории в анаэробной среде при отсутствии кислорода воздуха и наличии органического вещества и восстанавливающих микроорганизмов развиваются процессы десульфирования или сульфат-редукции:

$$Na_2SO_4 + 2C = Na_2S + 2CO_2;$$

$$Na_2S + CO_2 + H_2O = Na_2CO_3 + H_2S$$

При этом образуется сода, сероводород и сернистые соединения тяжелых (FeS, FeS_2) и легких металлов (CaS, Na_2S). Такие условия создаются в болотных почвах, на дне мелководных озер, морей, а также в закрытых месторождениях нефти, битумов.

И.Н. Антипов-Каратаев (1953) считал такой путь образования соды самым распространенным. Действительно, гидрогеологами давно замечено, что в нефтяных водах накапливаются карбонаты щелочей и исчезают сульфаты. Однако В.А. Ковда (1965) отмечает, что строгое соблюдение анаэробных условий в поверхностных слоях суши затруднительно, поскольку в почвах попеременно чередуются восстановительные и окислительные режимы, в результате происходит подкисление среды и разрушение накопленных карбонатов натрия. Подобное изменение окислительно-восстановительных процессов было отмечено на юге Украины в почвах рисовых участков (Кириенко, 1985; Решетняк, 1974).

По данным Т.Н. Кириенко, на подовых участках Херсонской области, покрытых целинной растительностью, в каштаново-луговых почвах, развивающихся при близком залегании грунтовых вод, обнаруживается заметное количество сульфатредуцирующих микроорганизмов – до 1–2 *тыс*. в 100 *г* почвы.

При организации на них орошения и возделывании риса затоплением количество сульфатредуцирующих микроорганизмов резко возрастает – до 11 *тыс*. в 100 *г* почвы. Вместе с тем увеличивается содержание восстановленных соединений и соды. Летом, после сброса воды из чеков, происходит уменьшение численности сульфат-редукторов, но оно бывает значительно большее, чем весной. Окисление почвы происходит медленно в связи с затрудненным поступлением кислорода в сильно уплотненную и обесструктуренную почву. Поэтому заметного подкисления среды не отмечается.

По этой причине на почвах, занятых рисовыми участками, обнаруживается более высокое повышение щелочности, чем на участках обычного орошения. Следовательно, образование соды в почвах рисовых участков за счет сульфат-редукции не вызывает никакого сомнения. По-видимому, это один из основных путей появления соды в почвах при рисосеянии.

Образование соды за счет минерализации органического вещества некоторых растений. Ряд растений (некоторые галофиты, подсолнечник) в процессе жизнедеятельности накапливают натрий и калий. При минерализации остатков таких растений, действии влаги и углекислоты воздуха образуется сода, поташ. Однако такой путь образования соды не имеет широкого распространения.

Геологические источники соды. Важным геологическим источником соды в почвах являются напорные воды. Как было отмечено выше, в приморской части Причерноморья гидро-

геологами установлено локальное подпитывание грунтовых вод напорными плиоценовыми водами (понт-меотическими) водами (Макаренко, 1939). Связь между грунтовыми и плиоценовыми водами на приморской части Краснознаменской оросительной системы была подтверждена последующими наблюдениями.

Так, по данным Ю.А. Чирвы, (1971), на территории опытно-дренажного участка в совхозе «Память Ильича» Скадовского района Херсонской области выявлены следующие особенности грунтовых и подземных плиоценовых вод: на глубине от 4 до 10 *м* грунтовые воды заключены в четвертичных отложениях, а на глубине 25 *м* – в плиоценовых песках (табл. 10).

Таблица 10. Минерализация и состав грунтовых и подземных вод на опытно-дренажном участке (Ю.А. Чирва, 1971)

Глубина, м	Дата отбора	Плотный остаток, г/л	Содержание ионов, г/л						
			CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+ и K^+
4	22.X.1969	4,48	нет	0,01	2,81	нет	0,22	0,15	1,29
5	22.X.1969	5,24	нет	0,01	2,99	0,28	0,18	0,12	1,66
6	22.X.1969	2,10	0,07	0,33	0,97	0,03	0,02	0,13	0,55
7	22.X.1969	1,95	0,06	0,55	0,73	0,02	0,04	0,15	0,40
8	22.X.1969	0,97	0,05	0,24	0,37	0,01	0,01	0,09	0,20
9	15.VI.1969	0,86	нет	0,23	0,33	0,01	0,06	0,03	0,20
9	22.X.1969	0,96	0,01	0,22	0,42	0,001	0,03	0,06	0,22
10	22.X.1969	0,61	0,02	0,22	0,19	0,001	0,03	0,06	0,09
25	23.V.1969	0,56	0,01	0,17	0,08	0,14	0,02	0,04	0,10
25	15.VI.1969	0,40	нет	0,18	0,09	0,02	0,02	0,06	0,06
25	22.X.1969	0,35	нет	0,18	0,13	0,001	0,03	0,05	0,01

Согласно данным таблицы 10, подземные плиоценовые воды содержат солей всего 0,3–0,4 *г/л* и имеют гидрокарбонатно-натриевый состав, весною – с участием нормальной соды. Грунтовые воды в нижней части водоносного слоя являются пресными – 0,6 *г/л*, а выше по профилю их минерализация увеличивается, достигая на глубине 4*м* – 4–5 *г/л*. При этом меняется и их состав – от хлоридно-гидрокарбонатно-натриевого до

хлоридно-натриевого. Судя по минерализации и составу, можно считать, что плиоценовые воды подпитывают грунтовые воды.

Исследования В.Я. Ладных (1971), А.В. Новиковой (1975), проведенные в этом же хозяйстве, показали, что с подъемом грунтовых вод после начала орошения в некоторых почвах, на критической глубине, началось вторичное засоление. При этом в самом верхнем слое почв накопились преимущественно хлориды натрия и магния, а с глубины 20 *см* и до уровня грунтовых вод появилось гидрокарбонатно-натриевое засоление с участием соды.

Такой характер засоления отмечался также и в других хозяйствах, в частности в совхозе «Знамя коммунизма» Цюрупинского района Херсонской области и др. Все это позволяет прийти к заключению о том, что в приморской части террасы-дельты Днепра (Краснознаменская оросительная система) содопроявление вызвано влиянием напорных подземных плиоценовых вод, содержащих гидрокарбонат натрия.

Коллоидно-химическая обменная теория образования соды по К.К. Гедройцу. Образование соды доказано на основе тщательных опытов К.К. Гедройца (1955) и подтверждено многочисленными экспериментами других исследователей, которые пришли к выводу, что процесс рассоления солончака сопровождается вытеснением поглощенного натрия кальцием раствора или ионом водорода с образованием бикарбоната натрия по следующим реакциям:

$$\text{ПNa} + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow \text{ПCa} + NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3;$$

$$\text{ПNa} + H_2CO_3 \rightarrow \text{ПН} + NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3.$$

В первом случае почва в процессе эволюции постепенно превращается в зональную, во втором – в осолоделую. Подтверждением этой теории являются наблюдения, проведенные нами (Новикова и др., 1973) в совхозе «Таврический» Красноперекопского района Крымской области, где впервые после пятилетнего орошения в почвах было обнаружено содовое засоление.

До орошения почвенный покров данного стационара был представлен темно-каштановыми солонцеватыми, лугово-каштановыми солонцеватыми почвами в комплексе с солонцами (10–20 %). Грунтовые воды залегали на глубине 4–10 *м*.

Профиль темно-каштановых почв до глубины 130–150 *см* был значительно опреснен. В водной вытяжке верхних горизонтов почв преобладали гидрокарбонаты кальция. Солевой максимум состоял из сульфатов кальция и магния.

В лугово-каштановых солонцеватых почвах опресненной являлась меньшая часть почвенного профиля (до 90–100 *см*), ниже

находился аккумулятивный горизонт. Состав водорастворимых солей в пахотном и подпахотном горизонтах был гидрокарбонатно-кальциевый, ниже – гидрокарбонатно-натриевый и в солевом горизонте – сульфатно-кальциевый и натриевый.

После пятилетнего орошения грунтовые воды резко поднялись и установились на глубине 0,5–2,4 *м*. При этом вдоль межхозяйственного распределителя в полосе шириной 10–30 *м* произошло сильное заболачивание почв. Несколько дальше от канала, на полосе шириной 100–300 *м*, появилось вторичное засоление с выцветами солей на поверхности.

Во вторичном солончаке с залеганием грунтовых вод 70 *см* в составе водорастворимых солей преобладали сернокислый натрий, магний и кальций, сода отсутствовала.

Несколько дальше от канала, в пониженной части участка с глубиной грунтовых вод более 1 *м*, наблюдалось очень ослабленное вторичное засоление. Присутствие в составе водорастворимых солей соды в почве также не отмечалось.

На несколько более дренированной части участка, с большей глубиной грунтовых вод (1,7–2,4 *м*), наблюдалось присутствие двууглекислой соды по всему почвенному профилю с максимумом (84% от суммы солей) на глубине 50–100 *см*.

Однако динамические наблюдения за солевым режимом почв показывают, что содовое засоление сохраняется в почве лишь при небольшом содержании солей, не выше 0,2–0,3%. С возрастанием их до 0,4–0,6 % сода исчезает. Об этом убедительно свидетельствуют данные наблюдений П.И. Кукобы и С.А. Балюка (1982) на опытно-дренажном стационаре в совхозе «Днепровский» (табл. 11).

Согласно данным таблицы 11, в первом горизонте содопроявления (60–80 см) в течение первых лет орошения наблюдается увеличение щелочности от 0,5 до 0,7 *мг-экв* на 100 *г* почвы. В сезонном отношении количество общей щелочности возрастало к осени, а иногда весной. Нормальная сода постоянно присутствовала весной, однако осенью нередко исчезала. Величина pH колебалась в пределах 8,3–8,6.

В последующие три года (1972–1974) при содержании солей 0,1–0,2 % величина HCO_3 стала увеличиваться до 0,9–1,4 *мг-экв* на 100 *г* почвы, достигая токсичного предела. Возросло содержание нормальной соды, pH в пределах 7,9–8,0.

Впоследствии, при дальнейшем подъеме грунтовых вод и среднем засолении почв (0,6%), нормальная сода исчезла, а со-

держание общей щелочности снизилось до 0,6 *мг-экв* на 100 *г* почвы.

Таблица 11. Динамика щелочности в темно-каштановой слабосолонцеватой почве при орошении в совхозе «Днепровский» (П.И. Кукоба, С.А. Балюк, 1982)

Годы наблюдений	Весна				Осень			
	Сумма солей, %	CO_3^{2-}	HCO_3^-	pH	Сумма солей, %	CO_3^{2-}	HCO_3^-	pH
		мг-экв на 100 г почвы				мг-экв на 100 г почвы		
Глубина 60-80 см								
1969	0,05	0,02	0,54	*	0,06	-	0,59	*
1970	0,07	-	0,64	8,3	0,04	-	0,57	8,6
1971	0,09	0,03	0,66	*	0,09	0,03	0,75	*.
1972	0,29	0,05	1,14	8,6	0,15	-	1,03	8,0
1973	0,12	0,17	0,87	7,9	0,11	-	1,16	8,6
1974	0,14	-	1,4	8,2	*	*	*	*
1976	0,65	-	0,60	8,3	0,66	-	0,69	7,2
Глубина 140-150 см								
1969	0,08	0,03	0,74	*	0,08	0,07	0,88	*
1970	0,11	0,17	1,11	8,8	0,11	-	1,08	9,0
1971	0,16	0,23	1,16	*	0,16	0,33	1,24	*
1972	0,20	-	0,88	8,3	0,20	0,15	1,08	9,0
1973	0,24	0,03	0,64	7,8	0,25	0,11	1,1	8,7
1974	0,42	-	1,4	8,2	*	*	*	*
1976	0,53	-	0,60	8,4	0,81	-	0,56	7,7

Примечание: * – не определяли

В более глубокой части почвенного профиля, на глубине максимального содопроявления (140–150 *см*), также отмечается прохождение трех этапов по степени засоления, только они наступали несколько раньше, поскольку грунтовые воды вначале достигали только нижних горизонтов почво-грунта.

Так, на глубине максимального содопроявления (140–150 *см*) на первом этапе орошения отмечалось увеличение общей щелочности от 0,7 до 1,2 *мг-экв* на 100 *г* почвы, с тенденцией сезонного возрастания к осени. Нормальная сода присутствовала постоянно, количество ее превышало токсический порог во много раз. Величина pH колебалась в пределах 8,8–9,0. На втором этапе при общем содержании солей до 0,25 % наметилась тенденция некоторого уменьшения величины общей щелочности до 0,6–0,9 *мг-экв*/100 *г* почвы весной и 1,1 *мг-экв*/100 *г* почвы осенью. Нормальная сода присутствовала не всегда, количество ее несколько уменьшалось, величина pH колебалась в пределах 7,8–9,0.

Наконец, на третьем этапе величина общей щелочности резко уменьшилась до 0,5–0,6 *мг-экв*/100 *г* почвы (исключая весну 1974 г.), нормальная сода исчезла, величина pH снизилась до 7,7–8,4.

Следовательно, максимум содопроявления отмечается в периоды четко проявленного опреснения почвы, с содержанием водорастворимых солей в пределах 0,1–0,2 % (реже 0,3 %). Как только начинается накопление солей, количество двууглекислой и нормальной соды снижается, а при среднем и сильном засолении она исчезает.

Определение обменного натрия в различных почвах, где отмечено содовое засоление, показало, что его количество колеблется в широких пределах, с тенденцией возрастания в солонцовых иллювиальных и иллювиально-карбонатных горизонтах. Однако содопроявление отмечается и в нижней части профиля, на глубине 60–70 *см* и даже ниже (100–200 *см*), т. е. в породе. Количество поглощенного натрия в этом случае невысокое (табл. 12).

На основании выше приведенных данных можно сделать вывод, что появление соды при орошении на значительной территории Причерноморья вызвано процессом десорбции натрия при рассолении почв и ее рассолонцевании.

Возникает вопрос о том, имеется ли статистически достоверная связь между величиной щелочности и количеством погло-

щенного натрия. Для его разрешения нами (А.В. Новикова, И.Г. Златина) был проведен модельный опыт.

Таблица 12. Содержание обменного натрия в нижних горизонтах некоторых почво-грунтов юга Украины

Местонахождение	Номер разреза	Глубина, см	Поглощенный натрий	
			мг-экв на 100 г почвы	% емкости обмена
Херсонская обл., с-з "Каланчакский"	116	60-70	0,3	1,6
Херсонская обл., к-з "Грузия"	163	60-70	0,7	3,0
Херсонская обл., к-з им. Ладычука	4	60-70	0,4	2,0
Крымская обл., к-з им. Тимирязева	6	100-120	0,6	2,0
Крымская обл., с-з "Молодая Гвардия"	151	55-65	0,8	3,2

Образцы почвы брали из верхнего горизонта темно-каштановой тяжелосуглинистой почвы, а также из верхнего горизонта каштаново-луговой легкосуглинистой почвы и лессовидной глины. Насыщали их поглощенным натрием до уровня слабой и средней степени солонцеватости. Одну половину образцов помещали на воронки, в другую часть образцов добавили $CaCO_3$, в количестве 10% на 100 *г*, а затем их также помещали на воронки. Для имитации полива с промывным режимом и получения инфильтратов, на воронки подавалась дистиллированная вода и вода, предварительно насыщенная углекислотой воздуха. В каждый условный полив (промывку) подавали по 300 *мл* воды, вес навески почв – 300 *г*. Было проведено шесть таких поливов. Полученные фильтраты анализировали с определением щелочности, вызываемой двууглекислыми щелочно-земельными и отдельно – щелочными катионами (по методике Гедройца). Усредненные за 6 поливов данные приведены в таблице 13.

Как показывают данные табл. 13, величина щелочности, вызванной двууглекислыми щелочноземельными катионами, не

зависит от содержания поглощенного натрия и связана с $CaCO_3$. Однако связь величины щелочности с количеством поглощенного натрия наблюдается. Более отчетливо это проявляется в образцах с повышенным содержанием в почве $CaCO_3$, стимулирующим процесс вытеснения из поглощающего комплекса натрия, что и находит отражение в появлении большего количества двууглекислой соды.

Таблица 13. Содержание $CaCO_3$, поглощенного натрия в исходных почвах и щелочности ($Ca(HCO_3)_2$, $NaHCO_3$) в фильтратах после их промывки

Объекты опыта	В исходной почве		В фильтрате*)	
	$CaCO_3$, %	Обменный натрий, мг-экв на 100 г почвы	$Ca(HCO_3)_2$, мг-экв/л	$NaHCO_3$, мг-экв/л
Темно-каштановая тяжелосуглинистая почва	0,7	1,7	0,18	0,33
- // -	0,7	3,5	0,11	0,42
- // -	10,0	1,7	0,99	0,62
- // -	10,0	3,5	0,96	0,89
Каштаново-луговая легкосуглинистая почва	0,86	0,2	0,39	0,47
- // -	0,86	1,4	0,33	0,64
- // -	10,0	0,2	1,37	0,44
- // -	10,0	1,4	1,09	0,71
Лессовидная глина	22,8	0,4	1,08	0,46
- // -	31,7	0,7	1,22	0,57
- // -	33,4	2,2	0,80	0,77

Примечание: *) Кроме $Ca(HCO_3)_2$, присутствует $MgHCO_3$, кроме $NaHCO_3$, – $KHCO_3$.

Что же касается математически достоверной связи между поглощенным натрием исходной почвы и величиной, образующейся при промывках щелочности в фильтратах, то достоверные коэффициенты корреляции были получены в опыте не на всех почвах, а лишь по каштаново-луговой почве и лессовидной глине.

Корреляция оказалась прямолинейной и средней: r = 0,6. В этом случае величину ожидаемой токсичной щелочности можно было определить по содержанию поглощенного натрия в исходной почве, пользуясь следующими уравнениями:

• для каштаново-луговой легкоглинистой почвы: y = 0,39 + 0,23x;

• для лессовидной глины: y = 0,42+ 14x,

где y – величина токсической щелочности, в мг-экв на 1 *л* фильтрата;

x – содержание поглощенного натрия, в мг-экв на 100 *г* почвы.

Полученные математические модели могут быть использованы для прогнозирования появления двууглекислой соды в орошаемых почвах в результате замещения поглощенного натрия на кальций раствора (по реакции Гедройца).

Необходимо отметить, что ощелачивание рассоляющихся почв усиливается еще и гидролизом карбоната магния, поскольку в состав карбонатов большинства почв входит не только $CaCO_3$ (65–95 %), но и $MgCO_3$(1–35 %) (табл. 14). Карбонат магния лучше растворим в воде и при гидролизе сильно подщелачивает раствор. Так, в водной вытяжке из $CaCO_3$, по данным К.К. Гедройца, pH составляет 7,2, а из $MgCO_3$ – 9,0. Поэтому повышение щелочности можно объяснить и влиянием гидролиза карбонатов магния.

Таким образом, можно сделать вывод, что на юге Украины сода в почвах образуется такими путями:

а) на значительной (преобладающей) части территории (плиоценовые террасы, частично терраса-дельта Днепра и участки плато) за счет вытеснения обменного натрия кальцием карбонатов (этот путь следует рассматривать как естественную стадию рассоления и рассолонцевания);

б) за счет непосредственного поступления соды из напорных вод в грунтовые воды и далее в почвы (терраса-дельта Днепра);

в) в результате процессов сульфат-редукции: на рисовых участках, в подообразных понижениях;в связи с применением для орошения вод неблагоприятного химического состава (Ингулецкая, Дунай-Днестровская и другие оросительные системы).

Таблица 14. Состав карбонатов в почвах юга Украины

Местоположение разрезов (район, область)	Почвы	Глубина карбонатного горизонта, см	Содержание карбонатов, %	Состав карбонатов, % от суммы	
				$CaCO_3$	$MgCO_3$
Очаковский Одесской обл.	Чернозем южный	60-90	15,5	91	9
Очаковский Одесской обл.	Темно-каштановые слабосолонцеватые	40-80	12,0	87	13
Скадовский Херсонской обл.	Темно-каштановые слабосолонцеватые	100-110	9,7	86	14
Скадовский Херсонской обл.	Солонец луговой содово засоленный	60-80	2,3	65	35
Мелитопольский Запорожской обл.	Темно-каштановые слабосолонцеватые	50-60	10,9	88	12
Генический Херсонской обл.	Темно-каштановые слабосолонцеватые	50-60	10,3	90	10
Генический Херсонской обл.	Солонец степной	45-55	15,4	87	13
Красноперекопский Крымской обл.	Солонец луговой	30-50	10,0	69	31
Красноперекопский Крымской обл.	Темно-каштановые солонцеватые	40-50	13,0	90	10
Красноперекопский Крымской обл.	Солонец степной	30-40	12,0	87	13

Однако в орошаемых почвах щелочность может повышаться не только за счет собственно содового засоления, но и в результате сдвига карбонатно-кальциевого равновесия без участия натрия. Это происходит вследствие удаления CO_2 из воды в воздух или поглощения фитопланктоном двуокиси углерода. Образуется ион CO_3^{2-} и ион OH^-, при этом возрастает pH.

В последние годы химики (Dicson, 1981; Воробьева, Замана, 1984), опираясь на теорию Бренстеда-Лоури, установили, что на повышение щелочности влияют не только карбонат-ионы, но и другие соединения, являющиеся основаниями и способные присоединять протон при взаимодействии с кислотой при определении щелочности. Например, карбонат-ион CO_3^{2-} при взаимодействии с водой присоединяет протон и превращается в гидрокарбонат – ион HCO_3^-, а вода, отдавая протон, переходит в OH^-, поэтому раствор приобретает щелочную реакцию:

$$\mathbf{CO_3^{2-} + H_2O = HCO_3^- + OH^-}$$

Так происходит и с рядом соединений, которые относят к основаниям: CO_3^{2-}, HCO_3^-, S^{2-}, HS^-, PO_4^{3-}, HPO_4^{2-}, H_2BO_3 и другие.

А.А. Воробьева и С.П. Замана (1984) предложили метод определения компонентного состава общей щелочности: карбонатная щелочность, обусловленная гидролитически щелочными солями производных угольной кислоты ($Щ_{карб}$), щелочность, обусловленная ионами органических кислот ($Щ_{орг.}$), сульфидами ($Щ_{с.}$), боратами ($Щ_б$) и алюминием. Мы использовали указанный метод для получения данных о компонентном составе щелочности в некоторых орошаемых почвах юга Украины, где обнаружено содовое засоление.

Результаты исследований (табл. 15) показывают, что щелочность водных вытяжек исследуемых почв имеет сложный состав. Основную роль в ее формировании и проявлении играют карбонатные ионы HCO_3 и CO_3^{2-}. Они присутствуют во всех почвах, и доля карбонатной щелочности составляет 40-83 % от общей щелочности. Вместе с тем значительную долю (35–68 %) в составе соединений, обусловливающих общую щелочность, занимают анионы органических кислот, которые формируют так называемую органическую щелочность. Наибольшее ее количество отмечается в горизонтах почв, где выражены процессы естественного и вторичного осолонцевания, обусловленного влиянием щелочных оросительных вод. Это позволяет утверждать, что источником органической щелочности являются гуматы натрия. Последние в растворе ведут себя по типу соли слабой кислоты и сильного основания, сообщая раствору щелочную реакцию:

$$\mathbf{Hum\ H_2Na_2 + H_2O = Hum\ H_4 + 2NaOH}$$

Повышение щелочности за счет гидролиза гуматов натрия отмечалось и в солонцах Заволжья (Зимовец, 1975).

Обращает на себя внимание наличие щелочности, обусловленной анионами органических кислот на глубине 80–100 *см*. Это можно объяснить миграцией органических веществ вниз в условиях ирригации.

Таким образом, щелочность в горизонтах содопроявления имеет сложный компонентный состав и обусловлена карбонатами, органическими соединениями и в незначительном количестве боратами и сульфидами.

Таблица 15. Компонентный состав щелочности в почвах Украины

Место отбора образца	Почвы	Глубина, см	Виды щелочности (Щ, % от общей)			
			$Щ_{карб.}$	$Щ_{орг.}$	$Щ_{б.}$	$Щ_{с.}$
Одесская обл., Татарбунарский р-н, к-з им. Суворова	Чернозем южный орошаемый	0-10	50,5	49,5	-	-
		20-50	34,0	66,6	следы	-
		50-70	44,3	55,7	следы	-
		100-150	77,0	22,6	0,4	-
Одесская обл., Килийский район, к-з "Украина"	Черноземно-луговая орошаемая	0-20	82,6	17,2	0,2	-
		40-60	76,2	23,6	0,2	-
		60-80	76,0	20,1	0,2	3,7
		100-150	81,4	17,2	0,3	1,1
		150-200	84,0	13,9	0,1	2,0
Крымская обл., Джанкойский р-н с. Предмостное	Солонец степной, целина	20-30	35,0	67,9	1,4	4,0
Крымская обл., Красноперекопский районн, с-з Новопавловский	Темно-каштановая солонцеватая	60-70	52,0	30,0	4,4	4,4
Херсонская обл., Цюрюпинский р-н, с-з "Знамя коммунизма"	Солонец луговой	80-100	82,7	1,5	3,5	-

Исследованные почвы по показателям щелочности условно можно разделить на две группы. Первая группа объединяет черноземы южные, темно-каштановые солонцеватые почвы, солонцы. Основным компонентом щелочности верхних горизонтов этих почв является органическая щелочность, доля кото-

рой составляет 44–68 % от общей щелочности. В водной вытяжке из нижних горизонтов этих почв (100–150 *см*) преобладает карбонатная щелочность, в то время как органическая составляет 15–20 % от общей щелочности.

Вторая группа орошаемых почв включает лугово-каштановые и лугово-черноземные почвы. Щелочность этих почв на 67–83 % связана с карбонатными ионами, а доля органической щелочности не превышает 12–30 % от общей щелочности. Причем общая и карбонатная щелочность выше суммарной концентрации ионов кальция и магния, что подтверждает содовую природу щелочности этих почв.

В заключение этого вопроса отметим главное. Первопричиной содопроявления почв наиболее распространенных автономных и подчиненно-транзитных геохимических ландшафтов являются геологические изменения, когда такие территории подвергались тектоническому опусканию с засолением и осолонцеванием почв. В современную геологическую эпоху совершается подъем территории, рассоление почво-грунтов и их рассолонцевание.

В подчиненно-аккумулятивных геохимических ландшафтах, где в настоящий период близко к поверхности залегают минерализованные грунтовые воды, обеспечивающие интенсивное засоление почв нейтральными солями, содопроявление не обнаруживается. Исключением являются гидроморфные и полугидроморфные почвы, в которые сода поступает непосредственно из содовозасоленных грунтовых вод (терраса-дельта Днепра). Такая же закономерность содопроявления отмечается не только в Причерноморье, но и в Прикаспийской низменности и низменных районах Северного Кавказа (Бобков, 1976; Буйлов, 1982; Зимовец, 1975).

Основные методы борьбы с содопроявлением при орошении почв юга Украины

Как говорилось выше, содовое засоление является наиболее токсичным для сельскохозяйственных растений. Это связано в первую очередь с сильным подщелачивающим действием соды, вследствие которого pH почвенного раствора достигает 9–9,5 и более. При такой щелочности начинается процесс ослизления и разрушения растительных тканей.

При меньших значениях pH (8–9) вредное влияние соды носит опосредованный характер. В этом случае большинство элементов питания, особенно фосфор, переходя в труднорас-

творимые соединения, становятся недоступными или труднодоступными для растений.

Хорошо известно и сильное осолонцовывающее влияние соды на почвы, когда происходит внедрение натрия в поглощающий комплекс и ухудшаются их водно-физические свойства./Приведенные выше данные по содопроявлению в орошаемых почвах юга Украины показывают, что в горизонтах, где появляется двууглекислая и даже нормальная сода, величина общей щелочности (по среднеарифметическим значениям) колеблется в пределах от 0,5 до 1,5 *мг-экв* на 100 *г* почвы, что позволяет отнести почвы к слабо- и среднещелочным.

Возникает вопрос о пороге токсичности величин щелочности для растений. Вообще этот вопрос разработан не только недостаточно, но и рассматривается неоднозначно исследователями. По Н.И. Базилевич и Е.И. Панковой (1969), порог токсичности общей щелочности равен 1,3–1,4 *мг-экв* на 100 *г* почвы. В.А. Ковда (1965) считает, что плодородие почв снижается и при более низком значении щелочности. Так, щелочность более 0,04% (0,8 *мг-экв*/100 *г* почвы) снижает урожай на 25–40%, а щелочность выше 0,08% (1,3 *мг-экв*/100 *г* почвы) – на 70–80%. В.А. Зимовец (1975) установил, что для условий Заволжья токсичной является щелочность, связанная с натрием и магнием, в количестве более 0,*7 мг-экв*/100 *г* почвы.

Для почвенно-климатических условий Украины изучено влияние соды на древесные культуры (Е.С. Мигунова, (1985).

Нами были проведены микровегетационный и микрополевой опыты. Микровегетационный опыт проводился в стеклянных банках емкостью 500 *см*^{3}. В качестве субстрата служили два объекта: гумусовый горизонт темно-каштановой почвы и песок. В почву вносили раствор соды различной концентрации, после чего высеяли ячмень и ежедневно поливали дистиллированной водой. После окончания опыта определяли вес зеленой массы ячменя и состав водной вытяжки из почв вегетационных сосудов.

В этом микровегетационном опыте было установлено снижение урожая ячменя на 20% при величине общей щелочности 1,2 *мг-экв*/100*г* почвы и pH 8,1. С увеличением общей щелочности до 2–3 *мг-экв*/100*г* почвы и при наличии соды в количестве 0,1–0,2 *мг-экв*/ 100*г* почвы потеря урожая достигла 50–60%.

В опыте с песком пороговое значение токсичности содового засоления оказалось более низким. Так, при общей щелочности 1,2 *мг-экв*/100 *г* почвы и в присутствии двууглекислой соды в количестве 0,2 *мг-экв*/100 *г* почвы урожай ячменя снизился

на 75–80 %. При pH 9,3 и содержании соды в количестве 0,4–0,5 *мг-экв*/100*г* почвы и общей щелочности 2–3 *мг-экв*/100 *г* наблюдалась гибель всех растений.

Микрополевой опыт был заложен на темно-каштановой почве на микроплощадках размером 1 $м^2$. Анализ данных показал следующее. Общая щелочность в количестве 0,4–0,5 *мг-экв*/100 *г* почвы, обусловленная в основном гидрокарбонатами кальция, не оказывает токсического влияния на растения (озимую пшеницу). В случае, когда общая щелочность составляет 0,5–0,7 *мг-экв*/100*г* почвы, а pH 8–8,2 и присутствует гидрокарбонат натрия, наблюдается снижение урожая на 10–15%. При дальнейшем увеличении щелочности до 1,0–1,2 *мг-экв*/ 100*г* почвы, а также увеличении pH до 8,4 и в присутствии соды на глубине 60–80 *см* урожай снижается на 35 %.

Полученные результаты позволяют прийти к заключению, что в почвенно-климатических условиях юга Украины токсичное действие общей щелочности (с участием гидрокарбонатов натрия) начинает проявляться уже при величине 0,5–0,7 *мг-экв*/100 *г* почвы, что приводит к снижению урожая на 10–15%. При содержании около 1,2 *мг-экв*/100 *г* почвы оно еще более усиливается: урожай падает на 20–30%, а на песках – до 75–80%. Дальнейшее ощелачивание снижает урожай на 50–60%, а на песках вызывает полную гибель растений.

Результаты еще одного вегетационного многофакторного опыта показали, что степень токсичности соды возможно значительно уменьшить, если вносить минеральные удобрения и фосфогипс. Урожай возрастает вдвое.

Следовательно, величина общей щелочности в значительной мере определяет уровень плодородия почв. Вместе с тем степень токсичности щелочности зависит еще и от гранулометрического состава почв, емкости обмена, а также от состава содержащихся в них других водорастворимых солей. Все эти показатели влияют на буферность почвы (Трускавецкий, 2009) и ее содоустойчивость.

Предложенный В.П. Бобковым (1968) метод определения совокупных защитных свойств почв (содоустойчивости) позволяет установить, насколько почво-грунт устойчив к содовому засолению и в какой степени возможно прогнозировать ее появление. Мерой содоустойчивости является количество соды, обезвреживаемое почвой. Чем большей содоустойчивостью обладает почва, тем позже может наступить содовое засоление почв, даже при одинаковых условиях.

Результаты проведенного нами определения содоустойчивости в некоторых почвах юга Украины представлены в таблице 16.

Содоустойчивость почв оказалась неодинаковой, она сильно колебалась от 6 до 45 *мг-экв* на 100 *г* почвы. Наиболее слабая содоустойчивость отмечена в почве более легкого гранулометрического состава, испытывающей вторичное засоление содового химизма (разрезы 1, 30, 32)

В каштановых и темно-каштановых почвах, а также солонцах Херсонской и Крымской областей, где почвы развиваются на морских плиоценовых террасах (разрезы 150, 116, 101, 118), содоустойчивость несколько повышается, но остается в пределах слабой и средней.

Таблица 16. Содоустойчивость некоторых почв юга Украины

Номер разреза	Глубина, см	Почва	Место отбора образцов	Содоустойчивость, мг-экв на 100 г почвы	Степень содоустойчивости
1	2	3	4	5	6
Николаевская область, водораздельное плато					
44	0-20	Темно-каштановая слабосолонцеватая	Березанский р-н, с-з им.Петровского	41,3	средняя
	30-40			35,7	средняя
	190-200			48,2	средняя
42	0-20	Чернозем южный остаточно солонцеватый		42,8	средняя
	35-45			44,8	средняя
	50-100			30,7	слабая
	150-160			28,3	слабая
Херсонская область, плиоценовая терраса					
101	0-10	Солонец солончаковый	Каланчакский р-н, с-з Каланчакский	27,2	слабая
	20-36			26,5	слабая
	40-50			38,4	средняя
116	0-10	Темно-каштановая солонцеватая		27,3	слабая
	25-35			35,7	средняя
	40-50			30,7	слабая
150	0-20	Каштановая солонцеватая	с-з "Грузия"	39,8	средняя
	30-40			39,8	средняя
	50-60			28,9	слабая
	60-70			24,9	слабая

Продолжение таблицы 16.

1	2	3	4	5	6
Херсонская область, терраса-дельта Днепра					
1	40-60	Солонец вторично содово-засоленый	Цюрюпинский р-н, к-з "Знамя коммунизма"	6,2	очень слабая
	60-80			4,8	очень слабая
30	35-45	Темно-каштановая солонцеватая вторично луговая	Голопристанский район, к-з "Россия"	21,2	слабая
	75-85			19,4	очень слабая
32	27-37	Солонец каштаново-луговой солончаковатый		16,9	очень слабая
	60-80			21,6	слабая
Крымская область, плиоценовая терраса					
118	0-10	Темно-каштановая	Джанкойский р-н, к-з "Завет Ленина"	33,9	слабая
	20-30			34,9	слабая
	30-40			35,9	средняя
	60-70			24,9	слабая

Наибольшей содоустойчивостью (до 40–44 %) обладают черноземы южные (разрез 42) и темно-каштановые почвы (разрез 44), формирующиеся в условиях плато (Николаевская область). По-видимому, это связано с высокой насыщенностью почв поглощенным кальцием.

Относительно низкий уровень содоустойчивости почв юга Украины, особенно солонцеватых их разновидностей и почв, засоляющихся содой из грунтовых вод, свидетельствует о необходимости применения мер по ослаблению содового засоления. Их разработка должна осуществляться с учетом следующих процессов, способствующих погашению содового засоления:

взаимодействие соды с гипсом по реакции:

$$Na_2CO_3 + CaSO_4 = Na_2SO_4 + CaCO_3;$$

взаимодействие соды с кислотами по реакции:

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2CO_3;$$

взаимодействие соды с солями магния по реакции:

$$Na_2CO_3 + MgSO_4 = Na_2SO_4 + MgCO_3;$$

$$Na_2CO_3 + MgCl_2 = 2NaCl + MgCO_3;$$

взаимодействие соды с поглощающим комплексом почв:

$$Na_2CO_3 + ПCa = ПNa + CaCO_3;$$

$$Na_2CO_3 + ПMq = ПNa + MgCO_3;$$

Что касается комплекса мер по борьбе с содовым засолением в конкретных местных условиях, то их разработка возможна лишь на основе многолетних полевых опытов, заложенных на почвах с разными источниками появления соды.

В данной работе приводятся материалы модельного опыта в лаборатории и мелкоделяночных полевых опытов.

Задача модельного опыта состояла в выявлении действия различных химических веществ на величину pH и общую щелочность почвы после кратковременного (трехдневного) их воздействия.

В качестве объекта исследования был взят иллювиальный горизонт солонца, одинаковые навески которого насыщались раствором соды концентрацией от 0,2 до 0,8 *мг-экв*/100 *г* почвы. Навески весом в 40 *г* почвы с различной степенью содового засоления помещали в колбы и вносили химические мелиоранты: H_2SO_4, HNO_3, $Ca(NO_3)_2$, $(NH_4)_2SO_4$, $FeSO_4 \cdot 7H_20$, пиритные огарки и фосфогипс. Затем в колбы вливали дистиллированную воду (имитация полива) до величины наименьшей влагоёмкости почвы. Образовавшаяся суспензия выдерживалась в течение трех суток, после чего определяли pH и активность иона натрия. Затем почва высушивалась, растиралась, просеивалась через сито диаметром 1 *мм*. Из отобранных навесок приготовляли водные вытяжки и проводили анализ. Результаты модельного опыта представлены в таблице 17.

Оказалось, что под влиянием мелиорантов (за исключением пиритных огарков) происходит полная нейтрализация щелочности от нормальных карбонатов и снижение величины общей щелочности. В наибольшей степени эти процессы выражены при внесении фосфогипса, серной кислоты и сернокислого железа.

Полевые мелкоделяночные опыты проводили в Крымском Присивашье (совхоз «Новопавловский» Красноперекопского района) и в Херсонской области на второй террасе Днепра (колхоз им. Ладычука).

Почвенный покров опытного участка в совхозе «Новопавловский» представлен темно-каштановыми почвами разной сте-

пени солонцеватости. Гранулометрический состав легкоглинистый. Обменный натрий в гумусовом горизонте составляет всего 0,6 *мг-экв*/100 *г* почвы, в переходном – 1,2 *мг-экв*/ 100 *г* почвы. Содержание водорастворимых солей в верхнем 0-50 см слое незначительно (до 0,1 %), но в составе солей присутствует бикарбонат натрия, а на глубине 50–70 *см* – нормальная сода в количестве 0,02-0,1 *мг-экв*/100 *г* почвы.

