

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

ТРУДЫ ПОЧВЕННОГО ИНСТИТУТА ИМ. В. В. ДОКУЧАЕВА

ТОМ LVI

ПОЧВЫ ПОЛУПУСТЫНН
СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО
ПРИКАСПИЯ
И ИХ МЕЛИОРАЦИЯ



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

МОСКВА 1961

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
проф. А. А. РОДЕ

п 36258
Центральная научная
БИБЛИОТЕКА
Академии наук Киргизской ССР

А. А. РОДЕ и М. Н. ПОЛЬСКИЙ

ПОЧВЫ ДЖАНЫБЕКСКОГО СТАЦИОНАРА, ИХ МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, МЕХАНИЧЕСКИЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Джаныбекский стационар Почвенного института Академии наук СССР, расположенный в северо-западной части Прикаспийской низменности, был организован весной 1950 г.¹ Первоначальной задачей стационара была разработка приемов выращивания полезащитных насаждений на почвах солонцового комплекса прикаспийской полупустыни применительно к государственной лесной полосе Чапаевск—Владимировка, в ее южном отрезке. Позднее в задачу стационара была включена разработка методов земледельческого освоения солонцового комплекса путем дополнительного увлажнения за счет накопления снега при помощи защитных насаждений и мелиорации солончаковых солонцов, площади которых в почвенном покрове достигают 50%.

История организации стационара и его задачи подробно освещены в статьях А. А. Роде (1952 а и б, 1958).

В настоящей работе излагается фактический материал, характеризующий почвы Джаныбекского стационара со стороны их морфологического строения, механического и химического состава, физических свойств, закономерностей их распределения в пространстве в связи с мезо- и микро-рельефом и в сочетании с растительным покровом. Что касается условий почвообразования, то в этой работе более подробно рассматриваются только состав и свойства материнской породы, так как климат стационара детально освещен в работах А. А. Роде (1951 и 1959), рельеф — в двух работах Д. Л. Мозесона (1952, 1955), растительность — в работе И. В. Каменецкой (1952) и И. В. Каменецкой, Т. К. Гордеевой и И. В. Ларина (1955).

Настоящая работа имеет двойное назначение. Во-первых, излагаемый

¹ Стационар был создан в системе комплексной экспедиции АН СССР по полезащитному лесоразведению. В 1953 г. он был передан в Институт леса АН СССР, а в 1959 г. — в Почвенный институт. В настоящее время работа на стационаре осуществляется силами сотрудников Почвенного института и Лаборатории лесовос-
днения.

в ней материал характеризует исходное состояние тех почв, на которых, начиная с 1951 г., закладывались различные опыты по мелiorации почв и по выращиванию древесных насаждений и сельскохозяйственных культур. Все наши дальнейшие исследования по вопросам о влиянии на почву мелiorативных мероприятий, защитных насаждений и других будут опираться на тот материал, который изложен в настоящей работе.

В то же время мы поставили себе задачей в нашем труде осветить некоторые генетические и иные вопросы, которые в прежних работах, посвященных почвам того же района, не освещались совсем или же освещались неправильно, либо недостаточно. В качестве примера укажем на то, что уже в 1950 г., в самом начале наших исследований, было установлено наличие трехчленного почвенного комплекса, в то время как ранее, во всех работах, выполненных до 1950 г., он считался двухчленным¹. Третьим членом, ранее незамеченным, оказались светло-каштановые почвы, занимающие микросклоны и мелкие западины, в сумме составляющие около 25% площади межпандиной равнины. Кроме солончаковых солонцов, нами найдены и охарактеризованы столбчатые солончаковые солонцы. В нашей работе указана связь между почвообразованием и формированием микрорельефа не только на стадии рассоления, но и на стадии засоления. Процесс рассоления, который был обнаружен многими предшествующими исследователями, в нашей работе впервые освещен подробно, с детальной аналитической характеристикой ряда последовательных фаз этого процесса, причем сплошное и более или менее одинаковое засоление всей межпандиной равнины, утверждавшееся ранее многими исследователями, получило объективное подтверждение. Сделана попытка найти связь между процессами засоления и рассоления и палеогеографическими данными (главным образом палеоклиматическими). Впервые в нашей работе получили систематическое и подробное освещение физические свойства почв данного района: объемный вес, удельный вес, дифференциальная порозность, влажность завядания, наименьшая влагоемкость и т. д. На материалах, относящихся к почвам стационара, сделана попытка выяснить природу наименьшей влагоемкости и ее связь с микроструктурой, рассмотрен вопрос об ошибках, возникающих при определении удельного веса почв с водой, и дана количественная характеристика этих ошибок.

Генетические вопросы в нашей работе получили лишь частичное освещение, и мы ставим своей задачей вернуться к этим вопросам позднее, когда будет собран и обработан дополнительный материал.

Наш труд в полной мере является совместным. Создавался он следующим образом. М. Н. Польский изучал физические свойства почв; им написан весь текст, относящийся к этому вопросу. Весь остальной текст написан А. А. Роде, который объединил тексты, составленные обоими авторами. В дальнейшем этот объединенный текст был еще раз прочитан обоими авторами со введением взаимных поправок и дополнений.

Основная часть анализов выполнена В. Д. Волковой, Т. В. Ворониной, Л. М. Журавлевой, Л. И. Королевской, Н. С. Орешкиной и И. М. Рашевской.

¹ Трехчленность почвенного комплекса была констатирована и другими исследователями, начавшими свои исследования одновременно с нами или несколько позднее (Родин, Базилевич, Гаврилов и Борисова, 1950; Курганский и Базилевич, 1951; Иванова и Фридланд, 1954; Иванова и Левина, 1952).

МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ СТАЦИОНАРА И ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ЕГО РАСПОЛОЖЕНИЯ

Джаныбекский стационар Почвенного института АН СССР расположен в 4 км к юго-востоку от железнодорожной станции Джаныбек Приволжской (бывшей Рязано-Уральской) железной дороги и находящегося около станции поселка Джаныбек — центра Джаныбекского района Западно-Казахстанской области (рис. 1).

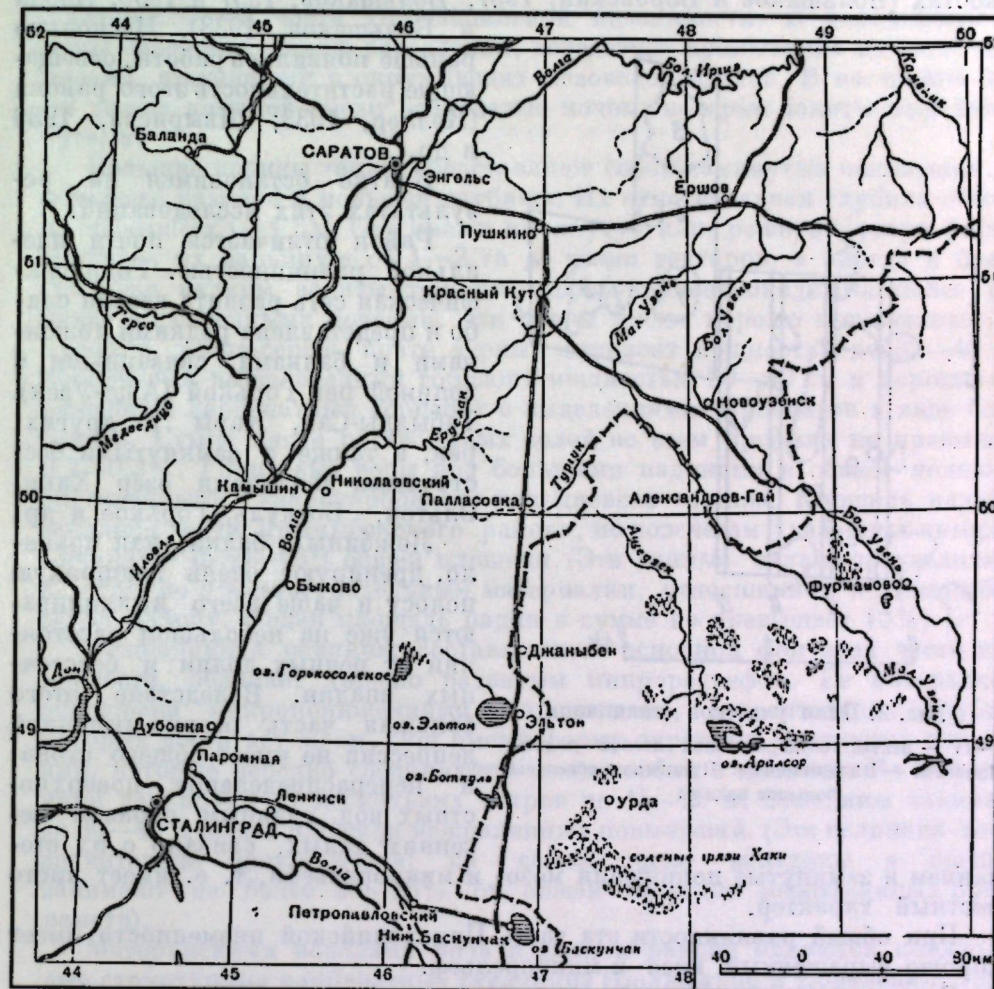


Рис. 1. Географическое положение стационара

Территория стационара складывается из двух смежных участков: приусадебного, площадью около 190 га, выделенного из земель государственного фонда и расположенного на территории Западно-Казахстанской области, и примыкающего к нему с запада отрезка протяженностью 2 км бывшей государственной лесной полосы Чапаевск — Владимировка, переданного стационару, находящегося в Сталинградской области.

Участок трассы лесной полосы состоит из четырех параллельных лент шириной 60 м каждая, разделенных тремя межлентными пространствами шириной по 300 м. Его площадь равна 228 га. Расположение участков показано на рис. 2.

Стационар расположен в северо-западной части Прикаспийской низменности, в том ее природном районе, который В. А. Ковда (1950) называет озерно-лиманной депрессией.

Почвенный покров и геоморфология района расположения Джаныбекского стационара подробно изучались в 1934—1937 гг. под руководством В. А. Ковды сотрудниками, работавшими тогда в окрестностях Джаныбекского стационара. Результаты этих исследований изложены в четырех работах (Большаков и Боровский, 1937; Большаков, 1937 и 1950; Ковда и Большаков, 1938). Несколько раньше появились работы, освещающие растительность этого района (Келлер, 1933; Швырева, 1939 и др.).

Кратко остановимся на результатах этих исследований.

Район отличается почти идеальной равнинностью. Гидрографическая сеть развита весьма слабо и представлена редкими ложбинами и балками, связанными с долиной рек Горькой (Аще-Узек) Табылды-Сая, Хары и других, рек, а также с замкнутыми бессточными впадинами озер Хаки, Эльтон, Боткуль, Горькое и др.

Ложбины и балки, как правило, дренируют очень неширокую полосу и чаще всего выклиниваются уже на небольшом расстоянии от речных долин и бессточных впадин. Вследствие этого большая часть озерно-лиманной депрессии не имеет общего стока, и перераспределение поверхностных вод, главным образом весенних талых, связано с их стеканием в замкнутые понижения мезо- и микрорельефа, т. е. имеет чисто местный характер.

При общей равнинности эта часть Прикаспийской низменности имеет хорошо выраженный мезо- и микрорельеф.

В выражение «мезорельеф» здесь вкладывается не вполне, быть может, обычное содержание. Амплитуда относительных высот, характерных для местных форм рельефа, относящихся к мезорельефу, не превышает, как правило, 2—3 м, в то время как амплитуда высот, характерных для форм микрорельефа, измеряется величинами от нескольких сантиметров до нескольких дециметров. Таким образом, амплитуда высот, относящихся к формам мезорельефа, не так уже сильно отличается от амплитуды высот форм микрорельефа. Значительно большее различие существует в пространственной протяженности мезоформ рельефа с одной стороны и микроформ — с другой. Образования, которые относятся к мезоформам (лиманы, пдины), имеют поперечник от сотни метров до нескольких километров, в то время как поперечники микрозападин и микроповышений (микроформы рельефа) измеряются метрами или немногими десятками метров. Основными элементами мезорельефа озерно-лиманной депрессии

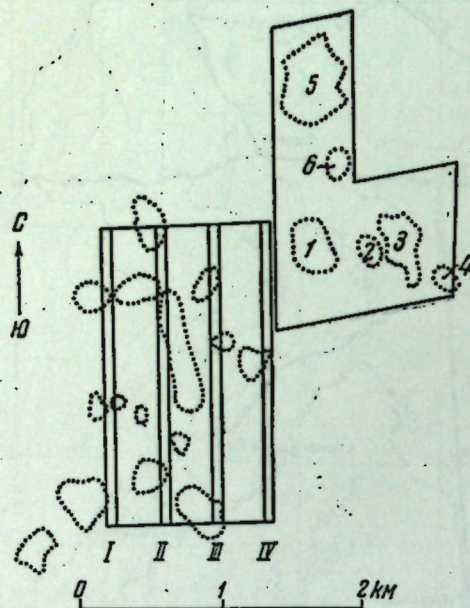


Рис. 2. План участков стационара

I—IV — ленты государственной лесной полосы Чапаевск — Владимировка. Пунктиром обведены большие пдины

являются лиманы, большие пдины и межпадинная равнина. Последняя обладает хорошо развитым микрорельефом.