Таблица 17. Влияние мелиорантов на изменение pH и общей щелочности в почве (модельный опыт)

Варианты опыта	pH	Щелочность водной вытяжки, мг-экв/100 г почвы	
		CO_3^{2-}	HCO_3^-
Контроль	8,95	0,8	4.4
Фосфогипс	7,98	нет	1,1
$FeSO_4$	7,6	нет	1,0
Пиритные огарки	8,6	0,8	3,6
Смесь фосфогипса с пиритными огарками	8,3	—	1,7
H_2SO_4	7,7	нет	1,8
HNO_3	8,3	нет	2,5
$Ca(NO_3)_2$	8,2	нет	1,4
$(NH_4)_2SO_4$	8,3	нет	2,0

На другом опытном участке в колхозе им. Ладычука почвенный покров представлен комплексом темно-каштановых солонцеватых вторично луговых почв с солонцами каштановыми вторично-луговыми (до 10%). Гранулометрический состав тяжелосуглинистый. Содержание поглощенного натрия в солонцовом горизонте составляет 5,7 *мг-экв*/100 г почвы. Количество водорастворимых

солей в почве до глубины 50 *см* небольшое, до 0,15 %. С глубины 70 *см* и ниже появляется нормальная сода, которая присутствует также в грунтовой воде.

Микрополевые опыты на первом участке заложены на темно-каштановой почве, а на втором – на крупном пятне солонца. В опытах изучалось действие на почвы и растения фосфогипса, сернокислого железа, серной кислоты, смеси фосфогипса и сернокислого железа.

Результаты исследования показывают, что внесение мелиорантов вызвало значительное изменение состава и свойств почв (табл. 18).

Таблица 18. Физико-химические показатели солонца после внесения различных мелиорантов

Варианты опыта	Глубина, см	Обменный натрий, мг-экв/100 г почвы	pH	a Na, мг-экв/л	$\frac{aNa}{\sqrt{aCa}}$
Контроль	0-20	1,87	7,2	15,14	6,82
	20-40	5,72	7,5	39,81	20,42
Фосфогипс	0-20	0,62	6,6	9,12	2,45
	20-40	1,87	6,9	22,39	7,15
Сернокислое железо	0-20	0,57	5,45	10,72	3,55
	20-40	3,13	6,7	35.48	13,65
Смесь фосфогипса и сернокислого железа	0-20	0,51	6,2	10,0	3,24
	20-40	1,08	7,0	28,18	11,23
Серная кислота	0-20	0,41	6,6	5,85	1,82
	20-40	2,34	7,5	21,82	7,76

Приведенные данные свидетельствуют, что под влиянием мелиорантов произошло понижение щелочности почвенного раствора, величина pH с 7,2–7,5 уменьшилась до 5–6. Заметно изменилась активность ионов натрия и кальция в почвенном

растворе. При внесении фосфогипса активность ионов натрия уменьшилась с 15,1 до 9,1 *мг-экв/л*, при действии сернокислого железа – до 10,7 и серной кислоты – до 5,85 *мг-экв/л*. Активность ионов кальция возросла, и отношение активности иона натрия к кальцию в пахотном слое снизилась в три раза по сравнению с контролем, а при внесении сернокислого железа – в два раза. Уменьшение величины активности ионов натрия по отношению к активности ионов кальция свидетельствует о том, что в почве происходит рассолонцевание. Доказательством этому служат данные о содержании поглощенных оснований. Так, если до мелиорации (на контрольном участке) в иллювиальном горизонте солонца (20–30 *см*) содержание поглощенного натрия достигало 5,72 *мг-экв*/100 *г* почвы, то под влиянием мелиорантов оно уменьшилось до 1,1–2,3 *мг-экв*/100 *г* почвы. Наибольшее рассолонцевание произошло после внесения фосфогипса, серной кислоты и сернокислого железа. Таким образом, под влиянием мелиорантов в почвах произошло не только снижение щелочности, но и рассолонцевание.

Хотя внесение мелиорантов оказалось весьма эффективным для улучшения состава и свойств почв, но реакция растений на них была не совсем однозначной (табл. 19).

Мелиоранты с кислой реакцией (серная кислота, отчасти сернокислое железо) вызвали сильное подкисление почвенного раствора, в результате чего урожай стал ниже, чем на контроле. Это особенно проявилось в первый год проведения опыта.

На второй год опыта, поставленного на пятне солонца, угнетения растений уже не отмечалось как на варианте с внесением серной кислоты, так и сернокислого железа. Это можно объяснить тем, что атмосферные осадки в осенне-зимний период разбавили почвенные растворы, и это способствовало их миграции вниз. Урожай был выше, чем на контроле на 28–29 %, а внесение смеси фосфогипса с сернокислым железом вызвало прибавку урожая до 52 %.

Стабильно высокий урожай, как на темно-каштановой почве, так и на солонце обеспечивал фосфогипс. Прибавка колебалась в пределах от 32 до 57 %. Таким образом, для снижения повышенной щелочности и ослабления солонцеватости можно применять такие мелиоранты как фосфогипс, смесь его с сернокислым железом. Серную кислоту целесообразно использовать на почвах с четко выраженным содовым засолением.

Что касается норм мелиоранта, вносимого в целях ослабления щелочности, то для их определения мы предлагаем использовать данные щелочности, связанной с магнием и

натрием, т.е. $NaHCO_3$ И $Mg(HCO_3)_2$. Это так называемая бескальциевая щелочность HCO_3 – Ca по Козловскому (2003).

Таблица 19. Урожай ячменя в условиях микрополевого опыта

Варианты опыта	Почвы					
	Темно-каштановая солонцеватая, совхоз "Новопавловский"		Солонец, колхоз им. Ладычука			
	1984 г.		1984 г.		1985 г.	
	г/м²	прибавка урожая, %	г/м²	прибавка урожая, %	г/м²	прибавка урожая, %
Контроль	133,5	-	108,4	-	218	-
Фосфогипс	180,7	35,4	170,8	57,5	310	42,2
Сернокислое железо	136,7	2,1	89,4	- 17,5	283	29,8
Смесь фосфогипса и сернокислого железа	141,5	6,0	120,3	11,0	33,2	52,3
Серная кислота	103,0	-22,8	47,9	-55,8	28,0	28,4
	$НСР_{0,95}$=5,2 г/м² P - 1,3%		$НСР_{0,95}$=12,9 г/м² P - 4,0%		$НСР_{0,95}$=12,7 г/м² P - 1,6%	

В этом случае целесообразно применить такую формулу:

$$x = 0{,}086\ (S - Ca) \cdot H \cdot D,$$

где x – доза гипса, *т/га*;

S – величина общей щелочности водной вытяжки в первом горизонте, где обнаружено содовое засоление, *мг-экв* на 100 *г* почвы;

Ca – содержание катиона кальция в водной вытяжке в этом же горизонте, *мг-экв* на 100 г почвы;

H – мощность мелиорируемого слоя, *см*;

D – объемная масса, *г/см*^{3}.

Как видно из формулы, часть общей щелочности, связанную с кальцием, не следует принимать в расчет, а учитывать только ту, что связана с натрием и магнием.

В качестве примера приведем результаты расчета ориентировочных доз гипса для почв, в которых обнаружено содопроявление по разным административным областям (табл. 20). Нормы гипса рассчитаны как по среднеарифметическим значениям ($\bar{x}$), так и по доверительному интервалу средней величины (Д).

Таблица 20. Примерные нормы гипса для погашения щелочности, связанной с Na *и Mq в орошаемых почвах юга Украины*

Области	HCO_3, мг-экв на 100г почвы		Ca, мг-экв на 100 г почвы	HCO_3-Ca, мг-экв на 100 г почвы		Нормы гипса, т/га при учете	
	$\bar{x}$	Д		$\bar{x}$	Д	$\bar{x}$	Д
Одесская	0,5	0,4-0,7	0,2	0,3	0,2-0,5	1,9	1,2-3,2
Николаевская	0,6	0,4-0,8	0,3	0,3	0,1-0,5	1,9	0,6-3,2
Днепропетровская	0,8	0,6-1,0	0,3	0,5	0,3-0,7	3,2	1,9-4,5
Запорожская	0,7	0,6-0,8	0,3	0,4	0,3-0,5	2,6	1,9-3,2
Херсонская	0,7	0,4-1,0	0,2	0,5	0,2-0,8	3,2	1,3-5,1
Крымская	1,1	0,7-1,5	0,3	0,8	0,4-1,2	5,1	2,6-7,7

Дозы гипса колеблются по данным доверительного интервала, от 0,6 до 7,7 т*/га*. Но их необходимо конкретизировать для почв по предложенной выше формуле.

Если нормы гипса определять из расчета только нейтрализации щелочности, вызванной собственно натрием, то норма гипса будет меньшей. В среднем для почв Одесской, Николаевской и Запорожской областей она составит около 1 *т/га*, для Днепропетровской и Херсонской – по 2 т*/га* и для Крымской по 3 т*/га*. Однако более правильно количество гипса рассчитывать с учетом погашения щелочности, связанной не только с натрием, но и с магнием.

Для нейтрализации щелочности можно вносить также хлористый кальций. Он имеет преимущество перед гипсом за счет лучшей растворимости, что особенно важно, когда содопроявление обнаружено не в самом верхнем горизонте, а на большей глубине. Для этих целей можно применять сернокислое железо и фосфогипс, примерно по половине нормы каждого мелиоранта, рассчитанной по гипсу.

В случае, если плантажированные почвы с поверхности карбонатны, можно вносить гидролизную серную кислоту, которая нейтрализует соду и способствует образованию с карбона-

том кальция свежеосажденного гипса, действующего на почву более активно.

Для расчета доз других мелиорантов можно воспользоваться таблицей 21.

Внесение мелиорантов не только ослабляет щелочность почв, но и способствует рассолонцеванию. В борьбе с солонцеватостью важно также применять и агротехнические приемы.

С учетом разработанных рекомендаций по мелиорации солонцовых почв (2000,2001 гг.), для солонцовых почв Крымского и Херсонского Присивашья высокий эффект обеспечивает глубокая мелиоративная плантажная вспашка, но ее следует проводить при глубине грунтовых вод не ближе 3 *м*.

Для снижения солонцеватости почв с глубоким залеганием карбонатного или гипсового горизонта рекомендуется внесение гипса по обычной или глубокой (на 30–40 *см*) вспашке. Дозы гипса колеблятся от 2 до 10 т*/га* и определяются при составлении проекта химической мелиорации для каждого поля севооборота особо, а для погашения щелочности следует увеличить дозу гипса.

Большое значение в борьбе с содовым засолением и солонцеватостью имеет внесение навоза или запашка сидеральных трав. В этих случаях в почвах продуцируется много углекислоты, что способствует переводу карбоната кальция в бикарбонат и повышению активности кальция, его внедрению в поглощающий комплекс, а также положительно воздействует на прочность структурных агрегатов почвы.

Не менее важным мероприятием является внесение минеральных удобрений. Для содовозасоленных горизонтов нужны физиологически и химически кислые удобрения – сульфат аммония, суперфосфат, кальциевая селитра. Нормы внесения удобрений должны определяться в соответствии с зональными рекомендациями для орошаемых условий.

Учитывая различные пути появления содового засоления в почвах при орошении (сульфат-редукция, грунтовые воды, десорбция поглощенного натрия при рассолении, поливные воды), предлагаем следующие рекомендации по борьбе с этим явлением.

1. Для почв рисовых участков, где содопроявление связано с сульфат-редукцией, необходим целый ряд мероприятий (Н.Ф. Решетняк, 1974; Т.Н. Кириенко, 1985).

Так, для усиления аэрации почвы следует проводить глубокую зяблевую вспашку и весеннюю перепашку, осуществлять сброс воды в период всходов риса с целью снижения количества

восстановленных продуктов и ослабления токсичного их действия на проростки риса. Для пополнения почвы кислородом рекомендуется вносить легко восстанавливающиеся вещества (окислители), которые могут служить акцепторами водорода при окислительно-восстановительных реакциях (перекись водорода, перманганат калия, нитраты).

Таблица 21. Коэффициенты для вычисления норм внесения в почвы различных мелиорантов

Вещество	Количество чистых мелиорирующих веществ, эквивалентное чистому гипсу, т
Гипс($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	1,0
Хлористый кальций ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$)	0,85
Известняк ($CaCO_3$)	0,58
Сера (S)	0,19
Серная кислота H_2SO_4	0,57
Сульфат железа ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$)	1,62
Сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18\ H_2O$	1,29
Полисульфид CaS_2	0,77

С целью нейтрализации повышенной щелочности в почвах рисовых участков лучше вносить хлористый кальций, поскольку гипс и сернокислое железо как вещества, содержащие сульфаты, могут усиливать процесс сульфат-редукции.

Положительное действие оказывает фосфоритная мука, которая является не только удобрением, но и ослабляет подвижность алюминия, снижает его токсичное действие на растения (Н.В. Дубовская, 1978).

Необходимо вводить правильные севообороты, не допускать длительной монокультуры риса, высевать люцерну и другие многолетние травы для их фитомелиорирующего воздействия. Учитывая, что при возделывании риса создается интенсивный

промывной режим, рекомендуется вносить повышенные нормы удобрений с учетом культур рисового севооборота.

2. На участках, где повышенная щелочность вызвана воздействием напорных вод (юг Краснознаменской системы), прежде всего, необходимо понизить уровень грунтовых вод до 3 м для ослабления воздействия их на почвы и провести ряд приемов повышения плодородия почв (С.А. Балюк и др, 2001).

Из химических мелиорантов хорошее действие в этих условиях оказывает совместное внесение фосфогипса и сернокислого железа (или пиритного огарка). Фосфогипс способствует нейтрализации содового засоления, вытеснению натрия из поглощающего комплекса. Сернокислое железо и пиритные огарки повышают эффективность фосфогипса за счет подкисления среды, железо способствует оструктуриванию почвы. Нормы внесения этих веществ различны. Лучшее действие оказывает смесь из фосфогипса (6 т*/га*) и сернокислого железа (10 т*/га*). На каштаново-луговой солонцеватой почве эта норма соответственно равна 3 и 5 т*/га*.

Еще более сильное влияние на снижение щелочности содово-засоленных почв оказывает внесение 1 % раствора серной кислоты. При этом величина pH уменьшается с 9,3 до 8,1, а количество обменного натрия с 4,8 до 2 *мг-экв* на 100 *г* почвы.

Положительное действие серной кислоты усиливается в присутствии карбоната кальция, когда образуется свежеосажденный гипс, способствующий рассолонцованию почвы. Поскольку речь идет о снижении щелочности в нижних горизонтах, которые, как правило, карбонатны, то внесение раствора серной кислоты может быть целесообразно.

На таких участках, кроме орошения, необходимо внесение минеральных и органических удобрений, введение посева многолетних трав, особенно белого донника, который хорошо переносит содовое засоление.

3. На участках плато и плиоценовых террас, где повышенная щелочность вызвана десорбцией натрия на карбонатном фоне при рассолении, необходимо усилить процесс вытеснения натрия из поглощающего комплекса.

Для этого следует вносить кальцийсодержащие вещества – фосфогипс, хлористый кальций, смесь фосфогипса и сернокислого железа и другие мелиоранты. Наиболее доступным в настоящее время является внесение фосфогипса.

Ускорение растворения карбоната кальция связано с повышением содержания углекислоты в почвенном растворе. Поэтому рекомендуется применять посевы трав с ежегодным запа-

хиванием их в качестве зеленого удобрения или возделывать многолетние травы (люцерну). Такое же действие оказывает и внесение повышенных доз навоза (80–100 т/*га*).

На староплантажированных участках, где на поверхность вынесена карбонатная масса, рекомендуется вносить слабый раствор серной кислоты. Это ускоряет процесс растворения карбоната кальция с переводом его в бикарбонат, после чего происходит внедрение кальция в поглощающий комплекс и вытеснение натрия. Орошение рекомендуется с промывным режимом.

Необходимо также устройство дренажа с выводом грунтовых вод за пределы данной территории для того, чтобы удалить почвенные растворы с вытесненным натрием и предупредить возможность последующего осолонцевания почв раствором соды. Следует вносить физиологически и химически кислые минеральные удобрения.

4. Для улучшения соотношения катионов в поливной воде необходимо внесение в воду кальциевых мелиорантов (фосфогипс, хлористый кальций), для снижения щелочности – кислование воды, а при повышенной минерализации – разведение пресной водой (Рекомендации… 2003).

В связи с изменением карбонатно-кальциевого равновесия в поливной воде под влиянием высокой температуры или под воздействием фитопланктона, которое сопровождается разложением иона HCO_3 и появлением CO_3, рекомендуется периодически вносить гипс даже на почвах, где сода образуется лишь эпизодически.

Кроме химических и агрохимических приемов, необходимо проводить гидротехнические (дренаж), особенно на территориях, где сода появляется из близко залегающих грунтовых вод.

В целом для повышения эффективного использования орошаемых земель рекомендуется использовать весь комплекс предлагаемых мер (Рекомендации эффективного использования земель при орошении, 2003 и др.).

Заключение

В почвах степной и сухостепной зон Украины, в незасоленной части их профиля, где содержатся гидрокарбонаты кальция и магния, весьма часто появляются гидрокарбонаты и даже карбонаты натрия.

С целью выявления приуроченности содопроявления к определенным типам почв было проведено специальное исследование в почвах степного Крыма. Изучался состав водораство-

римых солей по данным водных вытяжек. Применялся статистический метод обработки данных.

В большинстве разрезов почв зафиксировано появление двууглекислой соды в незаселенных горизонтах, содержащих разное количество поглощенного натрия и карбонатов кальция. Глубина залегания такого горизонта в почвах различна. В солонцах содопроявление обнаружено в пределах первого полуметрового слоя, в темно-каштановых – второго и третьего, в черноземах – третьего и четвертого полуметрового слоя.

Количество солей в таких горизонтах небольшое (0,1–0,2%), в их состав входят гидрокарбонаты натрия, магния и кальция, а также хлориды и сульфаты натрия. Соотношение ионов HCO_3 к сумме Ca и Mg превышает единицу, что свидетельствует о присутствии двууглекислой соды. Ее количество неодинаково в почвах: больше всего в солонцах (50–60 %), меньше в темно-каштановых сильно- и среднесолонцеватых (25%), и совсем мало в слабосолонцеватых их видах (15 %). Общая щелочность варьирует в солонцах в пределах 0,7–1,7 *мг-экв*/100 *г* почвы, в темно-каштановых почвах – 0,8–1,03, в черноземе южном составляет 1,03 *мг-экв*/100 *г* почвы. В целом общая щелочность невысокая, наибольших значений она достигает в иллювиальных и переходных иллювиально-карбонатных горизонтах солонцов и солонцеватых почв. Однако и в таких пределах она вызывает снижение плодородия почв.

С введением широкого орошения на юге Украины содопроявление стало обнаруживаться в грунтовых и поливных водах, но больше всего – в почвах. В результате совместных исследований сотрудников Национального научного центра «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского» и гидрогеологов Минводхоза Украины впервые были установлены границы распространения содового засоления в почвах юга Украины при орошении, глубина горизонта, в котором присутствует бикарбонат натрия, интенсивность щелочности и частота встречаемости таких почв в пространстве.

Содопроявление отмечается в почвах всех оросительных систем, но оно носит спорадический характер (границы распространения почв, в которых отмечается содопроявление, показаны на картах). Величина щелочности, где присутствует бикарбонат натрия, колеблется в пределах 0,5–1,5 *мг-экв*/100 *г* почвы. Наименьшие величины щелочности (0,5–0,6 *мг-экв*/100 *г* почвы) встречаются в почвах юго-западного Причерноморья, максимальные (1,1–1,5 *мг-экв*/100 *г* почвы) – в Крымском Присивашье, где почвенный покров отличается повышенной солонцеватостью.

Неодинакова и глубина содопроявления. Более близко горизонты с повышенной щелочностью залегают в почвах Одесской области, глубже – в Крымской, Днепропетровской, Запорожской областях. Отмечается спорадичность содопроявления в пространстве.

Источники появления соды в почвах юга Украины при орошении различны: 1) сульфат-редукция (в подах, на рисовых участках); 2) напорные воды содового химизма (терраса-дельта Днепра); 3) процессы десорбции поглощенного натрия при рассолении почв на фоне карбоната кальция (преобладающая часть территории Причерноморья – плиоценовые террасы, плато); 4) поступление соды вместе с поливной водой; 5) ощелачивание оросительных вод при сдвиге карбонатно-кальциевого равновесия.

Наибольшее распространение получили почвы, в которых сода появилась при рассолении, сопровождающемся рассолонцеванием. Это объясняется тем, что вся Причерноморская низменность претерпела в ранние геологические эпохи четвертичного времени неоднократные опускания земной коры, с трансгрессией моря, засолением почво-грунтов и их осолонцеванием. В настоящий период земная кора поднимается в одних местах и опускается в других. Там, где совершается подъем, происходит рассоление почв и одновременно рассолонцевание.

Такие же процессы протекали и в других низменностях – Прикаспийской, Азово-Кубанской. Установлено, что орошение лишь усиливает рассоление и рассолонцевание почво-грунтов.

Проведенные вегетационные опыты показали, что, несмотря на слабую и среднюю степень ощелачивания почв, даже при величине щелочности 0,5–0,7 *мг-экв*/100 *г* почвы, когда в ней присутствует бикарбонат натрия, происходит токсичное воздействие на растения (урожай снижается на 10–15%). При щелочности 1,2 *мг-экв*/100 *г* почвы урожай сельскохозяйственных культур падает до 50–60 %.

Таким образом, все вышеизложенные факты свидетельствуют о необходимости применять меры по борьбе с ощелачиванием почв. На основании собственных и литературных данных предложены рекомендации по ослаблению щелочности в почвах, содовое засоление которых вызвано разными причинами.

6. ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ МИРА

ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ, ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЕ В МИРЕ, ОКУЛЬТУРИВАНИЕ И ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ[1]

Введение

Как известно, численность населения земного шара неуклонно растет. Отсюда проблема обеспечения питанием все более обостряется. Казалось бы, с ростом цивилизации этот вопрос нетрудно разрешить, однако на практике это весьма проблематично. Все дело в том, что с появлением на земле человека ранее самопроизвольно регулируемая биосфера стала испытывать его управленческую деятельность, в результате чего образовалась ноосфера (Вернадский). Все человеческие усилия улучшить условия жизни на земле, как правило, имели негативные последствия для окружающей среды. Так, бурное развитие промышленности вызвало разрушение части озонового слоя земли, а также обусловило парниковый эффект и определенное потепление климата. Даже в сельскохозяйственном производстве обозначились отрицательные экологические тенденции как следствие стандартизации систем земледелия без учета местных ландшафтных условий, а также в результате интенсификации его отдельных элементов при механизации и мелиорации. Возникло загрязнение почв и грунтовых вод пестицидами, нитратами, переуплотнение верхнего слоя почв, деградация и т.п.

Поэтому в последние годы становится актуальным вопрос о разработке системы экологически безопасного земледелия (В.И. Кирюшин, 1996), в том числе и с учетом экологических аспектов мелиорации солонцовых почв (И.Н. Любимова, 1996).

В ранее изданной нами книге (А.В. Новикова, 1999), посвященной истории развития почвенно-мелиоративных и экологических исследований в Укра-

---

[1] Монография Новиковой А.В. с тем же названием опубликована под научной ред. доктора с.-х. наук, проф., Д.Г. Тихоненко. Харьков, ХНАУ, 2004, 120 с.

ине, большое внимание уделено последствиям воздействия видов мелиорации и мерам по их предупреждению.

Однако проблема разработки более совершенной системы земледелия, в том числе и мелиоративных приемов, на сегодня выходит далеко за пределы одной страны. Об этом свидетельствует большой объем накопленной в мире научной литературы. Необходимость в ее систематизации и обобщении также очевидна, поскольку в разных странах почвенно-мелиоративные и экологические исследования проводились с разной степенью эффективности. Так, если для стран Европы, частично Азии и Северной Америки, объем такой литературы очень значителен, то для стран Африки, Южной Америки и большей части Азии он очень ограничен.

В ряде стран, получивших независимость только после второй мировой войны, систематического изучения своих земельных ресурсов ранее не проводилось. Только с привлечением международных организаций ФАО/ЮНЕСКО и других, началось оказание научно-консультативной помощи развивающимся странам. Большой вклад внесли и почвоведы русской школы, участвовавшие в различных почвенных экспедициях. Их публикации дают более углубленное представление о почвах этих стран и их генезисе. Освещается изредка и местный опыт освоения и мелиорации засоленных почв.

Ограниченность данных по этой проблеме обусловлена еще и тем, что в ряде стран значительная территория занята пустынями, а в сельском хозяйстве используется ничтожная площадь, примерно 2-5% земель, в основном высокоплодородных. Актуальным вопросом для многих регионов является рассолительная и вообще оросительная мелиорация, но и ее применение ограничено малыми водными ресурсами и низкой эффективностью экономики страны.

Как известно, после распада Советского Союза прежние научные связи между государствами значительно сократились, уменьшилась и возможность обмена литературой. Однако мировая наука развивается, и потребность в обзорной информации возрастает.

Работая в этом направлении, мы стремились к достижению не только познавательных целей, но и

оценить с агроэкологических позиций уже накопленный национальный опыт улучшения засоленных почв, а также с точки зрения перспективности его практического использования.

При этом нами были использованы следующие основные материалы: монографии, доклады на международных симпозиумах и конгрессах почвоведов, Всесоюзных и региональных совещаниях по мелиорации; почвенные обзорные карты мира ряда авторов; учебные пособия по почвенному покрову мира (Б.Г. Розанов, М.А. Глазовская, Н.Н. Розов и М.Н. Строганова); карта типов засоления почв Европейской части СССР под ред. В.В. Егорова и Н.И. Базилевич; книга «Засоленные почвы Европейской части СССР и Закавказья» под ред. В.В. Егорова и Н.И. Базилевич; обзоры литературы о приемах мелиорации солонцов (Л.П. Богаченко, 1977,1997, И.Г. Цюрупа, И.Н. Любимова, 1983, В.Ю. Бондарева, 1988 и др.).

Данная работа состоит из двух частей: Первая часть (разделы 1–3) посвящена обзору работ по географии почв мира (в том числе и засоленных) с краткой характеристикой почвообразовательных процессов в различных биоклиматических поясах мира. Приводятся площади засоленных почв. Кратко освещаются результаты исследований по мелиорации засоленных почв (преимущественно солонцовых), полученные почвоведами разных стран. Во второй части работы (раздел 4) дана агроэкологическая оценка применяемых способов мелиорации. В заключительной части работы (раздел 5) освещается перспектива мелиорации в странах СНГ (на примере Украины), где сосредоточены особенно большие площади солонцовых почв, поэтому проблема их мелиорации является актуальной.

Внесем некоторое уточнение в содержание применяемого нами термина «засоленные почвы». В соответствии с представлениями русской школы, к ним относятся солончаки и солончаковые почвы, а также солонцы и солонцеватые почвы. Осолоделые почвы в своем большинстве не относятся к засоленным, но, поскольку их генезис связан с воздействием растворимых солей, то, по нашему мнению, их тоже следует включить в группу засоленных почв. Что касается количественных показателей, то к засоленным почвам

относят почвы различных генетических типов, содержащие хотя бы в одном горизонте почвенного профиля в пределах двухметровой толщи легкорастворимые соли в количестве, превышающем порог токсичности для среднесолеустойчивых культур. Порог токсичности по данным анализа водных вытяжек соответствует в мг-экв на 100 г почвы: по иону Cl^- > 0,3, по иону SO_4^{2-} (связанному с Na^+ и Mg^{2+}) > 1, по гидрокарбонатному иону HCO_3^- (связанному с Na^+ и Mg^{2+}) > 1 (Н.И. Базилевич и Е.И. Панкова, 1970).

1. Засоленные почвы мира и их площади

Географические особенности распространения почв на любой территории выявляются на основании ранее составленных при почвенной съемке почвенных карт, и таким образом вычисляются площади отдельных типов почв. Со временем, по получению новых материалов, эти карты уточняются и переиздаются. Так было и с почвенной картой мира, над составлением которой работали почвоведы разных государств как самостоятельно, так и в содружестве.

В почвенных картах мира, подготовленных почвоведами русской школы, отражен принцип зональности климата, растительности и почв, обоснованный учением В.В. Докучаева о факторах почвообразования. Таковы были карты, составленные В.В. Докучаевым (1899), К.Д. Глинкой (1906), Л.И. Прасоловым (1937), И.П. Герасимовым (1956, 1975) и другими. С развитием почвенной геохимии, учения о почвенно-геохимических ландшафтах и процессах (Б.Б. Полынов, В.А. Ковда, М.А. Глазовская, Е.И. Перельман) стали учитывать не только принципы зональности, но и почвенно-геохимические закономерности (В.А. Ковда, 1968, 1974; М.А. Глазовская, 1973). Н.Н. Розов и М.Н. Строганова в своей книге «Почвенный покров мира» (1979) приводят схему почвенно-биоклиматических областей мира. На ней отражены: агроэкологические классы (пояса) с учетом температурных показателей климата; почвенно-агроэкологические подклассы по условиям атмосферного увлажнения; почвенно-экологические формации с учетом стадий геохимического выветривания почв и пород, а

также типы и подтипы почв. Эту схему и характеристику почв (как наиболее современную) мы широко использовали в данной работе (рис. 1, табл. 1).

В течение длительного времени велась также работа над составлением почвенной карты мира ФАО/ЮНЕСКО (масштаб 1:5000000, 1971–1975).В ней принимали участие почвоведы многих стран мира, в том числе и русской школы (И.П. Герасимов, В.А. Ковда, Е.В. Лобова, И.В. Тюрин и др.). Самым трудным этапом в этом совместном творчестве было составление легенды карты, поскольку каждая школа почвоведов имела определенные отличия. Тем не менее, ученым удалось преодолеть разногласия и достичь единства по основным принципам. Интересно отметить, что в принятой легенде нашли отражение русские наименования некоторых почв (солончаки, солонцы, черноземы, подзолы, каштаноземы).

На основе почвенной карты ФАО/ЮНЕСКО доктором Мосудом были подсчитаны размеры площадей засоленных почв в странах мира (табл. 2).

Кроме того, отдельно вычислены площади засоленных почв в Европе (табл. 3). (Обе таблицы заимствованы из книги «Моделирование процессов засоления и солонцевания почв», под ред. В.А. Ковды, 1980).

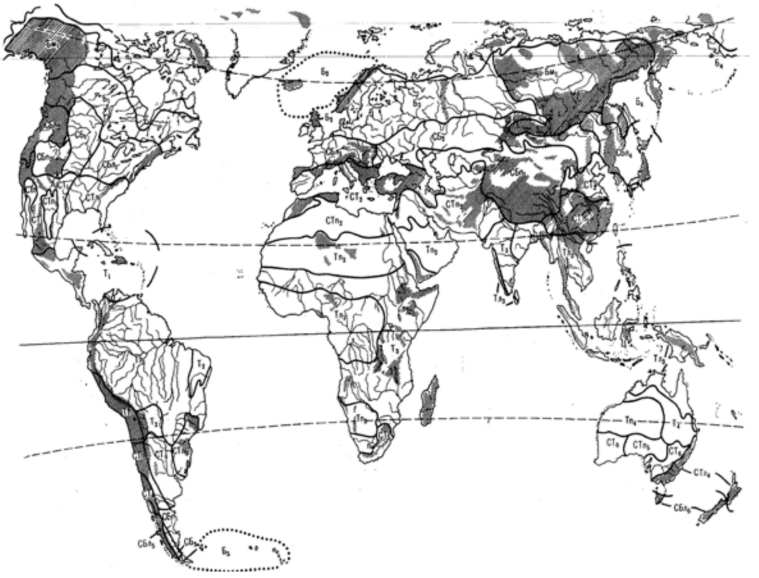


Рис. 1. *Почвенно-биоклиматические области мира (Н.Н. Розов, М.Н. Строганова, 1979)*

Тропические влажные лесные области: $Тл_1$-Американская; $Тл_2$-Африканская; $Тл_3$-Австрало-Азиатская. **Тропические саванные области:** $Т_I$-Центральноамериканская; $Т_2$-Южно-Американская; $Т_3$-Афро-Азиатская; $Т_4$-Австралийская. **Тропические полупустынные и пустынные области:** $Тп_1$-Южно-Американская; $Тп_2$-Афро-Азиатская; $Тп_3$-Южно-Африканская; $Тп_4$-Австра-лийская. **Субтропические влажные лесные области:** $СТл_1$-Северо-Американская; $СТл_2$-Восточно-Азиатская; $СТл_3$-Южно-Американская; $СТл_4$-Австралийская. **Субтропические засушливые области:** $СТ_1$-Северо-Американская; $СТ_2$-Среди-земноморская; $СТ_3$-Восточно-Азиатская; $СТ_4$-Южно-Американская; $СТ_5$-Южно-Африканская; $СТ_6$-Австралийская. **Субтропические пустынные и полупустынные области:** $СТ_{П1}$-Северо-Американская; $СТп_2$—Афро-Азиатская; $СТп_3$-Южно-Американская; $СТп_4$-Южно-Африканская; $СТп_5$ - Австралийская. **Суббореальные лесные области:** $СБл_1$-Северо-Американская восточная; $СБл_2$-Северо-Американская западная; $СБл_3$-Западно-Европейская; $СБл_4$-Восточно-Азиатская; $СБл_5$-Южно-Американская; $СБл_6$-Новозеландско-Тасманская. **Суббореальные степные** области: $СБ_I$ -Северо-Американская; $СБ_2$-Евразиатская: $СБ_3$-Южно-Американская. **Суббореальные пустынные и полупустынные области:** $СБп_I$ -Центрально-Азиатская; $СБп_2$-Северо-Американская: $СБп_3$-Южно-Американская. **Бореальные мерзлотно-таежные** области: $БМ_1$-Северо-Американская; $Бм_2$—Восточно-Сибирская. **Бореальные таежно-лесные области:** $Б_I$ - Северо-Американская; $Б_2$-Исландско-Норвежская; $Б_3$-Европейско-Сибирская; $Б_4$-Берингово-Охотская; $Б_5$-Огненноземельская. **Полярные области:** $П_1$-Северо-Американская; $П_2$-Евразиатская.

Таблица 1 (к рис. 1). Система почвенно-агроэкологических формаций мира (Н.Н. Розов, М.Н. Строганова) (автоморфные формации)

Классы (пояса)	Подклассы (области)			
	Гумидный (КУ**** более 1,5 – 1,0)	Семигумидный (КУ от 1,5 – 1,0 до 0,6)	Семиаридный (КУ от 0,6 до 0,3)	Аридный (КУ менее 0,3)
Тропический (постоянно теплые почвы)* S>8000° Q > 75ккал/см^2 в год t ср. год. > 20°	1. Фульватно-ферраллитные кислые постоянно влажные лесные ***красно-желтые почвы*** ПФ : 300**	1. Фульватно-аль-ферритные кислые переменно влажные саванно-лесные ***красные почвы*** ПФ : 270 БКП :	1. Фульватно-оста-точно-ферраллитные слабокислые лесо-саванные ***коричнево-красные почвы*** 2. Фульватно-гуматно-феррсиаллитные нейтральные сухо-саванные ***красно-бурые почвы***	1. Фульватно-карбонатно-феррсиаллитные нейтральные пустынно-саванные ***красно-бурые почвы*** 2. Фульватно-карбонатно-сиаллитные засоленные пустынные кластические ***тропические пустынные почвы, пески*** ПФ < 40

	БКП : 300***	250	ПФ : 120 – 170 БКП : 160	БКП < 40

Продолжение табл. 1

Классы (пояса)	Подклассы (области)			
	Гумидный (КУ**** более 1,5 – 1,0)	Семигумидный (КУ от 1,5 – 1,0 до 0,6)	Семиаридный (КУ от 0,6 до 0,3)	Аридный (КУ менее 0,3)
Субтропический (теплые почвы с зимним охлаждением) S –4000 – 8000° Q 50 – 75ккал/см^2 в год t ср. год. 13–20°	1. Фульватно-ферраллит-но-каолинитовые кислые влажно-лесные ***желтоземы, красноземы***	1. Гуматно-фульватно-феррсиаллитные кислые высокотравных прерий ***красновато-черные почвы (руброземы)***	1. Гуматно-карбонатно-сиаллитные нейтральные ксерофитно-лесные ***коричневые почвы*** 2. Гуматно-карбонатно-сиаллитные слабощелочные кустарниково-степные	1. Фульватно-карбонатно-сиаллитные слабощелочные полупустынные ***Сероземы*** 2. Фульватно-карбонатно-сиаллитные засоленные пустынные кластические ***субтропические***

	ПФ : 200 БКП : 200	ПФ : 130 БКП : 170	***серо-коричневые почвы*** ПФ : 100 – 160 БКП : 110	***пустынные почвы, пески*** ПФ < 100 БКП < 40

Продолжение табл. 1

Классы (пояса)	Подклассы (области)			
	Гумидный (КУ более 1,5 – 1,0)	Семигумидный (КУ от 1,5 – 1,0 до 0,6)	Семиаридный (КУ от 0,6 до 0,3)	Аридный (КУ менее 0,3)
Суббореальный (умеренно теплые промерзающие почвы) S — 2200 – 4000° Q 35–50 ккал/см^2 в год t ср. год. 7 – 13°	1. Ульматно-сиаллитные кислые широколиственно-лесные ***бурые лесные почвы***	1. Фульватно-гуматно-сиаллитные кислые лесопрерий ***буроземы*** 2. Фульватно-гуматно-сиаллитные малокарбонатные слабокислые широколиственно-лесные ***серые лесные***	1. Гуматно-монтморилинитово-карбонатно-сиаллитные нейтральные степные ***черноземы обыкновенные, южные*** 2. Гуматно-карбонатно-сиаллитные слабощелочные сухостепные ***темно-кашта-***	1. Фульватно-карбонатно-сиаллитные слабощелочные-полупустынные ***светло-каштановые и бурые почвы*** 2. Фульватно-гипсово-карбонатно-сиаллитные щелочные пустынные кластические ***серо-бурые и примитивные поч-***

	ПФ : 120 БКП : 100	***(лесостепные)*** 3. Гуматно-монтмо-риллинитово-карбо-натно-сиаллитные нейтральные лесо-степные ***черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные*** ПФ : 80 – 150 БКП : 90	***новые и кашта-новые почвы*** ПФ : 80 – 90 БКП : 60	***вы, пески*** ПФ < 50 БКП : 20

Продолжение табл. 1

Классы (пояса)	Подклассы (области)			
	Гумидный (КУ более 1,5 – 1,0)	Семигумидный (КУ от 1,5 – 1,0 до 0,6)	Семиаридный (КУ от 0,6 до 0,3)	Аридный (КУ менее 0,3)
Бореальный (уме-ренно холодные и холодные промерза-ющие и мерзлотные почвы)	1. Ульматно-фульватно-сиаллитные и глее-сиаллитные кислые таежно-лесные ***подзолистые почвы***	1. Фульватно-карбонатно-сиаллитные сла-бокислые широко-лиственно-лесные ***серые лесные почвы*** 2. Ульматно-	———	———

S — 1000 – 2200° Q 22 – 35 ккал/см^2 в год t ср. год. 1 – 7°	2. Сиаллитные и глее-сиаллитные кислые и криогенные таежные ***мерзлотно-таежные почвы*** ПФ : 40 – 100 БКП : 65	фульватно-карбонатно сиаллитные нейтральные криогенные светло-хвойно-таежные ***мерзлотно-таежные палевые почвы*** ПФ : 40 – 80 БКП : 55		

Продолжение табл. 1

Классы (пояса)	Подклассы (области)			
	Гумидный (КУ более 1,5 – 1,0)	Семигумидный (КУ от 1,5 – 1,0 до 0,6)	Семиаридный (КУ от 0,6 до 0,3)	Аридный (КУ менее 0,3)
Полярный (арктические и субарктические мерзлотные почвы)	1. Глее-сиаллитные кислые криогенно-тундровые ***тундровые глеевые почвы*** 2. Полигонально-сиаллитные сла-			

S <1000° Q 11 – 22 ккал/см^2 в год t ср. год < 0°	бокислые криогенные арктопустынные ***арктические почвы*** ПФ : 10 – 25 БКП : 5	———	———

Примечания к табл. 1 * По Димо В.Н. и Розову Н.Н., (1974);
** ПФ–ежегодная продукция фитомассы в ц/га (Базилевич и др., 1970);
*** БКП–условный климатический индекс биологической продуктивности (Шашко, 1970);
**** КУ–коэффициент увлажнения, определяется путем деления количества годовых осадков в мм на величину годовой испаряемости с водной поверхности в мм.; S–сумма активных температур выше 10°;Q–радиационный баланс.