Лиманы представляют собой округлые или овальные замкнутые понижения с относительной глубиной 1,5—2,5 м, достигающие в поперечнике от 500—600 м до нескольких километров.

Упомянутые выше авторы считают, что лиманы в прошлом являлись аккумуляторами солей и подвергались интенсивному засолению, переживая в то время стадию хак, или соров, в настоящее время сохранившихся в юго-восточной части Прикаспийской низменности. В дальнейшем лиманы пережили стадию рассоления, вследствие промывания их снеговыми водами, стекавшими с окружающих мезоводоразделов. В настоящее время днища лиманов имеют бесолоделые почвы, которые заняты пырейными лугами.

Большие пдины также представляют собой замкнутые понижения, но меньшего размера и меньшей глубины. Их относительная глубина обычно не превышает 1—1,5 м. Они имеют вытянутую или, реже, округлую форму. Площадь их варьирует от 1—2 га до сотни гектаров, а иногда и более. Большие пдины заняты темноцветными черноземовидными более или менее опресненными почвами. Эти почвы имеют хорошо выраженный гумусовый, темно-серый, почти черный горизонт мощностью до 35—40 см, коричневый выщелоченный горизонт мощностью 20—40 см и хорошо выраженный карбонатный горизонт с выделениями карбонатов в виде белоглазки. Сумма легко растворимых солей во всем профиле не превышает 0,2—0,3%. Грунтовые воды под большими пдинами в общем являются опресненными, гидрокарбонатно-кальциевого состава. Площадь пдин в западной части Джаныбекского района, по подсчетам указанных авторов, составляет до 30—40% общей площади. (Эти данные сильно преувеличены и, судя по землеустроительным материалам, относящимся к Джаныбекскому району, общая площадь пдин в сумме не превышает 10%).

Межпадинная равнина, составляющая основной фон этой части низменности, обладает хорошо развитым микрорельефом. Ее поверхность испещрена микропонижениями (западинами), относительная глубина которых достигает 50 см. Они имеют форму округлых замкнутых понижений, которые нередко соединяются между собой в цепочки. Их поперечники варьируют от нескольких метров до 15—20 м. Западины занимают до 30—40% общей площади межпадинных повышений. (Эта величина тоже, значительно преувеличена; на самом деле западины в среднем занимают не более 20—25% от общей площади межпадинных пространств).

Материнскими породами почв в данном районе являются «желто-бурые структурные карбонатные суглинки» (Большаков и Боровский, 1937), мощность которых достигает 15 м. Суглинки часто содержат друзы гипса. Они обычно однородны, но иногда содержат в своей толще линзы супесей и топкозернистых песков.

Под толщей суглинков, начиная с глубины 15—16 м, были встречены тонкозернистые плавунные водоносные пески, мощность которых определить не удалось. При углублении скважин до этих песков наблюдается подъем уровня воды в скважине, что свидетельствует о том, что воды в песках напорные.

В суглинках встречается обильная по числу экземпляров, но бедная видами фауна, представленная раковинами *Cardium* и *Dreissensia*. На глубине 7 м был обнаружен обломок кости *Equus quadriformis*.

На основании данных литологии и видового состава беспозвоночных описанные суглинки датируются хвалынским временем (Ковда, 1950).

Грунтовые воды отличаются большой пестротой в отношении степени засоленности и состава солей, что, по мнению исследователей, указывает на большую затрудненность передвижения этих вод в горизонтальном направлении.

В соответствии с микрорельефом, на межпадинных пространствах, по данным тех же исследователей (Большаков и Боровский, 1937) распространены двучленный комплекс. В западинах со злаково-разнотравной растительностью развиты темноцветные почвы, а на микроповышениях между западинами — солончаковатые солонцы с разреженным покровом из черной полыни и прутьяка. В западинах, кроме травянистой растительности, встречаются кустарники — спирея зверобоелистная, значительно реже — спирея городчатая.

Темноцветные почвы западин имеют хорошо выраженный гумусовый темно-серый горизонт мощностью до 25—30 см, выщелоченный горизонт мощностью около 20 см и карбонатный иллювиальный горизонт. Морфологически карбонаты выражены в виде пятен. Эти почвы характеризуются значительной выщелоченностью от легкорастворимых солей, которые либо опущены на большую глубину, либо совершенно отсутствуют в почвенно-грунтовой толще. Гипс, однако, иногда встречается, начиная с глубины 200 см.

Солончаковатые солонцы, занимающие микроповышения, имеют отчетливо развитый профиль. Он начинается сверху листоватым надсолонцовым горизонтом, который часто подобен корочке. Под ним залегает, резко от него отграничиваясь, солонцовый горизонт, обычно ореховатый, значительно реже — столбчатый, мощность которого достигает 15—25 см. Он подстилается подсолонцовым горизонтом с характерной розовато-бурой окраской и характерной пескообразной (псевдопесчаной) структурой. На глубине около 1 м структура становится ореховато-призматической. Вскипание начинается часто с поверхности, реже — в нижней части солонцового горизонта. В подсолонцовом горизонте наблюдаются выделения гипса и легкорастворимых солей.

Аналитические данные, приводимые авторами, показывают, что в надсолонцовом горизонте содержание солей ничтожно. В солонцовом горизонте оно начинает нарастать и в подсолонцовом достигает максимальной величины, варьирующей от 2,5 до 3%. В составе солей резко преобладает сульфат натрия. В анионной части на первом месте стоит сульфатный ион, в значительно меньшем количестве встречается хлоридный и еще в меньшей — бикарбонатный. Нормальные карбонаты встречаются редко. В катионной части на первом месте стоит натрий, на втором — кальций, на третьем — магний. Таким образом, засоление относится к хлоридно-сульфатному типу. Содержание солей остается довольно постоянным вплоть до третьего метра, после чего оно начинает понемногу уменьшаться и в нижних слоях (над уровнем грунтовой воды) уменьшается до немногих десятых долей процента от веса сухой почвы.

Содержание сульфатов отличается в общем большим постоянством в пространстве. Наоборот, содержание хлоридов варьирует очень сильно, что авторы связывают с процессом рассоления, которое идет неравномерно в разных пунктах.

Грунтовые воды отличаются пространственной пестротой. Под солончаковатыми солонцами их минерализация достигает 10—12 г/л и более. Под западинами они минерализованы менее — сухой остаток падает до 5—6 г/л. В их составе чаще всего преобладает сульфат натрия. При низкой степени минерализации воды под западинами гидрокарбонатно-кальциевые.

Уровень грунтовой воды под западинами иногда бывает несколько приподнят — под западинами образуются как бы небольшие купола грунтовых вод.

Такова общая характеристика почв Джаныбекского района, которую дают А. Ф. Большаков и В. М. Боровский (1937). Подводя итоги своим исследованиям, они рисуют следующую картину хода процесса почвообразования.

В первоначальный период, после выхода пизменности из-под вод Каспийского моря, почвообразовательный процесс шел по пути солончакообразования. На засоленных породах морских отложений образовались солончаки, богатые хлоридами и сульфатами.

Второй период почвообразования характеризовался деятельностью существовавшей гидрографической сети (остатками которой являются лиманы и большие пдины), дренировавшей в той или иной степени эту территорию. В этот период процесс изменялся в сторону рассоления и почвы приобрели признаки солонцеватости, которые мы и наблюдаем в настоящее время в виде уплотненного горизонта с характерной, хотя слабо выраженной, столбчатостью и листоватым пористым верхним горизонтом.

При затухании деятельности гидрографической сети естественно замедлялся и процесс рассоления; он стал чередоваться с периодическим засолением. Благодаря тому, что большая часть хлоридов из почв была вынесена, создались своеобразные условия почвообразовательного процесса, характеризующиеся значительным преобладанием в почвах сульфатов натрия и кальция, а также карбоната кальция.

Процесс рассоления проходил неравномерно. Причиной этой неравномерности явилось различие в степени отдаленности от дренирующих потоков и существование первоначального микрорельефа. Из-за этого рассоление проходило наиболее интенсивно в прибрежной части потоков.

Вследствие существования первоначальных неровностей поверхности процесс шел в сторону образования комплексности и дальнейшего развития микрорельефа.

Весьма возможно, что в первоначальных углублениях микрорельефа почвообразовательный процесс с самого начала протекал иначе, чем на ровной поверхности. Процесс солончакообразования в углублениях мог не найти подходящих условий и шел в сторону образования темноцветных почв.

Далее авторы останавливаются на вопросе о связи между развитием почвообразовательного процесса и эволюцией микрорельефа. Они указывают на то, что оба эти процесса находятся во взаимной связи и что процесс рассоления почв усиливает развитие микропонижений, что в свою очередь усиливает процесс выщелачивания и рассоления. При этом, по мнению Большакова и Боровского, процесс развития западин идет не только вглубь, но и вширь, постепенно захватывая склоны микроповышений. Злаковая растительность постепенно выползает на склоны и создает условия для задержания снега, а следовательно, и для выщелачивания солей. Западины разрастаются, соединяются в цепочки; затем системы западин могут сливаться друг с другом, превращаясь в конце концов в большие пдины.

Авторы приводят примерный расчет, показывающий, что в результате вымывания солей поверхность почвы может заметно понизиться. Это понижение может быть еще более значительным вследствие перегруппировки почвенных частиц при промывании.

В следующей работе (Большаков, 1937) мы находим данные по сезонному перемещению солей и по водному режиму.

Наблюдения над сезонным перемещением солей в почвенном профиле показали, что такие перемещения, по-видимому, существуют, хотя их масштаб невелик и наблюдаемые различия в содержании солей почти маскируются пространственной пестротой. Можно говорить о тенденции к перемещению солей, особенно хлоридов, нисходящему весной и восходящему в течение летнего периода.

Наблюдения над режимом влажности показали, что темноцветные почвы западин и больших падий, если не ежегодно, то периодически, в более влажные годы, подвергаются сквозному промачиванию до грунтовых вод. В более сухие годы промачивание бывает несквозным.

Водный режим солончаковых солонцов складывается иначе. Ежегодному промачиванию весной подвергается лишь верхняя часть почвенного профиля, состоящая из надсолонцового и солонцового горизонтов. Подсолонцовый горизонт промачиванию не подвергается и в течение всего года сохраняет постоянную высокую влажность, равную 10—12% от веса почвы. Эту зону Большаков (1937) называет «зоной внутреннего испарения пленочных растворов», считая, что указанные растворы поднимаются от грунтовой воды. Таким образом, данная зона питается пленочно передвигающейся влагой от капиллярной каймы, а в моменты сильного поверхностного увлажнения — и пленочно передвигающейся влагой из верхних горизонтов. Ниже выделяется «зона постоянного капиллярного увлажнения» с довольно постоянной влажностью, которая еще ниже переходит в верхний горизонт грунтовых вод.

Связывая эти данные по водному режиму с поведением солей, Большаков отмечает, что в темноцветных почвах преобладает в общем нисходящее передвижение влаги, вследствие чего эти почвы и подвергаются прогрессивному выщелачиванию от ранее содержавшихся в них солей.

В солончаковых солонцах поведение солей более сложно. По мнению Большакова, в подсолонцовом горизонте благодаря испарению влаги происходит накопление солей. Но благодаря тому, что испарение происходит очень медленно вследствие наличия кровли из солонцового и надсолонцового горизонтов, и накопление солей совершается также очень медленно. В годы исключительно обильного увлажнения накопившиеся соли промываются вглубь и уносятся обратно в грунтовые воды; это подтверждается различием в соотношении между сульфатами и хлоридами в почвах и в грунтовой воде. Верхняя часть профиля солончаковых солонцов, подвергающаяся периодическому промыванию, является зоной опреснения.

В следующей работе Ковды и Большакова (1938) подводятся итоги всех проведенных исследований. Общие выводы совпадают с изложенным выше. Отметим только еще одну интересную деталь: говоря о сопряженности между процессами почвообразования и формирования микрорельефа, авторы указывают не только на просадочные явления, вызываемые выносом и выщелачиванием солей, но и на то, что накопление солей в солончаковых солонцах хлоридно-сульфатного типа обуславливает увеличение объема почвогрунта и выпячивание поверхности.

В работе Большакова (1950) излагаются более подробно те же наблюдения над режимом влажности почв, которые проводились в 30-х годах (главным образом в 1934 и 1935 гг.).

Большаков устанавливает, что в темноцветных почвах западин и больших падий господствует промывной (пермацидный, по Высоцкому) тип водного режима, хотя сквозное промачивание может быть и не ежегодным. Что же касается солончаковых солонцов, то в них, по мнению Большакова, совмещаются непромывной и выпотной типы водного режи-

ма, причем непромывной тип господствует в верхней части почвенного профиля, включая солонцовый горизонт, а выпотной — в нижней части почвенного профиля, начиная с подсолонцового горизонта. Несколько изменяя свои взгляды, излагавшиеся в более ранних работах (1937), Большаков указывает, что влага атмосферных осадков через солонцовый горизонт если и может проникать, то лишь в очень небольших количествах. «Практически можно считать, — пишет он, — что поступление влаги в почву, находящуюся под солонцовым горизонтом, происходит лишь за счет поднятия ее снизу». Отмечается, что влажность почвы, постепенно нарастающая книзу, достигает величины, равной наименьшей влагоемкости на глубине около 120—140 см. Увлажнение происходит в результате передвижения влаги в капиллярной и пленочной форме. Что же касается расхода влаги из подсолонцового горизонта, то он, по мнению Большакова, происходит главным образом путем перегонки парообразной влаги вниз в летнее время и лишь в очень небольшой степени — путем испарения в атмосферу сквозь толщу солонцового и надсолонцового горизонтов и путем десукции корнями очень бедной и разреженной растительности.

Таковы литературные данные о природных условиях и почвах района расположения Джаныбекского стационара. Как мы увидим ниже, наши исследования подтверждают в общем изложенную картину, однако, существенно дополняют и исправляют ее в некоторых частях.

ПОЧВЫ ДЖАНЫБЕКСКОГО СТАЦИОНАРА И УСЛОВИЯ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ

Условия почвообразования

Условия почвообразования на Джаныбекском стационаре подробно освещены в ряде публикаций, на которые мы ниже будем ссылаться. Поэтому здесь мы ограничимся лишь краткой характеристикой этих условий.

К л и м а т. Климат Джаныбекского стационара освещен в работе А. А. Роде (1959), составленной на основании литературных материалов и наблюдений Джаныбекской агрометеорологической станции, работа которой началась осенью 1950 г. Главным материалом, на основании которого в названной работе охарактеризован климат, являются наблюдения ближайшей к стационару Эльтонской метеорологической станции, работающей с 1914 года.

Важнейшие климатические показатели приведены в табл. 1. Из этих показателей мы видим, что климат отличается большой неустойчивостью — амплитуды средних месячных температур и средних месячных сумм атмосферных осадков достигают весьма значительной величины. Любой из месяцев может иметь нулевую сумму осадков или близкую к нулю. Годовая сумма осадков варьирует от 150 до 450 мм. Среднее годовое количество осадков равно 280 мм, из них 155 мм выпадает в теплое полугодие (апрель — сентябрь) и 125 мм — в холодное (октябрь — март). Сухие и влажные годы не чередуются более или менее случайно, а объединяются в сухие и влажные многолетние периоды. Так, с 1914 по 1926 г. средняя годовая сумма составляла 337 мм (172 мм в теплое полугодие и 165 мм в холодное), а в период с 1927 по 1940 г. — 219 мм (131 мм за теплое полугодие и 88 за холодное).

Испаряемость значительно превышает осадки как в годовом периоде, так в особенности в теплые месяцы, вследствие чего коэффициент увлажнения в теплые месяцы колеблется от 0,12 до 0,42, а за год составляет 0,31. Величина испаряемости также обладает многолетней

Показатели	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура воздуха, °C													
средняя месячная многолетняя	-11,0	-10,0	-4,0	7,5	17,0	21,5	24,0	22,5	15,5	8,0	-1,0	-7,0	6,9
максимальная средняя месячная	-2,1	-1,1	4,6	13,5	23,2	27,6	29,7	27,4	21,4	10,8	4,3	-1,5	9,1
минимальная средняя месячная	-19,2	-20,7	-10,7	4,0	11,3	19,6	21,8	20,0	13,5	3,0	-6,0	-14,7	5,6
абсолютный максимум	4,2	4,0	20,1	30,8	34,8	39,8	40,5	41,1	33,4	29,4	20,3	11,2	
абсолютный минимум	-36,1	-34,3	-27,1	-12,0	-5,0	-0,2	9,5	4,8	0,4	-12,0	-26,2	-32,6	
Осадки, мм													
средняя многолетняя сумма	29	17	17	18	23	31	39	21	22	21	19	23	280
максимальная сумма	51	44	45	53	98	72	115	63	68	51	34	63	661
минимальная »	3	1	0	4	0	1	7	0	3	5	2	4	153
среднее число дней с дождями	1,6	0,6	3,3	6,1	6,8	8,8	9,0	7,5	8,0	7,5	5,3	2,2	66,7
среднее число дней со снегом	10,4	7,7	6,1	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,7	9,7	40,2
Относительная влажность воздуха, %													
средняя месячная многолетняя	84	84	83	64	50	50	49	49	57	69	80	84	67
средняя многолетняя в 13 час.	82	82	76	50	38	38	36	36	44	52	74	80	
число сухих дней с относительной влажностью ниже 30%													
Испаряемость, мм													
Коэффициент увлажнения				0,22	0,16	0,18	0,20	0,12	0,20	0,42			0,31

периодичностью. За период 1914—1926 гг. ее средняя многолетняя величина за апрель — октябрь равнялась 851 мм, а за период 1927—1940 — 935 мм.

Среднее число сухих дней (с влажностью воздуха ниже 30%) 64 в год, а число дней с суховеями — 80.

Таким образом, в целом климат стационара может быть охарактеризован как континентальный и засушливый.

Рельеф. Все сказанное выше в литературном обзоре о рельефе окрестностей Джаныбекского стационара полностью относится и к самой территории стационара, на которой мы находим из числа элементов мезорельефа большие падьи и межпадинную равнину и на ней — все элементы микрорельефа. Микрорельеф межпадинной равнины на участке стационара был подробно, с применением микрогипсометрической съемки и морфометрии, изучен Д. Л. Мозесом (1952, 1955), к работам которого мы и отсылаем читателей. По его данным, микровышения на межпадинной равнине занимают около 50% общей площади, а западины и микросклоны к ним — примерно по 25%.

Материнские породы. Материнские породы почв в районе стационара представлены желто-бурыми суглинками. Эти суглинки иногда обладают некоторой слоистостью. В них встречаются прослои и линзы более легкого пылеватого материала, а также раковины — обломки *Cardium* и *Dreissensia*.

Таблица 2

Механический состав желто-бурых суглинков (в % от веса сухой бескарбонатной и обессоленной породы)

Разрез	Глубина взятия образца, см	Размер фракции, мм					
		1—0,25	0,25— 0,05	0,05— —0,01	0,01— —0,005	0,005— —0,001	<0,001
18	400—410	0,0	9,6	45,7	6,2	8,6	29,9
	520—530	0,1	14,4	42,5	5,4	9,3	28,3
	600—610	0,0	17,8	44,0	2,9	9,6	25,7
19	500—510	0,0	9,6	46,6	7,4	8,8	27,6
	600—610	0,0	9,4	51,6	5,7	6,3	27,0
	670—680	0,0	12,9	49,1	5,4	6,2	26,4
51	500—510	0,0	8,8	45,7	9,5	7,4	28,6
	600—610	0,0	5,3	56,1	4,5	7,1	27,0
	680—690	0,0	17,3	48,7	4,2	5,4	24,4
52	400—410	0,0	7,5	40,4	7,5	9,9	34,7
	500—510	0,0	11,6	38,7	8,1	9,0	32,6
	600—610	0,1	8,7	45,6	7,3	8,2	30,1

В табл. 2 приведен механический состав этих отложений на глубине 5—7 м по четырем разрезам. Из этих данных мы видим, что материнские породы, по классификации Н. А. Качинского (1943), относятся к средним и тяжелым пловато-крупнопылеватым суглинкам. Характерно полное отсутствие крупного и среднего песка, незначительное содержание мелкого песка и, наоборот, высокое содержание «лёссовой» фракции — крупной пыли (0,05—0,01 мм). Содержание мелкого песка (0,25—0,05 мм) имеет тенденцию увеличиваться к низу. Пространственное варьирование пород по механическому составу невелико — они очень однородны.

Суглинки карбонатны и содержат обычно от 4,5 до 5,0% CO_2 ; это соответствует 10—11% CaCO_3 . Содержание карбонатов в большинстве случаев слабо варьирует и в пространстве и по профилю.

Суглинки лишь слабо засолены. В этом нетрудно убедиться, взглянув на приведенные ниже солевые профили данных почв. Даже в наиболее сильно засоленных почвах — солончаковых солонцах, — содержание солей, начиная обычно с глубины 3 м, быстро убывает книзу и на глубине 6 м не превышает, как правило, 0,1—0,2%.

Для большей наглядности мы приводим табл. 3, в которой сопоставлены средние запасы ионов солей в нижней половине седьмого метрового слоя и в грунтовой воде.

Таблица 3

Запасы ионов солей, переходящих в водную вытяжку, в нижней половине седьмого метрового слоя и в грунтовой воде (средние данные для шести разрезов солончаковых солонцов — № 1, 3, 5, 7, 9, 52).

Показатели	Сумма солей	HCO_3'	Cl'	SO_4''	Сумма анионов	Ca''	Mg''	Na'
Запас в слое 650—700 см, г-экв/м ² . . .	4,2 кг	2,5	4	46	52	29	8	15
Состав грунтовых вод, мг-экв/л	5,3 г/л	3,2	25,5	53,6	82,3	31,2	11,9	39,2
Содержится в 200 л грунтовых вод, г-экв	1 кг	0,6	5,1	10,7	16,4	6,2	2,4	7,8

При объемном весе почвы в седьмом метровом слое 1,6 вес слоя, мощностью 50 см и площадью 1 м², равен 800 кг. Следовательно, запас солей (4,2 кг) соответствует количеству водной вытяжки, равному 4000 л (при отношении почва: вода — 1 : 5). Сопоставляя величину этого запаса с количеством ионов в 200 л грунтовой воды, т. е. в том ее количестве, которое содержится в полуметровом слое грунта при полной влагоемкости, мы видим следующее. Запасы иона хлора в обоих случаях близки — по данным водной вытяжки (табл. 3) его даже несколько меньше, что можно объяснить «отрицательным поглощением». Все остальные ионы извлекаются из почвы водной вытяжкой в гораздо большем количестве, чем то, которое соответствует их содержанию в грунтовой воде. Учитывая низкое в общем содержание этих солей, при котором они все должны находиться в растворе, такое соотношение, на первый взгляд, оказывается непонятным.

Однако следует учесть, что, как показывают анализы, в слое 650—700 см общий запас иона SO_4' равен 178 г-экв., т. е. 132 г-экв. в водную вытяжку не переходят вследствие не только низкой растворимости гипса (в 4000 л должно было бы перейти 120 г-экв.), но главным образом потому, что кристаллы гипса, как показала И. М. Рашевская (1954), несут на себе пленку из карбоната кальция, которая препятствует их растворению. Частично он все же растворяется, и в водной вытяжке мы находим 46 г-экв. сульфатного иона вместо 10,7 г-экв. Из этого мы можем сделать вывод, что водной вытяжкой дополнительно извлекается около 36 г-экв. гипса. Однако количество кальция, переходящего в вытяжку, увеличилось лишь на 23 г-экв. (29 минус 6). Очевидно, что остальное количество кальция гипса, перешедшего в водную вытяжку, израсходовалось на вытеснение в раствор обменного магния и обменного натрия, содержание ко-



10 0 10 20 30 40 50 60 м

- 1
- 2
- 3

Средняя почвенная вытяжка.

торых в сумме увеличилось на 13 г-экв., т. е. на величину недобора кальция (36 минус 23).

Таким образом, мы видим, что значительная разница между запасом ионов, определяемым по данным водной вытяжки, и запасом ионов, содержащихся в грунтовой воде, пропитывающей нижнюю половину метрового слоя, — кажущаяся и обязана своим происхождением обменным реакциям, возникающим при приготовлении водной вытяжки. В действительности же порода содержит в значительном количестве лишь гипс, в то время как содержание солей магния и натрия очень невелико.

Из этого вытекает вывод, что солончаковые солонцы, а также светло-каштановые почвы, в настоящее время содержащие довольно большое количество солей, развились на породах слабо засоленных и их развитие сопровождалось накоплением солей из грунтовых вод. Происхождение описанных бурых суглинков нельзя считать установленным окончательно.

Большаков и Боровский (1937) считают, что верхнюю часть толщ описанных бурых суглинков следует отнести к хвалынскому времени, а нижняя часть этой толщи отлагалась в период регрессии хазарского морского бассейна.

Ковда (1950) рассматривает Прикаспийскую низменность как дельтово-аллювиальную равнину. По его мнению, желто-бурые суглинки образовались в результате чисто аллювиальной аккумуляции, в условиях слабо проточных и озерных водоемов.

Большинство современных авторов (Буяновский, Доскач и Фридланд, 1956) считают эти суглинки нижнехвалынскими.

Р а с т и т е л ь н о с т ь. Растительный покров территории стационара охарактеризован в работах И. В. Каменецкой, Т. К. Гордеевой и И. В. Ларина (1955). Ввиду комплексности этого покрова, тесно связанной с комплексностью почвенного покрова, мы не будем его описывать отдельно, а приведем основные данные его при описании соответствующих почв.

Почвы

Все рассматриваемые в настоящей работе почвенные разрезы закладывались в виде шурфов глубиной 2 м, за исключением нескольких траншей, в которых раскапывались и изучались корни; глубина траншей была 6—7 м. Образцы из шурфов брали подряд, по 10-сантиметровым слоям, с соблюдением, однако, границ морфологических горизонтов. Все шурфы углублялись бурением в дно до глубины 7 м, что обеспечивало достижение зеркала грунтовых вод. Из буровой скважины образцы брались также подряд по 10-сантиметровым слоям.

Общий характер почвенного покрова иллюстрирует прилагаемая крупномасштабная почвенная карта, заснятая в масштабе 1 : 1000 (рис. 3).