Таблица 2. Распространение засоленных почв в странах мира, наиболее подверженных засолению, тыс. га. (Европа не включена)

Страна, территория	Солончаки	Солончаковатые почвы	Солонцы	Солонцеватые почвы	Общая площадь
1	2	3	4	5	6
Северная Америка:					**17720**
Канада		264	6974		7238
США		5927	2590		8517
Куба		316			316
Мексика	242	1407			1649
Южная Америка:					**129163**
Аргентина	1905	30568	11818	41321	85612
Боливия		5233	716		5949
Бразилия	4141		362		4503
Венесуэла	1240				1240
Колумбия	907				907
Парагвай		20008	1894		21902
Перу	21				21
Чили	1860	3140		3642	8642
Эквадор	387				387
Африка:					**80538**
Алжир	1132	1889		129	3150
Ангола	126	314	86		526
Ботсвана	1131	3878		670	5679
Гамбия		150			150
Гана	200			118	318
Гвинея		525			525
Джибути	59	1682			1741
Египет	3283	4077			7360
Заир		53			53
Замбия				863	863
Зимбабве				26	26
Камерун				671	671
Кения	3501	909		448	4858
Либерия		362	44		406
Ливия	905	1552			2457
Мавритания	150	490			640
Мадагаскар	37			1287	1324
Мали		2770			2770
Марокко	42	1106			1148
Намибия	562		1751		2313
Нигер			111	1378	1489
Нигерия	455	210		5837	6502
Гвинея-Бисау		194			194
Сенегал	141	624			765

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
Сомали	1043	526	3754	279	5602
Сьерра-Леоне		307			307
Судан		2038		2736	4874
Танзания		2954		583	3537
Тунис	990				990
Чад	2417		3728	2122	8267
Эфиопия	319	10289		425	11033
Южная и Западная Азия					**84981**
Афганистан	2924	177			3101
Бангладеш		2479		538	3017
Бирма	634				634
Израиль	28				28
Индия	2979	20243		534	23796
Иордания	74	106			180
Ирак	6679	47			6726
Иран	24817	1582		686	27085
Катар	225				225
Кувейт	209				209
Оман	290				290
Пакистан	1103	9353			10456
Саудовская Аравия	6002				6002
Сирия		532			532
Турция					2500
Шри Ланка	180	20			200
Северная и Централь-ная Азия					211448
Китай	7307	28914		437	36658
Монголия	3728	342		4070	
СССР	11430	39662	30062	89566	170720
Юго-Восточная Азия					21521
Вьетнам		983			983
Индонезия		13213			13213
Кампучия		1291			1291
Малайзия		4578			4578
Таиланд	1456				1456
Австралия и Океания					357568
Австралия	16567	702	38111	301860	357240
Соломоновы острова		238			238
Фиджи		90			90

*Таблица 3. Распространение засоленных почв в Европе**

Страна	Авторы	Засоленные почвы	Щелочные почвы без структурного горизонта В	Щелочные почвы со структурным горизонтом В		Почвы, потенциально подверженные засолению	Общая площадь, тыс. га
				некарбонатные	карбонатные		
Австрия	И. Финк, О. Нестори	0,5/25,0	—	—	—	2,5/75,0	3,0
Болгария	Л.П. Райков, Х. Трашлиев	5,0/25,0	—	20,0/80,0	—	—	25,0
Венгрия	И. Сабольч, Д. Варалляи, Ю. Мейвельди	1,6/0,1	58,6/4,7	294,0/23,1	31,9/2,5	885,5/69,5	1271,6
Греция	Е.П. Папаниколау						3,5
Испания	П. Грахера Торрес, В. Гранде Ковиан, Ж. Бердаи Кондо, Ж.М. Онтанон						840,0
Италия	О.Т. Ротини, Л. Карлони	50,0/20,0	—	—	—	400,0/80,0	450,0

* В числителе — тыс. га, в знаменателе — % от общей площади засоленных почв.

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Португалия	Ж. Карвальо Кардозо, М. Бранко Марадо						25,0
Румыния	Н. Флореа, Ж. Мунтяну	40,0/16,0	100,0/40,0	—	110,0/44,0	—	250,0
СССР	В.В. Егоров, Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова	7546,0/16,0	1616,0/3,4	20382,0/43,0	—	17781,0/37,5	47325,0
Франция	Э. Серва, Ж. Серван	175,0/70,0	—	75,0/30,0	—	—	250,0
Чехослова-кия	И. Грашко	6,2/5,8	7,5/7,1	2,7/2,5	4,3/4,1	85,0/80,5	105,7
Югославия	Н. Милькович, Г. Филипповский, Н. Пламенац, П. Блашкович	20,0/7,8	50,0/19,6	110,0/43,1	75,0/29,5	—	255,0

На основании приведенных данных, площадь засоленных почв в мире составляет около 950 *млн. га*, в Европе – 50,8 *млн. га*. Характер их распределения по отдельным странам и континентам неоднороден. Так, в Африке, Южной Америке, Азии, Австралии распространены солончаки и солончаковатые почвы, в то время как в Евразии и Северной Америке преобладают солонцы и солонцеватые почвы. Это связано с особенностью климата. Континенты первой из названных групп расположены преимущественно в условиях аридного климата, а континенты другой группы – в зоне более умеренного климата.

Иллюстрацией распространения засоленных почв в мире служит картосхема И. Сабольча, (рис. 2).



Рис. 2. *Глобальное распространение засоленных почв (по И. Сабольчу, 1991)*

(Черные пятна на картосхеме обозначают места распространения засоленных почв)

2. Почвообразовательные процессы в разных биоклиматических поясах мира.

Засоленные почвы относятся к группе интразональных и распространены в подавляющем большинстве биоклиматических поясов мира, в каждом из которых протекают специфические процессы почвообразования,

поэтому мы попытаемся кратко охарактеризовать их особенности.

Установлено (137), что площадь суши на нашей планете равна 1331,1 *млн. га*. Относительно нее площадь равнинных территорий составляет 76,6%, а площадь горных территорий –23,4%. Почвенный покров биоклиматических поясов распределен следующим образом (табл. 4).

Таблица 4. Распределение почвенного покрова суши по почвенно-биоклиматическим поясам и областям, % (Н.Н. Розов, М.Н. Строганова, 1979)

Пояса	Области			
	Влажные (гумидные)	Переходные	Сухие (аридные)	Всего
Тропический	20	13	9	42
Субтропический	5	6	9	20
Суббореальный	4	6	6	16
Бореальный	18	—	—	18
Полярный	4	—	—	4
Всего	**51**	**25**	**24**	**100**

Как видим, самую большую площадь занимает тропический пояс, почти половину территории, в то время как все остальные пояса в сумме составляют другую половину. Отсюда видна большая роль для земледелия тропических почв. Отметим основные черты автоморфного почвообразования в разных биоклиматических поясах:

В тропическом поясе (постоянно теплые почвы) сумма температур выше 10° составляет более 8000°, средняя годовая температура воздуха – более 20°. Почвы развиваются в условиях различного атмосферного увлажнения: гумидного (**КУ*** более 1,5–1,0); семи-

* КУ (коэффициент увлажнения) – определяется путем деления количества годовых атмосферных осадков в мм на величину годовой испаряемости с водной поверхности в мм.

гумидного (КУ 1,0–0,6); семиаридного (КУ 0,6–0,3); аридного (КУ менее 0,3).

По характеру растительности выделяют зоны постоянно влажных лесов, тропических переменно-влажных лесов, редколесий и высокотравных саванн, ксерофитных лесов и сухих саванн, тропических полупустынь и пустынь. Кора выветривания во влажных почвенных областях является ферраллитной, в засушливых – ферросиаллитной.

В этом поясе протекают такие специфические процессы почвообразования, как ферраллитизация, латеритизация, ферросиаллитизация и слитообразование.

Ферраллитизация протекает под пологом тропического леса, при выпадении большого количества осадков и высокой температуре. Из почвы выносятся основания, разрушаются первичные и вторичные алюмо- и ферросиликаты. Накапливаются только вторичные окиси железа, алюминия и каолин. Соединения железа придают почвам характерную красную и желтую окраски. Характерные почвы: красно-желтые, красные, черные и серые тропические.

Латеритизация проявляется в тех же условиях и характеризуется образованием в почвах железо-кварцевых конкреций, выпадающих из раствора в верхней части почвы и образующих на ее поверхности твердый панцирь. Постепенно порода превращается в горную. Типичными являются латеритные почвы, латериты.

Ферросиаллитизация характерна для территорий с длительным сухим периодом (около 8 месяцев) и с небольшим количеством для этой зоны осадков (800–1000 *мм*). Почвы промываются неглубоко, из них освобождается только железо, которое, распределяясь по профилю, придает красную окраску.

Процесс слитообразования характеризуется оглиниванием всего профиля, накоплением гумуса.

Ландшафты тропического влажно-лесного пояса широко распространены в трех почвенных областях: Американской (Центральная Америка и большая часть Южной Америки), Африканской (бассейн реки Конго и побережье Гвинейского залива) и Австрало-Азиатской (полуострова Южной Азии, Индостан, Китай, северное побережье Австралии).

В ксерофитно-лесных тропических и саванных областях количество осадков снижается до 1000–1300 *мм*, в зимний период осадки не выпадают в течение 4–5 месяцев. В этих областях образуются коричнево-красные почвы, имеющие ферраллитный состав коры выветривания, преобладают минералы каолинитовой группы. Почвы содержат до 2 % гумуса, емкость поглощения низкая, реакция почвенного раствора кислая. Под сухими саваннами образуются красно-бурые почвы. Количество осадков снижается до 800 *мм*, длительность сухого сезона пять и более месяцев. В нижней части почв образуется иллювиально-карбонатный горизонт, поглощающий комплекс насыщен основаниями. На богатых основаниями породах формируются черные тропические почвы с выделением таких областей: Индо-Африканская (по обе стороны от экватора) и Австралийская (северная часть континента).

Тропические полупустынные и пустынные области приурочены к крайне сухому тропическому климату. К ним относятся Афро-Азиатская (юг Сахары и юг Аравийского полуострова), Австралийская (большая часть материка), пустыня Калахари (юг Африки) и пустыни на севере Чили.

В полупустынях под низкотравной разреженной саванной образуются красновато-бурые почвы сиаллитного состава, с меньшим содержанием гумуса, равномерным распределением илистой фракции. Они карбонатны, в небольшой степени засолены, по окраске красноваты.

Почвы пустынь имеют такую же красноватую окраску. В них сильно проявляется соленакопление в верхней части и, особенно, на самой поверхности в виде корки из гипса или нейтральных солей. Однако соленакопление в пространстве выражено меньше, чем в субтропических пустынях.

Процессы соленакопления и осолонцевания значительно сильнее проявляются в гидроморфных и полугидроморфных условиях. Своеобразны засоленные почвы низких прибрежных ландшафтов, где протекают приливно-отливные процессы, а также почвы маршевые, преимущественно засоленные (Австралия, Африка, Южная Америка).

Субтропический (ксеротермальный или сухой и влажный пояс) занимает площадь в три раза меньшую, чем тропический. 41 % приходится на полупустынные и пустынные области, 34 % – на ксерофитно-лесные и кустарниково-степные области и 25 % – на влажные лесные области.

Наиболее типичная для этого пояса кора выветривания – сиаллитная, карбонатная и засоленная. Преобладает автоморфное почвообразование, а на полугидроморфное и гидроморфное почвообразование приходится всего 15 % площади. Основными почвообразовательными процессами в этой зоне являются субтропическая ферралитизация, коричневоземообразование, сероземообразование и субтропическое слитообразование.

Субтропическая ферраллитизация мало отличается от такой же в тропиках, но она протекает более медленно и проявляется в меньшей части профиля. Под ее влиянием образуются желтоземы и красноземы. Латеритизация отсутствует.

Коричневоземообразование заключается в гумификации с накоплением гумуса в верхней части почвы, а также в выщелачивании карбонатов с оглиниванием средней части почвы.

Сероземообразование сопровождается ослабленной гумификацией с накоплением малого количества гумуса и выщелачиванием значительной части легкорастворимых солей. Однако почвы бывают и солончаковатыми.

Субтропическое слитообразование проявляется в оглинивании всего профиля почвы и в значительном гумусонакоплении. По составу вторичных минералов почвы относятся к монтмориллонитово-бейделлитовому типу.

В субтропических влажнолесных областях главное место занимают желтоземы и красноземы. Они образуются под лесом при годичном выпадении 1000–2500 *мм* осадков и сумме температур выше 10° от 4000 до 8000°. Для коры выветривания характерны ферраллитный и сиаллитно-ферраллитный составы. Реакция почвенного раствора кислая, емкость поглощения небольшая, в составе поглощенных катионов заметное место принадлежит алюминию.

В условиях меньшего увлажнения лесная растительность сменяется травянистыми прериями (разнотравно-злаковые ассоциации), под которыми образуются красновато-черные почвы субтропических прерий. В них усиливается гумификация с образованием мощного, до 40 *см*, гумусового горизонта (до 10 % гумуса). Реакция кислая, карбонатный горизонт отсутствует.

Почвы влажно-лесного субтропического пояса сосредоточены в таких почвенных областях: Североамериканская (юго-восточные штаты США) и Восточноазиатская (восточные провинции Китая, остров Тайвань, юг Японии). Небольшие области распространены в странах СНГ, Турции, Марокко.

Субтропические ксерофитно-лесные и кустарниково-степные области. Они распространены в субтропиках всех материков. В северном полушарии это Средиземноморская почвенная область (прибрежные страны, часть Малой и передней Азии, вплоть до южных районов бывшего СССР), Восточноазиатская область (северная часть территории Индии, Пакистана, Бирмы, значительная часть Китая) и Североамериканская область (юго-западные штаты – Техас, Нью-Мексико, Калифорния, Мексика).

В южном полушарии – Австралийская, Южно-Африканская, Южноамериканская области (между полупустынными предгорьями Анд и влажными субтропиками Парагвая и Уругвая).

Основными почвами в этих областях являются коричневые и серо-коричневые. Коричневые образуются под влиянием переменно-влажного климата с сухим летом и влажной зимой. Водный режим непромывной. Из почв удалены водорастворимые соли. Карбонаты сохраняются, образуя иллювиально-карбонатный горизонт. Форма карбонатов имеет вид плесени. По глубине залегания карбонатов выделяются виды от карбонатных до выщелоченных. Количество гумуса колеблется в пределах 1–7 %.

Серо-коричневые почвы формируются при меньшем количестве атмосферных осадков. Они являются переходными от коричневых к сероземам. В этой же зоне развиваются черные субтропические почвы на продуктах выветривания основных пород.

Пустынные субтропические и полупустынные области. Они охватывают наибольшую площадь (около половины всех субтропиков). Максимальную площадь занимает Афро-Азиатская (север Сахары и Аравийского полуострова), пустыни передней Азии, Австралийская (юг континента), Южноамериканская (центральная часть Чили). В почвенном покрове главенствующую роль играют малоразвитые почвы пустынь – 75 % и сероземы – 25 %. Отметим, что пустынные области Средиземноморья имеют самые высокие температуры воздуха на земном шаре (например, в Сахаре). Здесь протекает интенсивное физическое выветривание при весьма слабом химическом. Самую большую площадь занимают каменистые и каменисто-глинистые пустыни. На поверхности гальки, щебня образуется тонкая корочка черного цвета, в которой накапливаются окислы железа и марганца (так называемый «пустынный загар»). В этой области четко выражено соленакопление с образованием на поверхности почв или на небольшой глубине (5–15 *см*) от поверхности гипсовых или солевых корок (хлориды и сульфаты). Появление их связано с составом пород. Песчаные пустыни состоят из развеваемых песков, часто окарбоначенных.

Засоленные почвы в субтропиках встречаются чаще, чем в тропиках. Они образуются как в автоморфных (пустыни), так и в полугидроморфных или гидроморфных условиях (приозерные ландшафты, низкие террасы рек, прибрежные территории, где происходят приливно-отливные морские процессы). Среди засоленных почв преобладают солончаковые почвы, но встречаются и солонцовые и даже осолоделые.

Суббореальный пояс по площади немного меньше субтропического. Влажные области занимают всего 29 %, а семиаридные и аридные – 71 %, причем в последних больше всего (46 %) приходится на пустыни. Этот пояс охватывает территории северного полушария – Евразию и Северную Америку.

Кора выветривания пород преимущественно сиаллитная карбонатная и засоленная. Для этого пояса характерно проявление широтной зональности. На территории Канады и США зональное расположение приобретает меридиональное направление. Почвы этого пояса позволяют получать около одной трети всей зерно-

вой продукции земного шара, что дает основание считать этот пояс житницей земного шара.

Наиболее характерные почвообразовательные процессы: лесное буроземообразование, степное черноземообразование, образование бурых полупустынных почв, солонцеобразование. Именно в этом поясе солонцы и солонцеватые почвы занимают огромные площади в мире. По условиям климата почвы относятся к умеренному типу промерзающих почв. С учетом атмосферного увлажнения выделяют четыре подкласса.

Особенности развития почв по областям сводятся к следующему. Суббореальные влажные лесные области. Количество осадков в них составляет 600–1000 *мм*, зимы мягкие, без ежегодного промерзания. Почвы сосредоточены в таких провинциях: Западно-Европейская (западная и центральная Европа, часть территории России и других стран СНГ), Северо-Американская Восточная (приатлантическая – северо-восточные штаты), Восточно-Азиатская буроземно-лесная область (Приамурье, Приморье России, север Японии, северо-восток Китая), Северо-Американская (Тихоокеанская), Южно-Американская (юг Чили).

Основную площадь занимают бурые лесные почвы под широколиственными лесами в условиях глубокого промачивания и глинного выветривания гидрослюдисто-иллитного типа. *Буроземообразовательный* процесс состоит из сиаллитного глинообразования и накопления ульматно-фульватного гумуса. Характерные признаки бурых лесных почв: слабая дифференциация почвенного профиля, оглинивание всей толщи почв, кислая или слабокислая реакция, высокое содержание подвижного железа.

Суббореальные семигумидные области формируются при выпадении 400–600 *мм* атмосферных осадков. Это лесостепная зона, где образуются серые лесные почвы, черноземовидные почвы прерий (бруниземы) и черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные.

Суббореальные семиаридные области характеризуются большей засушливостью, количество осадков колеблется в пределах 200–400 *мм*. Характерные почвы – черноземы обыкновенные, темно-каштановые и каштановые, черноземы солонцеватые, каштановые солонцеватые, солонцы степные. Они относятся к карбонатно-

сиаллитным нейтральным, слабощелочным и щелочным. Наибольшую площадь занимают три почвенные провинции: Евроазиатская, Северо-Американская и Южно-Американская (юг Аргентины и предгорья Чили).

Для суббореального семигумидного климата характерными являются степное почвообразование и солонцеобразование (о нем будет сказано ниже).

Степное почвообразование (черноземообразование) протекает под степной и разнотравной растительностью с интенсивной гумификацией, накоплением гумуса до 5–10%. Водорастворимые соли выщелочены. Из верхних горизонтов выщелочены карбонаты, накапляющиеся ниже в пределах иллювиального-карбонатного горизонта в виде плесени, прожилок и белоглазки. Реакция почв нейтральная, поглощающий комплекс насыщен катионами Ca, Mg и в некоторых видах – Na. Почвы отличаются высоким плодородием. Среди них встречаются солонцеватые виды, менее плодородные.

Почвообразование в сухой степи протекает при недостаточном атмосферном увлажнении под пологом негустой степной растительности. Гумификация приводит к небольшому накоплению гумуса (3,5–4 %). Характерными почвами являются каштановые и темно-каштановые почвы, почти всегда обладающие признаками солонцеватости и залегающие в комплексе с солонцами. Для каштановых почв характерно выщелачивание водорастворимых солей в глубокую часть профиля. В меньшей степени удалены карбонаты. Реакция нейтральная или щелочная. Поглощающий комплекс насыщен основаниями, в солонцеватых видах значительное место занимает поглощенный натрий (особенности солонцеобразования освещены ниже).

Суббореальные полупустынные и пустынные области занимают большую площадь в Средней и Центральной Азии, в Северной Америке. Развиваются бурые полупустынные и пустынные серо-бурые почвы. Образование бурых полупустынных почв протекает при недостатке влаги, при средней и высокой температуре и слабом участии редкой травяной растительности. Характерно сильно выраженное физическое и слабое химическое выветривание. Гумификация очень слабая. Карбонатизация охватывает весь профиль, несколько усиливаясь в средней его части. Почвенные растворы

минерализованы, содержат много натрия. В зольном составе растений большая доля приходится на натрий. Поэтому почвы несут признаки солонцеватости и часто развиваются в комплексе с солонцами. В пустынях почвы засолены, часто на их поверхности образуются корки солей.

Бореальный пояс характеризуется выпадением большого количества осадков при небольшом тепловом режиме. Преобладают территории с гумидным климатом (северные области). Семигумидный ограничен южной частью данного пояса, меньшей по площади. Кора выветривания сиаллитная. Характерны следующие почвообразовательные процессы: подзолообразование, образование дерново-торфянистых почв, болотообразование, образование мерзлотно-таежных криогенных почв.

В таежно-лесных бореальных гумидных формациях количество осадков колеблется в пределах 400–1000 *мм*. Они превышают испаряемость. Развиваются дерново-подзолистые, подзолистые почвы и др.

В таежно-лесных бореальных семигумидных формациях количество осадков составляет 300–500 *мм* и несколько преобладает над испаряемостью. Развиваются серые лесные бореальные почвы, преобладают светло-серые почвы.

Бореальные мерзлотно-таежные гумидные формации (Восточная Сибирь, север Канады) характеризуются выпадением 250–400 *мм* осадков, КУ –0,9–1,2. Почвы – палевые мерзлотно-таежные, частично осолоделые и солонцеватые. Почвы развиваются в специфических условиях, связанных с вечной мерзлотой. В зимний период промерзание почв сверху сочетается с мерзлотой породы, распространяющейся на большую глубину, например в Якутии, до 500 *м*. В результате зимой происходит выпячивание поверхности земли, образование микрорельефа. Летом наступает оттаивание слоя почвы на 1–1,5 *м*.

В условиях семигумидного климата, когда выпадает всего 120–150 *мм* осадков при небольшой испаряемости, продукты выветривания и почвообразования из-за слоя вечной мерзлоты не могут выноситься вниз. Поэтому летом происходит подтягивание их к поверхности, что вызывает некоторое засоление, а затем осолонцевание и осолодение. Поэтому в Цен-

тральной Якутии, на высоких террасах рек Лены и Вилюя и рядом расположенных землях образуются такие своеобразно засоленные почвы.

Вышеприведенные особенности почвообразования касались лишь собственно зональных почв. Но имеется особая группа почв, относящаяся к интразональным: это солончаки, солонцы, солоди. Специфика почвенных процессов в них сводится к следующему.

Засоление (галогенез, галоморфизм) – процесс накопления растворимых солей в почве, приводящий к образованию солончаковатых и солончаковых почв. Обусловлен главным образом перемещением солей от близкорасположенных грунтовых вод и от засоленных почвообразующих пород, а также солей, приносимых ветром (импульверизация), водными потоками с вышележащих территорий при поливах минерализованной водой (более 1,5 *г/л*) и осушении болот. Характерными почвами являются солончаки, в которых соли накапливаются в слое 0–5 *см*. Процесс засоления сильно выражен в субаридных и аридных условиях.

Солонцеобразование. По общепринятой физико-химической теории К.Гедройца, солонцы возникают из солончаков при вымывании водорастворимых солей. Эволюция засоленных почв совершается в ряду солончак – солонец – солодь. На стадии накопления солей в почвенный поглощающий комплекс внедряется натрий. Обладая высокой гидратацией, он способствует диспергации почвенной массы и выносу из верхнего горизонта соединений железа, органических веществ, илистых частиц, которые переносятся вниз, образуя иллювиальный солонцовый горизонт. Он имеет высокую щелочность, придает почве большую вязкость во влажном состоянии и плотность в сухом. Ниже иллювиального горизонта скапливаются водорастворимые соли, образуя солевой горизонт. Высокая щелочность и плохие водно-физические свойства вызывают низкое плодородие солонцовых почв.

В настоящее время существуют и другие теории образования солонцов (магниевая, гальмиролизная и др.). Установлено, что солонцы образуются не только при рассолении солончаков, но и при попеременном воздействии растворов солей, поднимающихся вверх по капиллярам от грунтовых вод, а затем вниз в холод-

ный влажный период. В условиях четко выраженного микрорельефа, где скапливаются атмосферные осадки, процесс рассоления солонцов может сопровождаться усиленным щелочным гидролизом, способствующим разрушению алюмосиликатной части с накоплением в верхнем горизонте аморфной кремниевой кислоты. Так образуются осолоделые почвы с мощным осолоделым горизонтом.

Процесс солонцеобразования может возникать в большинстве биоклиматических поясов в засушливых условиях, если создается временное избыточное увлажнение, а в поглощающем комплексе содержится натрий. На химический состав солей в засоленных почвах и степень их солонцеватости оказывает влияние направление кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных процессов. При повышенном увлажнении, создании анаэробных условий, наличии органических веществ в почве развиваются сульфатредуцирующие бактерии, способствующие появлению закисного железа и других соединений и подщелачиванию почвенного раствора. С осушением территории, развитием аэробиозиса в почвах образуются окислы железа и серная кислота, в результате происходит накопление соединений железа, марганца и других соединений. Этот процесс протекает не только в условиях тропического климата, в лагунах, на побережьях, но и в более умеренных климатических условиях. Такова общая характеристика особенностей почвообразования в разных биоклиматических поясах земного шара.

3. Природные условия образования засоленных почв, распространенность их на разных континентах и применяемые методы их мелиорации

В пределах отдельных континентов и разных стран биоклиматические, геологические и другие условия имеют свои особенности, следовательно, и процессы почвообразования протекают по-разному. Образование почв, в основном, имеет зональный характер, и лишь солонцовые и засоленные почвы являются интразональными, возникающими среди зональных почв в результате воздействия растворов солей.

Ниже перейдем к характеристике особенностей условий почвообразования почв на разных континентах, опираясь на данные известных почвоведов-географов (43, 136, 137 и др.), а также приведем результаты исследований местных специалистов по почвоведению и мелиорации.

АВСТРАЛИЯ

Австралия является самым маленьким континентом, растянутым с запада на восток и сжатым с севера на юг. Геологической основой континента является докембрийская Австралийская платформа, занимающая его западную и центральную части. Она осложнена тектоническими движениями положительного и отрицательного знаков. В настоящее время западная часть ее испытывает поднятие. На востоке к платформе примыкает более молодой геологический массив, представленный Большим Водораздельным хребтом.

По условиям рельефа выделяют три крупных региона. На западе – Западно-Австралийское плоскогорье, высотой до 500 *м*, местами с невысокими, до 1500 *м*, горами; в середине континента – Центральную низменную равнину с отметками 100–200 *м*; на востоке – Большой Водораздельный хребет со средневысокими горами.

На территории Австралии образовались следующие почвенно-биоклиматические области: влажная лесная тропическая область (на севере); тропическая саванная область (южнее и юго-восточнее); к западу от нее – тропическая пустынная и полупустынная области. Все вместе они занимают примерно две трети территории. К югу переходят в засушливые субтропические области, расположенные в юго-западной и юго-восточной частях континента. Между ними выделяется субтропическая пустынная и полупустынная области. На крайней юго-восточной части образовалась влажная лесная субтропическая область.

Север Австралии представлен красно-желтыми почвами, типичными для постоянно влажных тропических лесов. Южнее сменяются красными ферраллитными почвами переменно влажных лесов и высокотравных саванн, затем – латеритными глеевыми, коричнево-красными, красно-бурыми почвами сухих саванн и пу-

стынными тропическими почвами. В субтропической зоне они переходят в желтоземы и красноземы, рендзины, коричневые пустынные почвы.

На фоне этих зональных почв образовались интразональные почвы солончакового и солонцового ряда, то есть, засоленные почвы, которые распределены таким образом:

- *в тропических семиаридных формациях* – полугидроморфные ферраллитные солонцово-осолоделые (солоди, солонцы);
- *в аридных тропических формациях* – полугидроморфные сиаллитные почвы (солончаки);
- *в субтропической семиаридной формации* – полугидроморфные карбонатно-сиаллитные солонцово-осолоделые щелочные почвы (солонцы, солоди);
- *в аридной субтропической формации* – полугидроморфные карбонатно-сиаллитные засоленные щелочные почвы (солончаки).

В наибольшей степения засоленные почвы сосредоточены в западной и юго-восточной частях континента Австралии. В значительной степени их образование связано с воздействием грунтовых вод (Г. Блакберн, 1974), но еще большую роль в засолении играет импульверизация солей с морских побережий (Пенман, 1969).

На юге континента, в субтропической средиземноморской зоне, засоленные почвы имеют свои особенности. На возвышенных участках, сложенных известковыми сланцами и песчаниками, развиваются желтоземы и красноземы, а засоленные почвы почти не встречаются. В пределах пониженной равнины преобладают красновато-коричневые почвы в комплексе с солонцеватыми почвами с мощным карбонатным горизонтом с глубины 60 *см*. В пределах террас рек встречаются сильно осолоделые солонцы. Мощность осолоделого горизонта достигает 30-45 *см*, а ниже располагается крупностолбчатый горизонт. В микропонижениях образуются солоди. Солонцы залегают в комплексе с коричневыми почвами. На низменной морской террасе почвы имеют мощный карбонатный известковый горизонт.

Севернее, в аридной субтропической зоне, находятся полупустыни и пустыни. Большинство почв в них отличается сильной загипсованностью и засоленностью. Максимальное засоление отмечается в почвах тяжелого гранулометрического состава. Водорастворимые соли представлены, в основном, хлоридами натрия, количество которых достигает 0,5-2,5 %. С глубины 10-20 *см* залегает солонцовый призмовидный горизонт, сменяемый карбонатным, а с 60 *см* – гипсовым. Местное название таких солончаков и солонцеватых почв – пустынные суглинки.

На большом Западно-Австралийском плато породы представлены мезозойскими отложениями с ожелезненной рыхлой корой выветривания. Поэтому почвы обладают ярко-красной окраской, бескарбонатны и имеют нейтральную реакцию. В пределах низких подгорных равнин развиваются карбонатные аридные красные почвы, в которых карбонатность и глубинная солонцеватость вызваны подтоком делювиальных вод. В самой низкой части подгорных равнин, по которым протекают пересыхающие реки, образуются солонцы.

Много интересных данных о почвах Австралии и об особенностях их мелиорации содержится в материалах IX Международного конгресса почвоведов, который проходил в этой стране в 1968 году. Его участниками были такие известные почвоведы русской школы, как В.А. Ковда, В.В. Егоров, М.А. Глазовская и др.

Из общей площади почв, используемых в сельском хозяйстве Австралии, 90% отводится под естественные пастбища и всего 2% под распашку. Часть из них орошается пресными водами самой крупной реки Муррей вот уже на протяжении 80 лет. Как отмечает австралийский почвовед Пенман, в этом районе сформировались солонцовые почвы (малли) площадью 81 *кв. миля*. Несмотря на глубокое (около 6 *м*) залегание грунтовых вод, для них характерно вторичное засоление. По мнению В.А. Ковды и В.В. Егорова, это является следствием застаивания поливной воды на лежащем ниже плотном водонепроницаемом известковом слое. В то же время без орошения почвы использовать

неэффективно, поскольку количество осадков в долине реки Муррей составляет всего 200 *мм* в год (В.В. Егоров, 1969).

Вода на орошаемые земли подается в закрытых трубопроводах, с промывным режимом – по 100 *мм* за полив. Почвы имеют остаточное засоление с небольшой глубины, около 40 *см*, и представлены хлоридами натрия, к которым весьма чувствительны выращиваемые в этой зоне виноград и цитрусовые культуры. Для борьбы с высокощелочным хлорозом используются хелаты железа и обработка растений раствором цинка. Для борьбы с засолением применяют также посев солевыносливых трав (люцерна, райграс) с нарезанием борозд с целью сбора атмосферных осадков. Благодаря сочетанию горизонтального дренажа на глубину 105 и 165 *см* с вертикальным дренажом удается в какой-то мере интенсифицировать вынос солей, что положительно сказывается на плодородии почв. Строительство дренажных устройств осуществляется за счет средств фермеров.

Для мелиорации содово-засоленных почв применяют гипсование и промывки сильноминерализованной водой
(Д. Лавдей и др., 1974). Как установлено трехлетними испытаниями, лучшим вариантом является внесение гипса в дозе 12,5 *т/га* в поверхностный слой (10–15 *см*).

Таким образом, в Австралии, расположенной в зоне природных поясов субэкваториальном, тропическом и субтропическом, засоленные почвы встречаются в наиболее засушливых условиях. Засоление почв хлоридно-натриевое и содовое. Для борьбы с вторичным засолением применяют орошение на фоне горизонтального и вертикального дренажа. Для мелиорации почв используют гипсование и промывки сильноминерализованной водой. По нашему мнению, высокоминерализованные воды могут вызывать еще большее осолонцевание и иметь негативные экологические последствия. Так, по данным австралийских исследователей, применение минерализованных вод действительно вызывает усиление солонцеватости почв в Южной Австралии.

В Восточной Австралии научными исследованиями, проведенными в 1976–1981 гг. на содовозасоленных почвах установлено улучшение водопроницаемости почв после внесения гипса. Так, на рисовом участке глубина промачивания почвы без внесения гипса составляла 2,1 *метра*, а после гипсования –4,5 *м*. В последнем случае из профиля почв на 1 *мм* воды вымывалось хлоридов более чем в 2 раза.

В целом же, несмотря на высокоразвитую экономику страны и ее высокий научный потенциал, вопросы мелиорации засоленных почв, хотя и изучаются, но не являются первостепенными. Главное внимание в сельском хозяйстве Австралии направлено на изучение и развитие весьма рентабельной отрасли животноводства – овцеводства, поэтому огромные площади земель отведены под культурные пастбища

АФРИКА

Африканский континент является очень крупным и в геологическом отношении представляет собой единую кристаллическую платформу. Геологическая история континента сложна, характерны неоднократные тектонические движения земной коры положительного и отрицательного знаков, горообразование на крайнем севере и юге, землетрясения, извержения вулканов.

Рельеф имеет такие особенности. На крайнем севере расположена горная система Атласских гор, на юге – Драконовые и Капские горы. В северной приморской части образованы приморские террасы. К югу от экватора расположены большие впадины Конго, Калахари и Чад. В восточной части сформировался Великий Африканский грабен. Преобладающая часть территории Африки имеет равнинный характер.

Породы, выходящие на поверхность, весьма разнообразны. В центральной и южной части они представлены известняками, глинистыми сланцами. Последние на территории пустыни Сахары содержат прослои гипса и солей. Чехол четвертичных отложений состоит из песков, местами из лавовых отложений, аллювиальных и озерных осадков.

Климат в центральной части экваториальный и тропический, на крайнем севере и юге сменяется суб-

тропическим. Четко выражена широтная зональность климата, с зеркальным отражением к северу и югу. Образуются природные пояса: в центре – экваториальный пояс, к северу и югу – субэкваториальный, затем он переходит в тропический и субтропический. Соответственно прослеживается широтная зональность как растительности, так и почвенного покрова.

Север Африканского континента входит в субтропическую пустынную и полупустынную области. Южнее он представлен тропической полупустынной и пустынной, затем саванной тропической областями. Приэкваториальная западная часть входит во влажную лесную тропическую область, которая южнее экватора сменяется тропической саванной, еще южнее – тропической полупустынной и пустынной, а затем засушливой субтропической областями.

Все это наложило свой отпечаток на формирование почвенного покрова. Наиболее характерные черты почвенного покрова состоят в следующем (Розанов, 1972). Большую площадь (около 20 %) занимают пустыни и полупустыни, которые расположены симметрично на севере и юге континента. Около 30 % площади не имеет почвенного покрова (пустыни, скалы, латеритные коры и панцири). Особенно много ожелезненных латеритных кор в экваториальной части. Имеет место проявление современного ожелезнения почв в зоне саванн. В районах современного вулканизма большое распространение получили молодые почвы типа андосолей (почвы на лавах и пеплах). Особенно широко представлены древние почвы и коры выветривания и развиты палеогидрогенные солевые аккумуляции в пустынях, особенно в Сахаре. Соли появляются при выветривании морских осадочных пород, кроме того, поступают с юга с континентальным геохимическим потоком. Широтнозональное развитие процессов выветривания на всей территории западнее 30° в.д. имеет аллитный и ферраллитный типы, которые сменяются к югу и северу альферритными, сиаллитно-ферритными и сиаллитно-карбонатными. Характерно почти полное преобладание сиаллитно-ферритного выветривания к востоку от этого меридиана. По направлению к северу и югу от экватора наблюдается подтверждение полынов-

ской схемы общего процесса выветривания на идеальном континенте, то есть последовательное прохождение обломочной, обизвесткованной, сиаллитной и аллитной стадий элювиального процесса. Имеют место четкая широтная зональность почвенного покрова, особенно к западу от 30° в.д., и широкое развитие деградационных природных и антропогенных процессов (эрозия, панцреобразование, латеритизация, засоление и осолонцевание). Поэтому в Африке наибольшую площадь занимают малопродуктивные и неплодородные земли, не пригодные для земледелия, требующие дорогостоящих мелиоративных приемов. Но на территориях, где климатические условия более благоприятны и, в связи с этим, происходят различные почвообразовательные процессы, где и сформировались специфичные для Африки типы почв.