Такие карты составлялись следующим образом. Участок разбивали сначала на квадраты размером 100 × 100 м. Затем каждый такой гектарный участок разбивали при помощи пикетов на квадраты 10 × 10 м. Дополнительными пикетами отмечали внутри малого квадрата все характерные точки микрорельефа. После этого производили нивелировку по квадратам и по дополнительным точкам, как это описано в работе Д. Л. Мозесона (1952). Затем по тем же пикетам зарисовывали контуры растительных группировок (Каменецкая, 1952), которые очень точно отвечают контурам соответствующих почв, что было установлено путем закладки многочисленных почвенных разрезов.

0 2,5 5 7,5 10 м

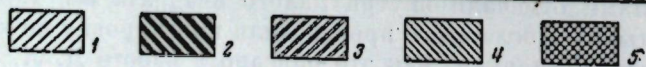
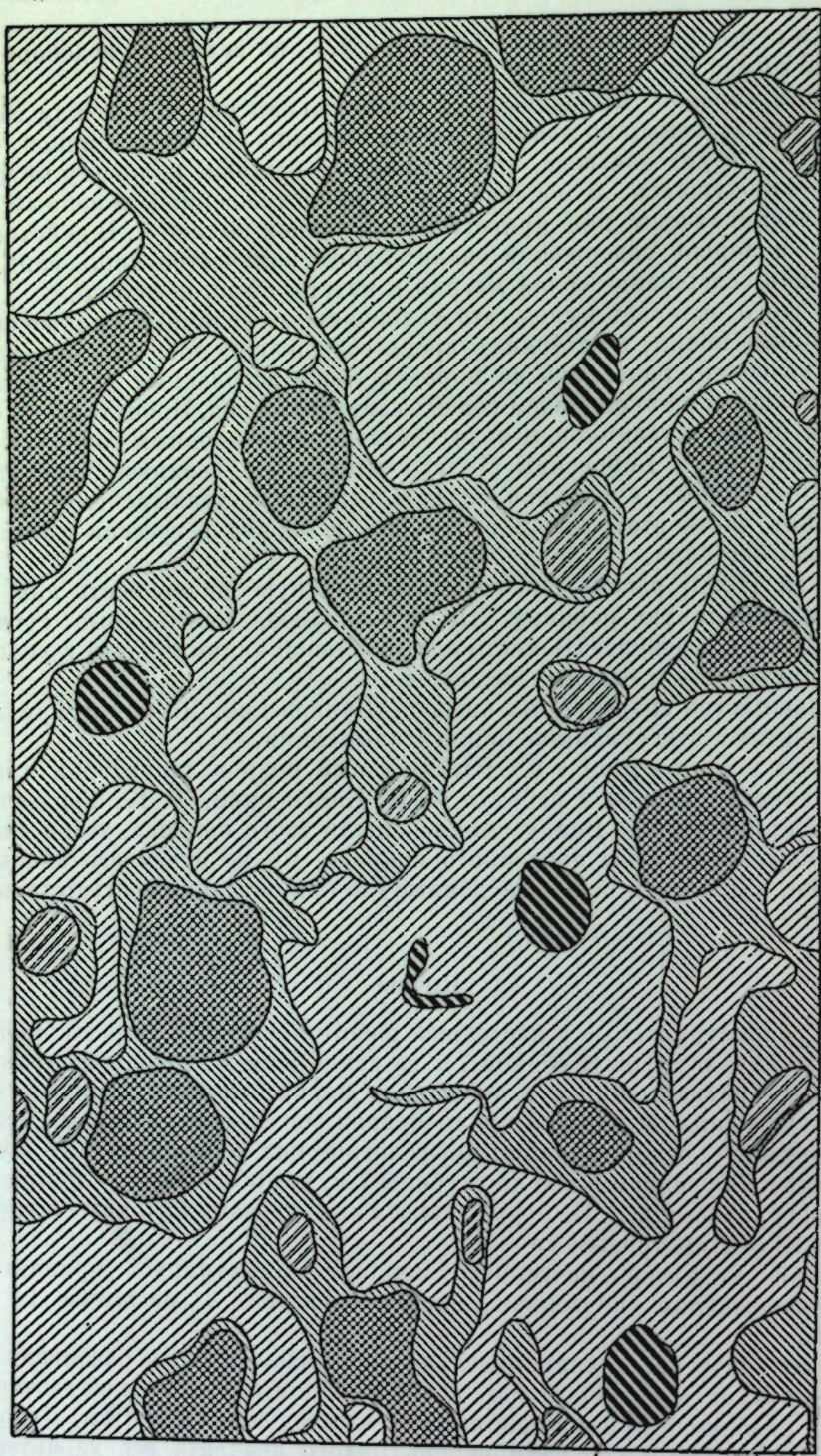


Рис. 4. Почвенный план ключа № 1 на первой ленте государственной лесной полосы
1 — солончаковые солонцы, 2 — солонцы остепняющиеся, 3 — темно- и светло-каштановые почвы
мелких западин, 4 — светло-каштановые почвы микросклонов, 5 — черноземовидные темноцветные
почвы западин

0 2,5 5 7,5 10 м



Рис. 5. Почвенный план ключа № 2 на второй ленте
государственной лесной полосы

(Обозначения здесь и на рис. 6, 7, 8 см. рис. 4)

0 2,5 5 7,5 10 м

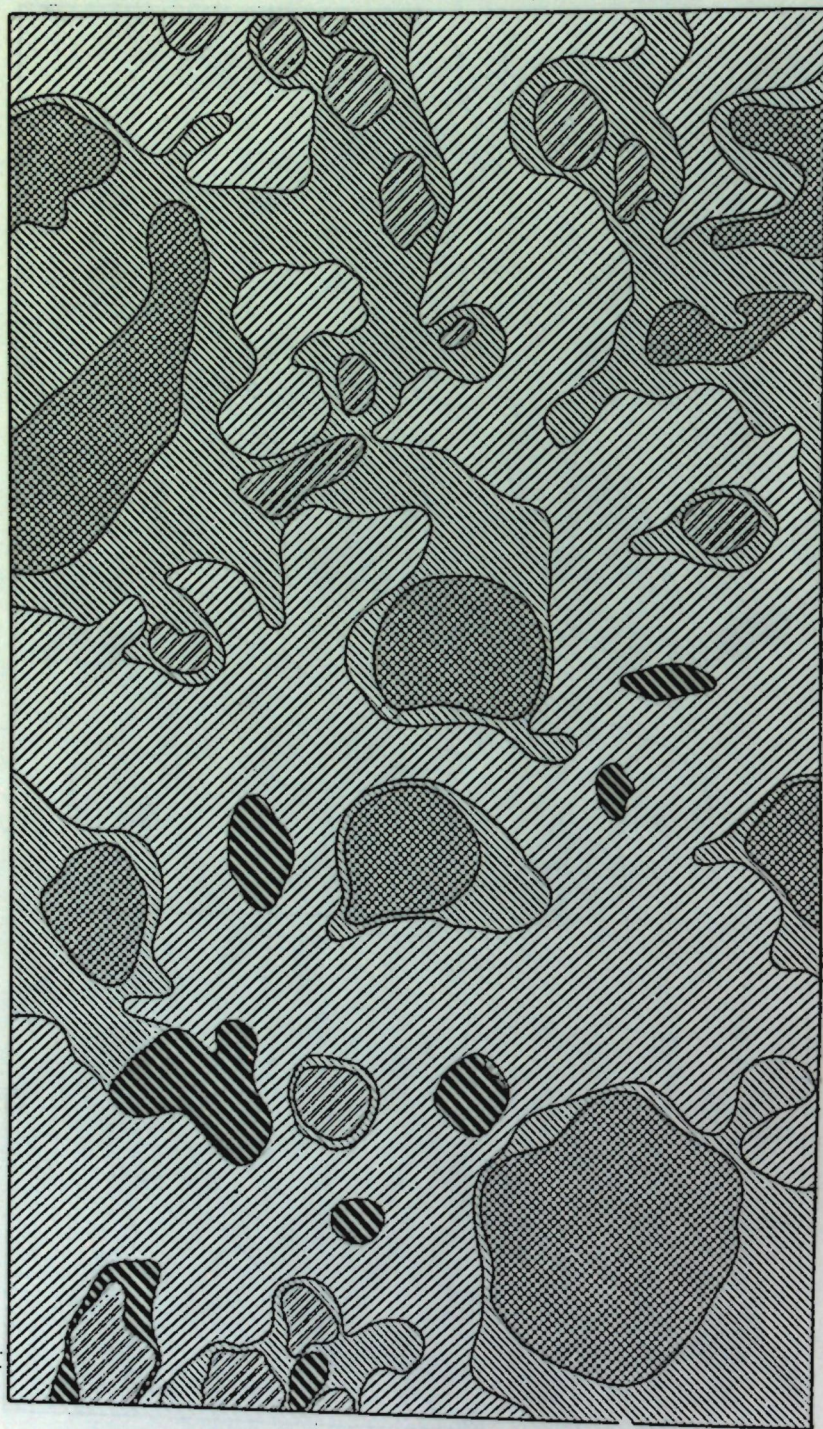


Рис. 6. Почвенный план ключа № 3 на третьей ленте государственной лесной полосы

0 2,5 5 7,5 10 м



Рис. 7. Почвенный план ключа № 4 на третьей ленте государственной лесной полосы

0 2,5 5 7,5 10 12,5 м

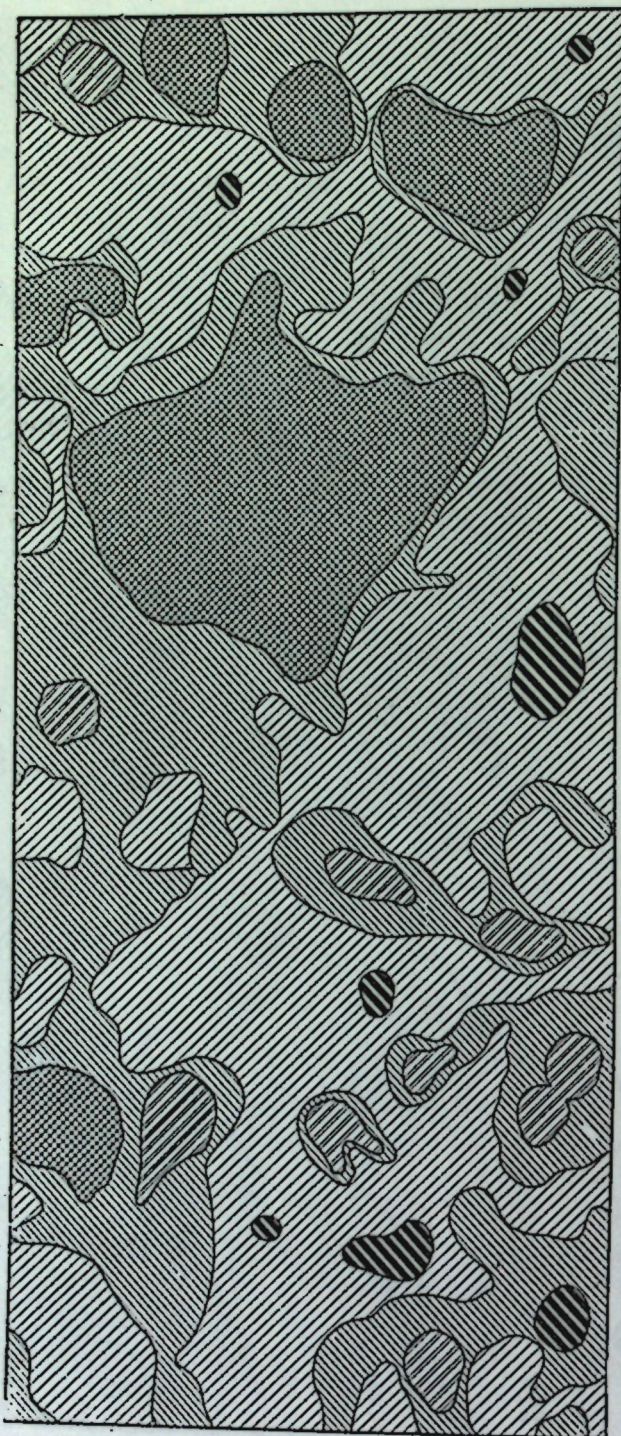


Рис. 8. Почвенный план ключа № 5 на четвертой ленте государственной лесной полосы

В дальнейшем почвенные контуры уточняли при помощи прикопок. Особое внимание при этом приходилось обращать на выделение, во-первых, столбчатых солонцов, во-вторых, остепняющихся солонцов и, в-третьих, почв микрозападин типа каштановых. Необходимость уточнения при помощи прикопок контуров этих трех видов почв диктовалась тем, что по растительному покрову столбчатые солонцы близки к обычным солончаковым солонцам, остепняющиеся солонцы — к светло-каштановым почвам микросклонов, а почвы западин типа каштановых часто, особенно в случаях их заметной выщелоченности, почти не отличаются по растительности от темноцветных почв западин.

Кроме участка, заснятого в масштабе 1 : 1000, на лентах государственной лесной полосы было заснято пять ключей площадью по 0,6 га в масштабе 1 : 250. Методика съемки была такая же, как описанная выше. Почвенные карты этих ключей изображены на рис. 4—8. Эти ключи закреплены в натуре отрезками железных труб диаметром около 80 мм, вкопанными на расстоянии 5 м к востоку от северо-восточного угла каждого из ключей.