В экваториальном климате под влажными вечнозелеными лесами сформировались красно-желтые латеритные ферраллитные почвы с псевдопесчаной структурой, способствующей хорошей их водопроницаемости. В западной части долины реки Конго, где сток замедляется, образуются болотные почвы.

К северу и югу располагается зона красных почв, развивающихся под смешанными листопадно-вечнозелеными лесами и влажными саваннами. При смыве почв образуются панцирные латеритные коры. Увеличение сухости под сухими и опустыненными саваннами и в полупустынях ведет к образованию красно-бурых почв с карбонатными конкрециями. В восточной части континента распространены примитивные галечниковые щебнистые почвы, древние солевые коры и солончаки. В оазисах образовались лугово-солончаковые почвы и солончаки. В пределах воздействия субтропического средиземноморского климата залегают коричневые и серо-коричневые почвы, часто обогащенные гипсом и карбонатами. В полупустынях и пустынях развиваются сероземы.

Б.Г. Розанов, принимавший непосредственное участие в изучении почв Африки, отмечает как одну из особенностей почвообразования наличие палеогидрогенных солевых аккумуляций в пустынях. Соли образовались при выветривании меловых и третичных пород и поступают из более высокорасположенных горных

территорий в низменности. Эрозия почв вызывает деградацию почвенного покрова, латеритизацию, выщелачивание солей и местами засоление. Особо выделяется формация слабощелочных, щелочных и засоленных полупустынных и пустынных почв, характерных для районов Северной Африки, в частности для Средиземноморского региона, который тянется вдоль побережья узкой полосой, шириной до двух километров. На этой территории образовались сильнокарбонатные и засоленные сероземы с солончаками, с солевыми гипсовыми известковистыми корами. Большую площадь занимают пустыни каменистые (гаммады) и песчаные (эрги), встречаются солончаки и солончаковые земли.

В отличие от северных районов, пустыни Южной Африки являются более плодородными. На них больше естественной растительности, поэтому земли используются под пастбища. В почвенном покрове развиваются серо-бурые почвы в комплексе с солончаками. Но их поверхность также покрыта известковыми и кремниевыми корочками. Большая часть территории занята красно-желтыми ферраллитными и красными ферраллитными почвами.

Площадь пахотных земель в Африке составляет всего 5 %. Луга и пастбища занимают 27 %, леса и кустарники 21,5 %, а 44,5 % земель не используется вовсе (Розов, Строганова, 1979).

Засоленные почвы встречаются также и на побережье Атлантики (вдоль Гвинейского залива), а также в некоторых оазисах, где они имеют преимущественно сульфатное засоление. В долине Нила, в его нижнем течении и в дельте, развиваются засоленные почвы, для которых характерен содовый тип засоления.

На основании почвенной картографии (Ф. Фурниер, 1965), засоленные почвы Африканского континента подразделены на четыре главные группы: солонцы и осолоделые солонцы; засоленные почвы; щелочные почвы и щелочно-засоленные почвы, т.е. почвы «себкасы» и «шотц».

Ниже рассмотрим данные исследований, которые проводились в некоторых странах Африки.

Египет. Особенности образования морских террас на северном побережье Африки в пределах Египта изучали Б.Г. Розанов, М.М. Гейфель и Эль-Асави (1982).

Они установили, что в море возникает ракушечниковый барьер, который тянется вдоль берега, образуя лагуну. После отшнурования от берега она превращается в соленое озеро, постепенно заполняющееся эоловым и делювиальным наносами. Таким образом территория превращается в очередной террасовый уступ. Эволюция почв проходит путь от солевых маршей через солончаки и солончаковые почвы к светлым сероземам. Главной чертой прибрежных полупустынь Египта является их высокая карбонатность, что объясняется повсеместным распространением мезозойских известняков, дающих основание Сахарской гаммаде. Происходит также и вторичное перераспределение карбонатов в почвах, и образование гидрогенных известковых кор. Окарбоначивание почв является также следствием подтока делювиальных потоков, несущих растворимые карбонаты.

На основании проведенных исследований, засоленные почвы были подразделены на почвенно-мелиоративные группы в соответствии с рекомендуемыми приемами повышения плодородия почв. Так, одна из групп объединяет почвы с относительно глубоким (40–80 *см*) залеганием солей, их рекомендуют использовать в богарном земледелии. Для гидроморфных солончаков предлагается проведение рассолительных мелиораций на фоне планировки поверхности земли, глубокого рыхления и промывок от солей. К группе почв, не пригодных для земледелия, отнесены солончаки «себха» и приморские пески. При орошении почв тяжелого гранулометрического состава минерализованной водой необходимо поддерживать промывной водный режим и применять более интенсивную агротехнику.

М.М. Эльгабали (1971) выделяет в долине реки Нил и его дельте три типа засоленных почв. Первый тип характерен для восточной части дельты Нила, где осолонцевание происходит в результате инфильтрации вод из канала. Грунтовые воды, обладая высокой минерализацией, обусловливают накопление в почвах хлоридов, сульфатов, нормальной двууглекислой соды, т.е. имеет место смешанное засоление. В поливной воде реки Нил также содержится повышенное количество иона HCO_3, частично связанного с натрием. В этих почвах содержится поглощенный натрий.

Второй тип засоленных почв, обнаруженный в переходной полосе между отложением речного аллювия и эоловыми наносами из пустыни, распространены в районе Феркеш (северо-западная часть дельты). Причиной засоления этих почв является близкое залегание грунтовых вод содового химизма. Почвы сильно карбонатные, иногда содержат до 35 % карбонатов. При таком большом их накоплении содовое засоление почв встречается редко.

Третий тип засоленных почв обнаружен в почвах, залегающих между Каиром и Александрией в депрессии Натрун, с абсолютными отметками поверхности ниже 25 *м*. Здесь много озер содового химизма. Основная причина засоления почв – принос солей из пород, окружающих эту депрессию. Химизм засоления имеет содовый тип.

Сирия. В этой стране изучался вопрос о степени рассоления и рассолонцевания почв водой разной степени минерализации. В условиях лабораторного опыта выяснилось, что наибольшее рассоление происходит при промывке дистиллированной водой (I. Khalil, 1991).

Ливия. Советская почвенно-экологическая экспедиция провела в Ливии обследование земель на площади 3,5 *млн.га*. Результаты работ, изложенные И.С. Рабочевым (1982), свидетельствуют о том, что 25% обследованной площади составляют засоленные и подверженные засолению почвы, которые нуждаются в мелиорации и повышении плодородия. Они распространены на низменной равнине, где ведется орошаемое земледелие. Почвообразующими породами являются континентальные и морские соленосные отложения разного гранулометрического состава. Почвы представлены зональными аридными красно-бурыми, в разной степени засоленными, в комплексе с солончаками. Выделены следующие подтипы солончаков: гидроморфные, гидроморфные корковые, гидроморфные себха и автоморфные. Наибольшее распространение получили солончаки себха, развивающиеся в бессточных впадинах с близким (0,5–1 *м*) уровнем грунтовых вод. На поверхности образуется корочка солей. Автоморфные солончаки встречаются на повышенных элементах мезорельефа, где на поверхность выходят соленосные породы. Поми-

мо солончаков, встречаются почвы и с меньшим количеством солей (0,1–0,5% и более).

Тунис. В районе Утик также развиваются гидроморфные почвы себха, поверхность которых оголена или на них произрастают галофиты. Образовались они под воздействием близко расположенных грунтовых вод. В составе солей содержатся хлориды кальция, гипс. Почвы имеют повышенную щелочность и поглощенный натрий.

Проведенные опыты по мелиорации (Ш. Олля и др., 1971), включали промывку от солей на фоне дренажа. Оказалось, что этот прием не только способствовал удалению солей, но и рассолонцеванию, снижению щелочности. Почвы оказались вполне пригодными для выращивания сельскохозяйственных культур.

Сенегал. Исследования Ж. Дюрана (1971) позволили выявить следующие особенности почвообразования в дельте Сенегала. Дельта сложена осадками речного аллювия и морских отложений. Соли, накопляющиеся здесь, обязаны морю. Однако, в отличие от других мест, ведущую роль в процессе солеобразования играют сульфаты. Хлориды же занимают подчиненное место. В этих почвах благодаря обилию сульфатов происходит резкая динамика окислительно-восстановительных условий. Когда территория дельты затопляется морской водой, то протекают восстановительные процессы, вызывающие восстановление серы под влиянием сульфатредуцирующих бактерий. При этом повышается pH, появляется сода. И, наоборот, когда морская вода уходит и начинается паводковый разлив реки, а затем спад воды, то в почвах преобладают процессы окисления, образуется серная кислота, снижается величина pH. Это характерно не только для низких по рельефу участков, но и для повышенных. Использование почв дельты для земледелия вполне возможно, но при этом следует учитывать рельеф местности. Для почв пониженного рельефа необходимо устройство дренажа и орошение. Почвы пониженных участков рекомендуется применять под посевы риса, а повышенных – и под другие культуры.

Судан. Расположен в восточной части Африки и охватывает бассейн реки Нил в его среднем (до Хартума) и верхнем (междуречье Белого и Голубого Нила, так называемая Гезира) течении. Поверхность земли

слабо наклонена с юга на север и представляет собой плато, покрытое различными четвертичными отложениями, подстилаемыми кристаллическими и осадочными породами. Климат относится к тропическому пустынному и полупустынному с подвидами: экстрааридный, аридный и субаридный.

Почвы Восточного Судана, в порядке оказания научно-консультативной помощи, исследовали С.В. Зонн и Эль Тажани (1983), Б.Г. Розанов и др. Авторы выделили на данной территории три биоклиматические горизонтальные зоны: пустынную, саванную и лесную влажнотропическую. В пустынях отмечены следы древнего палеоморфизма (железистые конкреции и др.). Распространены такие почвы: бурые щелочные – экстрапустынные; бурые ферросиалитные нейтрально-щелочные, серые и темно-серые щелочные – пустынные; красные ферросиаллитные нейтрально-щелочные – субсаванные; слитощелочные (черные, коричневые, желто-серые).

Для всех почв характерно высокое и среднее содержание поглощенного натрия и повышенная щелочная реакция (pH = 10), несмотря на отсутствие морфологических признаков солонцеватости. Судя по ионному составу, почвы имеют содовое засоление, но произрастающие на таких почвах растения не испытывают угнетения.

В центральной части Судана исследования осуществлялись почвоведом П. Бюрингом (1971). Он установил, что почвообразующими породами этой территории являются продукты выветривания кристаллических пород. На огромных равнинах развиваются почвы вертисоли, которые образовались около 10 тыс. лет тому назад на аллювии Голубого Нила, принесенном из пород рядом расположенной Эфиопии. Климат здесь полуаридный тропический, с теплыми и сухими зимами и теплым летом. Характерной чертой солонцеватых вертисолей является наличие поглощенного натрия в большом количестве (до 80 %). Однако морфологическая солонцеватость отсутствует, а растения, в том числе и хлопчатник, развиваются так же хорошо, как и на других почвах. Солонцеватость обнаруживается лишь при химическом анализе. В связи с этим автор высказывает сомнение в том, что натрий является поглощенным и полагает, что часть натрия связана с силикатами. Таким

образом, вопрос солонцеватости и метод его определения требует дополнительных исследований.

Нормальный процесс почвообразования в вертисолях характеризуется ферралитизацией, типичной для гумидных тропических условий. Процесс начинается со щелочного гидролиза, выщелачивания оснований и кремнезема, а заканчивается образованием глин каолинового типа.

В Судане орошение содовых сильнозасоленных почв, содержащих около 6% карбоната кальция, ведется пресной водой хорошего качества, и это вызывает рассолонцевание почв без внесения гипса (Mustafa M.A., Abdel-Magid E.A., 1981).

Чад. На территории этого государства (Центральная Африка) находится крупное озеро Чад. В его северо-восточной части, в береговой зоне, много лет назад была построена польдерная система Бола, позволившая осушить часть озера и использовать эту территорию в земледелии.

На осушенной части озера проводилось почвенное обследование. Установлено, что залегающие близко к поверхности грунтовые воды вызывают определенное засоление почв. Почвовед Ш. Шеверри с сотрудниками (1971), изучавшими состав грунтовых вод разной минерализации и влияние их на солевой состав почв, пришли к выводу, что по мере возрастания минерализации грунтовых вод в почвах польдерной системы Бола последовательно формируется ряд почв – от гидроморфных до засоленных галоморфных. Последние образуются при минерализации грунтовых вод около 12 *г/л* и выше. Образование щелочных почв характеризует промежуточную стадию постепенного соленакопления, однако при хорошей дренированности она исчезает.

Таким образом, исследования засоленных почв Африки показали некоторое несоответствие теории Гедройца, а именно: высокое содержание поглощенного натрия не отразилось на морфологии почв, в них отсутствовал иллювиальный солонцовый горизонт. Наконец, наличие натрия и повышенная щелочность не имели негативного воздействия на развитие хлопчатника и других культур. В связи с этим возникает необходимость в более совершенных методах определения поглощенного натрия. Если принять во внимание сомнитель-

ную солонцеватость почв, то большинство засоленных почв Африки следует отнести к солончакам и солончаковым.

Для сельскохозяйственного использования таких земель требуется орошение и проведение рассолительных мелиораций. В некоторых местах для промывок применяют минерализованные воды, что чревато образованием вторичной солонцеватости.

ЮЖНАЯ АМЕРИКА

Континент Южной Америки представлен древней кристаллической платформой, которая в разные геологические эпохи подвергалась процессам горообразования. В результате вдоль западной границы континента протянулись горные системы Анд. На востоке возникли обширные низменности водно-аккумулятивного происхождения. Рельеф представлен тремя типами: горами, возвышенными равнинами и низменностями.

Горы Анд тянутся вдоль Тихоокеанского побережья и сменяются в восточном направлении возвышенными равнинами (Бразильское нагорье, Патагонская равнина и др.) и постепенно переходят в низменности.

На континенте выделяется несколько природных поясов: экваториальный сменяется к югу и северу субэкваториальным, затем в южной части – тропическим, далее субтропическим и умеренным. Наибольшая часть материка находится в области экваториальных и тропических широт.

Растительность повторяет климатические особенности и некоторые черты орографии и литологии. Огромная площадь Южной Америки в Амазонской низменности и прилегающих к ней Гвианских и Бразильских нагорьях занята влажными тропическими вечнозелеными лесами (гиллеями). Севернее и южнее они переходят в тропические листопадные леса, затем в саванны. В районах повышенной засушливости их сменяют парковые листопадные леса и кустарники. В горах произрастают горные смешанные леса, а затем субальпийские и альпийские луга.

С учетом особенностей природных условий и почв на территории Южной Америки выделены три биоклиматические области (Розов, Строганова, 1979). Первая – тропическая влажно-лесная, тропическая са-

ванная, тропическая полупустынная и пустынная. Вторая – субтропическая влажно-лесная, субтропическая засушливая, субтропическая полупустынная и пустынная. Третья – суббореальная лесная, суббореальная степная и суббореальная полупустынная и пустынная.

Собственно засоленные почвы встречаются довольно редко. Б.Г. Розанов (1977) выделяет формации слабощелочных, щелочных и засоленных полупустынных и пустынных почв в трех регионах. К первому приурочены Андийский пустынный регион, охватывающий холмистые пустыни Чили и Перу, горные пустыни Центральных Анд и пустынное высокогорное плато Пуна. Почвы и кора выветривания в этих районах очень засолены.

Второй регион находится в пред-андийской кустарниково-сухостепной равнине Гран-Чако. Здесь развиваются коричневые, серо-коричневые почвы и сероземы. Они засолены и образуются в комплексе с солонцами и солодями.

В третьем Патагонском пустынном регионе преобладают слаборазвитые полупустынные засоленные почвы, сильнокарбонатные.

Основу экваториального и тропического поясов Южной Америки в зонах влажных тропических лесов и саванн составляют формации кислых ферраллитных, ферритных и аллитных почв. Это красно-желтые ферраллитные почвы, желтоземы, желтоземно-подзолистые почвы. В горных районах развиваются красные ферраллитные почвы, буроземы. В долинах многочисленных рек образуются молодые аллювиальные почвы.

Итак, собственно засоленных почв на данном континенте относительно мало, распространены они преимущественно в пустынях, полупустынях, часто расположенных в предгорьях или горах, а также в приморской полосе. Генезис солей разнообразен, в основном морской и континентальный.

Засоленные почвы приморского региона, протянувшегося от границ с Эквадором до государства Чили, были изучены А. Завалеттой (1965). Длина приморской полосы – около 2 *тысяч километров*, ее ширина – от 100 *м* на севере до нескольких километров на юге, что составляет около 11% всей территории Перу. В этом регионе проживает почти треть населения

страны. В земледелии используется всего 10% площади. Выращивают наиболее ценные сельскохозяйственные культуры для экспорта. Климат здесь чрезвычайно засушливый (около 50 *мм* годовых осадков), поэтому ведется интенсивное орошение. Грунтовые воды залегают близко к поверхности и почвы засоляются. Площадь под солончаками составляет 29%, солончаками-солонцами -61%. Химизм засоления почв - хлоридный и сульфатный, реже содовый, иногда в почвах встречается гипс.

Оросительные каналы в Южной Америке построены давно. Применяемая для поливов вода горных рек бывает, как правило, минерализованной, что способствует осолонцеванию почв. Поэтому местные специалисты разрабатывают методы по предупреждению их осолонцевания. В частности, по предложению венесуэльского почвоведа И. Пля (1971) мелиорация поливной воды осуществляется путем ее гипсования. Специальная машина для подачи и смешения гипса с водой была сконструирована Келсаллем, Крокфордом и Давейлем (1960).

Для мелиорации собственно засоленных почв аргентинские почвоведы И. Молина и К. Сауберан (1965) предложили высевать солеустойчивые растения на зеленое удобрение, проводить измельчение остатков различных трав с запахиванием их в почву. При их разложении выделяется углекислота, что способствует переводу карбонатов в бикарбонаты, а в конечном счете вызывает снижение щелочности почв и вытеснение поглощенного натрия.

Таким образом, в Южной Америке засоленные почвы образовались в условиях полупустынного и пустынного климата и более распространены в возвышенных равнинах предгорий и в горах, а также в приморской полосе вдоль Анд. Сельскохозяйственное их использование возможно только при их орошении и мелиорации.

СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

Материк Северной Америки отличается большим разнообразием поверхности. Западная его часть представлена высокой горной системой Кордильер, в то время как восточная - равнинами и невысокими горами

Аппалачей. В центральной и восточной части сформированы крупные плоскогорья и равнины. На территории США находится Центральная равнина. Ближе к западу она переходит в Великие равнины высотой 50–1500 *метров* над уровнем моря и представляет предгорную часть Кордильер. Центральные равнины с востока граничат с Аппалачскими горами, которые тянутся с юго-запада на северо-восток. Кордильеры имеют ряд дуг, в том числе сложенных Скалистыми горами.

На территории Северной Америки наблюдается с севера на юг смена таких природных поясов: арктический, субарктический, умеренный, субтропический, тропический,
субэкваториальный. Большая часть территории на севере была когда-то покрыта льдом, поэтому на ней широко распространены гляциальные и постгляциальные отложения, особенно в пределах Канады. Южнее почвообразующими породами являются продукты выветривания горных пород, частично лессы и аллювиальные отложения рек и озер.

В связи с тем, что материк на западе окружен высокими горами, воздушные массы с Тихого океана почти не достигают центральной его части. Расположенные на востоке невысокие Аппалачские горы также сдерживают поток воздушных масс к центру. Поэтому климат приобретает своеобразные черты. Температура воздуха постепенно нарастает с севера на юг, обусловливая широтную поясность климата, но атмосферное увлажнение местами изменяется не по широте, а по долготе. Хотя климат в целом имеет широтную поясность, но конфигурация полос его местами приобретает меридиональное направление.

На континенте представлены все широтные термические пояса – от полярного до тропического. Большая часть их находится в суббореальном климате.

Растительность отражает специфику климата и рельефа местности. Но в целом наблюдается последовательная закономерная смена хвойных лесов на севере хвойно-широколиственными и широколиственными к югу и далее степной растительностью прерий и, наконец, сухостепной, полупустынной и пустынной растительностью.

Изучение особенностей почвенного покрова Северной Америки было начато в конце XIX столетия Уитни и Гильгардом, основоположниками школы почвоведения. Большой вклад в географию почв затем внесли Марбут, Иенни, Келлог, Джонсон и другие. В Канаде и Мексике были созданы самостоятельные почвенные школы. Совместными усилиями они установили основные типы почв Северной Америки, закономерности их образования и распространения.

В частности, отмечено, что на этом континенте почвенный покров весьма разнообразен, и повторяет особенности климата, растительности и рельефа местности. На преобладающей его части, как уже отмечалось, почвообразование протекает в условиях бореального, суббореального и субтропического климатов. Наблюдается поясность почвенного покрова, которая соответствует вышеотмеченной поясности климата. Если на территории Канады однотипные почвы размещаются в широтном направлении, то в США отмечается широтная смена арктических и тундровых почв дерново-подзолистыми почвами. В южной части умеренного пояса и в субтропиках однотипные почвы располагаются в виде полос субмеридионального направления или в виде компактных массивов. На юг от Великих озер и на северо-западе Центральной равнины развитие почв протекает при умеренно-влажном климате. Здесь образовались черноземовидные почвы прерий с нейтральной или слабокислой реакцией почвенного раствора и с большим содержанием гумуса. На границе с Великими равнинами они переходят в черноземы. Эти почвы сильно выщелочены. Но более распространены, особенно на территории Великих равнин и на Колумбийском плато, каштановые почвы. В условиях сухого и континентального климата здесь образовались бурые полупустынные засоленные почвы в сочетании с солончаками. Южнее, в условиях влажного климата юго-востока, сформировались красноземы и желтоземы на глинистых морских и супесчаных отложениях.

К западу от реки Миссисипи залегают краснова-то-черные почвы субтропических прерий и серо-коричневые почвы кустарниковых степей, а на Мексиканском нагорье – сероземы и примитивные почвы суб-

тропических пустынь. Наконец, на Калифорнийском полуострове образовались пустынные тропические почвы.

Низменные территории Центральной Америки представлены красно-желтыми ферраллитными почвами влажных лесов и саванн. На склонах гор преобладают горные бурые лесные почвы.

Соединенные Штаты Америки. Начало исследованиям засоленных почв в США было положено Гильгардом, а несколько позже – Келли. В настоящее время теоретическими вопросами этой проблемы занимается Лаборатория засоленных почв Департамента сельского хозяйства США (С.А. Бауэр), а также некоторые университеты. Исследования по вопросу мелиорации солонцовых почв и борьбы с осолонцеванием при поливе минерализованными водами проводятся на опытных станциях в Калифорнии и других местах. Большое внимание уделяется вопросу вторичного осолонцевания, обоснованию искусственного дренажа на засоленных орошаемых землях (Дон Кирхем, 1965).

Гильгард выделил две группы засоленных почв – солончаки и черные засоленные почвы (содовые солонцы). Келли подразделил солончаки на три основных вида: свободные от растворимого CO_3 (нейтральные), на Ca – Na солончаки и тяжелые глинистые солончаковые почвы. В опытах им установлено, что растворимость карбоната кальция может регулироваться выделением углекислоты почвенного воздуха. Поэтому он рекомендовал проводить посев трав на зеленое удобрение или внесение компостов. В качестве перспективных методов предложил высевать бермудскую, родесскую травы, райграс, клевер и донник.

Лабораторией засоленных почв разработаны стандартные показатели степени засоления по осмотическому давлению почвенного раствора и степени солонцеватости. В зависимости от этого в США почвы подразделяют на засоленные, незасоленные, содовые и засоленные содой (С.А. Бауэр, 1971). Выделяют также несколько стадий эволюции солонца в солодь, а также морфологические и химические показатели этих почв. Отмечается, что вытеснение поглощенного натрия из содовых солонцов лучше осуществляется гипсом, карбонатом кальция и серой. Для промывки рекомендуется использовать минерализованную воду.

В Калифорнии, недалеко от реки Колорадо, Р. Бренсоном и М. Файерманом (1960) были проведены опыты по мелиорации солончаково-щелочных почв с близким залеганием грунтовых вод. Испытывали воздействие разных мелиорантов: гипса, сернокислого железа, серы, разведенной серной кислоты и хлористого кальция при орошении на фоне дренажа. Лучшее действие оказал хлористый кальций.

И.Д Остер (1991) выявил высокую эффективность гипсования на фоне промывки морской водой. В штате Канзас, где выпадает 700 *мм* атмосферных осадков в год, сотрудники университета провели гипсование содово-засоленных почв (33,6 *т/га*). В результате прибавка урожая пшеницы составляла по 6,73 *ц/га* на протяжении пяти лет (Follet и др., 1981).

Для мелиорации содовых солонцов в США применяют серную кислоту, но вносят ее в оросительную воду. Считают, что серная кислота является более эффективным средством для снижения щелочности и удаления поглощенного натрия. Но в ряде случаев было обнаружено отрицательное действие кислования на урожаи растений. Это объясняют наличием токсичных примесей в отработанной кислоте.

П. Яницкий (1971) предлагает комбинированный метод, состоящий из внесения гипса, соломы и минеральных кислот. При внесении соломы ускоряется вымывание продуктов обмена. Скорость рассолонцевания возрастает также и при внесении разбавленной серной кислоты.

Испытывали воздействие серы на снижение щелочности содовых солонцов, добавляя в нее тиобактерии, окисляющие серу до серной кислоты. В США проведены опыты, показавшие, что внесение серы способствует подкислению верхнего слоя почвы. Однако процесс окисления серы до серной кислоты происходит очень медленно.

Рядом исследователей США установлено, что применение фосфогипса вызывает повышение водопроницаемости почв, а также обогащает почву фосфором, что проявляется повышением урожая сельхозкультур. Применение фосфогипса в определенной мере решает также проблему охраны окружающей среды, поскольку зачастую фосфогипс в США сбрасывают в моря, реки, водоемы.

При норме 4,5 *т/га* его возможно использовать на половине орошаемой площади (Oster J.D., 1982).

Канада. По данным канадского почвоведа Р.Р. Кейнрса (1971), в Канаде солонцовые почвы занимают площадь до 12 *млн. га*. В западной части государства они встречаются в зоне каштановых почв и черноземов. Почвообразующими породами являются ледниковые и постледниковые флювиогляциальные отложения, которые иногда подстилаются сланцевой коренной породой. Для солонцовых почв характерно высокое содержание поглощенного натрия (17–19%), плохие водно-физические свойства, наличие солей в виде сульфата натрия, а с глубины около 45 *см* – скоплений гипса. Нередко под такими почвами близко залегают грунтовые воды. Часто солонцы залегают в комплексе с осолоделыми черноземами. Продуктивность таких земель низкая.

Б.П. Зимовец (1984), посетивший Канаду в научных целях, отмечает, что солонцовые почвы встречаются в основном в западных и центральных провинциях Альберта, Саскачеван и Манитоба и развиваются на территориях с относительно близким залеганием грунтовых вод, образуя гидроморфные и полугидроморфные комплексы с каштановыми и черноземными почвами. Солонцы отличаются между собой: черноземные преимущественно осолоделые, имеют кислую реакцию в гумусовом горизонте (pH 5,5–6,5) и слабощелочную (pH 7,5–8,3) в иллювиальном горизонте (20–25 *см*); с 50–70 *см* залегают карбонатный и гипсовый горизонты. По химизму они являются сульфатно-натриевыми в соответствии с почвообразующими породами и грунтовыми водами. Почвообразующие породы состоят из флювио-гляциальных валунно-пылеватых суглинков. Грунтовые воды залегают в пределах 1,5–7 *м*.

Солонцы каштановой зоны обладают нейтральной реакцией в верхнем и слабощелочной – в иллювиальном горизонте, залегающем с глубины 15–18 *см*. Под этим горизонтом находятся карбонаты, гипс и водорастворимые соли. В целом негативные свойства солонцов Канады проявляются в наличии плотного иллювиального горизонта, определяющего низкие агрофизические и физико-химические свойства, а также в накоплении легкорастворимых солей.

Мелиорация солонцовых почв в Канаде ведется в основном тремя методами – агробиологическим, химическим и глубокой вспашкой, а также их сочетанием. Поскольку почвы Канады бедны азотом, то прежде всего их удобряют путем внесения органических веществ (навоза, соломы, зеленых удобрений) и азотных минеральных удобрений. Обычно вносят нитрат аммония, на который сельхозкультуры более отзывчивы. Химическая мелиорация осуществляется путем внесения в почву гипса, извести и других химических мелиорантов.

Опыты канадских почвоведов, проведенные в последние 10–20 лет на территории опытных государственных сельскохозяйственных станций в штате Альберта (каштановая и черноземная зоны), свидетельствуют о недостаточной эффективности внесения только гипса в верхний слой почвы. Его необходимо сочетать, в частности, с нитратом аммония, способствующим повышению растворимости гипса на 30–40%. В конечном счете это способствует лучшему развитию злаковых и бобовых трав. Гипс вносят в дозе 4–5 *т/га*, нитрат аммония – от 450 до 900 *кг/га*. Ежегодное их внесение на протяжении 5 лет вызвало повышение урожая костра (на сено) в 1,5–2 раза. Произошло заметное улучшение физико-химических свойств во всех генетических горизонтах (снижение pH с 7,2 до 6,5). Скорость фильтрации возросла с 34 до 122 *мм/час*, количество обменного натрия снизилось с 11,2 до 5,44 *мг-экв*./100 *г* почвы, количество обменного кальция увеличилось с 7,70 до 13,35 *мг-экв*./ 100 *г*, а содержание водорастворимых солей уменьшилось.

Почвоведы Канады считают, что химическая мелиорация эффективна в солонцах черноземной зоны – как в богарных, так и в орошаемых условиях, а в зоне каштановых почв химическая мелиорация лучше действует только в местах орошения. Так, на Лодбриджской опытной сельскохозяйственной станции провинции Альберта установлено, что при строго дозированной подаче воды способом дождевания, не вызывающего подъема грунтовых вод, происходит вымывание солей из слоя почвы 0–90 *см*, в том числе и солей натрия (Пальмер и др.,1981). В условиях лабораторного опыта с промыв-

кой каштанового солонца подкисленной водой достигнуто снижение щелочности почв и уменьшение в них поглощенного натрия.

Испытание эффективности разной глубины внесения гипса в Канаде в штате Альберта на степных солонцах (горизонт А -0-8 *см*, В -8-25 *см*, содержание обменного натрия в горизонте В -33% от емкости обмена) показало следующее. Внесение гипса 18 *т/га* на глубину 10-12 *см* не вызвало положительного действия, а заделка его чизелеванием на глубину 46 *см* привела к снижению поглощенного натрия и улучшению свойств солонца (Альзубайди, Вебстер, 1982).

В провинции Альберта на осолодевающих черноземных солонцах эффективность мелиорации внесением извести давала значительный положительный эффект, причем более заметно на солонцах, в которые вносили сульфат аммония и сульфат-фосфат аммония (Лавада, Кейрнс, 1979).

Плодородие солонцовых почв Канады повышается также и при внесении азот- и серосодержащих веществ. В максимальной степени этому содействует внесение бисульфита аммония и в минимальной - сульфита кальция. Выявлено, что все азот - и серосодержащие вещества понижают величину pH, увеличивают титруемую кислотность, снижают содержание поглощенного натрия.

Мелиорацию солонцов методом глубокой вспашки канадские ученые осуществляли на основе агробиологического метода, предложенного и разработанного русскими учеными И.Н. Антиповым-Каратаевым и К.П. Паком. По данным Кэйрнса (1980), для мелиорации солонцов методом глубокой вспашки в засушливых районах страны рекомендуется проводить вспашку на глубину 60 *см*, с перемешиванием горизонтов А, В и С.

ЕВРАЗИЯ

Евразия - это очень большой континент, охватывающий территорию от Атлантического океана на западе до Тихого океана на востоке. На юге он омывается Средиземным морем и Индийским океаном, а на севере - Северным ледовитым океаном и другими северными морями.

Евразия как континент географически разделяется на две части – Европу и Азию. Граница раздела между ними условно проходит с севера на юг по Уральским горам. На обширной территории Евразии одни страны размещены в Европейской части континента, другие – в азиатской. И лишь Россия охватывает часть европейской и часть азиатской территории. Поэтому целесообразнее рассмотреть материалы в географических регионах в такой последовательности: Азия (Центральная и Юго-Восточная), Западная Европа, Восточная Европа, и Северная Азия в границах стран СНГ (бывшего СССР).

АЗИЯ (Центральная и Юго-Восточная)

В наибольшем континенте земного шара, каким является Азия, самые глубокие впадины перемежаются с наиболее высокими горными вершинами. Геологической основой ее являются древние кристаллические щиты (Ангарский, Аравийский, Индостанский). Характерной чертой рельефа является преобладание высоких горных систем, чередующихся с горными плато. Низменности охватывают окраинную часть, но их значительно меньше.

Климат Северной и Центральной Азии – континентальный, на большей части территории – пустынный и засушливый, а в Восточной и Южной частях – муссонный. Наблюдается смена климата с севера на юг – от приполярного до тропического вдоль восточного побережья. Растительность весьма разнообразна: в юго-западной и центральной частях расположены пустыни, полупустыни, травянистые и кустарниковые степи (Аравия, Передняя и Центральная Азия).

В центральной части Азии выделяют такие почвенно-биоклиматические пояса (Розов, Строганова, 1979). На севере – бореальная мерзлотно-таежная область, занимающая очень большую площадь. Южнее она сменяется суббореальной степной областью, затем – суббореальной пустынной и полупустынной областью, которая весьма обширна. Еще южнее она переходит в тропическую саванную область.

В пределах восточной окраины, в ее приморской части, в направлении с севера на юг расположена бореально – таежная область, южнее – суббореальная лесная, еще южнее она переходит во влажную лесную

субтропическую область, и, наконец, в область влажных тропических лесов, которая простирается до экватора.

Почвенный покров весьма разнообразен и отражает особенности рельефа, климата и растительности. Увеличение тепла и влажности с севера на юг вызывает соответствующие изменения в почвенном покрове. Под лесами умеренных широт развиваются подзолистые почвы. В центральных и западных частях Азии увеличивается температура воздуха, но уменьшается количество осадков. Периоды естественного промывания почв сменяются капиллярным подтягиванием вверх почвенного раствора, и почвы становятся нейтральными, с большим количеством оснований и гумуса. Это серые лесные почвы, а в лесостепи и степи – черноземы. Еще южнее, на территории сухой степи, образуются каштановые почвы, в полупустынях – светлобурые, а в пустынях – серобурые и сероземы.

Засоленные почвы в Азии развиваются в условиях континентального климата среди черноземов, каштановых, бурых почв и сероземов как в автоморфных, так и в гидроморфных условиях. В последних их особенно много в нижних террасах рек и дельтах.

С увеличением тепла процесс химического выветривания усиливается, сопровождаясь вымыванием оснований и накоплением полуторных окислов железа и алюминия (феррализация). Поэтому почвы влажных субтропиков приобретают красноватые и желтые оттенки (красноземы, желтоземы и желто-бурые почвы). В умеренно сухих условиях преобладают коричневые почвы сухих лесов и кустарников, а в сухих условиях – серо-коричневые почвы, в пустынях – сероземы.

В тропических условиях процессы ферраллитизации становятся более интенсивными. Под саваннами и сухотропическими лесами образуются красные ферраллитные почвы, которые с увеличением сухости сменяются пустынными бурыми почвами. В Индостане распространены черные почвы сухих саванн – регуры.

М.А. Глазовская (1983) в структуре почвенного покрова Азии выделяет Западноазиатский сектор тропических и субтропических пустынь и полупустынь, а в его пределах – Передне-азиатскую почвенную область пустынных субтропических почв, лугово-сероземных и

аллювиальных почв равнин и горно-коричневых почв. Сюда относятся пустыни северной половины Аравийского полуострова, аллювиальные районы Месопотамии, Иранское нагорье.

В пустынях Ирана, северного Ирака и Сирии на дневную поверхность выходят соленосные отложения миоцена и плиоцена, которые являются одной из причин появления солончаковых и гипсовых пустынь, с гипсовыми почвами. В Аравийской пустыне соли не выщелачиваются, а накапливаются на глубине 5-7 *см*, иногда образуя иллювиальный солевой горизонт. На севере Аравийской почвенной подобласти распространены субтропические пустыни и пустыни северной части Аравийского полуострова (территория Сирии), которые образовались на аллювии известняков и гипсоносных пород на высоте 900 *м*. Для них характерен красноватый оттенок, легкий гранулометрический состав, структура крупитчатая. Почвы богаты карбонатами кальция и гипсом, но в них нет признаков солонцеватости. Ниже приведены результаты исследований в некоторых государствах Центральной и Южной Азии.

Иран. На Иранском нагорье с высотами около 1000 *метров* распространены полынно-солянковые пустыни (гаммады), площадь их около 9 *млн га*. Почвы имеют красноватую окраску, на поверхности находится темная корочка, местами почвы засолены. По наблюдению Л.Е. Родина и Н.И. Базилевич, солончаковость обнаружена с глубины 15 *см*, а максимальная засоленность – с глубины 40 *см*. В целом в высокогорной части нагорья на поверхности известковых и соленосных отложений образовались солончаковые и гипсоносные пустыни. В нижней части нагорья, вокруг соленых озер, распространены солончаковые пустыни и такыры. В солончаках засоление сульфатно-натриевое и хлоридно-кальциево-магниево-натриевое.

Наибольшую площадь территории Ирана занимают горные цепи и возвышенные плато, чередующиеся с крупными котловинами. Преобладают сероземы и серо-коричневые почвы. Большая часть их освоена в земледелии и орошается.

По инициативе ФАО/ЮНЕСКО в Иране проведено изучение действия удобрений на урожай сельхозкультур. Предложено внесение в почвы мочевины, сульфата

аммония, суперфосфата, а также гипса, разработаны поливные нормы, система дренажа.

Пакистан. По данным Назира Ахмада (1965), в Пакистане под сельскохозяйственные угодья используется 25 *млн. га*, из них орошение водой реки Инд и других рек ведется на площади 13 *млн. га*.