Первое, что бросается в глаза при рассмотрении всех указанных карт, — исключительно большая пестрота, мозаичность почвенного покрова межпадинных пространств. Основные закономерности в распределении почв заключаются в следующем.

Наиболее крупные пятна образованы темноцветными почвами больших падин. На указанных крупномасштабных картах эти почвы почти не встречаются, за исключением небольшого участка в южной части ключа № 2 (рис. 5). Расположение больших падин с присущими им темноцветными почвами хорошо иллюстрирует рис. 2.

Среди почв межпадинных пространств, как это видно на крупномасштабных картах, резко преобладают солончаковые солонцы, которые образуют сплошной фон. Изредка среди них попадаются столбчатые солонцы. На этом солонцовом фоне четко выделяются мелкие замкнутые контуры, чаще более или менее округлой, реже — вытянутой формы, отвечающие в микрорельефе западинам и занятые темноцветными или темно-каштановыми почвами западин. Эти контуры, как правило, окружены довольно узкими каемками светло-каштановых почв склонов микроповышений. В большинстве случаев кайма светло-каштановых почв микросклонов в местах сближения западин расширяется, и эти почвы распространяются на седловинки между соседними западинами.

Остепняющиеся солонцы приурочены к склонам микроповышений или же к самым малым и мелким западинам, встречающимся на крупных контурах солонцов.

В почвенный покров участков Джаныбекского стационара входят следующие почвы:

солонцы солончаковые,
солонцы солончаковые столбчатые,
солонцы солончаковые остепняющиеся,
светло-каштановые почвы,
почвы типа темно-каштановых,
темноцветные черноземовидные почвы западин,
темноцветные черноземовидные почвы больших падин.

Солончаковые солонцы

Наиболее распространенным видом почв на участках стационара и в районе его расположения являются, как отмечалось выше, солончаковые солонцы, занимающие не менее 50% общей площади межпадинной

Некоторые морфологические признаки солончаковых солонцов (глубина залегания и мощность горизонтов в см)

Разрез	Глубина искапания	Надсолонцовый горизонт		Солонцовый горизонт		1-й подсолонцовый засоленный горизонт		2-й подсолонцовый засоленный горизонт		Глубина засолен- ной глыбы всех глин	Глубина глыбы под водой
		глубина глыбы	мощность	глубина глыбы	мощность	глубина глыбы	мощность	глубина глыбы	мощность		
1	9	9	9	29	20	90	70	140	50	140	706
3	0	7	7	18	11	70	59	160	110	160	682
5	25	14	14	39	25	70	45	160	90	160	676
7	0	12	12	31	19	75	44	180	105	180	726
9	10	10	10	35	25	105	80	160	55	160	—
52	0	6	6	25	19	65	46	130	65	130	—
129-II	0	7	7	26	19	90	64	140	50	140	—
100-II	24	4	4	35	31	80	45	170	90	170	—
14	28	12	12	34	22	105	71	150	45	150	690
15	25	12	12	32	20	80	48	140	60	140	690
16	32	17	17	48	31	85	37	120	35	120	690
17	25	16	16	35	19	85	50	120	35	120	690
58	0	6	6	27	21	105	78	160	55	160	—
103-II	45	17	17	45	28	80	35	160	80	160	—
54	15	6	6	33	27	80	47	160	80	160	—
Площадка геоботаническая 151 (127-II)	0	13	13	38	25	95	57	—	—	—	—
161	0	10	10	34	24	90	56	130	40	130	—
168 (солонец столбчатый)	0	5	5	30	25	60	35	—	—	—	—
Обобщенные данные морфологических признаков:	37	10	10	37	27	75	38	170	95	170	710
пределы	0-45	4-17	4-17	18-48	11-31	60-105	35-80	120-180	35-105	—	—
среднее	14	10	10	33	23	83	50	150	67	—	—

равнины. Они приурочены к повышениям в микрорельефе и в почвенном покрове образуют сплошной фон.

Для солончаковых солонцов характерны прутняково-чернополынные растительные группировки, состоящие из прутняка (*Kochia prostrata*) и черной полыни (*Artemisia pauciflora*) (Каменецкая, 1952). Кроме того, на солонцовых пятнах встречается мятлик живородящий (*Poa bulbosa*), перечник пронзеннолистный (*Lepidium perfoliatum*), а также, единично солянки и некоторые другие растения. Они образуют весьма разреженный растительный покров. Покров обычно не превышает 30—35%.

Профиль солончаковых солонцов имеет следующее морфологическое строение (табл. 4). Сверху профиль начинается п а д с о л о н ц о в ы м горизонтом, мощность которого варьирует от 4 до 17 см; в среднем она равна 10 см. Надсолонцовый горизонт в летнее время почти всегда бывает сухим, но может промачиваться летними дождями на глубину нескольких сантиметров, иногда даже насквозь. В сухом состоянии он окрашен в светло-серый с палевым оттенком цвет. Этот горизонт по механическому составу — суглинистый. Выламывается плоскими глыбками, которые легко раздавливаются в порошок; отчетливо тонко слоеват и имеет сухарную пористость. От нижележащего горизонта отделяется резко. Иногда вскипает от соляной кислоты с поверхности или не вскипает совсем.

Глубже находится с о л о н ц о в ы й горизонт. Его мощность варьирует от 11 до 31 см, в среднем равна 23 см. В летнее время он также бывает сухим. Этот горизонт в сухом состоянии окрашен в темный серовато-шоколадный цвет. Выламывается неправильными плосковершинными глыбками до 15 см в поперечнике. Глыбки легко распадаются на неправильно-призматические ореховидные острогранные отдельности до 1—2 см в поперечнике. В нижней части горизонта на поверхности отдельностей появляются грязно-желтые выцветы солей. Вскипание чаще всего начинается в нижней части этого горизонта. От нижележащего горизонта отделяется обычно довольно резко.

Далее расположен п е р в ы й п о д с о л о н ц о в ы й з а с о л е н ы й горизонт. Его мощность варьирует от 35 до 80 см, в среднем равна 50 см. Характерной его особенностью является прежде всего розоватый оттенок в окраске, которая может быть названа розовато-бурой. Вторая морфологическая особенность, еще более резкая, — наличие пескообразной (псевдопесчаной) структуры. Этот горизонт в течение всего года остается большей частью сухим (Большаков, 1950; Польский и Роде, 1952).

При закладке шурфа этот горизонт образует стенку, но даже при легком прикосновении к ней (например, кончиком ножа) она тотчас же осыпается, как песок, хотя по механическому составу (см. табл. 5) этот горизонт является суглинистым и ничем существенно не отличается от остальных горизонтов. Такая структура объясняется, во-первых, сухостью этого горизонта и, во-вторых, присутствием в нем сульфата натрия, который при низкой влажности, свойственной данному горизонту, выпадает из почвенного раствора в виде кристаллов, одновременно вызывая полную коагуляцию глинистых частиц, их связывание в форме мелких агрегатов («песчинок») и разрыхление последних. В этом горизонте обычно мы находим скопления сернокислых солей — гипса и сульфата натрия, которые на стенке разреза выступают в виде резко очерченных белесых пятен. На стенке разреза в этом горизонте часто выделяются отчетливо очерченные круглые кротовины, засыпанные материалом из этого же горизонта или из других горизонтов. Переход в нижележащий горизонт довольно быстрый, но без резкой границы. Почва в описываемом горизонте, как мы

увидим ниже, имеет низкий объемный вес, который снижается иногда до 1,0, и соответственно высокую порозность, достигающую до 55%.

Следующий горизонт мы называем в т о р ы м п о д с о л о н ц о в ы м з а с о л е н н ы м (ПСЗ₂). Он имеет палево-бурую окраску и значительно большую плотность, чем предыдущий, что подчеркивается и его более высоким объемным весом, который в пределах горизонта нарастает от 1,25 до 1,50. Его мощность варьирует от 35 до 105 см, в среднем равна 67 см. В верхней своей части он имеет ореховато-призматическую, слегка творожистую структуру, не всегда отчетливо выраженную, которая книзу переходит в крупнопризматическую или призматически-глыбистую. В средней части этого горизонта, обычно с глубины 110—120 см, начинает нарастать влажность, в связи с чем с этой же глубины при высыхании стенки на ней появляются выцветы солей. Однако в этом горизонте данное явление выражено слабо, оно резко усиливается в следующем горизонте с глубины 150—170 см, где «выцветы» превращаются в густой солевой «мох». Переход в нижележащий горизонт быстрый.

Следующий горизонт характеризуется наличием морфологически выраженных скоплений гипса. Вместе с тем, как показывают анализы, он содержит и легкорастворимые соли, поэтому мы будем называть его г и п с о в ы м з а с о л е н н ы м (ГЗ).

Верхняя граница этого горизонта лежит на глубине 120—180 см, в среднем на глубине 150 см. Он имеет палево-бурую окраску, более темную, чем вышележащий горизонт, вследствие более высокой влажности. Иногда в нем наблюдается оливковый оттенок (слабое оглеение). Механический состав — суглинок. В верхней части — крупнопризматическая или глыбисто-призматическая структура, которая книзу становится менее отчетливой вследствие нарастания влажности и слитности. Характерным признаком горизонта является наличие в нем скоплений гипса, которые на стенке разреза выделяются в форме вертикально удлиненных, «рваных» но резко очерченных, желтовато-белесых пятен или в виде друз, состоящих из довольно крупных стекловидных прозрачных кристаллов.

Нижняя граница этого горизонта, которую можно было бы провести по признаку исчезновения скоплений гипса, нередко образующих несколько слоев, выражена нерезко, так как скопления гипса, иногда в виде целых прослоев гипсовых друз, встречаются и ниже. Более или менее условно мы проводим ее, а вместе с тем и нижнюю границу почвенной толщи на глубине около 300 см.

Толщу от 300 до 600 см мы называем з а с о л е н н ы м п е р е х о д н ы м горизонтом и обозначаем ее индексом ЗП. Эта толща представляет собой суглинок, довольно влажный и слитный. Содержание солей в ней книзу убывает, поэтому мы и называем ее переходным горизонтом. В более ранней литературе этот горизонт именовался материнской породой.

С 600 см начинается собственно материнская порода, которая, как мы видели из данных табл. 3, является почти не засоленной; она лишь пропитана содержащей соли грунтовой водой и иногда содержит скопления гипса. На глубине около 7 м (от 670 до 700 см) в 1950 и 1951 гг. мы обнаружили грунтовые воды. В 30-х годах Большаков наблюдал уровень этих вод на глубине 5—6 м.

Из табл. 4, в которой приведены мощности морфологических горизонтов всех изученных нами разрезов солончаковых солонцов, следует, что эти солонцы по глубине залегания солонцового горизонта в подавляющем большинстве случаев относятся к средним. Гораздо реже встречаются корковые и совсем редко — глубокие солонцы. Мощность надсолонцового

горизонта может сильно варьировать в пределах даже одного солонцового контура вследствие хотя бы наличия бутанов различного возраста.

Существенный интерес представляет распределение в профиле солончакового солонца корней произрастающих на них растений. Как показали исследования Каменежкой (1952), корни мятлика живородящего целиком умещаются в надсолонцовом горизонте. Корни черной полыни проникают в солонцовый горизонт, но за его пределы почти не выходят. Корни прутняка проникают в оба подсолонцовых горизонта и даже глубже, достигая в отдельных случаях глубины 3 м. Таким образом, и по этому признаку мощность почвенного профиля оказывается равной 3 м.

Переходим к вопросу о режиме влажности солончаковых солонцов. Основные черты этого режима изложены в работе Большакова (1950). Наши наблюдения 1950—1951 гг. всецело подтверждают его выводы (Польский и Роде, 1952). Поэтому в настоящей работе мы лишь в очень краткой форме отметили наиболее существенные особенности водного режима рассматриваемых солонцов.

На рис. 10 (в правой части) изображен профиль влажности солончакового солонца (разр. 52) для двух характерных моментов: наибольшего (весна) и наименьшего (осень) увлажнения. Из этого рисунка видно, что значительные сезонные изменения влажности наблюдаются лишь в пределах верхних 40 см, т. е. в пределах горизонтов надсолонцового, солонцового и самой верхушки первого подсолонцового. Ниже влажность в течение года остается почти постоянной, за исключением слоя 40—80 см, в котором можно отметить небольшое весеннее осырение, размеры которого исчисляются немногими десятками долями процента.

Значительная амплитуда влажности наблюдается в подсолонцовом горизонте — от величины, превышающей наименьшую влагоемкость, равную 23—25%, до величины, значительно меньшей максимальной гигроскопичности, которая равна 7—8%.

В солонцовом горизонте амплитуда колебаний влажности уже значительно меньше, а в верхнем 10-сантиметровом слое первого подсолонцового горизонта она сходится почти на нет.

Таким образом, весеннее промачивание не простирается далее верхушки первого подсолонцового горизонта. В верхней части последнего нами была отмечена минимальная влажность — около 12%. Отсюда книзу влажность нарастает быстро в пределах первых двух метров. В начале третьего метра она приближается к величине наименьшей влагоемкости (18%) и далее книзу продолжает медленно нарастать до начала пятого метра, после чего нарастание делается снова более быстрым. Очевидно, что начало пятого метра совпадает с началом капиллярной каймы, мощность которой при глубине зеркала грунтовых вод 7 м равняется, следовательно, около 3 м.

Таким образом, почвенно-грунтовая толща в отношении профиля влажности может быть подразделена на следующие части:

- | | | |
|------------|---|--|
| 0—40 см. | Надсолонцовый, солонцовый и самая верхняя часть первого подсолонцового горизонта | Слой ежегодного промачивания и резко выраженных сезонных изменений влажности, величина которых книзу в пределах этого слоя уменьшается и сходится на нет |
| 40—220 см. | Первый подсолонцовый и второй подсолонцовый горизонты и верхняя часть гипсового горизонта | Слой почти постоянной в течение года влажности, нарастающей от максимальной гигроскопичности вверху до наименьшей влагоемкости внизу |

220—430 см. Нижняя часть гипсового горизонта и верхняя часть переходного засоленного горизонта	Слой постоянной влажности, близкой к величине наименьшей влагоемкости
430—200 см. Нижняя часть переходного засоленного горизонта	Капиллярная кайма с нарастающей книзу влажностью
Материнская порода	

Во втором из этих слоев, обнимающем первый и второй подсолонцовые засоленные горизонты и верхнюю часть гипсового горизонта, имеется постоянный градиент влажности, уменьшающейся снизу вверх и достигающей в верхней части этого слоя величины максимальной гигроскопичности. Чем создается такое значительное иссушение этого горизонта и такой значительный градиент влажности? По всей вероятности, эти явления вызывает деятельность корней прутьяка, отсасывающих воду из данного слоя. Благодаря тому, что влажность верхних частей указанного слоя снижается до очень небольших величин, водопроницаемость его тоже резко падает, что способствует поддержанию градиента влажности. В то же время та же отсасывающая деятельность корней прутьяка, резко понижающая влажность первого подсолонцового засоленного горизонта, вызывает в нем указанное выше выпадение в осадок из почвенного раствора сульфата натрия.

Наличие указанного выше постоянного градиента влажности неизбежно должно вызывать постоянный восходящий ток влаги в пределах слоя с этим градиентом. Однако благодаря низкой влажности, а следовательно, и низкой водопроницаемости, передвижение влаги и содержащихся в ней солей в этом слое совершается очень медленно. Тем не менее, оно должно существовать, вследствие чего накопление солей в подсолонцовом горизонте солончаковых солонцов должно продолжаться и в настоящее время, но лишь весьма медленно. В то же время атмосферные осадки, которые могут вызвать нисходящее передвижение солей, почти не проникают, как мы видим, за пределы солонцового горизонта, поэтому в пределах только этого горизонта и надсолонцового и наблюдается некоторая, быстро убывающая книзу в пределах этого слоя выщелоченность. Малая глубина промачивания обусловлена двумя факторами. Во-первых, на микроповышениях, занимаемых солонцами, снега накапливается очень мало — в 2—4 раза меньше, чем в западинах и в 1,5—2,5 раза меньше, чем на микросклонах. Это объясняется тем, что с микроповышений, занятых солонцами с присущей им скудной растительностью, снег легко сносится ветром и накапливается в западинах с обильными остатками растительности. Кроме того, в случае промерзания почвы: даже то небольшое количество талых вод, которое дает снег, стекает с микроповышений во время его таяния весной. Во-вторых, солонцовый горизонт обладает малой водопроницаемостью и препятствует просачиванию через него талых вод. Впрочем, как показывают определения водопроницаемости (см. ниже), последняя у рассматриваемых солончаковых солонцов не так уже мала, вследствие чего этот второй фактор имеет второстепенное значение.

Наличие хотя и медленного, но постоянного восходящего тока влаги от грунтовых вод, о котором мы говорили выше, дает основание отнести описываемые солонцы к подтипу лугово-степных.

Механический состав всех почв определялся по методу Качинского (1943); содержание фракций пересчитывалось на бессолевую бескарбонатную навеску.

Таблица 5.

Механический состав солончаковых солонцов
(в % от веса бескарбонатной обессоленной сухой почвы)

Глубина взятия образца, см	Размеры частиц, мм						Сумма
	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	

Разрез 52

0—6	0,2	7,0	43,9	7,1	10,2	31,6	100
6—20	0,1	5,3	42,7	7,1	11,7	33,1	100
20—30	0,1	9,6	38,4	8,7	9,8	33,4	100
30—40	0,1	4,7	41,5	8,1	9,7	35,9	100
40—50	0,0	4,6	39,1	9,6	9,7	37,0	100
50—60	0,0	5,8	41,9	5,2	12,4	34,7	100
100—110	0,0	11,7	39,9	6,7	10,4	31,3	100
150—160	0,0	5,7	47,1	5,7	10,0	31,5	100
200—210	0,0	11,3	41,6	7,4	10,3	29,4	100
250—260	0,0	17,7	36,5	6,3	8,3	31,2	100
310—320	0,0	11,0	42,6	6,2	9,5	30,7	100
350—360	0,0	3,8	46,5	7,3	9,5	32,9	100
400—410	0,0	7,5	40,4	7,5	9,9	34,7	100
450—460	0,0	6,0	42,3	8,0	9,9	33,8	100
500—510	0,0	11,6	38,7	8,1	9,0	32,6	100
550—560	0,0	11,6	40,0	7,3	9,3	31,8	100
600—610	0,10	8,7	45,6	7,3	8,2	30,1	100
650—660	0,0	8,3	49,0	5,0	9,2	28,5	100

Разрез 1. Ключ 1

0—9	0,4	13,6	47,3	7,7	9,2	25,4	100
9—20	0,3	6,3	42,4	6,9	9,9	34,2	100
20—30	0,4	6,6	39,6	8,4	10,6	34,4	100
30—40	0,4	4,8	39,9	8,4	10,1	36,4	100
40—50	0,1	3,4	44,5	7,0	10,8	34,3	100
50—60	0,0	5,2	45,0	7,3	10,2	32,3	100
70—80	0,2	10,5	42,7	7,3	8,8	30,5	100
90—100	0,4	17,1	35,6	8,7	10,0	28,2	100

Разрез 7. Ключ 4

0—6	0,2	9,9	42,5	6,0	9,7	31,7	100
6—12	0,6	4,7	44,3	7,3	10,6	32,5	100
12—20	0,1	12,2	35,3	8,5	8,4	35,5	100
20—30	0,1	7,7	35,5	7,0	10,5	39,2	100
30—40	0,1	4,5	38,5	7,6	10,7	38,6	100
40—50	0,0	2,7	42,1	8,5	9,9	36,8	100
50—60	0,0	5,2	42,4	8,0	9,4	35,0	100
70—80	0,0	7,8	41,3	8,4	8,3	34,2	100
90—100	0,0	6,5	44,0	7,3	8,8	33,4	100

Механический состав солончаковых солонцов характеризуется данными, приведенными в табл. 5, которые в графическом виде представлены на рис. 9. Этими данными разрез 52 охарактеризован до глубины 660 см, остальные два разреза (1 и 7) — в пределах первого метра.

Из этих данных мы видим, что все нижние горизонты почвенно-грунтовой толщи, начиная с второго подсолонцеватого засоленного горизонта и ниже, весьма однородны по механическому составу. Иное наблюдается в верхней части профиля. Надсолонцовый горизонт отличается пониженным содержанием илстых частиц и повышенным содержанием фракции 0,25—0,05 мм. Этому отвечают и пониженные величины максимальной и воздушной гигроскопичности (см. табл. 21 и 22). С переходом к солонцовому горизонту содержание илстой фракции нарастает, а фракции 0,25—0,05 мм уменьшается. Одновременно несколько уменьшается и содержание фракции крупной пыли (0,05—0,01 мм), в то время как содержание фракций средней и мелкой пыли лишь незначительно и незакономерно колеблется.

Наибольшего содержания илстая фракция достигает на глубине 30—40 или 40—50 см, т. е. в верхней части первого подсолонцового горизонта или в самой нижней части солонцового горизонта. Примерно на этой же глубине наблюдается минимальное содержание фракций 0,25—0,05 и 0,05—0,01 мм. Иными словами, содержание этих двух фракций, с одной стороны, и содержание илстой фракции — с другой, находятся в обратной зависимости. Ниже содержание илстой фракции уменьшается, а фракции 0,25—0,05 и 0,05—0,01 мм возрастают до глубины примерно 100 см, ниже которой механический состав становится более или менее однородным.

Таким образом, оглинение охватывает нижнюю часть горизонта С и верхнюю часть первого подсолонцового засоленного горизонта (ПСЗ₁, причем глина образуется из песчаной и крупной пыли.

За отсутствием данных валовых анализов мы не имеем возможности судить о том, является ли это оглинение результатом иллювиального процесса, или результатом метаморфоза первичных минералов *in situ*, или же следствием первоначальной неоднородности наноса. В изменении по профилю содержания фракций 0,01—0,05 и 0,005—0,001 мм нет какой-либо закономерной связи с изменением содержания илстой фракции. Отсюда можно предположить, что явления вымывания тонких частиц (в любой форме) в повышении глинистости слоев 30—50 см существенной роли не играют. В противном случае содержание частиц 0,01—0,001 мм должно было бы испытать относительное уменьшение. Однако это предположение требуется подтвердить аналитическими данными. Следует указать, что и в почвах других типов (см. рис. 30, 37, 46, 57, 75) наблюдается такое же оглинение на той же глубине. К сожалению, мы не можем установить связи между механическим составом и величиной максимальной гигроскопичности вследствие того, что последняя в присутствии солей определяется со значительным преувеличением (см. ниже).

Рассмотрим солевые профили солончаковых солонцов.

Водные вытяжки для определения состава и количества солей готовились по обычному методу: при отношении почвы к воде 1 : 5 и при трехминутном взбалтывании. Все аналитические определения производились так, как они описаны в руководстве К. К. Гедройца (1932) за исключением того, что начиная с 1954 г. щелочноземельные металлы определялись при помощи трилонометрии (Крюков, 1955). Сумма сульфатов (неправильно именуемая часто «гипсом») определялась в особой навеске (5—10 г) путем промывания ее слабой соляной кислотой до исчезновения

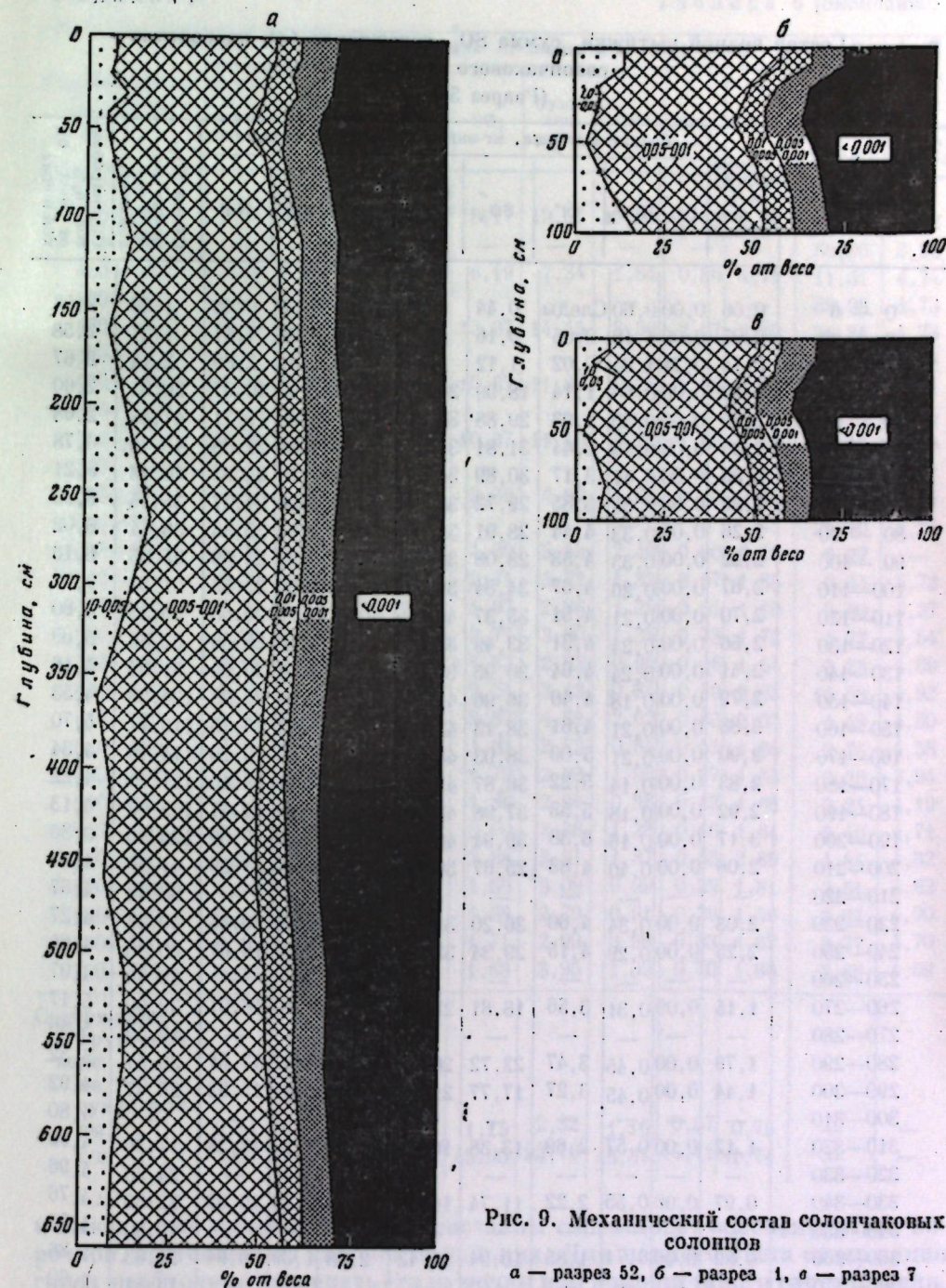


Рис. 9. Механический состав солончаковых солонцов

а — разрез 52, б — разрез 1, в — разрез 7

реакции на сульфатный ион в фильтрате. Фильтрат сгущался на водной бане, и в нем обычными методами определялся сульфатный ион.