При почвенном обследовании орошаемых почв Индусской низменности (1941 г.) установлено, что они являются засоленными и часто содержат соду. Основная причина – наличие почвообразующих морских пород, обогащенных солями, а также близко расположенные грунтовые воды повышенной минерализации. Кроме того, соли приносятся из пород выше расположенной территории, а также из речной воды.

Для предупреждения негативных почвенных процессов применяют рассолительную мелиорацию путем промывок. На щелочных почвах дополнительно ведется гипсование и посев трав на зеленое удобрение.

Ирак. Исследованиями И.С. Рассела, и др. (1965) и Л.Т. Кадри (1971) установлено, что засоленные почвы распространены главным образом в Месопотамии, в междуречье Тигра и Евфрата, в средней и южной ее частях, что составляет четвертую часть всех земель государства. Климат здесь континентальный, засушливый, годовое количество осадков колеблется в пределах 0–150 *мм*. Рельеф равнинный, плоский, с выраженным мезорельефом. Почвы образуются на аллювиальных отложениях рек, имеют мощный профиль и в целом высокоплодородные. Однако в них протекает активный процесс засоления, что обусловлено геосинклинальной геологической структурой. Породы низменности богаты гипсом, карбонатами, поэтому в почвах накапливаются карбонаты кальция, магния (20–30%) и гипс (около 5%).

Химизм засоления разнообразный: хлоридно-сульфатный, содовый и смешанный. Большое место занимают солончаки, местами мокрые, с преобладанием сульфатно-кальциевого, сульфатно-натриевого и магниевого химизма.

Исследователи считают, что засоление почв в значительной степени обязано орошению, которое началось еще 4 тыс. лет тому назад. Хотя состав речной воды в целом благоприятен для орошения (190-

500 *мг/л*), но засушливый климат способствовал накоплению солей, а низменный рельеф и близкое залегание грунтовых вод вызывали капиллярный подъем солей, что усиливало засоление почв. Дренажные системы здесь никогда не строили. Наблюдается четкое различие в составах солей. В одних почвах накапливаются соли натрия (сода), в других – соли кальция и магния. Однако и при содовом засолении не обнаруживается дифференциация почвенного профиля на элювиальный и иллювиальный горизонты и почвы хорошо оструктурены. Кроме того, в верхнем 30-ти сантиметровом слое происходит накопление гипса.

Для мелиорации содовозасоленных почв применяют промывки с внесением гипса, высевают более солеустойчивые сорта бобовых и зерновых культур.

Индия. Площадь засоленных почв в Индии равна 1 *млн га*. В основном они распространены в регионах Уттар-Прадеш, Махараштра, Пуньяб и др. Выделяют три группы почв: засоленные, засоленные щелочные и почвы со щелочной реакцией. Собственно щелочные почвы приурочены к Пенджабу, Харайтону и западной части штата Уттар-Прадеш. Индийский почвовед С.Р. Райчаудри (1965, 1971) отмечает, что формирование щелочных почв протекает под воздействием полиаридного климата в понижениях рельефа с близким залеганием грунтовых вод, а также на породах, имеющих слой так называемых канкаров (конкреций из карбонатов кальция).

Автор называет три основных метода мелиорации засоленных почв в Индии: механический (промывка), агрономический (подбор солевыносливых культур) и химический (внесение мелиорантов в виде гипса и других веществ).

Учитывая, что важную роль в эффективности мелиорации играет размер частиц вносимого в почву гипса, центральный НИИ засоленных почв в г. Карнале (Индия) провел специальные опыты. Они позволили прийти к выводу, что наибольшее количество поглощенного натрия вытесняется при внесении частиц гипса менее 2 *мм* (Шавла, Аброль, 1982).

В сельскохозяйственном университете штата Харьян после посадки риса на почве содового засоления легкого гранулометрического состава проводили преры-

вистое затопление водой хорошего качества. За период опыта в почве снизилось содержание солей, а также уменьшилось количество поглощенного натрия (на 10% от его исходного количества). Следовательно, почвы можно рассолонцевать даже без внесения гипса (Дахья и др, 1982).

Мелиоративное воздействие воды изучали и в опытах Центрального института засоленных почв (г. Карнал). Специалисты объясняют расолонцевание почв биохимическим воздействием корней растений, выделяющих углекислоту, что способствует растворению карбоната кальция почвы с вытеснением поглощенного натрия (Аброль, Бумбла, 1979).

В Индии на рисовых участках перед гипсованием сначала осуществляют промывку почв. Исключительное внимание уделяют выращиванию сидеральных культур (особенно сесбании), внесению навоза, запашке соломы и др. Применение на щелочных почвах фосфогипса является достаточно эффективным средством и приводит к повышению урожая сельхозкультур (Гупта, 1979). Пирит оказался более слабым мелиорантом, чем гипс и фосфогипс.

Для почв, содержащих карбонатные конкреции, индийские специалисты рекомендуют глубокую вспашку с целью разрыхления уплотненной почвенной массы. На аналогичных почвах со щелочной реакцией целесообразно вносить гипс или хлористый кальций, серу, а также органические остатки (зеленое удобрение). Для облегчения выноса продуктов обменной реакции эффективны глубокая вспашка и полив. Необходим также подбор солевыносливых трав, введение специальных севооборотов. Все мероприятия следует осуществлять на фоне устройства дренажа и промывок.

Ряд исследователей (С.К. Де, С.К. Сривастава, Г.П. Сривастава, 1971) предлагают использовать более экономичный способ мелиорации, а именно: внесение измельченных остатков сорных растений (например кактусов и др.) в дозе 5 *т/акр*, гипса в дозе 5 *т/акр*, суперфосфата на фоне орошения в системе севооборота рис–пшеница–рис. Как показали исследования, остатки сорных растений содержат большое количество кальция, фосфора и азота. Поэтому в почве происходит вытеснение поглощенного натрия и выщелачивание солей.

Проводились также опыты по мелиорации засоленных почв путем гипсования и промывок пресной и морской водой. Урожай растений оказался выше после использования морской воды (Дубей и Мондал, 1991).

Таким образом, в Индии применяют дифференцированные приемы мелиорации, в основе которых лежат орошение, дренаж, внесение гипса с добавкой органики и минеральных удобрений. Первостепенное внимание направлено на удаление солей промывкой, а затем – на рассолонцевание почв химической мелиорацией.

Китай. На территории этой страны М.А. Глазовская выделяет два почвенных сектора, в которых встречаются засоленные почвы. К ним относятся Центральноазиатский сектор субтропических степей и пустынь, а также Восточноазиатский субтропический лесолуговой почвенный сектор. Здесь высочайшие горные системы перемежаются с котловинами, низменностями, занятыми речными долинами с аллювиальными почвами, часть которых засолена. Они охватывают территорию Китая и отчасти Монголию.

Как отмечают китайские почвоведы (Shou-ren Zhao др., 1991), в Китае имеется около 5 *млн га* засоленных почв, которые широко распространены по территории в направлении с юга на север в семигумидной, семиаридной и аридной зонах. Эти почвы интразональны, но все же состав и свойства их несколько различаются, отражая особенности каждой природной зоны.

Советские почвоведы И.П. Герасимов, В.А. Ковда, В.В. Егоров и другие совместно с китайскими специалистами выявили главные генетические типы почв и установили, что в Китае наблюдается широтная и вертикальная зональность почвенного покрова.

В Северо-Западном Китае (южном Синьцзяне), где горные хребты сменяются равнинами и котловинами, расположены пустыни. В этой зоне происходят активные тектонические движения и разломы земной коры. Подземные воды циркулируют по трещинам и связаны с грунтовыми водами. В тех и других среди солей обнаружена сода, с чем связано образование в пустынях хлоридно-сульфатного и содового типа засоления. В.В. Егоров (1961) высказывает свою точку зрения на появление соды в почвах данного и других регионов. Если

породы представлены глинами с высоким содержанием поглощенного кальция, то появившиеся из грунтовых вод растворы соды нейтрализуются за счет обменных реакций между натрием соды и кальцием поглощающего комплекса глин. В этом случае засоление почв имеет хлоридно-сульфатный состав. Но если породы имеют легкий гранулометрический состав, с малой емкостью обмена и небольшим содержанием поглощенного кальция, то сода в почвенном растворе сохраняется, и таким образом развиваются щелочные почвы.

В пустынях Синьцзяна почвы имеют легкий гранулометрический состав и поэтому содовое засоление здесь широко распространено. Встречаются почвы то хлоридно-сульфатного, то содового засоления. При освоении таких почв необходимо строить вертикальный и горизонтальный дренажи, делать промывки. К этому мнению пришли и китайские почвоведы, отмечающие, что решающую роль в улучшении солонцовых и засоленных почв в условиях умеренно-теплого климата Китая играет прежде всего вода (промывки, орошение, дренаж), а затем физико-химические и агротехнические мероприятия (гипсование, известкование, внесение удобрений и севообороты).

Местное население борется с содовым засолением с помощью внесения органики (навоз, компост), что способствует выделению углекислоты и преобразованию нормальной соды в двууглекислую, менее вредную для растений. Используются с этой целью также и минеральные удобрения.

Монголия. Имеется ряд публикаций советских почвоведов, посещавших Монголию в разные периоды в связи с оказанием научно-консультативной помощи или в связи с совместными экспедициями советских и монгольских почвоведов, ботаников и других специалистов. В одной из таких экспедиций участвовали сотрудники Почвенного института АН СССР Е.И. Панкова и Л.П. Рубцова. Они отмечают (1983), что более половины территории Монголии занято сухими и опустыненными степями с резко континентальным климатом. По рельефу вся эта территория располагается в области низкогорий, мелкосопочников, пролювиально-аллювиальных равнин и понижений. Почвообразующими породами на пролювиально-

аллювиальных равнинах являются незасоленные и незагипсованные супесчано-галечниковые отложения. Естественная дренированность преобладающей части территории Монголии является хорошей, грунтовые воды залегают глубоко и не принимают участия в почвообразовании. В замкнутых депрессиях и понижениях породы представлены суглинисто-глинистыми отложениями, нередко засоленными. Преобладают незасоленные породы легкого гранулометрического состава.

Почвенный покров сухих степей представлен каштановыми почвами легкого гранулометрического состава, а в опустыненных степях - бурыми пустынно-степными почвами. Количество водорастворимых солей невелико, около 0,1%, натрия - около *1мг-экв*/100 *г* почвы. В целом это автоморфные не засоленные и не загипсованные почвы сухих степей. Засоленные почвы приурочены к приозерным понижениям, областям геохимического стока, а также находятся в местах выклинивания грунтовых вод, в поймах рек. Авторы выделяют две группы засоленных почв: поверхностно-засоленные (вверху засоленные, внизу профиля незасоленные) и глубоко-профильнозасоленные (содержащие соли во всей почвенной толще и в почвообразующей породе). Первые образуются в местах выклинивания грунтовых вод. Химизм солей нейтральный, а иногда с участием соды. Сказывается состав выклинивающихся грунтовых вод.

Глубокопрофильнозасоленные почвы обязаны засоленным почвообразующим породам озерного происхождения. Состав солей хлоридно-сульфатный или сульфатно-хлоридный. Почвы отражают черты реликтового и современного засоления.

В сухих и опустыненных степях засоленные почвы гидроморфного ряда относятся к солончакам, солончакам-солонцам, луговым солончаковым почвам. Со снижением грунтовых вод начинают образовываться солонцовые почвы. Авторы выделяют две стадии почвообразования: на первой стадии образуются гидроморфные и полугидроморфные солонцы, на второй - лугово-степные почвы. Такие почвы распределяются по бортам котловин на повышениях рельефа. В связи с ограниченным распространением засоленных почв проблема их мелиорации в этом районе не является актуальной.

Таким образом, в зарубежной Азии, ее центральной, южной и восточной частях, преобладают солончаки и солончаковые почвы в соответствии с особенностями климата. Ведущими приемами мелиорации являются рассолительные мероприятия. Проблемой солонцовых почв серьезно занимаются, главным образом, в Индии, где используются дифференцированные приемы улучшения.

ЗАПАДНАЯ ЕВРОПА

Европа входит в субконтинент Евразии и простирается от морского побережья Атлантики до Уральских гор на востоке. Древней геологической основой материка являются кристаллические щиты – Балтийский и Донецкий. На протяжении ее геологической истории происходили тектонические движения земной коры, образование гор и широких низменностей. Совершались морские трансгрессии и регрессии, неоднократные оледенения. Рельеф поверхности представлен горами (юг и юго-запад) и равнинами.

Климат Европы преимущественно мягкий и влажный, но в разных ее частях он изменяется. В пределах южной полуостровной части Европы, в том числе Пиренейского, Апеннинского и Балканского полуостровов, а также Закавказья тип климата – средиземноморский и, в зависимости от атмосферного увлажнения, колеблется от аридного (Азербайджан) до гумидного (Колхида). Характерной чертой средиземноморского климата является влажная зима и сухое лето.

В центральной части Европы формируется суббореальный климат, с колебаниями по степени увлажнения от влажного морского на западе до засушливого континентального на востоке.

На севере Европы суббореальный климат переходит в бореальный, затем в полярный и арктический. Четко выраженная зональность климата отмечается лишь на территории Восточно-Европейской части (бывший Советский Союз и другие страны).

Растительный покров отражает особенности климата и орографии. Так, на Восточно-Европейской равнине хорошо выражена широтная зональность. С севера на юг растительность изменяется от тундровой и лесотундровой до хвойных и хвойно-широколиственных лесов, пе-

реходящих в широколиственные леса, затем в луговые разнотравно-ковыльные степи. Последние сменяются сухими степями, опустыненными степями и пустынями. Однако в пределах Западной Европы такой четкой смены растительности не происходит. На севере произрастают хвойно-широколиственные леса, которые к югу уступают место широколиственным лесам. В южной средиземноморской зоне растительность состоит из ксерофильных широколиственных лесов и кустарников средиземноморского типа.

С учетом почвенно-биологических поясов (Розов, Строганова, 1979) наибольшая часть Европы и частично Азии находится в пределах бореальной таежно-лесной почвенной области. Эта область представлена ульматно-фульватно-сиаллитными и глее-сиаллитными кислыми таежно-лесными подзолистыми почвами, а также фульватно-карбонатно-сиаллитными слабо кислыми широколиственно-лесными (серые лесные почвы). Ближе к югу располагается суббореальная степная почвенная область, составляющая по площади примерно половину первой. Еще южнее (полуостровная часть) наблюдается переход в засушливую субтропическую почвенную область.

В гумидной области суббореального пояса развиваются ульматно-сиаллитные кислые широколиственно-лесные (бурые лесные) почвы. В семигумидной области - серые лесные (лесостепные). В семиаридной области - гуматно-монтмориллонитово-карбонатно-сиаллитные нейтральные степные (черноземы обыкновенные, южные); гуматно-карбонатно-сиаллитные слабощелочные сухостепные (темно-каштановые и каштановые) почвы. В аридной области формируются фульватно-карбонатно-сиаллитные слабощелочные полупустынные (светло-каштановые и бурые) и другие почвы.

Особенности распространения и некоторые черты таких почв освещены М.А. Глазовской (1983). Выделенный ею суббореальный лесо-луговой сектор бурозе-мов, бурых лесных почв представлен Карпатско-Дунайской почвенной областью, куда входят страны Центральной Европы (Венгрия, северная часть Болгарии и бывшей Югославии). Здесь находятся Среднедунайская и Нижнедунайская низменности, местами пересекающиеся с Южными Карпатами. Низменности являются

аллювиальными равнинами. Именно в них и происходит соленакопление в грунтовых водах и почвах, что обусловлено засушливыми периодами летом на фоне влажного и мягкого климата. Из зональных почв формируются выщелоченные черноземы, а в восточной части – серые лесные почвы. Среднедунайская, или Венгерская низменность, сложена древнеаллювиальными и современными четвертичными отложениями, частично озерными осадками. Основной чертой этого региона является гидроморфизм с четко выраженным накоплением солей в почвах и близко залегающих грунтовых водах. На этой территории развиваются солончаки, солонцы и солоди, а также лугово-болотные почвы. Почвы имеют преимущественно содовый химизм. Наибольшую площадь занимают солонцы, особенно в междуречье Дуная и Тиссы. На севере Среднедунайской низменности солонцы сочетаются с лугово-черноземными почвами, а в условиях более высокого рельефа – с черноземами.

В Нижнедунайской низменности засоленные и солонцовые почвы образуются в восточной ее части и имеют преимущественно хлоридный и сульфатно-хлоридный тип засоления; они представлены луговыми солончаками и солончаковатыми почвами в комплексе с лугово-болотными, приуроченными к поймам и надпойменным террасам Дуная, а также к низменному побережью Черного моря.

К западу от меридионального течения Дуная, в пределах Румынской равнины, процесс засоления наблюдается в разных типах почв. Почвы имеют хлоридно-сульфатный, сульфатно-хлоридный и содовый состав солей. Представлены эти почвы луговыми солончаками и солонцами в комплексе с лугово-черноземными почвами.

Среднедунайская низменность охватывает и часть территории бывшей Югославии. На ней распространены черноземы в комплексе с лугово-черноземными солонцеватыми и солончаковатыми почвами. В пределах Нижнедунайской низменности, куда входит часть территории Румынии, встречаются черноземы карбонатные, обыкновенные и выщелоченные.

Ниже приведены результаты исследований в некоторых странах Западной Европы, в которых наиболее широко распространены засоленные почвы.

Венгрия. Засоленные почвы здесь расположены, как сказано выше, в Среднедунайской, или Венгерской, низменности. Они занимают относительно большую площадь (1,2 *млн га*) и интенсивно используются в сельском хозяйстве (И. Сабольч и др., 1980). Поэтому с давних времен к ним привлечено большое внимание исследователей. В 1920 г. крупнейший почвовед Э. Зигмонд установил, что засоленные почвы проходят ряд последовательных этапов: накопление щелочных катионов на стадии солончаков; поступление натрия в поглощающий комплекс; выщелачивание солей до величины 0,1–0,2% и образование солонцов, а затем солодей с признаками ненасыщенности основаниями. Эта градация вполне соответствует классической триаде засоленных почв, предложенной еще в 1912 г. К.К. Гедройцем.

Исследования других почвоведов страны показали, что образование таких почв на Венгерской равнине происходит за счет воздействия близко залегающих грунтовых вод, как правило, обогащенных содой. Химизм солей в них бывает содовый, хлоридно-сульфатный и смешанный (И. Сабольч, 1965). Залегают они в комплексе с луговыми аллювиальными почвами, а также с черноземами, содержащими поглощенный натрий в разном количестве.

Для повышения плодородия засоленных почв Тешшедик еще в XVIII веке предложил метод «дигозаш». Он состоит в том, что на поверхность почвы помещают слой в 5–12 *см* незасоленной почвы или подпочвы, содержащей карбонат кальция. Этот прием используется и в настоящее время.

Многочисленные опыты, проведенные в Венгрии в разные годы, позволили разработать дифференцированные приемы мелиорации засоленных почв. Для тех, которые содержат соду и имеют высокое pH, лучшим способом является внесение гипса, что обеспечивает нейтрализацию соды (И. Преттенхоффер, 1971).

На бедных известью кислых солонцеватых почвах более эффективно внесение на глубину 5–7 *см* известняка, отходов сахарной промышленности, гашеной извести или массы залегающего ниже карбонатного слоя почвы (Ш. Арань, 1957).

Для мелиорации сильнощелочных почв, содержащих известь и развивающихся при близком залегании минерализованных грунтовых вод, до 150 *см*, сначала необходимо построить дренаж, а затем внести химический мелиорант (гипс, лигнит, серу).

В междуречье Дуная и Тисы, где солончаки и солончаковатые солонцы используют обычно только под залежь, можно применить один из двух приемов мелиорации - или внесение удобрений, желательно при орошении, или химическую мелиорацию с внесением гипса, лигнита на фоне орошения (Ш. Херке, и И. Хармати, 1965). Остепняющиеся солонцы возможно окультурить внесением гипса или дефеката небольшими (5-15% от полной) дозами. Урожай сельхозкультур при этом повышался на 10-20% (Д. Абрахам, 1965).

В Венгрии уделяют внимание более совершенным методикам внесения мелиоранта в почву. Так, И. Бочкаи, И. Паточ (1978) для освоения остепняющихся луговых солонцов с залеганием грунтовых вод 3-5 *м*, разработали способ двухслойной мелиорации. В горизонт А на поверхность вносят 20 *т/га* извести, а в горизонт В (16-36 *см*) - специальной машиной -20 *т/га* гипса, примерно по 5 *т/га* каждые 4 года. Кроме того, проводят рыхление почвы до глубины 60 *см*.

Изучали также возможность применения малых доз гипса по А.М. Гринченко. Из смеси гипса и дефекационной грязи готовили гранулы и вносили их в дозе 5-10 *ц/га*. В целом этот метод способствует повышению плодородия солонцеватых почв, но для злостных солонцов он вовсе не пригоден. К тому же действие малых доз не получило теоретического обоснования (И. Сабольч и Л. Абрахам, 1959).

На солонцах с залеганием карбонатов кальция на глубине около 60 *см* положительное действие оказывает глубокая вспашка (агробиологический метод по Антипову-Каратаеву и Паку).

Опыты с применением разных удобрений позволили установить наиболее эффективное воздействие азотных. Венгерские почвоведы активно изучали также возможность использования в качестве мелиорантов различных отходов промышленности. Установлено (И. Бочкаи, 1971), что весьма перспективным является

применение отходов нефтеперерабатывающей промышленности в виде смол. В жидком виде их смешивают с древесными опилками и вносят в почву, добавляя еще и минеральные удобрения.

Многие авторы подчеркивают высокую эффективность биологического метода мелиорации в виде посева трав с последующим запахиванием в почву зеленой массы.

Венгрия является научным центром исследования засоленных почв в Западной Европе. В институте почвоведения и агрохимии Венгерской Академии наук глубоко занимаются такими теоретическими вопросами почвоведения, как выявление генезиса засоленных почв с применением коллоидно-химических и физико-химических методов (Ди-Глерия и др., 1958) воздействие соды на состав глинистых минералов (Л. Гереи, 1965); связь между минералогическим составом и щелочностью почв (Ф. Матэ, 1968); особенности структуры почвенных растворов (К. Дараб, 1980) и др. Как показано выше, венгерские почвоведы внесли огромный практический вклад в разрешение проблемы мелиорации солонцов разного генезиса.

Почвоведы Венгрии принимали активное участие в Международных совещаниях по мелиорации засоленных почв, с организацией одного из симпозиумов в своей стране, посещали страны, в том числе и Украину, где ведутся исследования по данной и другим проблемам почвоведения. Под редакцией И. Сабольча был издан сборник «Солонцы Европы и их мелиорация» (1971). В рамках научного сотрудничества была подготовлена и издана коллективная монография «Моделирование процессов засоления и осолонцевания почв» (под ред. В.А. Ковды и И. Сабольча, 1980).

Румыния. Площадь засоленных почв в этой стране составляет 250 *тыс. га*. Они образовались в крупных низменных районах – в Тисской низменности, в северо-восточной части Румынской равнины и частично на Трансильванском и Молдавском плато (К.В. Опря, 1965, Н. Флоря, 1975). Основными почвообразующими породами являются аллювиальные отложения, местами – лессы и дюнные отложения. На западе Румынской равнины образовались продукты выветривания кристаллических пород, а на юго-востоке почвообра-

зующие породы представляют собой наносы, принесенные с холмистых нагорий, содержащих водорастворимые соли. Поэтому состав солей в почвах различный. В первом случае засоленным почвам свойственно содовое, а во втором – хлоридно-сульфатное засоление. Все почвы преимущественно развиваются при близком залегании грунтовых вод (2–5 *м*) различной степени минерализации и состава. При этом на составе солей сказывается влияние климата. В зоне лесостепи почвы имеют содовое засоление, а в зоне сухой степи – хлоридно-сульфатное. В целом все факторы почвообразования (климат, состав почвообразующих пород, грунтовые воды) обусловили большое разнообразие процессов соленакопления в засоленных почвах Румынии (Н. Флоря, И. Мунтяну, 1971, Н. Флоря, 1975), в результате чего образовались солончаки, солонцы и солоди. Зональными почвами являются черноземы.

При сельскохозяйственном освоении засоленные почвы отводятся преимущественно под малопродуктивные луга и пастбища. Для перевода их в пахотные земли осуществляют комплекс мелиоративных мероприятий.

Опытами научно-исследовательского института почвоведения Румынии было установлено, что применение комплекса мелиоративных мероприятий (фосфогипс 15 *т/га* на фоне капитальной планировки, дренаж, промывки, безотвальная вспашка, ежегодное внесение азотных удобрений) вызвало рассолонцевание почв и повышение урожая. На 3-й и 4-й годы урожай кормовой свеклы был выше соответственно на 90 и 117%, чем на контроле (193). После радикальной мелиорации эти почвы можно использовать под посевы полевых культур (Г. Обрежану, Г. Санду, Н. Рудзин и др., 1971).

Румынскими исследователями установлено, что хорошим мелиорантом является фосфогипс. За четыре года опытов на корковых солонцах и солончаках-солонцах внесение 15 *т/га* фосфогипса на фоне капитальной планировки, дренажа, промывок, ежегодного применения азотных удобрений (сульфат аммония) содержание поглощенного натрия уменьшилось с 22 до 7%, а урожай суданской травы был на 60% выше, чем на контроле (Гупта, 1979).

Многие земли находятся в районах перспективного орошения, поэтому возникает необходимость в комплексных приемах мелиорации, в частности, гидротехнических (дренаж, планировка поверхности земли, промывка от солей), химических и агротехнических (рассолонцевание), а также биологических (подбор солевыносливых растений, разработка специальных севооборотов).

Югославия. Хотя Югославия, как государство уже не существует, мы все же оставим это название, как географический факт. По данным югославских почвоведов (Н. Милькович, Н. Пламенач, 1971), засоленные почвы занимают площадь 255–264 *тыс. га*, большая часть которых приурочена к территории Воеводины, находящейся в северо-восточной части страны в пределах степной и лесостепной зон. В южной части страны, в Македонии, имеется около 11 тыс. га таких земель. Кроме того, на Адриатическом побережье развиваются почвы (около 18 *тыс. га*), подверженные морскому засолению.

Н. Милькович (1965), характеризуя регион Воеводины и развивающиеся здесь почвы, отмечает следующее. Климат континентальный, умеренно-сухой. Засоленные почвы встречаются на разных террасах рек с близким залеганием грунтовых вод, связанных с подземными водами, обогащенными содой. Почвы представлены солончаками, солончаками-солонцами, солонцами и солодями. Химизм солей в почвах, как и степень их засоления, зависят от многих факторов. Наблюдается большое их разнообразие по солевому составу. Наиболее характерной чертой засоленных почв региона является преобладание карбонатов, бикарбонатов и хлоридов.

В солонцах отмечается очень высокое содержание поглощенного натрия, вызывающего большую уплотненность иллювиального горизонта, слабую водопроницаемость, а в целом низкое их плодородие. Поэтому только небольшая часть территории используется под полевые культуры, а преобладающая – под малопродуктивные луга и пастбища. Отсюда вытекает актуальность проблемы мелиорации таких земель. По мнению Н. Милькович и Н. Пламенач (1971), повышение плодородия засоленных почв возможно лишь при комплексном

подходе: устройство гончарного дренажа, орошение, внесение в почву гипса и использование карбонатов кальция при глубокой вспашке (40 *см*), внесение навоза. При этом достигается заметное выщелачивание солей из почвы, уменьшение поглощенного натрия и снижение pH. Засоленные почвы побережья Адриатического моря развиваются в условиях влажного климата. Количество осадков колеблется в пределах 560–1450 *мм*, средняя годовая температура воздуха равна 13–17 C°. П. Блашковичем (1971) установлено, что в этом районе развиваются зональные красно-коричневые почвы. Сильные соленые ветры с моря приносят морскую пыль, вызывающую засоление почв. Даже на ветках деревьев от такой пыли образуются корочки солей. Почвообразующие породы включают продукты выветривания известняков разного возраста, четвертичные ледниковые отложения, аллювиальные наносы рек, а также опесчаненные лессы.

Рельеф побережья равнинный. Растительность самая разнообразная – от луговой до кустарниковой, а на возвышенных берегах – лесная.

Основной причиной засоления почв является морская вода (затопление низких побережий, эоловый перенос). В дельтах и устьях рек засоление носит четко выраженный гидроморфный характер и связано с близким залеганием грунтовых минерализованных вод. Выделяются засоленные и содовые почвы.

П. Блашкович приводит карту Адриатического побережья с указанием регионов засоленных почв. Разработана также их классификация. Предложен ряд приемов, предупреждающих засоление почв: спрямление русел рек, защита от нагона ветром морской воды, дренаж, промывка солей, посадка леса. Для мелиорации карбонатных засоленных почв рекомендуется внесение серы или гипса.

Чехословакия. Чехословакия тоже распалась на Чехию и Словакию, но исследования проводились в пределах бывшей Чехословакии. На основании крупномасштабного картирования, проведенного в трех географических районах Чехословакии (Южная Моравия, Подунайская низменность и Восточно-Словацкая равнина), составлена характеристика засоленных почв, занимающих площадь 105 *тыс. га*

(Ю. Грашко, 1965, 1971). В Южной Моравии они представлены солончаками и засоленными почвами, образовавшимися под влиянием грунтовых вод и солей почвообразующих пород на речном аллювии и мергелистых отложениях. Зональными почвами являются черноземы, луговые черноземы. На этой территории преобладает нейтральное засоление.

Почвы Подунайской низменности (аллювиальные луговые, солонцы луговые, солонцы-солончаки) засолены содой, поступающей из грунтовых вод. В Восточно-Словацкой равнине засоленные почвы образовались как на лессовых отложениях, так и на аллювиальных наносах рек. В первом случае преобладают солонцеватые почвы с отчетливо выраженным иллювиальным горизонтом, во втором – солончаки. Развиваются также луговые солонцеватые, лугово-черноземные солонцеватые, солонцы и солончаки. Почвы в настоящее время используются под пастбища, но в перспективе намечается их мелиорация.

Научно-исследовательским институтом почвоведения и питания растений Чехословакии испытан метод двухслойного внесения гипса в горизонты А и В для мелиорации дренированных содовых солонцов. Гипс в дозе 60 *т/га* вносили в горизонт В при отвальной вспашке на 40 *см*, в слой 0–20 *см* – по 20 *т/га*. После двухслойной мелиорации улучшились физические свойства в слое 0–40 *см*, снизился коэффициент дисперсности, повысилась водоустойчивость агрегатов почвы, урожайность сельхозкультур заметно возросла.

Болгария. Засоленные почвы встречаются на небольшой территории – 25 *тыс. га* (Л. Райков, Я. Каварджиев, 1971). Они представлены в основном луговыми солонцами и луговыми солончаками-солонцами и приурочены к террасам Дуная и к побережью Черного моря, то есть, расположены в зонах перспективного орошения этой страны. Поэтому вопрос их мелиорации требует практического разрешения.

Развитие почв протекает под влиянием близко расположенных грунтовых вод (0–2,5 *м*) с минерализацией 1–3 *г/л* и содовым химизмом. Химизм солей в почвах – хлоридно-сульфатный, содовый и смешанный. В корковых и среднестолбчатых содовых солонцах содержится много поглощенного натрия (50–60, местами

до 90% от емкости). Величина pH колеблется в пределах 8–9,5. В солончаках количество солей достигает 1–3% (Л. Райков, Я. Каварджиев, 1965, 1971, И. Воденичаров, 1959).

Опыты по мелиорации солончаков и солонцов показали, что повышение их плодородия возможно только на фоне дренажа. Из химических мелиорантов (гипс, лигнит, хлористый кальций) наибольшей эффективностью обладает гипс в сочетании с навозом и минеральными удобрениями. На содовых солонцах глубокая вспашка и рыхление совершенно неэффективны. Из минеральных удобрений лучшее действие оказывает аммиачная селитра, нитрат кальция и суперфосфат.

По данным института почвоведения и программирования урожаев им. Н. Пушкарева, гипсование лугового солончака-солонца содово-сульфатного типа засоления (pH 10,4, количество поглощенного натрия до 80%) вызвало большой положительный эффект на территории с искусственным дренажом глубиной 2–3 *метра*, без промывок, при выпадении атмосферных осадков 600 *мм* в год. Гипсование осуществлялось до глубины 40 *см*.

Через 8 лет количество поглощенного натрия снизилось в два раза, уменьшилось содержание водорастворимых солей. Урожай зерновых культур увеличился в 1,5–2 раза на 4–9 год после внесения гипса, а положительные последствия прослеживались в течение 20 лет.

Я. Каварджиевым (1980) испытано совместное внесение гипса с органическими веществами (навоз, торф, лигнит). Последний содержит: органическое вещество –51,6%; карбонат –15,1%; серу –3,1%; общий азот –0,65%; фосфорную кислоту –0,3%. Опыты проводились при орошении на фоне дренажа. Добавление органических веществ ускоряло рассолонцевание почвы.

Португалия и Испания. Рассмотренные выше засоленные почвы Европы развиваются главным образом в условиях суббореального пояса. Однако они встречаются и южнее, в условиях субтропического пояса, где расположены Португалия, Испания, Греция и другие государства. В Португалии их площадь составляет 20 *тыс. га*, а в Испании –840 *тыс. га*.

Исследованиями Карвальо Карадозо (1971) установлено, что в Португалии встречаются два типа галоморфных почв: несодовые хлоридно-сульфатные и содовые. Наибольшая их часть (22,7 *тыс. га*) сосредоточена на побережье Атлантического океана в лагунах (сапанах). Нейтральный тип их засоления определяется воздействием морских вод в период приливов и отливов, а также составом речной воды в приустьевой части рек.

Сорокалетний опыт освоения таких земель позволил разработать целый комплекс мелиоративных мероприятий. Он включает защиту низких участков побережья от приливов морской воды путем обвалования; устройство дренажа; промывки от солей; внесение карбонатов кальция или окиси кальция и гипса; глубокую вспашку почв; внесение органических и минеральных удобрений; специальные севообороты при интенсивном орошении. Это позволило выращивать такую ценную культуру, как рис.

Примерно такой же характер засоления имеют почвы и в Испании (Р. Ковиан, 1971). Они образовались возле лагун, например в Севилье, в долине реки Гвадалквивир. В дельте этой реки около 140 *тыс. га* занимают засоленные почвы, в которых минерализация поровых растворов колеблется в широких пределах – от 1 до 141 *г/л*. В их составе присутствует сода. Мелиорация проводится путем обвалования территории, строительства дренажа, промывок, внесения кальциевых солей и минеральных удобрений. Это позволило превратить неудобные для земледелия земли в культурные пастбища.

На сильнощелочных почвах Испании было изучено (Веласко, 1991) действие концентрированной серной кислоты (5000 *л/га*) и сернокислых промышленных отходов с содержанием 17–18% H_2SO_4 (38000 *л/га*). При орошении на фоне дренажа установлено снижение щелочности почвы и содержания обменного натрия до глубины 40 *см*. Применение сернокислых отходов промышленности вызвало повышение урожая подсолнечника на 25% (первый год опыта) и хлопчатника (второй год опыта) на 21% по сравнению с контролем. Концентрированная кислота вызывала снижение урожая на 78 и 17% в первый и второй годы.

В юго-западной части Испании провели опыты по мелиорации сильнощелочных почв. Внесение 32 *т/га* фосфогипса при орошении на фоне дренажа привело к уменьшению поглощенного натрия в слое почвы 0–20 *см* с 29,2% (на контроле) до 6,8% от емкости обмена, pH почвы снизился с 9,15 до 8,1. Урожай хлопчатника (второй культуры после мелиорации) превышал на 46% контроль (на контроле 34,1*ц/га*).

Голландия. Голландские территории, лежащие ниже уровня моря, затопляются морем. После отхода моря начинается опреснение молодой суши, сопровождающееся осолонцеванием (количество обменного натрия достигает 30% от емкости, ухудшаются физические свойства). Поэтому мелиорацию таких земель проводят гипсованием сразу же после схода морской воды. В этом случае предупреждается осолонцевание, ускоряется промывка от солей (Б. Верхоевен, 1965).

ВОСТОЧНАЯ ЕВРОПА И СЕВЕРНАЯ АЗИЯ В ГРАНИЦАХ СТРАН СНГ

Союз Советских Социалистических Республик существовал до 1991 года, а затем он распался на ряд самостоятельных государств, многие из которых в настоящее время вошли в Союз Независимых Государств (СНГ).

Начало исследований засоленных и солонцовых почв в России и Украине приходится на конец XIX века, когда под руководством В.В. Докучаева стали проводиться земельно-оценочные работы в Нижегородской и Полтавской губерниях. В этот период делались первые шаги в описании засоленных почв, в разработке их номенклатуры, в установлении связей между растительностью, микрорельефом и почвами (П.А. Земятченский, К.Д. Глинка, В.С. Богдан, Н.А. Димо, Б.А. Келлер и др.). В первой четверти XX века в России проводились широкие почвенно-географические исследования, составлялись почвенные карты, изучались особенности водного режима почв. (Г.Н. Высоцкий), их солевой состав, коллоидные и другие свойства.

Новый этап изучения засоленных почв начинается с 1912 года, с опубликования К.К. Гедройцем статьи «Коллоидная химия в вопросах почвоведения», а в 1922

г. – монографии «Учение о поглотительной способности» В них раскрывается причина образования солонцов (поглощенный натрий) и показана эволюция почв в ряду солончак–солонец–солодь.

Примерно в этот же период А.Н. Соколовский установил ведущую роль поглощенного кальция в образовании структуры почв. К.К. Гедройц, проводя опыты по мелиорации в Украине (Носовская опытная станция Черниговской области), выявляет положительное действие гипса от внесения его на солонцах. Таким образом были заложены теоретические и практические основы решения солонцовой проблемы.

Последующие исследования Д.Г. Виленского, В.А. Ковды, А.Н. Соколовского, Е.Н. Ивановой, И.Н. Антипова–Каратаева и других почвоведов позволили установить происхождение солей в почвах, особенности пространственного размещения засоленных почв, разработать их классификацию. Большие усилия предпринимались для организации опытов по улучшению плодородия солонцовых почв в разных почвенно–климатических зонах.

Проблематикой солонцовых почв в Союзе в последние годы занимались около 40 научных и учебных заведений, в том числе и Почвенный институт им. В.В. Докучаева, который являлся научным центром и оказывал большую консультативную помощь в изучении проблем засоленных и, особенно, солонцовых почв. По данной проблеме существует очень большая научная информация в виде монографий и статей.

Проблема улучшения плодородия засоленных (и особенно солонцовых) почв является актуальной для большей части территории бывшего Советского Союза. Но в то же время каждый регион имеет свои особенности условий образования и свойств почв, а в соответствии с этим и способов мелиорации.