В самом начале наших аналитических работ было установлено, что сульфатный ион не полностью переходит в водную вытяжку даже в тех случаях, когда содержание гипса в почве настолько невелико, что в вытяжке не может получиться его насыщенного раствора. Эти факты по нашей просьбе были специально изучены Рашевской (1955), которая пришла

Таблица 6

Состав водной вытяжки, сумма SO_4^{2-} , содержание CO_2 карбонатов
солончакового солонца
(Разрез 52)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса почвы	Водная вытяжка, мг-экв. на 100 г сухой почвы							Сумма SO_4 , мг-экв на 100 г су- хой почвы	CO_2 карбона- тов, в % от веса су- хой почвы	
		CO_3	HCO_3	Cl'	SO_4	Сумма анио- нов	Ca''	Mg''			Na'
0 — 6	0,06	0,00	0,60	Следы	0,44	1,04	0,50	0,06	0,48	1,30	2,56
6 — 20	0,07	0,00	1,18	0,05	0,16	1,38	0,19	0,08	1,11	1,21	2,58
20 — 30	0,14	0,21	1,64	0,02	1,12	3,39	0,19	0,31	2,89	2,14	2,67
30 — 40	1,40	0,00	0,60	1,14	18,99	20,73	8,69	1,97	10,07	20,31	2,60
40 — 50	2,20	0,00	0,50	1,93	29,88	32,31	9,61	3,00	19,71	47,48	2,68
50 — 60	2,35	0,00	0,45	2,44	31,81	34,69	8,74	3,88	22,08	43,36	4,78
60 — 70	2,33	0,00	0,41	3,17	30,89	34,47	5,34	4,16	24,98	40,43	5,21
70 — 80	2,29	0,00	0,33	3,85	29,72	33,90	4,79	4,58	24,57	35,74	6,00
80 — 90	2,26	0,00	0,33	4,44	28,91	33,69	3,40	4,95	25,33	36,84	6,02
90 — 100	2,22	0,00	0,35	4,53	28,08	32,96	3,04	4,34	25,59	35,35	6,16
100—110	2,67	0,00	0,26	4,67	34,84	39,77	8,21	6,02	25,53	51,53	5,50
110—120	2,70	0,00	0,21	4,51	35,37	40,09	7,47	5,95	26,68	59,33	5,90
120—130	2,56	0,00	0,24	4,31	33,49	38,03	6,92	5,56	25,55	62,86	5,69
130—140	2,41	0,00	0,24	4,64	30,95	35,83	4,84	5,08	25,92	51,04	5,16
140—150	2,79	0,00	0,18	4,40	36,96	41,54	9,92	6,38	25,23	124,26	4,53
150—160	2,88	0,00	0,21	4,61	38,13	42,95	10,66	6,54	25,75	116,77	4,70
160—170	2,90	0,00	0,21	5,00	38,03	43,24	10,55	6,93	25,76	114,46	4,34
170—180	2,83	0,00	0,14	5,22	36,87	42,22	10,66	7,11	24,45	121,70	4,22
180—190	2,92	0,00	0,18	5,53	37,98	43,64	11,60	7,68	44,41	145,06	4,13
190—200	3,17	0,00	0,16	6,38	39,94	46,47	11,50	7,98	27,00	129,80	3,86
200—210	2,06	0,00	0,40	4,83	25,67	30,89	5,20	4,40	21,29	41,29	4,37
210—220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	88,48	4,57
220—230	2,08	0,00	0,34	4,60	26,20	31,14	6,29	4,40	20,45	49,25	4,27
240—250	2,25	0,00	0,29	4,15	29,34	33,78	10,45	4,66	18,67	80,30	4,69
250—260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39,40	4,97
260—270	1,15	0,00	0,31	3,56	18,81	22,68	2,57	2,10	18,01	29,00	5,17
270—280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,53	5,49
280—290	1,79	0,00	0,45	3,47	22,72	26,64	5,67	3,37	17,61	39,57	5,32
290—300	1,44	0,00	0,45	3,27	17,77	21,49	3,43	2,24	15,82	26,47	4,92
300—310	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,80
310—320	1,12	0,00	0,57	2,69	13,38	16,65	1,98	1,29	13,38	17,36	4,98
320—330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24,36	4,96
330—340	0,97	0,00	0,55	2,22	11,74	14,51	12,16	1,46	10,93	22,60	4,76
340—350	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,60	4,73
350—360	0,89	0,00	0,71	1,85	10,94	13,42	2,08	1,39	9,94	21,63	4,86
360—370	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,51	4,60
370—380	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30,70	4,84
380—390	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,41	4,90
390—400	0,96	00,0	0,57	1,30	12,44	14,31	3,76	1,69	8,86	29,94	4,51
400—410	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,06	4,42
410—420	1,38	0,00	0,45	1,02	19,24	20,71	10,27	2,70	7,73	63,97	4,23
420—430	—	—	—	—	—	—	—	—	—	76,88	4,10

Таблица 6 (окончание)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса почвы	Водная вытяжка, мг-экв на 100 г сухой почвы								Сумма SO_4 , мг-экв. на 100 г сухой почвы	CO_2 карбона- тов, в % от веса сухой почвы
		CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	Сумма ани- онов	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}		
430—440	1,31	0,00	0,42	0,99	18,17	19,57	10,85	2,52	6,21	44,96	3,92
440—450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	89,96	3,93
450—460	0,49	0,00	0,54	0,61	6,19	7,34	1,84	0,80	4,71	11,51	4,74
460—470	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39,98	4,73
470—480	0,96	0,00	0,46	0,62	13,37	14,45	8,50	2,27	3,69	31,34	4,73
480—490	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53,73	4,58
490—500	0,74	0,00	0,52	0,62	10,67	11,80	6,25	1,80	3,75	19,53	4,74
500—510	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,79	4,65
510—520	0,76	0,00	0,47	0,62	10,37	11,46	6,22	1,66	3,58	19,17	4,43
520—530	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,83	5,01
530—540	0,31	0,00	0,57	0,55	3,66	4,87	1,88	0,49	2,49	5,26	5,35
540—550	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25,70	5,27
550—560	0,34	0,00	0,57	0,62	4,30	5,49	2,40	0,80	2,18	6,27	—
560—570	0,20	0,00	0,47	0,54	2,71	3,72	1,32	0,57	1,85	3,44	5,73
570—580	0,16	0,00	0,40	0,49	1,97	2,86	1,25	0,51	1,10	3,99	6,27
580—590	0,21	0,00	0,43	0,60	2,77	3,80	1,35	0,73	1,72	2,77	5,54
590—600	0,15	0,00	0,45	0,57	1,83	2,85	0,95	0,46	1,44	3,23	4,69
600—610	0,18	0,00	0,59	0,60	2,24	3,43	0,84	0,59	2,03	15,58	4,92
610—620	0,27	0,00	0,36	0,65	3,87	4,88	2,02	0,83	2,03	4,48	4,50
620—630	0,14	0,00	0,54	0,57	1,62	2,73	0,84	0,55	1,34	2,75	4,38
630—640	0,15	0,00	0,49	0,65	1,79	2,93	1,03	0,57	1,33	3,26	3,94
640—650	0,15	0,00	0,45	0,65	1,86	2,96	0,88	0,43	1,66	3,24	4,19
650—660	0,18	0,00	0,61	0,68	2,09	3,38	1,28	0,46	1,64	5,40	4,71
660—670	0,28	0,00	0,47	0,86	3,88	5,31	1,87	0,55	2,89	4,84	4,32
670—680	0,16	0,00	0,45	0,75	1,89	3,09	0,99	0,29	1,81	2,51	4,62
680—690	0,14	0,00	0,43	0,68	1,68	2,79	0,91	0,29	1,59	2,97	4,90
690—700	0,15	0,00	0,47	0,81	1,71	2,99	0,99	0,33	1,67	2,77	4,70
700—710	0,20	0,00	0,40	1,86	1,69	3,95	1,39	0,70	1,86	2,89	4,69
Содержание в грунтовой воде: на 100 г сухой поч- вы	0,14	0,00	0,07	1,10	1,15	2,32	1,16	0,37	0,79	—	—
г/л	5,66	0,00	2,69	44,17	45,90	92,76	46,31	14,71	31,74	—	—

к выводу, что в наших почвах кристаллы гипса могут обволакиваться корочкой, состоящей из карбоната кальция. Для полного учета содержания гипса необходимо извлекать его из почвы при помощи такого растворителя, который обеспечивает растворение карбонатов. Наиболее просто это достигается обработкой почвы слабым раствором соляной кислоты, но можно пользоваться и раствором хлористого аммония, ускоряя его растворяющее действие нагревом до 40—45°.

Гумус определялся объемно-хромовым методом Тюрпина. Углекислота карбонатов определялась весовым методом с применением кальциметров Гейслера — Максимюк.

Таблица 7

Состав водной вытяжки, сумма SO_4 , содержание CO_2 карбонатов
в солончаковом солонце
(Разрезы 1 и 3)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей в % от веса сухой почвы	Водная вытяжка, мг-экв. на 100 г сухой почвы								Сумма суль- фатов, мг-экв. на 100 г су- хой почвы	СО ₂ карбона- тов, в % от веса сухой почвы
		Co ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	сумма анионов	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
Разрез 1											
0—9	0,03	0,00	0,45	0,02	0,14	0,61	0,13	0,06	0,42	0,79	—
10—20	0,13	0,41	1,42	0,51	0,35	2,28	0,26	0,14	1,88	0,83	—
20—30	0,38	0,33	1,47	1,46	3,01	5,94	0,28	0,14	5,52	3,45	—
30—40	2,20	0,04	0,35	1,93	30,28	32,56	10,38	4,36	17,82	54,03	—
40—50	2,28	0,04	0,26	1,88	31,62	33,76	10,76	4,86	18,14	59,85	—
50—60	2,04	0,00	0,25	1,99	27,66	29,90	1,89	4,02	23,99	38,42	—
60—70	1,76	0,00	0,33	2,69	22,95	25,97	4,08	3,23	18,66	33,05	—
70—80	1,68	0,00	0,30	2,81	21,77	24,88	3,35	3,04	18,49	31,58	—
80—90	1,56	0,04	0,35	3,23	18,64	22,22	1,82	1,86	18,54	24,73	—
90—100	1,58	0,04	0,33	3,51	19,48	23,32	2,20	1,96	19,16	24,58	—
100—110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29,42	—
120—130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29,54	—
140—150	2,40	0,00	0,12	3,60	31,80	35,52	8,72	4,00	22,80	66,04	—
160—170	—	—	—	—	—	—	—	—	—	87,98	—
180—190	2,46	0,00	0,12	3,07	33,00	36,19	8,57	3,65	23,97	90,00	—
200—210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39,67	—
220—230	2,40	0,00	0,18	2,85	31,66	34,69	7,40	3,33	23,96	78,71	4,56
240—250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49,81	—
260—270	1,64	0,06	0,33	2,48	20,20	22,91	1,50	1,66	19,75	25,04	4,43
280—290	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30,08	—
300—310	2,16	0,00	0,14	1,68	29,80	31,62	6,30	3,41	21,91	222,31	2,28
340—350	1,53	0,00	0,27	1,68	20,48	22,43	3,80	2,08	16,55	41,56	5,25
380—390	1,04	0,06	0,44	1,31	13,33	15,15	1,00	0,91	13,24	21,36	5,04
420—430	1,03	0,00	0,41	0,97	13,66	15,04	2,50	1,33	11,21	30,39	4,85
460—470	0,61	0,10	0,59	0,65	7,54	8,88	0,65	0,50	7,73	15,27	4,93
500—510	0,48	0,00	0,52	0,37	6,12	7,01	0,55	0,50	5,96	10,17	5,17
520—530	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,29	—
540—550	1,22	0,00	0,24	0,28	18,00	18,52	10,40	2,58	5,54	90,25	4,48
550—560	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53,67	—
560—570	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,89	—
580—590	0,55	0,00	0,31	0,28	7,58	8,17	3,10	1,41	3,66	17,31	5,27
600—610	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,06	—
620—630	0,67	0,00	0,27	0,31	9,41	9,99	4,50	1,91	3,58	24,06	5,44
660—670	0,79	0,00	0,26	0,25	11,35	11,81	6,45	2,33	3,03	36,71	5,41
670—680	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80,16	—
680—690	—	—	—	—	—	—	—	—	—	76,23	—
690—700	0,23	0,00	0,39	0,11	2,96	3,46	1,25	0,91	1,30	5,71	4,54
Содержание в груп- товой воде: на 100 г сухой поч- вы	0,11	0,00	0,08	0,25	1,33	1,66	0,63	0,52	0,51	—	—
г/л	4,23	0,00	3,23	10,09	53,22	66,54	25,15	20,82	20,57	—	—