Именно с этих позиций мы приводим результаты исследований в разных регионах авторов, занимающихся вопросами генезиса и окультуривания засоленных почв. При этом, как сказано выше, нами использованы «Карта типов засоления почв Европейской части СССР» в масштабе 1:3000000 (1973), ответственные редакторы В.В. Егоров и Н.И. Базилевич, а также монография к этой карте «Засоленные почвы Европейской части СССР и За-

кавказья» (авторский коллектив В.В. Егоров, Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова и др.).

После распада СССР, в 90-х годах, началось составление новой карты засоления почв России (главный редактор Л.Л. Шишов, редакторы – составители Е.И. Панкова, А.Ф. Новикова, В.А. Павлов). Эта работа завершается, основные принципы и содержание карты отражены Е.И. Панковой и А.Ф. Новиковой в публикации 2002 года.

С учетом особенностей распространения засоленных почв в бывшем Союзе мы приняли такую последовательность рассмотрения материалов: в европейской части – Молдавия, Украина, Россия (ЦЧО, Ростовская область, Предкавказье, Поволжье, Прикаспийская низменность), и страны Закавказья; в азиатской части – Россия (Западная Сибирь) и Казахстан.

Молдавия. Входит в суббореальный биоклиматический пояс. Исследованиями почвоведов – географов страны (Крупенников и др., 1964) установлено, что засоленные почвы занимают площадь около 400 *тыс. га* (12% от общей площади). Они образовались в двух геоморфологических регионах – в поймах рек (площадь около 380 *тыс. га*) и на повышенных междуречных пространствах, где близко к поверхности залегают морские соленосные глины неогенового возраста (площадь около 25 *тыс. га*). На пойменных и других террасах они представлены солончаками, солонцами и солонцеватыми почвами. В зависимости от грунтового увлажнения они относятся к луговым и лугово-степным солонцовым комплексам. Засоленные почвы склонов (солонцы и черноземы солонцеватые) представлены степными солонцовыми комплексами.

Изучение засоленных почв Молдавии началось в XIX веке (Синцов, 1873; Докучаев, 1878–1898; Набоких, 1910–1914). В послевоенные годы XX века сотрудники Молдавского Института почвоведения и агрохимии и Молдавского госуниверситета приступили к систематическим исследованиям почв, в том числе и засоленных (Димо, Лунева, 1960; Кирошка, 1961; Крупенников и др., 1963; Подымов, Сулин, 1965; Попова, Булат, 1968; Скуртул, 1961; Шестаков и др., 1965, 1977; Холмецкий, 1964, и др.). Были изучены химические и

агрофизические свойства почв, составлено агропочвенное районирование Молдавской ССР, выявлены особенности динамики влаги и солей; проведены многолетние стационарные опыты по мелиорации солонцов и разработаны дифференцированные приемы для разных видов засоленных почв.

И.Л. Шестаков (1977), исследуя процессы соленакопления в почвах, выделил на водораздельных ландшафтах три галохимические провинции: Северомолдавскую преимущественно гидрокарбонатно-сульфатную с умеренной миграцией и выщелачиванием солей; Центральномолдавскую – гидрокарбонатную и сульфатную с интенсивной миграцией и выщелачиванием солей и Южномолдавскую – сульфатную и хлоридно-сульфатную со слабой миграцией и выщелачиванием солей. Автор полагает, что образование степных солонцов произошло в процессе рассоления бывших на территории солончаков и эволюция их протекала по известной схеме Гедройца. За длительный период развития наиболее подвижные хлористые соли отмылись, поэтому в своем большинстве почвы сейчас имеют преимущественно сульфатное засоление.

Степные солонцы Молдавии содержат много поглощенного натрия и магния. Для них характерно не только механическое перемещение тонких фракций глинистых минералов из элювиального в иллювиальный горизонт, но и гидролиз силикатов, с переносом продуктов разложения вниз.

Процесс образования солонцов в поймах более сложен в связи с динамичностью миграции солей, вызванной не только близостью грунтовых вод и колебанием их уровня, но и условиями геоморфологии пойм, климатом и другими факторами. Наблюдается четкая дифференциация химизма солей в почвах разных участков пойм. В верховьях рек химизм солей гидрокарбонатный, в среднем течении – сульфатный, в нижнем – сульфатный и хлоридный. Процессы соленакопления преобладают в низовьях рек. Большинство почв засолено нейтральными солями, но в поймах некоторых рек (Реут, Прут и их притоки) появляется содовое засоление, которое, по мнению автора образуется в результате биохимических процессов.

В опытах по мелиорации солонцов изучалось как действие химических веществ, так и агротехнических

приемов. М. Булат (1970) предложил метод гипсования солонцов, при котором гипс особенно тщательно перемешивают с почвой при помощи болотных фрез на глубину до 20 *см*. Процесс перемешивания совершался в два приема, однако этот метод имел недостаток, в частности, не обеспечивал выноса вниз продуктов обмена кальция на натрий из сферы взаимодействия гипса с почвой по причине тяжелого гранулометрического состава глин.

В опытах П.А. Сувака (1974) для мелиорации солонцов испытывали шламовые отходы биохимических заводов, в составе которых содержатся кальций, азот, фосфор, сера, органические вещества (pH составил 3-4,5). На третий год после внесения шлама степень солонцеватости резко понизилась, а урожай сельскохозяйственных культур был выше, чем при внесении гипса.

И.Л. Шестаков (1977) разработал дифференцированные методы мелиорации солонцов в зависимости от их свойств. Они предусматривают мелиоративную вспашку с учетом уровня залегания верхнего солонцового и солевого горизонтов; внесение гипса по содержанию поглощенного натрия и величины щелочности; применение органических удобрений (навоз) в дозе 40 *т/га* и посев солеустойчивых культур. При вспашке до глубины 40-60 *см* происходит рассолонцевание мощного пахотного слоя под воздействием солей самой почвы и вносимого гипса. Прибавка урожая зерновых культур по этому варианту колебалась в пределах от 11,8 до 13,4 *ц/га* зерна и от 118 до 151 *ц/га* кукурузы на силос.

Для окультуривания пойменных засоленных почв И.Л. Шестаковым (1977) разработан так называемый периодический способ, который включает мелиоративную вспашку, химическую мелиорацию (гипсование), глубокое рыхление, внесение удобрений, посев солеустойчивых культур. Урожай донника при этом составил 350 *ц/га*. Хотя при близком залегании грунтовых вод такой метод и не имеет устойчивого эффекта относительно рассоления и рассолонцевания почвы, но в течение нескольких лет все же позволяет получать более высокие урожаи, поэтому через 6-7 лет его повторяют. Внедрение метода гипсования солонцовых почв в Молдавии проводилось за счет государства. Площадь мелиорированных солонцовых земель составляла 6 *тыс. га* (М.Г. Булат, 1970).

Украина. Территория республики простирается с севера на юг на расстоянии 900 *км*, а с запада на восток -1300 *км*. Основная часть ее располагается на южной и юго-западной окраине Русской платформы и совсем небольшая – в геосинклинальной складчатой альпийской зоне (Украинские Карпаты и Крымские горы). В пределах Русской платформы выделяются следующие крупные геологические структуры: Украинский кристаллический щит, Волыно-Подольская впадина, Причерноморская впадина, Днепровско-Донецкая впадина, Донецкий кряж.

Днепровско-Донецкая впадина сложена большой толщей (5-6 *км*) палеозойских, мезозойских и кайнозойских геологических отложений, имеет много тектонических разломов земной коры, соляных куполов, являющихся причиной засоления почв (А.Н. Соколовский, 1971). Подземные воды образуют артезианский бассейн, максимальная минерализация вод которых приурочена к самой нижней части впадины. Они циркулируют по всей толще отложений и связаны с грунтовыми водами. Последние являются источниками солей в породах и почвах. Почвообразующие породы представлены лессами среднесуглинистого гранулометрического состава.

Причерноморская впадина начинается на севере с южного склона Украинского кристаллического щита и заканчивается у южного склона предгорий Крыма. Наиболее глубокая осевая часть впадины (2 *км*) приурочена к прибрежной причерноморской полосе. Она сложена осадочными породами разного возраста, претерпела неоднократные эпейрогенические движения разного знака, однако разломы земной коры отсутствуют, как и соляные купола. Артезианский бассейн не связан с грунтовыми водами и перекрыт водонепроницаемыми краснобурыми глинами, лишь по «окнам» размыва их осуществляется местная связь с грунтовыми водами.

Господствующими почвообразующими породами являются лессовидные легкие и средние глины. Они карбонатны, засолены нейтральными солями. В районе Керченского полуострова почвообразующими породами являются преимущественно морские соленосные глины сарматского и майкопского возраста и продукты их переотложения.

По особенностям климата Украина находится преимущественно в бореальном и суббореальном поя-

сах. К бореальному относится центральная таежно-лесная область с дерново-подзолистыми почвами (Украинское Полесье). Южнее она переходит в лесостепную область с серыми лесными почвами, черноземами типичными, оподзоленными и реградированными (Лесостепь правобережная и левобережная).

К суббореальному поясу относятся Степь северная с черноземами обыкновенными, Степь южная с черноземами южными и Степь сухая с темно-каштановыми и каштановыми почвами.

В Украине четко выражена широтная зональность климата, растительности и почвенного покрова. Дерново-подзолистые почвы северной части республики постепенно переходят в серые лесные, затем – в черноземы типичные, обыкновенные и южные, на юге – в темно-каштановые и каштановые.

На Крымском полуострове широтная зональность также прослеживается, но она имеет как бы зеркальное отражение по отношению к континентальной части и начинается в предгорьях предгорными черноземами, затем сменяется южными черноземами и темно-каштановыми почвами.

Засоленные почвы Украины образуются в суббореальном поясе, в лесостепной и степной зонах и приурочены к двум тектоническим впадинам – Днепровско-Донецкой (зона Лесостепи) и Причерноморской (Степь). Площадь их составляет около 4 *млн га*, в том числе в пашне –2,1 *млн га* (около 7% от общей площади земель).

Изучением географии, генезиса и приемов мелиорации засоленных почв Украины занимались сотрудники многих научных и учебных заведений, но наиболее систематически велись эти работы в Украинском НИИ земледелия (Г.Н. Самбур), Харьковском сельскохозяйственном институте (А.Н. Соколовский, А.М. Можейко, А.М. Гринченко, Г.С. Гринь и др.), Институте кукурузы (С.П. Семенова-Забродина, Н.М. Лаврентьев, Ю.Е. Кизяков), Крымском филиале АН СССР (А.В. Новикова), а после его закрытия – в Украинском НИИ почвоведения и агрохимии.

Как показали исследования Г.Н. Самбура, А.М. Гринченко, А.М. Можейко, в районе Днепровско-Донецкой впадины засоленные почвы образовались на Днепровской террасовой равнине в зоне левобережного

Полесья (Черниговское Полесье) и Лесостепи. Естественная дренированность территории северной Лесостепи слабая, грунтовые воды залегают относительно близко, способствуя гидроморфному и полугидроморфному почвообразованию. Поскольку грунтовые воды засолены содой, то и в развивающихся почвах отмечается содовое или смешанное засоление. Почвенный покров представлен солонцами и солонцеватыми черноземно-луговыми или лугово-черноземными, луговыми, болотными почвами. Их относят к поверхностно-солонцеватым (Гринь, Носко).

В средней и южной частях Лесостепи дренированность территории несколько улучшается, грунтовые воды находятся в пределах 3–5 *метров*, иногда и ниже. Химизм солей становится гидрокарбонатно-сульфатным. Степень солонцеватости по поглощенному натрию повышается до 20–40%. По строению почвенного профиля почвы относятся к глубокосолонцеватым. В почвах сильно выражен глеевой процесс (Можейко).

В этой зоне было организовано три многолетних стационара (длительность наблюдений 17–24 года). В северной части зоны исследования велись под руководством Г.Н. Самбура, в средней – А.М. Гринченко, и в южной – А.М. Можейко. Последний вместе с Гринченко разработал методику проведения опытов на комплексном почвенном покрове, которая используется до сих пор.

Исследования на стационарах показали, что для солонцов Лесостепной зоны наиболее эффективным приемом мелиорации является гипсование при вспашке на глубину
25 *см*, внесение органических и минеральных удобрений, травосеяние. Установлено, что действие полной и половинной доз гипса почти одинаково (Гринченко, Самбур, Можейко). Специальные вегетационные опыты Самбура (1963) позволили прояснить этот вопрос. Оказывается, что норму гипса следует вычислять не на весь поглощенный натрий, а только на ту часть, которая связана с илистой фракцией. Поскольку эта фракция составляла половину от суммы всех фракций, то понятен высокий эффект половинной нормы гипса.

Для солонцов этой зоны были разработаны специальные укороченные севообороты (4–5 лет), после ротации которых следовало снова проводить гипсова-

ние на фоне гончарного дренажа (Власюк, Грабовский, Ермолаев).

Помимо гипса, положительное действие на рассолонцевание содовых солонцов оказывали некоторые отходы промышленного производства: серная кислота (Грабовский, Мельник), хлористый кальций (Можейко, Заяц), дефекат сахарного производства (Литовченко). Последействие дефеката прослеживалось в течение пяти лет, хлористого кальция значительно меньше в связи с его высокой растворимостью. Авторы пришли к убеждению, что главным направлением мелиорации солонцов зоны Лесостепи является химическая.

Солонцы сухой Степи Украины распространены, как выше отмечено, в Причерноморской впадине. Они более разнообразны по степени грунтового увлажнения. Преобладающая часть территории занята автоморфными солонцами, меньшая – полугидроморфными и совсем малая – гидроморфными. Химизм солей в них сульфатный и хлоридно-сульфатный.

В зависимости от характера распределения солей по профилю почв они относятся к остаточно-аккумулятивному и аккумулятивному типам (Г.С. Гринь, 1969). Сухость климата и воздействие солей, приносимых с побережья, а также грунтовые воды способствуют усилению процессов соленакопления в зоне сухой Степи и, особенно, в низкой части Причерноморской впадины. На ее южном борту, в пределах Крыма, установлена четкая геохимическая зональность (поясность) в почвах. С юга от предгорий к северу в сторону оси Причерноморской впадины (район Сиваша), по мере понижения местности и повышения уровня, а также минерализации грунтовых вод, происходит смена гидрокарбонатного типа засоления (чернозёмы) сначала на сульфатный и хлоридно-сульфатный (тёмно-каштановые почвы, степные солонцы), а затем на сульфатно-хлоридный (луговые солонцы и др.) и хлоридный типы в приморских солончаках.

Особенности химизма засоленных почв Украины отражены на карте типов засоления почв Европейской части СССР. Авторы-составители по регионам Украины Г.С.Гринь и А.В.Новикова. Ответственные редакторы В.В. Егоров и Н.Н.Базилевич (рис. 3)

Развивающиеся на территории северного и отчасти южного крыла Причерноморской впадины автоморфные солонцы по содержанию поглощённого натрия отно-

сятся к малонатриевым, с хорошо выраженной «физической» солонцеватостью. Большинство исследователей, в том числе В.А. Ковда, Д.Г. Виленский, А.Н. Можейко и др., считают солонцеватость остаточной, связанной с рассолением и рассолонцеванием некогда засоленных почв. Другие полагают, что солонцеватость происходит за счет импульверизации солей с моря и под воздействием сухого климата (В.Д. Кисель,1981, Н.И. Полупан, 1979).

Многолетние опыты по мелиорации солонцов (степных) разной степени грунтового увлажнения проводились на автоморфных солонцах в пределах Херсонского (северного) Присивашья (С.П. Семенова-Забродина, Н.М. Лаврентьев, Ю.Е. Кизяков). В пределах Крыма – на автоморфных степных и полугидроморфных (лугово-степных) и гидроморфных (луговых) солонцах Крымского Присивашья, а также на автоморфных (степных) солонцах Керченского полуострова (А.В. Новикова). Опыты велись преимущественно в неорошаемых условиях, но один опыт – на темно-каштановых слабосолонцеватых почвах – при орошении из Северо-Крымского канала (А.В. Новикова, А.М. Пикуза, Н.Е. Гаврилович, 1984).

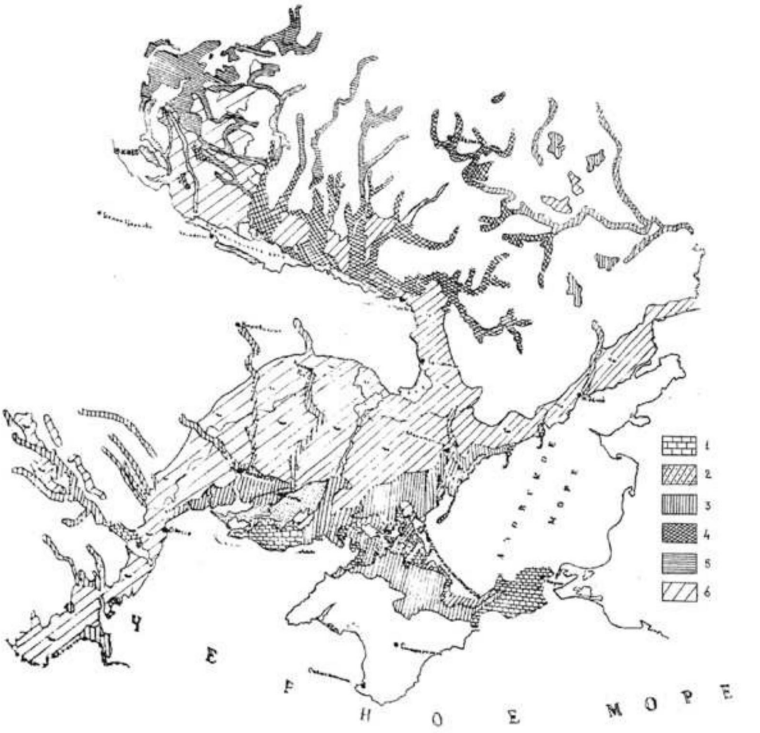


Рис.3. *Регион Украины из «Карты типов засоления почв Европейской части СССР» (1973)*

Условные обозначения.

Химизм засоленных почв в пределах первого и второго метров:

1- преимущественно хлоридный в пределах первого метра; 2- преимущественно сульфатный в пределах первого метра; 3- преимущественно сульфатный в пределах первого метра; 4- преимущественно хлоридный или сульфатный с участием воды; 5- преимущественно содовый; 6- потенциально засоленные почвы без разделения по химизму.

Исследования показали, что такие почвы нуждаются в дифференцированных приемах повышения плодородия. Для степных и лугово-степных солонцов Присивашья необходимо применять глубокую мелиоративную плантажную вспашку, с извлечением на поверхность карбонатного горизонта, иногда содержащего гипс. Обычно глубина такой пахоты составляет около 60 см, а на солонцах Керченского полуострова 70 *см*. При орошении эффективность ее выше, чем в неорошаемых условиях. В связи с выносом на поверхность массы

почвообразующей карбонатной породы, обедненной гумусом и питательными веществами, рекомендуется внесение навоза и минеральных удобрений. После вспашки поле оставляют на черный пар, после чего почва пригодна под любые сельскохозяйственные культуры.

Со временем при такой вспашке биогенность в верхнем слое почв возрастает (А.Д. Михновская). Иллювиальный горизонт разрушается и смешивается с карбонатной массой, повышается рыхлость и водопроницаемость, а по мере растворения карбонатов и гипса идет рассолонцевание почв. Профиль почвы радикально изменяется и на протяжении многих лет (20–25 и более) сохраняет новое антропогенное сложение. Урожайность возрастает в среднем на 40–60%.

Иная картина наблюдается на луговых солонцах при близком (1,5–2,5 *м*) залегании сильно минерализованных грунтовых вод (около 20–30 *г/л*). Разрушение солонцового экрана усиливает капиллярный подъем почвенно-грунтовых вод, и в почве происходит резкое вторичное засоление, что особенно было ярко выражено в модельном опыте. Поэтому мелиоративную плантажную вспашку на луговых солонцовых комплексах исключают вовсе. Такие почвы целесообразно отводить под улучшенные сенокосы и пастбища или гипсовать по неглубокой вспашке, периодически повторяя этот прием.

На основании обобщения результатов многолетних исследований большого коллектива ученых была составлена карта мелиоративного районирования солонцовых почв Украины и приемов их улучшения (А.В. Новикова, 1984). Она использовалась планирующими органами при определении количества мелиорантов (фосфогипс и др.) и мелиоративной техники для проведения мелиорации за счет государства.

Помимо химической, в Украине в крупных масштабах с конца 50-х годов прошлого столетия осуществлялась и оросительная мелиорация. Использовались воды Днепра и других рек, собираемые в большие водохранилища. Были построены государственные оросительные системы на юге, позволившие орошать площадь около 2 *млн. га*. Основная цель ирригации – получение высоких и устойчивых урожаев сельхозкультур – была в основном достигнута, хотя и не на полном запроектированном уровне.

Вместе с тем, на отдельных оросительных системах проявились негативные экологические послед-

ствия орошения, которые выразились в деградационных процессах почвообразования в ранее остепняющихся солонцеватых почвах.

В частности, имела место ирригационная реградация (вторичное засоление), ирригационная деградация (особенно на рисовых полях), ирригационное осолонцевание (при использовании минерализованной воды), а также ирригационное рассоление и рассолонцевание. Для предупреждения негативных экологических последствий ирригации коллективы ряда научных институтов разработали и внедрили ряд комплексных приемов мелиорации.

Для борьбы с вторичным засолением – устройство систематического дренажа (вертикального и горизонтального); промывка почв от солей методом дождевания на почвах легкого гранулометрического состава, с предварительным внесением гипса и применением других дополнительных средств (Новикова, Ладных, 1982); на рисовых участках – внесение окислителей, снижающих сульфатредукцию, рыхление почвы, специальные севообороты, внесение минеральных удобрений и др. (Решетняк,1974; Жовтоног, 1968; Кириенко,1985). Предупреждение осолонцевания достигалось мелиорацией поливной воды с помощью внесения гипса и подачи этой воды на поля специально сконструированной машиной (Борькин, Болдырев, 1984) или устройства аванкамеры (Лазарчук), внесением в почвы на поверхность кальциевых мелиорантов, разбавленных кислот и др. (Можейко, Воротник, 1958; Красутская, Болдырев, Сафонова, 1977; Ладных и др.,1993).

Помимо генезиса и мелиорации солонцов велись исследования по разработке новых методов исследований. В частности, был предложен метод определения активности ионов в почвах с помощью селективных электродов (Крупский, Александрова, 1975). Использование его позволило разработать градацию солонцеватости по активности ионов кальция и натрия (Чаусова, 1981), а также по степени токсичного засоления хлоридами и сульфатами (Новикова, Александрова, Чаусова, Гаврилович, 1981). Выявление коррелятивной зависимости между содержанием поглощенного натрия и количеством илистой фракции в элювиальном и иллювиальном горизонтах солонцовых почв в свою очередь дало возможность установить градацию солонцеватости по степени иллювиированности, применительно для

степной зоны, где проявляется «физическая солонцеватость» (Новикова, Коваливнич, 1969).

На основании физического моделирования изменения минерализации грунтовых вод при их подъеме в породе и применения водно-балансовых расчетов был разработан один из первых вариантов метода прогноза вторичного засоления при орошении (Новикова, 1975). В результате исследований процесса рассоления почв с разным содержанием карбонатов кальция и поглощенного натрия получены корреляционные зависимости между поглощенным натрием и величиной щелочности, что позволило приближенно прогнозировать содопроявление (Новикова, Златина, 1977). Определены величины констант обмена при различных соотношениях катионов (Гаврилович, 1984).

Совместные исследования коллектива гидрогеологов и почвоведов дали возможность составить карту содопроявления при орошении на юге Украины, а также предложить меры по его ослаблению (Новикова, Гаврилович, Лютаев, Лазукин и др., 1987).

Основные приемы мелиорации солонцовых почв широко внедрялись в сельскохозяйственное производство Украины. Только за период 1961 – 1980 гг. на солонцовых почвах проведено гипсование и мелиоративная вспашка плантажными плугами на площади около 1,5 *млн.га*, что позволило получить дополнительно около 480 *тыс.т* зерна.

Россия. На территории бывшего Советского Союза (в т.ч. России) засоленные почвы занимают около 80 *млн. га* (по другим сведениям – около 100 *млн га*). Главным образом они сосредоточены в зоне активного землепользования, что вызывает необходимость поиска путей их окультуривания.

Теоретическими и прикладными вопросами (происхождение, особенности, распределение, классификация, разработка методов повышения плодородия), помимо Гедройца, занимались такие крупные ученые, как Д.Г. Виленский, В.А. Ковда, И.Н. Антипов-Каратаев, В.В. Егоров, Н.И. Базилевич, К.П. Пак и другие. Так, в книге В.А. Ковды «Солончаки и солонцы» (1937) образование засоленных почв рассматривается в связи с естественноисторическими условиями развития местности,

современным положением грунтовых вод и других факторов. Предлагается схема классификации солончаков и солонцов, а также способы мелиорации солонцов (гипсование и плантажная вспашка, рассчитанная на извлечение гипса самой почвы). В другой монографии «Происхождение и режим засоленных почв» В.А. Ковда рассматривает причины появления солей на поверхности земли, вводит понятие о провинциях соленакопления на территории Союза. Выделяет три типа водно-солевого режима для почв с разной степенью грунтового увлажнения и предлагает суммарный показатель направленности процессов засоления-рассоления, который позволяет правильно выбрать территорию под орошение. Автор особое внимание уделяет реакции растений на засоление и солонцеватость, обосновывая необходимость подбора соле- и солонцеустойчивых растений. Ковда обращал большое внимание на картографирование засоленных почв. Он разработал первую картосхему распространения современных процессов соленакопления в почвах СССР. В ней выделено четыре провинции соленакопления: сульфатно-содового, хлоридно-сульфатного, сульфатно-хлоридного и хлоридного. Его работу продолжила Н.И. Кондорская (1967), выделившая на карте регионы содового и другого химизма засоления на территории Советского Союза.

Вопросами картографии засоленных почв занимались и в Международном обществе почвоведов, где по настоянию
В.А. Ковды была начата работа по составлению карт засоления в разных странах мира по единой программе под руководством И. Сабольча. На основе полученных данных и были определены площади засоленных почв мира, составлены упомянутые ранее картосхема засоленных почв мира, (И. Сабольч) а также «Карта типов засоления почв Европейской части СССР».

В разработке теории образования засоленных почв и приемов мелиорации солонцов большую роль сыграли работы И.Н. Антипова-Каратаева. В опубликованной под редакцией И.Н. Антипова-Каратаева книге «Мелиорация солонцов в СССР» рассматриваются различные теории образования солонцов. На основании собственных экспериментов по физико-химии автор приходит к заключению, что воздействие нейтральных

солей не может привести к образованию собственно солонцов, как это утверждал Гедройц. Под их влиянием могут появиться лишь солонцеватые почвы. А формирование солонцов с их высокой насыщенностью поглощенным натрием прежде всего обусловлено воздействием соды, поскольку в условиях щелочной реакции кальций не является конкурентом натрию. Антипов-Каратаев предлагает собственную классификацию почв по степени солонцеватости, в основе которой лежит содержание поглощенного натрия, без учета некоторого его количества (5–10%), не вызывающего снижения плодородия. Эта классификация используется и в настоящее время. В книге приведены результаты опытов по мелиорации. Вместе с К.П. Паком предлагается так называемый агробиологический метод мелиорации солонцов в условиях орошения. Он состоит из плантажной вспашки, при которой наверх извлекаются карбонаты, способствующие рассолонцеванию почв. Вспашку сочетают с внесением минеральных и органических удобрений, а также с посевом трав.

В книге К.П. Пака «Солонцы СССР и пути повышения их плодородия» (1975) обобщены собственные многолетние исследования по солонцовой тематике, а, кроме того, материалы других авторов за период 50–70 годов. Предложены приемы мелиорации солонцов: химические, агротехнические (в том числе и агробиологический) и дополнительные способы повышения плодородия (удобрение, травосеяние); дана оценка их экономической эффективности. Изучение генезиса засоленных почв и разработка приемов повышения их плодородия осуществлялась весьма плодотворно в крупных геоморфологических регионах России. Рассмотрим результаты этих исследований.

Центрально-Черноземная область. Этот регион находится в Восточно-Европейской равнине и охватывает северную границу распространения засоленных почв. Изучением этих почв занимались многие сотрудники Почвенного института им. Докучаева (И. Антипов-Каратаев и др.), а также Воронежского университета, Воронежского сельскохозяйственного института и других учреждений (Адерихин, 1951; Ахтырцев,1962; Цыганов и др., 1968 и др.).

Установлено, что площадь засоленных почв в регионе достигает 500 тыс. га. По условиям рельефа здесь выделяют три района: Среднерусскую возвышенность, западные отроги Приволжской возвышенности и Окско-Донскую низменность.

Засоленные почвы распространены во всех трех районах, но главным образом в Окско-Донской низменности. Они представлены преимущественно гидроморфными солонцеватыми и засоленными почвами – черноземно-луговыми, луговыми и др. Близкое залегание грунтовых вод обеспечивает поступление в почвы растворов соды из пластовых вод. Солевой профиль их своеобразен: в подсолонцовом горизонте солонцов скапливаются сульфаты натрия, а ниже по профилю появляется сода.

Иная картина наблюдается на Среднерусской и Приволжской возвышенностях, где в засоленных почвах, приуроченных в основном к водоразделам и их склонам, близко к поверхности появляются морские соленосные глины третичного возраста с содержанием более 1% солей нейтрального типа. Образуются степные солонцы в комплексе с солонцеватыми черноземами. Химизм солей – сульфатный.

Результаты многолетних опытов по повышению плодородия таких почв сводятся к следующему. Установлено, что внесение размолотого мела в солонцы вызывает четко выраженное рассолонцевание почв. Положительное действие оказывают также и промышленные отходы (дефекат сахарных заводов, фосфогипс), а также гипс. Эффективность химических мелиорантов заметно вырастает на фоне внесения минеральных и органических удобрений. Кальций мелиорантов оказывает коагулирующее действие на почвенную суспензию, снижает подвижность водорастворимого гумуса, улучшает структурно-механические свойства солонцов (Тараненко, 1972; Цуриков, 1972; Цыганов и др., 1976). В Центрально-Черноземной области имеются богатые залежи отложений природного мела. Многие исследователи убеждены в преимуществе мела перед другими мелиорантами и необходимости внедрения мелования солонцов. Так, например, внесение 8–10 *т/га* мела на фоне навоза повышает урожай озимой пшеницы до 27,8 *ц/ га* против 12,4 *ц/га* на контроле (Кирпиченко, 1975; Цыганов, Тарасенко, Цуриков, 1976). Цыганов

предлагает дифференцировать приемы мелиорации: на лугово-степных черноземных солонцах он рекомендует вносить гипс, а на степных – мел и дефекат.

Исследованиями Воронежского сельскохозяйственного института в лесостепной части Центрально-Черноземной области было установлено, что, помимо мелования, положительное действие на осолодевающие солонцы содового и смешанного химизма оказывает внесение дефеката, повышенных норм навоза и азотно-фосфорных удобрений. Затраты на мелиорацию дефекатом окупаются через 2–4 года (Цуриков, 1980). Мелование черноземных солонцов особенно эффективно на фоне глубокого периодического рыхления почвы и внесения навоза и азотно-фосфорных удобрений. Повышает плодородие солонцов Воронежской области такое сочетание мелиорантов и удобрений: молотый мел и дефекат, сульфат аммония (1–2 *ц/га*), суперфосфат (2–4 *т/га*) и гипс (8–16 *т/га*).

Важно отметить, что в последнее десятилетия в некоторых регионах ЦЧО, в частности в Каменной степи, происходит изменение положения уровня подземных и грунтовых вод, их приближение к поверхности. Одновременно отмечаются и признаки деградации почвенного покрова: увеличение кислотности, разрушение структуры пахотного горизонта, уплотнение тяжелой техникой, осолонцевание и даже вторичное засоление. Все это вынуждает пересмотреть и откорректировать ранее разработанные приемы мелиорации этих почв (В.А. Исаев, О.Ю. Баранова, 1996).

Ростовская область. Учитывая, что к каштановой зоне относится и юго-восточная часть Ростовской области в пределах Доно-Сальско-Манычского междуречья, рассмотрим особенности мелиорации солонцовых почв в этом регионе. Их площадь составляет 1670 *тыс. га*, 75% из них находится в юго-восточных районах.

Изучением почв занимались экспедиции Ростовского государственного университета, Южгипроводхоза, Росгипрозема; вопросами освоения и мелиорации – сеть стационаров Донского зонального НИИ сельского хозяйства и Донского сельскохозяйственного института.

В коллективной монографии М.Б. Минкина, В.М. Бабушкина и П.А. Садименко (1980), определены научные подходы к мелиорации солонцовых почв этого региона. Пользуясь современными методами физической и коллоидной химии, они исследовали характер поверхностных явлений в дисперсных системах и выявили природу неблагоприятных агрофизических свойств солонцов, особенно малонатриевых. Получены новые данные о химических равновесиях и формах ионов в жидкой фазе, обусловливающих процессы аккумуляции солей, а также растворимость органических и минеральных соединений.

Отмечено, что почвы развиваются на возвышенных и низких равнинах Доно-Сальско-Манычского водораздела, где почвообразующими породами являются преимущественно лессовидные карбонатные в разной степени засоленные суглинки. Климат очень засушливый. Растительность - разнотравно-типчаково-ковыльная степь, типчаково-ковыльная степь и пустынная степь. Первый тип растительности характерен для предкавказских и частично южных черноземов. Второй - для темно-каштановых почв и солонцов и третий (пустынная степь) - для каштановых и светлокаштановых солонцеватых почв в комплексе с солонцами. Солонцы всего региона на водоразделах являются автоморфными. Значительную часть их относят к малонатриевым. Высказано предположение, что в предшествующие геологические эпохи почвы развивались на засоленных лессовидных породах, прошли луговую стадию и с поднятием территории стали рассоляться. Поэтому солонцеватость почв носит остаточный характер.

На основании проведенных многолетних опытов авторы пришли к выводу о необходимости дифференциации приемов мелиорации солонцов. Так, для малонатриевых солонцов лучшим способом является агробиологический метод, с обработкой почв трехъярусным плугом и сохранением верхнего элювиального горизонта на месте. Полная гомогенизация всего глубокообработанного слоя малоэффективна. Для солонцов, в которых карбонатный горизонт залегает относительно глубоко, более эффективно гипсование.

В Ростовской области имеются залежи глиногипса, содержащего до 60-90% гипса. По данным ЮжНИИГИМ (И.С. Скуратов, 1981), внесение его в дозе 10-12

т/га оказывает положительное действие при промывном режиме орошения в течение 5-6 лет.

Опыты В.В. Буйлова и др. (1979) на солонце-солончаке с близлежащими (2,5 *м*) грунтовыми водами показали, что внесение лигносульфата аммония (1,3-1,7%) в 10 *см* слой почвы увеличило водопрочность структурных агрегатов, понизило щелочность, величину pH и увеличило содержание Ca. Кроме того, произошло усиление биологической активности, содержания азота и гумуса в почве.

Интенсивная научно-исследовательская работа в Ростовской области завершилась внедрением наиболее эффективных приемов в сельскохозяйственное производство. За период 1965-1978 гг. было проведено гипсование на площади 150 *тыс. га* и ярусная вспашка - 330 *тыс. га*.

Предкавказье. Засоленные почвы Предкавказья мало распространены в Краснодарском крае и значительно больше в Ставропольском крае, где площадь их достигает 1,3 *млн. га*, в том числе в черноземной зоне - 600 *тыс. га*, в каштановой - около 800 *тыс. га* (Горбунов, Петров, 1968).

Развиваются эти почвы как в гидроморфных условиях (при близком залегании грунтовых вод, в долинах рек), так и в автоморфных условиях (на водоразделах и склонах). В первом случае почвообразующими породами являются современные и древние аллювиальные отложения, во втором - лессы, третичные засоленные глины, а также продукты их выветривания.

Почти для всех засоленных почв этого региона типично нейтральное засоление и лишь изредка появляется содовое. Солевые горизонты обычно расположены в черноземах и каштановых солонцеватых почвах на глубине 1,5-2 *м*, но изредка бывают в каштановых, ближе к поверхности. В солонцах солевой максимум находится в пределах верхнего метрового слоя. Развивающиеся в поймах рек солонцы-солончаки характеризуются очень близким залеганием солевого максимума (0-30 *см*) и сульфатным типом химизма.

В черноземной зоне более эффективным приемом окультуривания солонцовых почв является внесение фосфогипса в дозе 6 *т/га* при безотвальной вспашке на глубину 30 *см*. В этом случае улучшаются химические и

физические свойства почвы. За 10-летний период прибавка урожая зерновых культур в среднем составила 13,5 *ц/га* (Петров, Копейкин, 1974). В.И. Тюльпанов (1980), изучавший в Центральном Предкавказье в черноземной зоне генезис солонцов, образовавшихся на третичных глинах, считает, что для ускорения их рассоления и рассолонцевания лучше всего вносить известь и гипс.

В каштановой зоне, где солонцовые почвы занимают наибольшую площадь, лучшим приемом мелиорации является плантажная и ярусная вспашки. Рекомендуется отводить такие поля под черный пар. Каждый гектар плантажированных полей или обработанных ярусным плугом позволяет получить втрое больше, чем при обычной обработке (Петров, Беликова, 1976).

Поволжье, Прикаспийская низменность. Засоленные почвы Поволжья (левобережье р.Волги, охватывающее древние террасы Волги, низкое сыртовое Заволжье и правобережье в пределах Приволжской возвышенности) изучали многие почвоведы: Антипов-Каратаев, Филиппова (1937), Бирюкова (1962), Иозефович (1929), Садовников (1952), Роде, Ковда (1939) и др. Почвы Прикаспийской низменности и приемы мелиорации солонцов освещены в работах Ковды (1950), Роде, Польского (1960), Большакова (1966), Егорова, Зимовца (1965, 1976) и др.

Этот регион относится к суббореальному степному, сухостепному и в пределах Прикаспийской низменности - к полупустынному биоклиматическому поясу. Появление солей в породах и почвах на значительной части Поволжья имеет континентальное происхождение и морское засоление в Прикаспийской низменности. Почвообразующие породы в левобережной части Поволжья представлены в основном тяжелыми лессовидными суглинками и глинами, а в правобережной части - элювием и делювием известняков и других пород, в Прикаспийской низменности - суглинками и др.

В почвенном покрове Поволжья и Прикаспийской низменности наблюдается широтная зональность, которая местами нарушается. В направлении с севера на юг черноземы обыкновенные сменяются южными черноземами, темно-каштановыми, каштановыми, затем светло-каштановыми и бурыми почвами, часто образующими ком-

плексы с солонцами. Помимо автоморфных, характерных для водоразделов, на террасах рек образуются полугидроморфные и гидроморфные солонцовые комплексы. В засоленных почвах, испытывающих воздействие грунтовых вод, отмечается содовое засоление; в более северных районах также содовое, а южнее – смешанное и затем – нейтральный тип засоления. В автоморфных солонцовых почвах химизм нейтральный (сульфатный) и хлоридный.

В основу агробиологической мелиорации солонцов сухостепной зоны были положены приемы, разработанные на Малоузеньском стационаре (Антипов-Каратаев, Пак, 1953): вспашка на глубину, обеспечивающая извлечение на поверхность карбонатов самой почвы, орошение, внесение удобрений, травосеяние. Вспашка проводится плантажным или ярусным плугом. В более засушливых условиях пустыни, на Джаныбекском стационаре, А.Ф. Большаков (1966) предложил метод мелиоративной обработки солонца плантажным плугом, с извлечением на поверхность почвы гипса, содержащегося в породе. В солонцах отмечалось рассоление, рассолонцевание, улучшение агрофизических свойств и повышение урожайности сельхозкультур.

В.В. Егоров (1976) предложил ускоренный метод мелиорации солонцов при орошении. Вначале проводится планировка земли и снимается верхний слой почвы. Затем вносится гипс в дозе 8–10 *т/га*, производится промывка, а затем масса снятой земли возвращается на место.

Сотрудники Волгоградского СХИ установили, что на светло-каштановых почвах междуречья Волги и Дона хорошее действие в орошаемых условиях оказывают внесенный гипс и железный купорос в дозе 5 *т/га*. Кроме того, получены заметные прибавки урожая (на 15–35%) от применения отходов металлообрабатывающей промышленности в виде шлама, железного купороса и отработанных травильных кислот (Радов, Уланов, 1974).

В Волгоградском Заволжье, на солонцовых светло-каштановых почвах подтверждено высокое положительное воздействие агробиологического метода. Применяли мелиоративную обработку почвы на глубину 40 *см*, глубокое безотвальное рыхление и отвальную

вспашку на глубину 27 *см* и посев люцерны на фоне орошения. В результате произошло улучшение водно-физических свойств и рассолонцевание почв (Азовцев, Морозова, 1973). Бегучев П.П. с сотрудниками (1972) предложили выращивание однолетних и многолетних трав, оказывающих мелиоративное влияние на солонцеватые почвы (горчица сарпетская, подсолнечник, донник, волоснец ситниковый, сорго сахарное, дикорастущие лебеда и полынь).

В Заволжье на малонатриевых солонцах провели сравнение действия гипса и лигнина. В самые первые годы гипс действовал несколько эффективнее лигнина, но уже на 4-й год, наоборот, лигнин вызывал лучшее развитие растений. Урожай зеленой массы ячменя на фоне внесения лигнина составил 138 *ц/га*, а на гипсованной делянке – 108,5 *ц/га*, при урожае на контроле – 73,1 *ц/га* (Данилова, 1981).

ЗАКАВКАЗЬЕ

Грузия. Засоленные почвы этого региона относятся преимущественно к субтропическому поясу с аридным климатом. В пределах Грузии они встречаются в ее восточной части, в долинах рек и в меньшей степени – на водоразделах. Почвы изучены Димо (1960), Дуниамаляном (1969), Сабашвили (1948), Чхиквишвили (1948–1964) и др.

В долинах рек Алазани, Иоры, Куры и др. засоленные почвы образуются в гидроморфных условиях и представлены луговыми солончаками, аллювиально-луговыми поверхностнозасоленными почвами и солончаками-солонцами. Большинство из них относится к сульфатному типу, но иногда появляются почвы содового химизма. В последних солевой профиль имеет такую особенность: в верхней части, до глубины 50 *см*, обнаруживается содовое засоление, а ниже – сульфатное.

В почвах, развивающихся в полугидроморфных условиях, химизм солей сульфатный. В засоленных почвах отмечается разная степень солонцеватости. Автоморфные почвы – черноземы, каштановые, бурые – развиваются на водоразделах и высоких террасах рек.

Все они имеют сульфатный или хлоридно-сульфатный тип засоления. Встречаются и несолонцеватые почвы.

Результаты опытов Грузинского научно-исследовательского института почвоведения, агрохимии и мелиорации показали, что на автоморфных солонцовых почвах лучшим приемом повышения их плодородия является ярусная вспашка с внесением удобрений в почву, посевом многолетних трав и использованием зеленого удобрения (Чхиквишвили, Гомартели, 1971).

Для гидроморфных и полугидроморфных солонцовых почв содового химизма авторы предлагают применять комплекс различных приемов, в который входят кислование серной кислотой в дозе 15 *т/га*, внесение гипса в количестве 10–15 *т/га*, а также полимера (полиакриламида К-4). Полимер способствует образованию агрономически ценных почвенных агрегатов, снижению плотности почвы и увеличению коэффициента фильтрации воды (Чхиквишвили, Варазашвили, 1974)

Армения. Засоленные почвы Армении сосредоточены в основном в Араратской котловине, окруженной горами. Страна является малоземельной, с коэффициентом земельного использования около 0,5. Под пашню и плодовые культуры отводится всего 19% земель. Отсюда возникает острая необходимость в борьбе с засолением и солонцеватостью почв. Во многих публикациях армянских почвоведов (Петросян, Читчян, 1971; Оганесян, 1971; Агабабян,1971; Манукян, 1976 и др.) отмечается, что образование засоленных почв связано с воздействием близко залегающих грунтовых вод, преимущественно содового химизма. К ним относятся гидроморфные почвы – луговые солончаки и луговые засоленные почвы, характеризующиеся солонцеватостью. В составе солей преобладает сода. Совместные усилия почвоведов Армении с гидрогеологами, агрономами и плодоводами завершились разработкой сложного комплекса мелиорации, в который входят гидротехнические, химические и другие мероприятия. Внедрение их превратит совершенно бесплодные солончаки в хорошо окультуренные, на которых возможно выращивание не только зерновых, но и плодовых культур.

Были разработаны разные комплексы приемов мелиорации засоленных почв. Один из них – стадийное

кислование. При этом строят вертикальный дренаж, подают на поверхность почвы разбавленную серную кислоту, производят вспашку на разную глубину, вносят удобрения и засевают солеустойчивыми сельхозкультурами.

Другой вариант мелиорации включает внесение серной кислоты и сернокислого железа, что, по мнению авторов (Оганесян и др.), значительно ускоряет рассолонцевание почв. С этой целью применяют также полимеры. Затраты на мелиорацию полностью окупаются.

Азербайджан. Засоленные почвы занимают большую площадь, но среди них преобладают солончаки. Их характеристике посвящена большая литература, в том числе ряд монографий (В.Р. Волобуев, 1948, 1965; Э.С. Варунцян, 1977), в которых освещены важные закономерности почвенно-геохимических превращений солей под влиянием длительного орошения на фоне дренажа.

Среди засоленных почв Азербайджана встречаются гидроморфные и автоморфные почвы. Первые широко встречаются на побережье Каспия, вдоль правого берега Куры в Сальянской, Муганской и Мильской равнинах. Засоленные почвы (солончаки и солончаковатые луговые, сероземно-луговые и др.) засолены хлоридами и реже – сульфатами. Автоморфные засоленные почвы (сероземы) имеют сульфатный химизм солей.

Как в автоморфных, так и в гидроморфных засоленных почвах отмечается повышенное содержание поглощенного натрия, плохие физические свойства. Химизм солей в почвах нейтральный – хлоридный и сульфатно-хлоридный.

В связи с преобладанием в Азербайджане солончаков и солончаковых почв, применяют рассолительную мелиорацию – промывку почв на фоне горизонтального и вертикального дренажа, внесение удобрений, подбор солевыносливых культур. Опытами Бардинской опытно-мелиоративной станции (Агаев, Мамедов, 1972) установлена высокая эффективность местного гипсосодержащего материала-гажи. В нем содержится до 40–60% гипса. Рекомендуется внесение навоза и проведение промывок. В данной зоне вопрос о борьбе с солонцеватостью менее актуален.

Азиатская часть России. Западная Сибирь. Засоленные почвы занимают 10,8 *млн га* (Н.Г. Градобоев, 1974). Изучением засоленных почв Сибири с целью их рационального использования и повышения плодородия занимались многие исследователи: К.П. Горшенин (1939), Н.В. Орловский (1979), А.И. Оборин (1972), Н.И. Базилевич (1965), Н.Г. Градобоев, В.М. Прудникова, И.С. Сметанин (1960), П.С. Панин, Т.Н. Елизарова, А.М. Шкаруба (1977), П.Г. Еловская, А.К. Коноровский, Д.Д. Савинов (1968).

Установлено, что засоленные почвы появляются и в условиях бореального мерзлотного пояса (Якутия), где периодическое оттаивание вечной мерзлоты способствует капиллярному подъему солевых растворов и засолению почв (П.Г. Еловская и др., 1968). Основная же часть засоленных почв Западной Сибири приурочена к суббореальному лесостепному и степному поясам.

Н.И. Базилевич (1965) проведен анализ процессов геохимической миграции химических элементов в отдельных частях ландшафта Барабинской степи – в породах, грунтовых водах и почвах. Определена роль биологического круговорота веществ в процессах соленакопления, скорость высвобождения химических элементов из опада растений. Установлено, что в солонцах лесостепной зоны происходит накопление соды, а в степной – уменьшение ее количества и замена сульфатами и хлоридами.

Н.В. Орловский (1979), изучавший особенности солевого режима засоленных почв данного региона, отмечает два периода максимального накопления солей – летний и зимний. Последний достигается в то время, когда капиллярная влага, подпитываемая грунтовыми водами, передвигается к мерзлым горизонтам почвы. Орловскому вместе с Вернером удалось также выявить в специальном опыте особенности процесса сульфатредукции, протекающего в анаэробных условиях, в результате чего в почвах появляется сода. Так была установлена еще одна из причин содового засоления в почвах Западной Сибири, кроме поступления соды из грунтовых вод.

Почвенно-географическими исследованиями было выявлено, что зональными почвами лесостепной и степной зон являются черноземы выщелоченные, обыкновенные, южные и в сухой степи – темно-каштановые и каштановые. На их фоне отдельными пятнами могут развиваться солонцы, солончаки и солоди, с преобладанием солонцов. С учетом условий грунтового увлажнения образуются солонцовые комплексы – автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные. Химизм солей в солонцах содовый (в лесостепи) и смешанный или нейтральный в сухой степи.

На солонцах Западной Сибири неоднократно проводились опыты по их мелиорации. Так, в одном наиболее длительном опыте, проведенном А.И. Обориным (Пермский сельскохозяйственный институт), гипс в неорошаемых условиях вносили в луговые солонцы с близким залеганием грунтовых вод < 2,5 *м*. На протяжении 10 лет в почвах происходило уменьшение количества поглощенного натрия. Затем грунтовые воды поднялись и установились в пределах 0,6–1 *м*, вследствие чего растворы солей устремились к поверхности и в почвах повысилось количество поглощенного натрия. В наибольшей степени это отмечалось именно на гипсованных солонцах.

Иной метод мелиорации солонцов был предложен Н.В. Орловским – землевание, т.е. нанесение на поверхность пятен солонцов небольшого, около 2 *см*, слоя прилегающего к ним чернозема. Автор считает, что такой метод является самым дешевым и легко осуществим с помощью грейдера. Вносить слой чернозема следует несколько раз. После этого на пятнах солонцов создаются лучшие условия для развития растений, и исчезает пестрота растительного покрова, повышается урожай на всем поле.

В последующие десятилетия (50–60 гг. XX века) солонцовой проблематикой стали заниматься новые коллективы: Проблемная лаборатория Омского СХИ (Градобоев, Мигуцкий, Березин, Семендяева и др.), Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения АН СССР (Панин, Трубецкая, Селяков, Шкаруба, Елизарова), Институт механизации и электрификации Сибирского отделения АН СССР (Кулебякин и др.). В Омском сельскохозяйственном институте было испытано

действие кислования серной кислотой содовых солонцов и сконструирована машина для внесения кислоты в почву. Оказалось, что в первые два года кислота действует на почву сильнее, чем гипс, после 4–5 лет – так же, как гипс, но последействие гипсования более длительное, чем кислование (Березин, 1980). Эффективность гипса повышается при совместном внесении его с минеральными азотными и фосфорными удобрениями. Так, в Омской области на мелких и корковых солонцах при внесении гипса в дозе 25 *т/га* урожай овса составил 26,6 *ц/га*, а с внесением азотных и фосфорных удобрений (N – 45 и P – 90 *кг/га*) он повысился еще на 9–18 *ц/га* (Н.В. Войтович, В.Г. Келебер, 1980).

Почвоведами Сибири в результате углубленных теоретических и практических исследований в области генезиса засоленных почв была разработана новая модификация метода определения доз гипса по поглощению кальция из растворов кальциевых солей почвенной массой иллювиального горизонта солонца и почвенным контрольным образцом зональной почвы. Разница показаний и была критерием степени допоглощения кальция (Березин и др., 1979).

Учитывая различия в условиях почвообразования и свойства солонцов разных ландшафтов, почвоведы Сибири применили дифференцированный подход к разработке мелиоративных приемов. Так, для основной площади Барабинской степи с солонцами многонатриевыми предложено гипсование или внесение смеси гипса с сернокислыми отходами промышленности (Оборин, Панин). Кроме того, рекомендовано вносить полимеры, способствующие образованию агрономически ценной структуры (Градобоев). Для солонцов Северной Кулунды с близким залеганием минерализованных грунтовых вод и высоким засолением (луговые солончаковые хлоридно-сульфатные солонцы с близким залеганием скоплений гипса и карбонатов) эффективно проведение плантажной вспашки на глубину до 40 *см*. Для солонцов с пониженным залеганием гипса рекомендуется безотвальная обработка почвы на глубину до 30 *см* и внесение гипса. Освоенные земли следует оставлять под черный пар, с последующим посевом донника белого (Соколов, 1972).

Для солонцов Алтайского края рекомендуется глубокое безотвальное рыхление, гипсование малыми дозами
(3 *ц/га*), землевание пятен солонцов и посев солеустойчивых трав (Баркан, 1974).

Исследования по обработке солонцов Сибири (Кулебякин и др.) показали значительное преимущество послойной безотвальной обработки фрезерованием или дискованием на глубину 10 *см* с последующим рыхлением солонцового горизонта на глубину 35 *см*. Во всех регионах с солонцовыми землями предложено высевать солевыносливые и солонцевыносливые травы, создавать культурные пастбища.

Казахстан. В этом регионе солонцовые земли занимают огромную площадь – 57 *млн га*, из них 13,4 *млн га* пашни. Поэтому понятно стремление местного населения и государства к освоению и использованию этих земель. В 50-е годы прошлого столетия развернулось народное движение по подъему целины в Казахстане и других территориях. В порядке оказания помощи в Казахстан на освоение целинных и залежных земель приезжали специалисты разного профиля. Создавались новые сельскохозяйственные организации, научные и производственные учреждения. Закладывались опыты по мелиорации солонцовых земель, созданию кормовой базы для животноводства. Конструировались новые сельскохозяйственные орудия.

Научные исследования позволили выявить особенности природных условий и почв Казахстана. По климатическим условиям территория с солонцовыми почвами относится в основном к суббореальномму лесному и степному поясам. Рельеф центральной части Северного Казахстана горно-сопочный и возвышенно-равнинный (так называют Центрально-Казахский мелкосопочник). Рельеф западной и юго-западной части Казахстана, где расположена так называемая Тургайская столовая страна, – равнинный.

Почвообразующие породы северной части региона представлены главным образом покровными лессовидными карбонатными суглинками, содержащими водорастворимые соли, а также элювиально-делювиальными и аллювиальными отложениями.

В почвенном покрове преобладают степные почвы: в умеренно засушливой зоне – обыкновенные черноземы, в засушливой степи – черноземы южные и в сухой – темно-каштановые и каштановые почвы. Зональные почвы часто образуют вместе с солонцами комплексы, количество пятен которых различно. Фациальной особенностью почвенного покрова является повышенная карбонатность и солонцеватость.

В.П. Кирюшин (1976) связывает начало появления солонцов в этом регионе с прохождением былой солончаковой стадии при гидроморфных условиях почвообразования. Позже в связи с понижением уровня грунтовых вод и выносом солей образовались солонцы.

На современном этапе на рассматриваемой территории развиваются также луговые, лугово-степные и степные солонцеватые комплексы. Химизм засоления в них преимущественно нейтральный (сульфатно-натриевый).

Сведения об особенностях почв Северного Казахстана имеются в различных публикациях (Успанов, Боровский и др., 1965). В обобщающих работах 70-х годов (Михайличенко, Кирюшин) много внимания уделено вопросу образования малонатриевых солонцов в Северном Казахстане, площадь которых особенно велика. Вопрос о малонатриевой солонцеватости до сих пор являются дискуссионным. Морфологический профиль с четко выраженными элювиальным и иллювиальным горизонтами не соответствует количеству поглощенного натрия, которое невелико, порядка 8–10% от емкости обмена. Еще Орловским было подмечено, что хотя поглощенный натрий постепенно выщелачивается из поглощающего комплекса, но морфологическая выраженность иллювиального горизонта сохраняется. На Украине такое же явление отмечалось А.Н. Соколовским, разработавшим метод искусственного осолонцевания ложа каналов внесением поваренной соли. Оказалось, что со временем в обработанной массе породы оставалось ничтожное количество поглощенного натрия, но степень пептизированности не уменьшалась. А.Н. Соколовский по этому поводу образно заметил, что «натрия уже нет, но дух его остался», то есть остались последствия его действия.

В почвоведении появилось немало теорий, объясняющих это явление. Одна из них – магниевая, предложенная И.Н. Антиповым-Каратаевым (1930), П. Шавры-гиным (1935), Н.П. Пановым и Н.А. Гончаровой (1969). Авторы полагают, что физическая солонцеватость вызвана воздействием большого количества обменного магния в сочетании его с натрием.

Н.В. Градобоев (1972), И.Я. Половицкий (1968), А.Г. Цуриков (1969) предложили относить к малонатриевым солонцам почвы, у которых сумма поглощенных магния и натрия равна или превышает 50% от емкости обмена.

В.И. Кирюшин высказал предположение, что малонатриевая солонцеватость в почвах Северного Казахстана могла появиться уже при содержании поглощенного натрия около 10%, когда отмечается заметная пептизация почвенной массы. Кроме того, она может носить и остаточный характер, если в таких солонцах солевой горизонт находится относительно глубоко.

В.Н. Михайличенко (1979) предлагает иную гипотезу образования малонатриевой солонцеватости. На основе модельных опытов он утверждает, что при взаимодействии растворов солей с поглощающим комплексом происходит не только изменение электрического поля коллоидной системы, но и реакция двойного обмена с выделением в раствор натриевых соединений полимерной кремнекислоты, сульфатов, гуматов и алюминатов натрия и других соединений, образующих гидрофильную плазму. В связи с этим предложено для мелиорации солонцов использовать не только соли кальция, но и соли трехвалентных металлов или полимеров-структураторов.

В своей коллективной работе В.М. Боровской и Э.А. Соколенко (1971) описывают методы расчета на ЭВМ ионно-солевого комплекса почв, объясняют физико-химические основы вспышки щелочности почв при орошении, показывают возможность использования математического аппарата для определения механизма переноса солей в почвах. Помимо чисто теоретических вопросов, авторы разработали также ряд практических рекомендаций для расчета промывных норм и определения параметров тепломассопереноса в почвах.

На основании многочисленных опытов по мелиорации солонцов в Северном Казахстане разработаны: агромелиоративная группировка солонцовых почв с рекомендацией мероприятий окультуривания солонцов по каждой группе и виды мелиорации солонцов (В.Н. Михайличенко), рекомендации по созданию культурных пастбищ, ассортимент соле- и солонцеустойчивых сельхозкультур (Байтканов), перспективные сельскохозяйственные орудия для обработки солонцов.

В.Н. Михайличенко предлагает использовать в этом регионе такие виды мелиорации солонцовых почв: химическую (внесение гипса и других мелиорантов); травосеяние; агрофито-химическую (использование собственных резервов кальция в виде карбоната кальция, гипса, глубокие мелиоративные вспашки, травосеяние; фито-агротехническую (механическая обработка, травосеяние); залужение соле- и солонцеустойчивыми травами сильно засоленных солонцов.

В Северном Казахстане Институт почвоведения АН КазССР занимался усовершенствованием метода внесения гипса для разных видов солонцов. Предложен способ двукратного внесения гипса с последующим глубоким (на 35-37 *см*) безотвальным рыхлением. Норма гипса рассчитывалась на суммарную мощность горизонтов B_1 и B_2. Часть дозы гипса вносят под вспашку плугом с предплужниками, а следующую - под дискование. Такой метод применяется в Украине (Самбур и др.). В условиях Казахстана он оказывает положительное действие на протяжении 12 лет (Л.Ф. Кисляков, 1981).

В опытах этого института, проводимых при орошении, установлено, что на луговых солончаковых солонцах содового типа засоления заметное снижение щелочности наблюдалось при внесении дефеката (12 *т/га*) совместно с серной кислотой (15 *т/га*) или с фосфогипсом (24 *т/га*) (Ж.У.Аханов и др., 1981).

Для условий Целиноградской области, где солонцы образуются при периодическом влиянии гидрокарбонатных грунтовых вод, мелиорацию слабосолонцеватых почв рекомендуется проводить путем гипсования по глубоким безотвальным и отвальным вспашкам (Еськов, Кирюшин). Для солонцов черноземной зоны больший эффект обеспечивает плантажная вспашка, если в

извлекаемой массе породы содержится не более 20% поглощенного натрия. Но на солонцах с очень низким содержанием гумуса ее применять не следует, поскольку ухудшается азотный режим (Кирюшин).

По мнению ряда почвоведов (Асанбаев, 1972; Кожевников, 1974; Чултуров, 1975 и др.), лучшим способом мелиорации солонцов этого региона является плантажная вспашка. К.П. Пак и А.Ф. Новикова пришли к заключению, что для условий Кустанайской области более эффективна ярусная вспашка.

Завершая обобщение литературы относительно состояния солонцовой проблемы на территории стран бывшего Советского Союза, нельзя не отметить высокую степень реализации в те годы приемов окультуривания солонцов. Их разработкой, как было отмечено выше, занимались около 40 научных и учебных учреждений. Только за последние 10 лет (1976–1986 гг.) были проведены гипсование солонцовых почв на площади 1,9 *млн га* и мелиоративная обработка на площади 1,5 *млн га*. Около 20 *млн га* целинных и залежных солонцовых земель вовлечено в пашню обычными плугами. К 2000 году намечалось довести площади мелиорированных земель до 35–40 *млн. га*, что составляло бы 50% площади пашни. Это были планы на перспективу (Репин, 1979). Однако они не осуществились из-за распада СССР и наступившего трудного экономического положения в период перехода к рыночной экономике.

Таковы краткие результаты исследований почвоведов мира о распространении засоленных почв и рекомендуемых способах повышения их плодородия. Прежде чем перейти к агроэкологической оценке вышеназванных приемов мелиорации, целесообразно сделать заключение по двум важным вопросам – источникам солей и их перераспределению, специфике солонцеобразования в разных биоклиматических поясах мира. С учетом их должны решаться вопросы выбора оптимальных путей мелиорации засоленных почв.

Источники солей на земной поверхности и их перераспределение.

Исследования показали, что засоленные почвы появились на земной поверхности под влиянием солей

разного происхождения и перераспределения. К основным источникам солей следует отнести следующие.

Соли океанов и морей. Они поступают непосредственно с приливами морской воды на низком побережье; путем эолового переноса солей с акваторий вглубь континентов; при выветривании четвертичных отложений современных морских террас и отложений третичного и более древнего возраста, выклинивающихся на поверхность в процессе эрозионного расчленения территории.

Соли недрового происхождения, заключенные в породах разного возраста в виде соляных куполов, перекрытых в настоящий период более молодыми четвертичными породами. Сюда же следует отнести и соли подземных, в том числе грунтовых вод.

Соли, возникающие в процессе выветривания кристаллических пород, продуктов современного и древнего извержения вулканов и других пород.

Соли биологического происхождения, связанные с разложением органических остатков.

По А.Н. Соколовскому (1971), среди разных путей появления солей на земной поверхности главное значение принадлежит солям, заключенным в отложениях пород разного возраста в виде соляных куполов и других солепроявлений, а также в подземных водах. По сравнению с огромными запасами в них солей (Кларк, Ферсман, Вернадский, Сибирцев, Ковда и др.) засоленные почвы, по мнению Соколовского, можно рассматривать лишь в качестве пленки на огромной толще геологических отложений как солепроявление на земной поверхности. Однако фактор воздействия современного климата на образование засоленных почв не опровергается никем из исследователей. Большое значение в перераспределении солей и образовании засоленных почв имеет режим увлажнения почв (В.А. Ковда, 1946). При близком залегании минерализованных грунтовых вод (гидроморфные условия) устанавливается капиллярно-грунтовое увлажнение с сезонным режимом необратимого засоления и образованием солончаков.

На территории с залеганием грунтовых вод в пределах 3-6 (8) метров в почвах устанавливается пленочно-капиллярное увлажнение с сезонно обратимым

процессом засоления - рассоления. Это полугидроморфные условия, в которых образуются лугово-степные солонцы и лугово-каштановые почвы.

В условиях глубокого залегания грунтовых вод (ниже 6-8 *метров*) имеет место лишь элювиальное увлажнение без участия грунтовых вод в почвообразовании. Здесь устанавливается сезонно-необратимое рассоление, с образованием степных солонцов, темно-каштановых солонцеватых и каштановых солонцеватых почв. Процесс почвообразования направлен в сторону рассоления и рассолонцевания.

Особенности режима увлажнения хорошо контролируются в системе геохимической сопряженности, которая оказывает большое воздействие на перераспределение солей. В автономных ландшафтах совершается вынос солей вниз. В переходных, транзитных ландшафтах, соли перемещаются геохимическим потоком по уклону, а в подчиненных ландшафтах происходит аккумуляция солей.

Солонцеобразование в разных биоклиматических условиях.

Главнейшую роль в процессах засоления-рассоления и осолонцевания играют климат и растительность. В каждом биоклиматическом поясе процессы засоления и осолонцевания имеют свою специфику, что отражается в их химическом составе, физических свойствах, в составе коры выветривания, определяя в целом уровень плодородия засоленных почв.

Довольно наглядно распределение засоленных почв в мире видно по сводной таблице 5, составленной нами на основании данных Н.Н. Розова и М.Н. Строгановой (1997). Несколько дополнений в нее внесено нами и в отношении степени гидроморфности и засоления на основании материалов по Украине и отчасти России.

Приведенные в таблице данные свидетельствуют, во-первых, о четкой интразональности засоленных почв почти во всех зонах. Во-вторых, проявляется специфичность каждой зоны, условий почвообразования в ней, накладывающих своеобразный отпечаток на состав и свойства засоленных почв, в пределах даже одного типа. Поскольку в литературе этому вопросу уделено недостаточно внимания, обратимся к конкретным данным, показанным в табл. 5 и рассмотрим особенности засоленных почв в каждой биоклиматической зоне.

В ***тропическом поясе*** формируются совершенно оригинальные мангровые почвы приливно-океанических ландшафтов. Когда в прибрежной части образуются дельты, то они подвергаются периодическому затоплению морской водой, после сброса воды дельты высыхают. Окислительно-восстановительные процессы в таких условиях сдвигаются то в одну, то в другую сторону. При затоплении протекает сульфатредукция, и почвы становятся щелочными, при высыхании территории происходит окисление соединений железа, и почвы становятся кислыми, в них накапливаются соединения железа и марганца.

Таблица 5. Засоленные почвы различных биоклиматических поясов мира (по Н.Н. Розову и М.Н. Строгановой, 1997 с добавлением автора)

Особенности климата по степени атмосферного увлажнения	Режим увлажнения почв	Особенности коры выветривания и почвообразования	Почвы
1	2	3	4
ТРОПИЧЕСКИЙ ПОЯС			
Тропический гумидный	Гидроморфный приливно-океанический	Глеевые засоленные	Мангры
Тропический семиаридный	Полугидроморфный	Феррасиаллитные солонцово-осолоделые щелочные глеевые	Солоди, солонцы
Тропический аридный	Автоморфный	Сиаллитные карбонатно-засоленные щелочные слабо ферратизированные	Пустынные тропические
	Полугидроморфный	Сиаллитные засоленные	Солончаки
СУБТРОПИЧЕСКИЙ ПОЯС			
Субтропический семиаридный	Полугидроморфный	Карбонатно-сиаллитные солонцово-осолоделые щелочные глееватые	Солонцы субтропические, солоди
	Автоморфный	Карбонатно-сиаллитные слабощелочные	Сероземы солончаковатые, пустынные щебнистые
		Сиаллитные грубообломочные	Лугово-сероземные засоленные, почвы оазисов засоленные
Субтропический аридный	Полугидроморфный	Карбонатно-сиаллитные слабощелочные лугово-глееватые	
	Гидроморфный	Карбонатно-сиаллитные	Солончаки, такыры

		щелочные засоленные	

Продолжение таб. 5

1	2	3	4
СУББОРЕАЛЬНЫЙ ПОЯС			
Суббореальный семигумидный	Полугидроморфный	Монтмориллонитово-карбонатно-сиаллитные солонцово-осолоделые глееватые засоленные	Лугово-черноземные солонцеватые, солонцы лугово-степные, солоди
	Гидроморфный		Солонцы луговые, солонцы-солончаки, черноземно-луговые солонцеватые
Суббореальный семиаридный	Автоморфный	Карбонатно-сиаллитные щелочные частично монтмориллонитовые	Черноземы солонцеватые, темно-каштановые и каштановые солонцеватые, солонцы степные
	Проугидроморфный	Карбонатно-сиаллитные солонцовые	Лугово-каштановые солонцеватые, солонцы лугово-степные
	Гидроморфный	Такие же	Каштаново-луговые солонцеватые, солонцы луговые, солончаки

Суббореальный аридный	Автоморфный	Карбонатно сиаллитные слабощелочные	Светло-каштановые солонцеватые, бурые полупустынные солонцеватые, солонцы полупустынные
	Полугидроморфный	Карбонатно-сиаллитные	Лугово-бурые солонцеватые, солонцы полупустынные

Продолжение таб. 5

1	2	3	4
	Гидроморфный	Карбонатно-сиаллитные засоленные	Солонцы полупустынные, луговые солончаки, такыры
БОРЕАЛЬНЫЙ ПОЯС			
Семигумидный мерзлотно-таежный	Полугидроморфный	Карбонатно-сиаллитные солонцово-осолоделые глееватые мерзлотные	Солонцы мерзлотные, солоди мерзлотные

Специфичность засоленных почв в этом поясе проявляется глубоко идущими процессами геохимического выветривания с выносом продуктов распада силикатной части и образованием подвижных соединений железа, придающих желтоватую или красноватую окраску всем почвам и особую их структуру. Процесс ферраллитизации охватывает и некоторые засоленные почвы данного пояса, где образуются ферраллитные солонцовые и осолоделые глеевые почвы с нейтральной и щелочной реакцией.

В семиаридном тропическом климате в полугидроморфных условиях сформировались феррасиаллитные солонцово-осолоделые щелочные глеевые почвы – солоди, солонцы.

В аридном тропическом поясе в автоморфных условиях развиваются тропические сиаллитно-карбонатные почвы – пустынные почвы, а в гидроморфных условиях образуются засоленные почвы – солончаки.

В ***субтропическом поясе*** геохимические процессы выветривания характеризуются несколько меньшим распадом силикатов и выносом продуктов разложения. Однако этот процесс проявляется в образовании красноземов и желтоземов. Засоленные почвы появляются в семиаридном климате в полугидроморфных условиях. Все карбонатно-сиаллитные солонцово-осолоделые щелочные глееватые почвы – солонцы субтропические и солоди.

В аридном субтропическом климате засоленные почвы встречаются в условиях автоморфного, полугидроморфного и гидроморфного увлажнения. Это карбонатно-сиаллитные слабощелочные почвы – сероземы солончаковые, а также пустынные щебнисто-каменистые, лугово-сероземные да засоленные и солонцеватые, карбонатно-сиаллитные щелочные почвы оазисов – солончаки.

В ***суббореальном поясе*** среди засоленных почв преобладающим по охвату территории является процесс солонцеобразования, который имеет заметные отличия в разных природных зонах. Так, в лесостепной зоне солонцеобразование сильно выражено в условиях полугидроморфного и гидроморфного увлажнения. При слабой дренированности грунтовые воды залегают относи-

тельно близко и обогащают почвы содой. Поэтому для этой зоны характерно содовое и смешанное засоление. Но в пределах этой зоны солонцы различаются по строению профиля. При высоком залегании грунтовых вод и содовом засолении формируются почвы поверхностносолонцового типа, в которых элювиальный горизонт слабо выражен. При более глубоком залегании грунтовых вод образуются глубоко-солонцеватые почвы смешанного засоления. Именно в них содержание поглощенного натрия наиболее высокое (многонатриевые солонцы). Солончаки образуются в гидроморфных условиях. По составу коры выветривания и почвообразования засоленные почвы лесостепи характеризуются как монтмориллонитовые карбонатно-сиаллитные солонцово-осолоделые глееватые и засоленные.

В сухостепной зоне (семиаридный суббореальный климат) развиваются черноземы южные (нередко глубокозасоленные), темно-каштановые и каштановые солонцеватые почвы и солонцы. В этой зоне большое место по площади занимают автоморфные солонцеватые почвы и солонцовые комплексы с пятнами солонцов степных. Это карбонатно-сиаллитные солонцовые щелочные почвы, частично монтмориллонитовые. Они развиваются вне влияния грунтовых вод и являются остаточными солонцеватыми. Степные солонцы часто относятся к малонатриевым, с «физической солонцеватостью». В этой зоне образуются также солонцы степные на выходах засоленных третичных глин.

Почвы засолены нейтральными солями, щелочные, но значительно в меньшей степени, чем солонцы лесостепной зоны содового химизма.

На плохо дренированной территории развиваются солонцы лугово-степные в комплексе с лугово-каштановыми солонцеватыми почвами, а в гидроморфных условиях увлажнения – солонцы луговые в комплексе с каштановыми луговыми солонцеватыми почвами, а также солончаки (в прибрежных территориях или в подчиненных ландшафтах).

Бореальный пояс. Засоленные почвы могут образоваться только при сочетании специфики климата с особенностями водно-солевого режима почв в условиях вечной мерзлоты. Оттаивание почвы в летний период сопровождается капиллярным подъемом растворов солей

и процессами засоления, осолонцевания и осолодения почв.

Таким образом, засоленные почвы мира весьма разнообразны по своему генезису и развиваются в зависимости от природных условий, химического состава солей, условий грунтового увлажнения. Поэтому в каждой стране приемы мелиорации дифференцируют исходя из почвенно-климатических условий.

Обобщение мирового опыта мелиорации позволило И. Сабольчу (1991) составить группировку всех засоленных почв мира. В ее основу положено различие в действии ионов солей, вызывающих осолонцевание или засоление, хлоридов и сульфатов натрия, ионов магния, кальция, железа, алюминия. При их участии образуются собственно засоленные почвы, почвы со щелочной реакцией, почвы магниевого засоления, гипсово-железистые почвы и кислые сульфатные почвы.

Для почв каждой группы предложены дифференцированные способы их мелиорации. С учетом последовательности изложения названных почв рекомендуется удаление избытка солей, понижение или нейтрализация высокой щелочности с помощью химической мелиорации, выщелачивание и изменение влияния среды почвенного раствора.

4. Агроэкологическая оценка способов мелиорации засоленных почв

Анализ вышеприведенных материалов показывает, что к проблеме мелиорации засоленных почв привлечено большое внимание многих стран мира, особенно стран СНГ, Западной Европы, Канады, США, Индии.

В результате интенсивного поиска эффективных способов повышения плодородия засоленных почв были разработаны усовершенствованные технологии внесения мелиорантов в почву, изучено мелиорирующее воздействие на солонцы различных природных мелиорантов, отходов промышленного производства, определены оптимальные виды глубоких обработок (ярусная, плантажная, безотвальная). Особое внимание исследователей разных стран было уделено разработке дифференцированных приемов мелиорации для разных солонцов с составлением агромелиоративных группировок. Важным

этапом исследования было составление карт распространения засоленных почв в отдельных странах и в мире.

В области оросительной мелиорации были изучены последствия широкого орошения почв в суббореальном климате и способы повышения их плодородия. В ряде стран оптимальные приемы мелиорации были внедрены в сельскохозяйственное производство на значительных площадях, особенно в странах СНГ, где внедрение осуществлялось за государственный счет.

Освещая мировой опыт мелиорации, в то же время очень важно оценить его в агроэкологическом аспекте, поскольку в последние десятилетия проблема экологии стоит в центре внимания мировой общественности.

Многие исследователи интенсивно занимаются вопросами экологии. Разрабатывается методика определения устойчивости почв к техногенным воздействиям (Глазовская,1999; Кирюшин, 1996 и др.). Большое внимание уделяется вопросу буферности почв (Трускавецкий, 2003). В качестве главных показателей экологической устойчивости территории предлагается учитывать эколого-мелиоративный потенциал, который может быть положительным или отрицательным, в зависимости от реакции на мелиорацию, и выражается продуктивностью агроценоза. Критерием оценки служат почвенный покров, породы зоны аэрации, грунтовые и пластовые воды (Казанцев и др., 1996). Предлагается методическое пособие по экологическому обоснованию мелиорации (Решеткин, 2001). Разрабатывается агроэкологическая концепция орошения черноземов, а также мелиорации солонцов (Балюк и др., 2001). Исследуются экологические последствия мелиорации солонцовых почв, расположенных в верхней части склона, для прилегающих ниже массивов (И.Н. Любимова, 1996). Дана экологическая оценка различных мелиоративных воздействий на ландшафты и направление почвообразовательных процессов (А.В. Новикова, 1999).Изучается загрязнение почв, грунтовых вод и оросительных вод токсикантами и тяжелыми металлами (С.А. Балюк, В.Я. Ладных и др., 2001), загрязнение фосфогипса фтором и стронцием (Е.Ф. Говорков, 1996 и др.), степень опасности загрязнения при повторном

внесении фосфогипса (Н.В. Семендяева, Н.В. Добротворская, 1996; Л.И. Березин, 1996).Разрабатываются способы снижения токсичного воздействия на почву внесением цеолитов (Н.П. Панов, Н.А. Гончарова, 1996; Н.П. Мозгова, Г.А. Евдокимова, 1996).

Обобщение и анализ материалов, приведенных в первых разделах данной работы, позволило автору выявить как положительные, так и отрицательные аспекты экологического воздействия мелиорации засоленных почв и оросительной мелиорации. Это дало возможность автору в продолжение своих исследований по экологии более детально остановиться на экологической оценке мелиорации.

Ниже приводится экологическая оценка приемов мелиорации солонцов: химической (состав мелиорантов, способы их внесения); глубокой мелиоративной обработке солонцов (агробиологический метод); фитомелиорации, электромелиорации. Отдельно рассматривается оросительная мелиорация.

Химическая мелиорация. Состав мелиорантов

При химической мелиорации почв применяют кальцийсодержащие природные соединения и отходы промышленности, содержащие кальций, а также кислоты, кислотообразующие вещества и органические мелиоранты.

К *кальцийсодержащим* мелиорантам относятся гипс, известняк, мел, хлористый кальций, азотнокислый кальций, фосфогипс, дефекат и др. Большинство мелиорантов, особенно природного происхождения, являются совершенно безвредными, экологически чистыми и безопасными. Фосфогипс следует отнести к группе экологически опасных мелиорантов в связи с наличием примесей фтора и стронция, токсически влияющих на растения. Однако от него не следует отказываться, потому что он имеет кислую реакцию и лучше, чем гипс, растворим, оказывает более сильное воздействие на рассолонцевание и относится к фосфорным удобрениям. Его токсическое воздействие происходит лишь при внесении дозы более 40 *т/га* (Говоренков, 1996) и при повторном внесении через несколько лет в повышенных дозах (Семендяева, Березин и др.).

Фосфогипс широко применяют как в богарных, так и в орошаемых условиях во многих странах мира: России, Украине, Молдавии, Румынии, Индии, Испании, США.

Воздействие хлористого кальция изучали в богарных и орошаемых условиях во многих странах мира. Это легкорастворимый и потому быстродействующий мелиорант. В США (Калифорния) хлористый кальций вносили при орошении на фоне горизонтального дренажа. Более сильное рассолонцовывающее действие он вызвал на солонец по сравнению с гипсом, разбавленной кислотой и серой (Брансон, Файерман, 1960).

В богарных условиях Украины (Среднее Приднепровье) хлористый кальций также способствовал энергичному вытеснению натрия в первые годы после его внесения. Однако его лучше применять при орошении, поскольку результатом обменной реакции является хлористый натрий, весьма токсичный для растений (Можейко, 1964). На осолодевающих солонцах лучшее действие, чем гипс, оказывают известь, мел, дефекат. Это подтверждено опытами в Венгрии, России, Канаде и других странах.

Помимо названных кальциевых мелиорантов, большое положительное действие имеет кальциевая селитра. Об этом свидетельствуют результаты опытов в Канаде (Кэйрнс и др., 1980), в Грузии (Симонов, 1977; Мурванидзе, 1979).

В целях усиления мелиорирующего действия гипса многие исследователи стали применять его совместно с другими веществами. В Канаде внесение гипса с нитратом аммония повысило его растворимость на 40% и действовало так же, как и минеральное удобрение. При этом повысился урожай сельхозкультур. Установлено, что эффективность гипсования возрастает также при совместном внесении гипса с азотно-фосфорными удобрениями (Войтович, Колебер, 1980; Мигуцкий, Парфенов, 1981).

Смесь фосфогипса с сернокислым железом способствует ускорению рассолонцевания, повышает активность ионов кальция, снижает степень дисперсности при внесении их во вторично содово-засоленную солонцовую почву террасы дельты Днепра (Новикова,

Гаврилович, 1984). Усиливается рассолонцевание почв и при внесении смеси гипса с известью.

Установлено, что результативность химической мелиорации зависит не только от состава и дозы мелиоранта, но и от интенсивности удаления продуктов обменной реакции. Если эти продукты обмена (NaCl, Na_2SO_4) не выносятся из сферы реакции, то рассолонцевание прекращается. Поэтому гипсование луговых солонцов с залеганием высокоминерализованных грунтовых вод ближе 2 м малоэффективно (Оборин, 1962; Чапко, 1987; Новикова, 1961).

Кислоты и кислотообразующие вещества включают серную, азотную кислоты, сернокислое железо, пирит, серу. Воздействие серной кислоты на почву зависит от степени ее карбонатности. При внесении кислоты в карбонатную почву образуется гипс, кальций которого способствует вытеснению поглощенного натрия. В бескарбонатных солонцах поглощенный натрий вытесняется ионом водорода, что приводит к энергичному разложению минеральной части почвы, ненасыщенности поглощающего комплекса основаниями. Поэтому кислоты можно вносить только в карбонатные с поверхности солонцовые почвы.

Как установлено в Украине (Михновская, 1984), концентрированная серная кислота вызывает подавление микробиологической деятельности и приводит даже к сжиганию части органических веществ. Даже при внесении разбавленной азотной кислоты (1%) на четвертый год после этого отмечается снижение количества микрофлоры (на 20%) по сравнению с контрольной почвой (Чапко, 1984). Большой опыт кислования накоплен в Армении, где разбавленную серную кислоту вносили при орошении на фоне дренажа. Вместе с кислотой вносили также гипс и полимеры. Авторы отмечают, что кислование вызывает более сильную коагуляцию коллоидов, чем гипсование. Действие кислоты на микрофлору не определялось.

Разбавленные серная и азотная кислоты применялись также в Грузии, России (Ставропольский край, Ростовская область, Западная Сибирь), Украине, США. Все исследователи отмечают большую эффективность в отношении снижения количества поглощенного натрия и

коагулирующего действия на почвенные коллоиды, однако воздействие кислот на почвенную биоту освещено весьма слабо. Вопрос этот имеет существенное значение в экологическом отношении и нуждается в постановке углубленных исследований. По нашему мнению, концентрированная серная кислота является экологически опасной, и применять ее в богаре не следует.

Сернокислое железо, пирит и сера испытывались в качестве мелиорантов во многих странах мира. При внесении сернокислого железа в почве образуется серная кислота и окись железа. Дальнейшее воздействие аналогично внесению кислоты. Пирит окисляется до сернокислого железа с последующим действием серной кислоты на почву. Элементарная сера под воздействием серобактерий в воде образует серную кислоту. Все авторы отмечают ее медленную окисляемость, поэтому ее мало применяют для мелиорации солонцов. Положительное действие сернокислого железа отмечено на содовых солонцах Армении, России, Украины, США и других стран.

К группе органических мелиорантов относятся некоторые отходы промышленности, содержащие органическое вещество (лигнин и др.), зеленое удобрение, солома, илы, которые богаты органикой. Мелиорирующее действие их состоит в интенсивном продуцировании CO_2 при разложении органики. В присутствии воды образуется угольная кислота, способствующая переходу нормальной соды в двууглекислую, менее токсичную, а кроме того, усиливает растворение карбонатов, кальций которых вытесняет поглощенный натрий из почвенного поглощающего комплекса.

Среди мелиорантов такого типа наиболее известен лигнин (а также лигнит), применяемый во многих странах мира (Россия, Молдавия, Индия, США, Канада и др.). В Ставропольском крае России Е.И. Годунова и Шевякина (1996) установили, что при внесении лигнина в солонцеватые черноземы увеличивается содержание гумуса на 0,3–0,5%, улучшается его состав, снижается pH на 0,5, уменьшается содержание обменного натрия в почве. Наибольшая прибавка урожая озимой пшеницы получена при внесении лигнина в дозе 30 *т/га* совместно с навозом и азотными удобрениями.

В 70-80 годы прошлого века проведены разработки более совершенных технологий внесения мелиорантов в почву. Обычно мелиоранты вносят под вспашку на глубину 25 *см*. При этом достигается рассолонцевание только самой верхней части иллювиального горизонта. Степень окультуренности почв в этом случае весьма небольшая, поскольку процесс солонцеобразования полностью не прекращается. Необходимо было разработать такой способ внесения мелиорантов, который бы обеспечил мелиоративное воздействие на всю мощность иллювиального горизонта.

В Венгрии был предложен метод двухслойной мелиорации остепняющихся луговых солонцов (И. Бочкаи, Паточ, 1978). В горизонт А вносили известь, а в горизонт В – гипс. Через каждые четыре года проводили глубокое рыхление на глубину 60 *см*. Этот метод был испытан в Чехословакии и дал положительные результаты как в отношении степени рассолонцевания почв, так и по продуктивности почвы.

В России (Западная Сибирь) разработан способ внесения гипса непосредственно в иллювиальный горизонт с помощью специальной пневматической машины, подающей гипс. Урожай сельхозкультур вследствие этого удваивался (Степанец, 1980).

Для освоения лугово-степных сильнозасоленных солонцов Северного Казахстана предложена технология двухразового внесения гипса с последующим глубоким рыхлением. Часть гипса вносилась под вспашку с предплужниками, вторая – поверхностно (Кисляков, 1981).

Однако, как показывает опыт мелиорации разных солонцов в богарных условиях, разрушение глубокой вспашкой солонцового экрана (иллювиального горизонта) в луговых солонцах может вызвать вторичное засоление почвы и ухудшить ее плодородие. Такой метод экологически опасен для луговых солонцов (А.В. Новикова, 1961). Поэтому эти технически более совершенные методы внесения гипса могут применяться только с учетом степени грунтового увлажнения.

Опыт мелиорации в разных странах показывает, что рассолонцевания почв возможно добиться и без внесения мелиорантов, но при условии орошения пресной водой хорошего качества и наличии в почвах карбонатов кальция. Это установлено индийскими и канадскими почвоведами(105, 106, 107, 124, 126).

Химическая мелиорация является основным направлением мелиорации солонцовых земель в зоне лесостепи, поскольку здесь выпадает относительно повышенное количество атмосферных осадков, необходимых для растворения мелиорирующих веществ. В зоне сухой степи она эффективна лишь при орошении.

Глубокая мелиоративная обработка солонцов

Как отмечено выше, в зоне сухих степей и полупустынь основным направлением мелиорации солонцов является глубокая мелиоративная вспашка (по Антипову-Каратаеву и Паку - агробиологический метод). Целью этого приема является извлечение на поверхность неглубоко залегающих карбонатов или гипса самой почвы, механическое разрушение иллювиального горизонта, перемешивание его массы с породой, содержащей мелиорант, улучшение водно-физических свойств. Под влиянием выпадающих атмосферных осадков карбонаты кальция или гипс, растворяясь, способствуют повышению активности ионов кальция и рассолонцеванию почвы. Продуктивность почвы резко возрастает. Глубина вспашки зависит от глубины залегания карбонатов или гипса. Она может колебаться в больших пределах - от 40-60 *см* до 120 *см* (последнее относится к солонцам Канады и США). Этот прием является радикальным, поскольку обеспечивает окультуривание всего профиля почвы на всю мощность иллювиального горизонта и создает мощный пахотный слой, отличается большой длительностью последействия и обеспечивает высокую степень окультуренности почвы.

Однако этот прием может осуществляться только на степных, лугово-степных солонцах и солонцеватых почвах. Для них он экологически безопасен, если не учитывать некоторого снижения количества гумуса и подвижных питательных веществ в самой верхней части

профиля почв, куда привносится слой породы. Этот недостаток проявляется лишь при обработке почвы плантажным плугом. При вспашке ярусным плугом на поверхности почвы сохраняется более плодородный верхний горизонт. Для луговых солонцов, как уже отмечалось выше, глубокая мелиоративная вспашка вызывает резкое негативное последствие.

Безотвальную глубокую (на 40 *см*) вспашку солонцов нельзя считать приемом мелиорации. Она лишь на время (2–3 года) обеспечивает улучшение физических свойств и впитывание почвой атмосферной влаги, а собственно рассолонцевания почвы при этом не происходит. Прием безотвального рыхления является экологически безопасным.

А вот агротехническая обработка целинных солонцов с маломощным пахотным слоем путем обычной вспашки на глубину 25 *см* является экологически опасным приемом. Вынесенный плугом на поверхность иллювиальный горизонт под влиянием атмосферных осадков размокает, становится вязким, а в сухом состоянии на его поверхности образуется плотная корка. Повышенное содержание поглощенного натрия, высокая щелочность и очень плохие физические свойства препятствуют развитию сельскохозяйственных растений. Посевы на таких землях в первое время погибают вовсе. Такие особенности обработки солонцовых земель были отмечены в период кампании по освоению целинных и зележных земель на юго-востоке России и Казахстана.

Отвальная вспашка на глубину 25 *см* экологически опасна также и при освоении пойменных засоленных земель (солонцы солончаковые и солончаковатые). На поверхность почвы выносится большое количество токсичных солей, что вызывает гибель растений. В этих условиях возможно лишь безотвальное мелкое рыхление дисковыми орудиями.

Фитомелиорация

К числу дополнительных средств, ускоряющих мелиорацию солонцов, относится фитомелиорация. Это посев соле- и солонцеустойчивых растений. Изучением

таких видов растений занимались многие специалисты в разных районах: в России – Бегучев с сотрудниками, в Украине – Гринченко, Самбур, Чапко, в Казахстане – Байтканов и др.

Некоторые из солонцеустойчивых культур (белый донник) имеют мощную корневую систему, способную разрыхлять плотный солонцовый горизонт. При разложении надземной и подземной частей растений почва обогащается органическим веществом и питательными элементами (азот, калий, кальций и др.). Кроме того, при этом процессе выделяется углекислота, которая способствует переводу нормальной соды в менее токсичную двууглекислую соду.

Поэтому в странах, где химическая мелиорация ведется в ограниченных масштабах, прибегают к биологическим способам мелиорации (Индия, Пакистан, Аргентина и др.). В Аргентине фитомелиорацию осуществляли на площади 45 *тыс. га* (Молина, Сауберан, 1965). Особенно большой эффект посева соле- и солонцеустойчивых растений проявился при освоении под культурные пастбища почв на малопродуктивных землях юго-востока России, Казахстана и Украины, в частности на пойменных засоленных землях.

Фитомелиорация является экологически безопасным вспомогательным приемом повышения плодородия засоленных почв.

Электромелиорация

В целях ускорения мелиорации засоленных почв проводилось также изучение возможности использования электрического и магнитного полей. На основании многолетних опытов А.Ф. Вадюнина (1979) пришла к выводу, что при орошении электромелиорация в сочетании с химической мелиорацией является весьма эффективным методом рассоления и рассолонцевания солонцовых почв тяжелого гранулометрического состава. В них уменьшается количество солей, поглощенного натрия, улучшается агрегированность почвенной массы, что сказывается на повышении урожая сельскохозяйственных культур.

Для осуществления такого метода на поле устанавливают катод в виде сетки и ряд трубанодов, со-

единенных токопроводящей рамой. Однако, в связи с техническими сложностями метод пока не получил широкого применения, хотя он является экологически безопасным для почвы, но возможно опасным для людей. Кроме того, этот метод применим лишь при орошении.

Такова краткая агроэкологическая оценка химического состава, способов внесения мелиорантов и технологии обработки засоленных почв. Она может быть использована для прогнозирования последствий мелиорации и для более обоснованной дифференциации приемов, а также при разработке экологических нормативов.

Вместе с тем успех мелиоративных работ зависит еще и от положения территории в ландшафте, специфики гидрогеологии, геоморфологии и химических процессов. В конечном итоге это определяет и степень податливости почв к мелиорации. С учетом положения элементарного ландшафта, мы предлагаем выделить такие группы почв по степени их податливости.

В подчиненных ландшафтах Лесостепи и сухой Степи, где преобладают аккумулятивные процессы геохимической горизонтальной миграции, почвы неподатливы к воздействию химической мелиорации без применения искусственного дренажа и промывок от солей. Это солончаки, солончаки – солонцы луговые содового или нейтрального засоления, поверхностно-солонцеватые содовые.

Слабо податливыми к химической мелиорации без искусственного дренирования являются почвы переходных транзитных ландшафтов, с залеганием грунтовых вод, обеспечивающих пленочно-капиллярное увлажнение – лугово-степные полугидроморфные солонцы содового и смешанного химизма. К таковым относятся и почвы, развивающиеся на выходах засоленных третичных глин автономных ландшафтов в степной зоне.

Хорошо податливы к мелиорации с помощью глубокой мелиоративной плантажной вспашки почвы автономных ландшафтов, отчасти верхней части транзитных ландшафтов в сухостепной зоне, – солонцы степные, солонцы лугово-степные и их комплексы с темно-каштановыми солонцеватыми почвами.

Указанные различия почв по степени податливости в связи с их положением в ландшафте должны учитываться при разработке прогноза последствий применения дифференцированных приемов окультуривания солонцов и экологических нормативов мелиоративных работ.

Оросительная мелиорация

Орошение земель является единственным источником развития цивилизации в странах аридного и экстрааридного климата. Оно имеет тысячелетнюю историю. Воздействие его на почвы и территорию в целом хорошо изучено и освещено в научных публикациях регионального и международного характера.

Исторической особенностью ирригации во второй половине прошлого века является ее распространение (сдвиг) к северу, в зону суббореального климата в широких масштабах. Это относится к странам СНГ, где выделялись огромные государственные средства на развитие оросительной, осушительной и химической мелиораций, а также на химизацию и механизацию сельского хозяйства. Только в Украине площадь орошаемых почв превышала 2 *млн га*. Впервые крупные оросительные системы в этой стране были построены в зоне северной, южной и сухой Степи, где распространены обыкновенные черноземы, южные черноземы, темно-каштановые солонцеватые почвы и солонцы. Широко осваивалась под орошение территория Причерноморской низменности с ее плохой дренированностью, засоленными почвообразующими породами, минерализованными неглубоко залегающими грунтовыми водами. Для обеспечения систематической подачи воды на поля и строительства гидроэлектростанций пришлось соорудить каскад водохранилищ на Днепре. При этом были затоплены самые продуктивные луга и пастбища возле Днепра.

Опыта широкомасштабной ирригации в этой зоне не было, поэтому оросительные системы, построенные вначале, были несовершенными. В них отсутствовала надежная гидроизоляция в ложе каналов и дренажно-коллекторная сеть. Когда в сухие степи пришла «большая вода», местные специалисты стремились подавать ее на поля как можно больше для получения высоких урожаев. Результатом было подтопление низких

участков и даже части населенных пунктов, подъем минерализованных грунтовых вод и вторичное засоление на отдельных участках (их площадь достигла 100 *тыс. га*).

Позже, на основании проекта мелиоративного улучшения орошаемых земель, все эти недостатки были исправлены. Повысился уровень проектирования. При этом большое внимание уделялось прогнозированию вторичного засоления почв при орошении, что позволило правильно отобрать участки первоочередного строительства дренажа, а также выбору оптимального режима орошения (Новикова, 1975).

Оросительная мелиорация обеспечила выполнение главной задачи - повышение урожая сельскохозяйственных культур независимо от климатических условий.

К изучению воздействия широкомасштабного орошения на почвы, гидрогеологические условия и растительность были привлечены специалисты разного профиля научных и учебных заведений Украины и России. Это позволило в короткий срок выявить основные закономерности почвообразования, как в солонцовых почвах так и в черноземах.

Анализ данных этих исследований позволяет отметить следующие негативные экологические последствия широкого орошения (Новикова, 1999).Так, в солонцовых почвах, ранее остепняющихся, произошла ирригационная реградация, деградация, осолонцевание, рассоление и рассолонцевание.

Ирригационная реградация возникает при переполивах, отсутствии дренажа, когда поднявшиеся грунтовые воды, превышая критическую глубину, вызывают вторичное засоление, т.е. возврат к предшествующей стадии образования засоленных почв.

Ирригационная деградация является следствием использования под посевы риса прибрежных ландшафтов с засоленными и солонцеватыми почвами. Бессменное длительное выращивание риса на одном месте вызывает сульфатредукционные процессы, повышение щелочности, появление подвижных форм железа и алюминия, подвижных органических веществ, трансформацию вторичных минералов и снижение плодородия почв.

Ирригационное осолонцевание обусловлено использованием для орошения минерализованных вод неблагоприятного состава.

Рассоление и рассолонцевание отмечается на благополучных (по мелиоративным условиям) землях. В целом этот процесс благоприятен для солонцеватых почв, однако при этом из почвы вымывается вниз кальций, магний, фосфор, органические вещества. Создается так называемая протонная недостаточность с содопроявлением. На орошаемых черноземах отмечается ряд деградационных явлений: ухудшается структура, возрастает плотность, отмечается содопроявление.

С учетом таких негативных экологических последствий коллективы ряда институтов Украины разработали дифференцированные комплексные приемы повышения плодородия почв. На вторичнозасоленных почвах легкого гранулометрического состава рекомендуется комплекс мероприятий: устройство дренажа, промывка методом дождевания с предварительным внесением гипса на поверхность почвы, глубокая вспашка, внесение органических и минеральных удобрений, посев солевыносливых трав (Новикова, Ладных и др., 1984). Подчеркнем, что применение только промывок почв может вызвать негативное экологическое последствие в виде вторичного осолонцевания. Разумеется, что в богарных условиях солончаки и солончаковые почвы, с залеганием токсичных солей в верхнем слое почвы (0–30 *см*), совершенно непригодны для использования в земледелии.

На рисовых участках предлагается применение глубокого рыхления почв, внесение окислителей, гипса, введение специальных рисовых севооборотов, дренаж (И.С. Жовтоног, 1968; Т.Н. Кириенко, 1985; Н.Ф. Решетняк; 1974 и др.).

На ирригационно осолонцованных землях рекомендуется: осуществлять мелиорацию поливной воды внесением гипса, кислот (А.И. Болдырев, А.И. Борькин, Н.В. Красутская, 1984; Н.А. Лазарчук, 1984; С.А. Балюк, В.Я. Ладных, 2001);или ежегодно вносить в почву гипс (А.М. Можейко, Т.К. Воротник, М.Ф. Буданов, 1965;К.Э. Бурзи, Н.В. Красутская, 1967); регулярно контролировать оросительную воду по предложенным для этой цели показателям и вести наблюдение

за степенью загрязнения вод, почв, растений тяжелыми металлами (С.А. Балюк, В.Я. Ладных и др., 2001).

Для предупреждения деградационных явлений в орошаемых почвах,в том числе содопроявления, рекомендуется внесение гипса в черноземы (И.Н. Гоголев, 1978), в темно-каштановые и другие почвы (А.В. Новикова, Н.Е. Гаврилович, 1984; В.Д. Муха, 1978). Учитывая повышенный вынос из почв растениями и поливами питательных веществ, предлагается увеличить дозы минеральных удобрений (И.Д. Филипьев и др 1978).

Таковы негативные экологические последствия химической и оросительной мелиорации, которые следует учитывать при разработке проектов освоения или мелиоративного улучшения земель.

5. Перспективы развития мелиорации в странах СНГ на примере Украины

Вышеприведенный материал исследований в разных государствах мира свидетельствует о том, что в 60-90 годы прошлого века самый высокий уровень мелиорации был в странах СНГ. Это подтверждается не только участием в этой проблеме большого количества научных учреждений, но и большой практикой внедрения в сельскохозяйственное производство проектов мелиорации солонцовых почв.

После распада Советского Союза положение в этой отрасли земледелия резко изменилось. Так, если по данным Министерства сельского хозяйства России площадь используемых мелиорированных земель в 1990 году составляла 11161,8 *тыс. га*, то к 2000 году она сократилась на 2161,1 *тыс.га*. Потеря произошла, во-первых, в результате перевода таких земель в менее ценные угодья, во-вторых, зарастания кустарниковой и древесной растительностью, и, в-третьих, по причине выделения их под дачные участки и др.(Саранин К.И., Безуглов В.Е., Васильева С.А., 2002).

Примерно такое же положение создалось и в Украине, где орошение ведется на значительно меньшей площади, а мелиорация солонцовых земель за государственный счет практически прекратилась.

В периодической печати и рекомендациях земельных органов Украины (Новаковский, Канаш, 2001; Сайко, 2001) внесено предложение о необходимости выведения из пахотных земель в категорию лугов и пастбищ малопродуктивных земель, к которым относятся и солонцовые земли. Кроме того, в действие вступила новая земельная реформа, по которой земля переходит в частную собственность. Все это требовало пересмотра прежних рекомендаций по мелиорации солонцов. Были составлены новые рекомендации с учетом экономических условий современного переходного периода к рыночным отношениям, экологических аспектов мелиорации, степени податливости почв к мелиорациям, а также разных форм собственности на землю. (Балюк, Новикова, Гаврилович, 2001).

В них выделено пять агромелиоративных групп (категорий), в зависимости от степени солонцеватости, комплексности почвенного покрова, гидрологического режима, податливости к мелиорациями и сельскохозяйственного использования земель. Подразделение на группы велось с учетом факторов, ограничивающих произрастание сельскохозяйственных культур и, соответственно, способов их преодоления. К первой группе отнесены черноземы и темно-каштановые остаточно солонцеватые почвы. На современном этапе такие почвы не нуждаются в проведении мелиорации, а лишь в проведении зональной технологии с целью повышения их плодородия, которая включает внесение физиологически кислых минеральных удобрений, использование в севооборотах многолетних трав, влагонакопительные мероприятия и, если возможно, орошение.

Ко второй группе отнесены лугово-степные и степные солонцовые комплексы Херсонского и Крымского Присивашья (лугово-каштановые и темно-каштановые солонцеватые почвы, солонцы лугово-степные и степные). Эти почвы хорошо податливы для глубокой мелиоративной плантажной вспашки на глубину до 60 *см* (иногда и глубже, в зависимости от глубины залегания карбонатов), но следует строго соблюдать рекомендации по ее проведению (учет глубины грунтовых вод, залегания карбонатов и токсичных солей). Лугово-степные комплексы с глубоким залеганием карбонатов необходимо мелиорировать внесением гипса или

промышленных отходов с условием отсутствия в них токсикантов. Эти почвы можно использовать не только в полевых, но и в кормовых севооборотах, а при орошении – в рисово-люцерновых севооборотах. В случае высокой концентрации пятен солонцов – более 30% – земли следует перевести в кормовые севообороты и применить фитомелиорацию.

Третья группа объединяет черноземы и солонцеватые почвы на третичных соленосных глинах (Керченский полуостров, частично Донбасс). Исключительно тяжелый гранулометрический состав, повышенная засоленность делает эти почвы малоотзывчивыми к мелиорации. Гипсование на таких почвах следует повторять через 5-6 лет из-за повторного осолонцевания растворами солей из близко залегающих соленосных глин. В связи со значительной глубиной залегания гипса в почве и почти полным отсутствием карбонатов, приходится увеличивать глубину мелиоративной плантажной вспашки до 70 *см*. Нередко на таких почвах площадь пятен солонцов превышает 30%. В этом случае их следует отвести под кормовые севообороты.

К четвертой группе отнесены лугово-черноземные глубоко-солонцеватые, каштаново-луговые солонцеватые почвы и солонцы солончаковые. Они плохо поддаются мелиорации из-за близкого залегания к поверхности грунтовых вод, а в лесостепи – еще и содового химизма солей. Их следует отнести к группе ограниченно пригодных для сельскохозяйственного использования. При условии залегания грунтовых вод ниже 2–2,5 *м* на них можно применять гипсование. При более высоком положении грунтовых вод и высокой концентрации пятен солонцов целесообразно вывести их из полевых севооборотов и перевести в сенокосные и пастбищные угодья. При обработке таких земель рекомендуется безотвальное рыхление. Основным приемом их мелиорации является фитомелиорация (Чапко, Нагорный, 1987).

Наконец, к пятой группе отнесены лугово-черноземные и луговые поверхностно-солонцеватые, содово-солончаковатые и лугово-болотные почвы, которые практически не поддаются мелиорации. Плодородие их возможно повысить при условии проведения дорогостоящих технологий-дренажа. По экономическим и

экологическим соображениям их выгоднее вывести из пахотнопригодных и перевести в малопродуктивные пастбища.

По экономическим причинам мелиорацию следует осуществлять на почвах, хорошо поддающихся мелиорации, поскольку затраты на повышение их плодородия окупятся быстрее и не требуют дорогостоящих гидротехнических приемов (дренаж, промывки). При орошении экономически целесообразно мелиорировать поливную воду с целью предупреждения осолонцевания почв. Экономии мелиорантов можно достичь не сплошным, а контурным гипсованием пятен солонцов, если их количество не превышает 30%, а размеры пятен допускают применение механизированной техники. Необходимо при этом уточнить оптимальные дозы внесения, поскольку, возможно, произошло усиление солонцеватости в связи с приостановкой планомерного гипсования. В условиях земельной реформы приемы мелиорации должны соответствовать разным формам организации труда (индивидуальные, семейные, коллективные) и уровню интенсификации агропромышленного комплекса.

Следует учитывать, что любой прием химической и другой мелиорации является лишь стержнем в повышении плодородия почв и должен быть дополнен мероприятиями, способствующими улучшению условий развития растений. Поэтому необходимо применять агротехнические мероприятия (рыхление почв, отвальное и безотвальное), внесение органических и минеральных удобрений, посев многолетних трав, соответствующие севообороты, фитомелиорация и т.д. Возможны и другие приемы мелиорации с учетом мирового опыта, освещенного в данной работе.

Заключение

Анализ вышеприведенного материала позволяет прийти к следующему общему заключению.

Проблема повышения плодородия засоленных почв, в том числе солонцовых, является весьма актуальной во всем мире. Практика показывает, что мелиорация является важным средством получения дополнительных продуктов питания для населения земного шара. Поэтому предложенная нами информация о применя-

емых способах окультуривания этих почв в разных странах мира весьма полезна как с научной, так и с практической точек зрения.

Нам представлялось целесообразным осветить природные условия развития этих почв в странах разных континентов мира, специфику их почвообразования и тут же привести результаты опытов по мелиорации местных специалистов, показав их конкретный вклад в разработку проблемы мелиорации. На основе анализа этих данных было важно оценить предложенные способы мелиорации с точки зрения их экологической безопасности

Однако экологическая безопасность приемов мелиорации должна учитывать не только собственно приемы повышения плодородия почв, но и закономерности образования засоленных почв в каждом регионе.

Исследованиями в разных странах установлено, что большое разнообразие этих почв связано прежде всего с многочисленными источниками появления солей на земном шаре. Основными из них являются морские соли, соли, появившиеся при выветривании кристаллических и осадочных пород, соли недрового происхождения в виде соляных куполов и штреков, соли подземных и грунтовых вод, соли биологического происхождения (образовавшиеся в растениях). При выветривании соли переходят в растворимое состояние в соответствии с их степенью растворимости, которая возрастает в ряду от силикатов, карбонатов, сульфатов к хлоридам и боратам.

Большое значение в перераспределении солей в почвах играют рельеф, геоморфология, гидрогеологические условия, сопряженность геохимических ландшафтов (горизонтальное передвижение солей), степень грунтового увлажнения в сезонном и многолетних циклах динамики солей, эоловый перенос солей. Исключительную роль играет климат, отражающийся появлением биоклиматических поясов. В аридных условиях усиливаются аккумулятивные процессы, с образованием солончаков и солончаковых почв, в семигумидных и семиаридных условиях проявляются процессы выщелачивания в холодные периоды года, а среди засоленных почв большое место занимают солонцы. Кроме того, различие климата и растительности сказывается на

химизме коры выветривания и почв, благодаря чему в тропиках в береговой зоне могут образовываться своеобразные засоленные почвы с кислой реакцией, содержащие окислы железа и алюминия, в то время, как в суббореальном климате появляются нейтральные и щелочные солонцовые почвы, а в бореальном климате в мерзлотно-таежных областях образуются солонцовые и осолоделые почвы. Сочетание всех приведенных выше условий образования засоленных почв объясняет исключительно большое их разнообразие и вызывает необходимость дифференцированного подхода к выбору способов мелиорации, а также к проведению их экологической оценки.

Главными путями мелиорации для солонцовых почв является химическая или агробиологическая, а для собственно засоленных почв (солончаков, солончаковатых) – рассолительная, а точнее опреснительная мелиорация.

Учитывая, что мелиорация солонцовых почв является наиболее сложной задачей, основное внимание в этой работе было уделено именно этой проблеме. В то же время нами рассмотрены вопросы, связанные и с последствиями оросительной мелиорации, которая является наиболее древней в мире, и ее воздействие на почвы аридной зоны освещены с достаточной полнотой. Некоторым новым аспектом является перенесение ирригации на север, в зону суббореального климата. Большие масштабы ирригации в странах СНГ позволили выявить специфику экологического воздействия ее на почвы умеренного климата. Именно эта сторона оросительной мелиорации и была освещена в данной работе.

В решении проблемы мелиорации солонцовых почв мира большой вклад внесли страны СНГ, Западной Европы (особенно Венгрия), Канада, США, Индия и другие.

В основу концепции мелиорации солонцов в мире была положена теория Гедройца, которую разделяют почвоведы многих стран. Исключительность роли иона натрия в солонцеобразовании была подтверждена в ряде специальных модельных и других опытов. Однако в отдельных случаях теория Гедройца не подтверждается. Например, в США, в странах Африки развиваются почвы с большим содержанием поглощенного натрия, в которых отсутствует характерное для солонцов разде-

ление профиля на генетические горизонты, а плодородие почв остается высоким. Предложены и другие теории образования солонцов, но и они обосновывают необходимость снижения дисперсности, щелочности и улучшения водно-физических свойств почв.

Результаты исследований показывают, что основным направлением мелиорации содовых солонцов Лесостепи является их химическая мелиорация, а солонцов сухостепной и полупустынной зон – глубокая мелиоративная вспашка (агробиологический метод по И.Н. Антипову-Каратаеву и К.П. Паку). Внимание исследователей было направлено на необходимость ускорения процесса рассолонцевания почв путем сочетания мелиорантов, использования отходов промышленности, совершенствования технологии внесения гипса и мелиоративных обработок. Изучались сочетания гипса с известью, гипса с сернокислым железом, гипса с разбавленными кислотами и внесением в почву органических остатков. В этом случае достигалось повышение активности иона кальция, усиливалась коагуляция коллоидов почвы, снижалась щелочность.

Некоторые авторы предлагают использовать разбавленные серную и азотную кислоты и даже концентрированную серную кислоту. К сожалению, внимание авторов было сосредоточено лишь на положительной стороне воздействия предлагаемых приемов, без соответствующего контроля негативных последствий. Например, выпадает из поля зрения вопрос о воздействии кислот на микрофлору почвы и органическую ее часть. В редких работах отмечается, что кислование подавляет биологическую активность в почвах. Мало уделяется внимания возможности загрязнения почв токсикантами, тяжелыми металлами, содержащимися в химических мелиорантах. Только фосфогипс изучен довольно полно, и при этом обнаружено его загрязнение фтором и стронцием. Поэтому экологической безопасности состава мелиорантов необходимо уделять серьезное внимание.

В ряде стран разработаны перспективные способы внесения мелиорантов непосредственно в иллювиальный горизонт. В России предложено устройство, с помощью которого гипс подается в иллювиальный горизонт пневматическим способом (Степанец). В Венгрии перспективной является двухслойная мелиорация, ко-

торая позволяет внести один мелиорант в верхний горизонт, а другой – в иллювиальный горизонт (Бочкаи).

Перспективным является внесение гипса вместе с нитратом аммония (Канада). Авторы полагают, что нитрат аммония увеличивает растворимость гипса на 40%, а кроме того, действует как минеральное удобрение.

В Канаде и США для солонцов с очень глубоким залеганием карбонатов и гипса разработан метод мелиоративной обработки солонцов на глубину 60–120 сантиметров.

Ведутся и поиски дешевых мелиоративных приемов, способствующих рассолению и рассолонцеванию засоленных почв. Это орошение почв водой хорошего качества, содержащей карбонаты кальция (Индия, Канада). Исключительное внимание уделяется органическим мелиорантам (лигнин, лигнит и другие), использованию растительных остатков (солома, сорняки). При их разложении выделяемая углекислота ускоряет растворение карбонатов кальция и способствует переводу нормальной соды в двууглекислую, менее токсичную для растений. Из дешевых приемов мелиорации можно назвать землевание пятен солонцов без внесения химических мелиорантов (Орловский), экономически выгодным является контурное внесение гипса на пятна солонцов, а также мелиорация оросительной воды внесением гипса и кислот, что позволяет отказаться от гипсования всего поля.

В каждом регионе авторы дифференцируют способы мелиорации применительно к разным видам солонцов. Выявлено, что на луговых солонцах нельзя проводить гипсование по обычной вспашке, как и применять на них глубокую мелиоративную вспашку, которая вызывает появление вторичного засоления. При дифференцировании способов мелиорации необходимо учитывать не только состав и свойства самих почв, но и условия почвообразования в ландшафте, геохимическую сопряженность элементарных ландшафтов. Лишь при таком ландшафтном подходе возможно оценить податливость почв к мелиорации.

Результаты исследований разных авторов в области мелиорации, а также собственные материалы, позволяют сделать агроэкологическую оценку приемов

мелиорации солонцовых почв – по химической мелиорации (состав мелиорантов, способы их внесения); по агробиологической мелиорации; по дополнительным приемам рассоления и рассолонцевания почв, а также по оросительной мелиорации.

К экологически опасным отнесены фосфогипс, содержащий примеси фтора и стронция, а также концентрированные и разбавленные кислоты. Экологически опасно внесение гипса под обычную вспашку на луговых солонцах, особенно солончаковых, в связи с близким залеганием иллювиального горизонта, что приводит к его разрушению с последующим вторичным засолением на самой поверхности почвы. Опасно проведение глубокой мелиоративной обработки (агробиологический метод) на луговых солонцах, а также обычной вспашки на глубину 25 *см* без внесения гипса на корковых и средних целинных солонцах. В последнем случае на дневную поверхность выносится масса иллювиального горизонта, резко снижающая плодородие почвы.

Отрицательные экологические последствия вызывает оросительная мелиорация засоленных и других почв при нарушении запланированного оптимального водного баланса (переполивы). Появляется вторичное засоление. Опасно использовать минерализованные воды для орошения, вызывающие вторичное осолонцевание. Опасно многолетнее использование почв под посевы затопляемого риса на низких приморских территориях с засоленными почвами без введения специальных рисово-кормовых севооборотов. Это вызывает сильную деградацию почв. Экологически опасна оросительная мелиорация без предварительного внесения кальциевых солей. Она способствует содопроявлению не только в засоленных почвах, но и в черноземах. Кроме того, происходит повышенный вынос из почв подвижных питательных веществ и органики.

Оценка состава мелиорантов, способов внесения их, агротехнического воздействия под углом зрения экологической безопасности позволяет прогнозировать последствия от мелиорации при составлении проектов освоения новых земель, уточнении рекомендаций а также при разработке экологического нормирования в мелиорации засоленных почв.

В заключительной части работы рассмотрены перспективы дальнейшего развития мелиорации в странах СНГ. Приведенные материалы показывают, что до 1990 года мелиорация была на высоком уровне, что отразилось не только в интенсивности исследований засоленных почв, их генезиса и разработке приемов мелиорации, но и в больших площадях внедрения гипсования и мелиоративной обработки солонцов. После распада Советского Союза с образованием ряда независимых государств наступил период перехода к рыночным отношениям. Низко упавшая экономика этого периода не позволяет развивать мелиорацию в прежнем темпе. Учитывая реальные возможности переходного периода развития экономики, приведен пример Украины в разрешении проблемы мелиорации в современный период.