Таблица 7 (окончание)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса сухой почвы	Водная вытяжка, мг-экв. на 100 г сухой почвы								Сумма суль- фатов, мг-экв. на 100г сухой почвы	СО ₂ карбона- тов, в % от веса сухой почвы
		CO ₃ ^{''}	HCO ₃ [']	Cl [']	SO ₄ ^{''}	сумма анионов	Ca ^{''}	Mg ^{''}	Na ⁺		

Разрез 3											
0—7	0,04	0,00	0,57	0,07	0,08	0,72	0,17	0,12	0,43	1,23	0,23
7—13	0,19	0,45	1,62	1,21	0,38	3,21	0,15	0,13	2,93	1,64	2,46
13—20	0,88	0,29	1,00	3,32	8,88	13,20	0,40	0,46	12,34	10,99	2,17
20—30	2,60	0,00	0,27	6,18	32,38	38,83	8,64	4,38	25,81	49,95	2,68
30—40	2,83	0,00	0,18	6,70	35,64	42,52	11,64	5,74	25,14	79,92	3,63
40—50	2,81	0,00	0,16	7,03	34,95	42,14	10,62	5,79	25,73	72,83	3,63
50—60	2,57	0,00	0,16	7,00	31,44	38,60	8,29	5,11	25,20	61,11	4,85
60—70	2,59	0,00	0,14	7,20	31,48	38,82	8,09	4,90	25,83	70,17	5,29
70—80	2,75	0,00	0,12	8,34	32,93	41,39	7,28	5,13	28,98	51,58	5,84
80—90	2,56	0,00	0,12	8,03	30,24	38,39	5,79	4,58	28,02	41,37	5,32
90—100	1,82	0,00	0,29	6,74	20,41	27,44	1,98	2,68	22,78	29,05	5,80
120—130	2,22	0,04	0,27	7,00	30,13	37,44	5,06	3,18	29,20	41,60	—
140—150	2,38	0,08	0,12	7,24	28,39	35,83	5,04	4,35	26,44	42,30	5,14
180—190	2,71	0,00	0,12	6,60	34,00	40,72	11,41	5,05	24,26	85,41	3,63
220—230	2,12	0,00	0,20	5,70	25,87	31,77	6,95	3,40	21,42	43,54	4,59
240—250	1,35	0,04	0,40	5,05	15,60	21,09	2,91	1,45	16,73	15,91	—
260—270	0,97	0,23	0,45	4,59	9,41	14,68	0,39	0,38	13,91	11,93	5,09
280—290	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18,03	—
300—310	1,64	0,00	0,16	3,60	20,83	24,59	7,98	2,60	14,01	58,10	4,24
320—330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23,16	—
340—350	0,98	0,08	0,29	3,08	11,26	14,71	1,76	0,96	11,99	19,43	4,97
360—370	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,67	—
370—380	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21,91	—
380—390	1,16	0,00	0,20	2,22	14,91	17,33	5,52	1,88	9,93	84,14	4,94
400—410	—	—	—	—	—	—	—	—	—	79,86	—
420—430	1,37	0,00	0,16	1,91	18,47	20,54	9,54	2,54	8,36	49,98	4,79
440—450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35,32	—
460—470	0,58	0,00	0,29	1,92	7,09	8,70	1,90	0,95	5,85	15,66	4,54
480—490	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36,14	—
500—510	1,04	0,00	0,12	0,86	14,57	15,55	9,85	2,30	3,40	56,23	4,59
520—530	—	—	—	—	—	—	—	—	—	47,00	—
540—550	0,21	0,00	0,36	0,73	2,16	3,25	0,73	0,40	2,12	4,14	5,21
560—570	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,52	—
580—590	1,04	0,00	0,16	0,74	14,78	15,68	11,42	2,35	1,91	53,70	4,59
600—610	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,08	—
610—620	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,66	—
620—630	0,50	0,00	0,16	0,58	6,82	7,56	4,81	1,44	1,31	19,08	4,77
640—650	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42,09	—
660—670	0,92	0,00	0,16	0,62	13,11	13,89	10,58	2,04	1,27	47,96	4,37
690—700	1,05	0,00	0,12	0,70	14,96	15,78	12,77	2,10	0,91	73,25	—
Содержание в груп- товой воде: на 100 г сухой почвы	0,12	0,00	0,07	0,78	1,05	1,91	0,80	0,42	0,69	—	—
г/л	4,68	0,00	2,99	31,32	42,03	76,34	31,85	16,87	27,62	—	—

Таблица 8

Состав водной вытяжки, сумма SO_4^{2-} , содержание CO_2 карбонатов
в солончаковом солонце

Глубина взятия образца, см	Сумма солей в % от веса сухой почвы	Водная вытяжка, мг-экв. на 100 г сухой почвы								Сумма SO_4^{2-} мг-экв. на 100 г сухой почвы	CO_2 карбо- натов, в % от веса сухой почвы
		CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	сумма анионов	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+		
Разрез 5											
0—7	0,04	0,00	0,49	0,07	0,17	0,73	0,35	0,13	0,25	1,07	0,00
7—14	0,04	0,08	0,57	0,03	0,07	0,67	0,17	0,13	0,37	1,05	0,00
14—20	0,12	0,29	1,53	0,55	0,12	2,20	0,16	0,32	1,72	1,14	0,39
20—30	0,38	0,25	1,62	2,10	1,20	4,92	0,19	0,31	4,42	2,42	0,82
30—40	1,15	0,04	0,64	3,46	13,18	17,28	1,29	1,40	14,57	19,23	1,97
40—50	2,31	0,00	0,29	3,85	30,30	34,44	9,41	4,78	20,25	45,36	3,15
50—60	2,31	0,00	0,25	4,10	30,13	34,48	8,42	4,89	21,17	48,63	5,24
60—70	1,93	0,00	0,20	3,31	25,26	28,77	6,53	4,59	17,67	40,30	6,34
70—80	1,94	0,00	0,20	3,54	25,06	28,80	5,09	4,25	19,46	34,26	7,47
80—90	2,00	0,00	0,36	4,85	24,64	29,83	2,48	3,74	23,61	33,73	8,00
90—100	2,23	0,00	0,29	4,98	26,67	31,94	3,18	3,82	24,94	34,44	6,93
120—130	2,15	0,00	0,40	4,46	26,89	31,75	2,57	2,76	26,42	31,28	—
140—150	2,36	0,00	0,23	3,70	30,76	34,69	2,89	3,52	28,28	39,45	5,13
180—190	2,64	0,00	0,11	3,26	35,59	38,96	10,08	4,37	24,51	93,95	4,50
220—230	2,09	0,00	0,19	3,38	27,30	30,87	4,65	3,25	22,97	48,43	4,34
240—250	1,76	0,00	0,36	4,07	21,51	25,94	3,92	1,04	20,98	32,97	—
260—270	1,62	0,00	0,23	3,04	20,57	23,84	3,09	2,05	18,70	38,56	4,86
300—310	1,02	0,00	0,50	2,37	12,17	15,04	0,74	0,80	13,50	20,62	5,06
340—350	1,33	0,00	0,27	2,30	17,11	19,68	3,42	1,65	14,61	43,75	4,90
380—390	1,87	0,00	0,11	1,44	25,28	26,83	12,62	2,95	11,26	120,28	4,29
420—430	1,24	0,00	0,23	0,96	17,12	18,31	8,73	1,80	7,78	48,54	4,34
460—470	0,73	0,00	0,27	0,38	10,09	10,74	4,84	1,06	4,84	17,43	4,22
500—510	1,28	0,00	0,19	0,27	18,59	19,05	14,70	1,65	2,70	161,70	3,92
520—530	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28,00	—
540—550	0,57	0,00	0,23	0,38	7,96	8,57	5,26	0,83	2,48	19,97	4,70
580—590	0,16	0,00	0,34	0,50	1,68	2,52	0,86	0,32	1,34	4,22	2,98
620—630	0,12	0,00	0,31	0,07	1,51	1,89	0,99	0,41	0,49	5,33	5,20
660—670	0,05	0,00	0,37	0,07	0,41	0,85	0,39	0,21	0,25	2,81	4,79
Содержание в грунтовой воде: на 100 г су- хой почвы . . .	0,12	0,00	0,11	0,43	1,25	1,80	0,82	0,12	0,85	—	—
г/л	4,65	0,00	4,31	17,38	50,20	71,89	32,94	4,99	33,96	—	—

Разрез 7

0—6	0,08	0,00	0,77	0,02	0,37	1,16	0,47	0,15	0,54	0,62	1,72
6—12	0,06	0,00	0,79	0,02	0,23	1,04	0,42	0,12	0,54	0,55	1,74
12—20	0,13	0,12	1,66	0,43	0,25	2,34	0,21	0,18	0,95	0,79	1,00
20—30	0,35	0,16	1,08	2,24	6,61	9,93	0,54	0,34	9,05	6,04	1,99
30—40	2,45	0,00	0,29	3,65	32,55	36,49	9,88	5,71	20,90	53,8	4,01
40—50	2,36	0,00	0,28	4,11	30,80	35,19	7,00	5,81	22,37	38,3	5,04
50—60	2,52	0,00	0,39	4,11	33,18	37,68	8,52	6,43	22,73	37,86	5,07
60—70	2,04	0,00	0,28	4,14	26,05	30,47	3,76	4,70	22,01	33,60	5,12
70—80	2,22	0,08	0,47	4,50	28,15	33,12	3,45	5,13	24,54	29,69	5,58

Таблица 8 (продолжение)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей в % от веса сухой почвы	Водная вытяжка, мг-экв. на 100 г сухой почвы								Сумма SO_4^{2-} мг-экв. на 100 г сухой почвы	CO_2 карбо- натов, в % от веса сухой почвы
		CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	сумма анионов	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+		
80—90	2,20	0,00	0,39	4,39	28,08	32,86	4,63	5,13	23,10	37,78	5,60
90—100	2,12	0,00	0,36	4,17	27,13	31,66	3,75	4,48	23,43	32,73	5,00
110—120	2,22	0,00	0,34	4,65	28,35	33,34	3,75	4,95	24,64	32,43	5,96
120—130	2,31	0,00	0,30	4,63	29,52	34,45	4,47	5,42	24,56	36,47	6,13
130—140	2,33	0,00	0,28	4,76	29,72	34,76	3,78	5,41	25,57	39,18	5,80
150—160	2,45	0,00	0,28	4,41	31,78	36,47	6,97	5,78	23,72	43,95	4,90
160—170	2,24	0,00	0,28	4,47	28,54	33,29	5,01	4,72	23,56	36,07	3,56
180—190	2,24	0,08	0,19	3,83	29,51	33,60	8,80	4,51	20,29	55,00	5,60
220—230	1,73	0,08	0,19	3,33	23,19	26,78	6,36	3,11	17,31	54,50	4,10
260—270	1,93	—	0,19	2,33	26,08	28,60	11,10	2,98	14,52	80,62	4,79
280—290	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,13
300—310	0,45	0,38	0,81	1,65	4,08	6,92	0,17	0,15	6,60	6,65	4,31
340—350	0,49	0,38	0,46	1,92	4,68	7,44	0,19	0,09	7,16	5,15	4,60
380—390	0,35	0,31	0,81	1,15	3,14	5,40	0,29	0,15	4,97	5,23	4,60
420—430	0,36	0,08	0,34	0,80	4,30	5,51	0,86	0,49	4,16	10,33	4,28
460—470	0,30	0,08	0,77	0,80	3,04	4,68	0,19	0,07	4,42	4,06	4,78
470—480	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,16	4,67
490—500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20,51	5,26
500—510	1,29	0,03	0,23	0,64	18,32	19,22	11,16	2,48	5,58	64,37	5,30
510—520	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,63	5,60
520—530	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,09	5,76
530—540	—	—	—	—	—	—	—	—	—	83,93	4,19
540—550	1,38	—	0,23	0,42	19,94	20,59	14,13	2,52	3,94	128,96	4,29
550—560	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43,48	4,43
560—570	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,56	4,44
570—580	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28,48	4,29
580—590	1,23	0,03	0,23	0,34	17,78	18,37	12,88	2,34	3,15	63,50	3,95
590—600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,98	3,24
620—630	0,14	0,08	0,51	0,31	1,37	2,27	0,30	0,20	1,76	2,46	4,30
660—670	0,16	0,08	0,50	0,34	1,59	2,51	0,32	0,26	1,92	2,60	4,01
700—710	0,15	0,08	0,49	0,39	1,51	2,47	0,40	0,38	1,68	2,00	4,10
740—750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,98	5,69
Содержание в грунтовой воде: на 100 г сухой почвы . .	0,14	0,00	0,08	0,65	1,42	2,14	0,70	0,18	1,26	—	—
г/л	5,53	0,00	3,04	26,03	56,61	85,68	27,88	7,20	50,60	—	—

Разрез 9

0—10	0,05	0,00	0,58	0,00	0,12	0,70	0,27	0,04	0,39	0,71	—
10—20	0,22	0,37	1,49	1,89	0,49	3,87	0,21	0,04	3,62	1,45	—
20—30	1,07	0,21	0,82	6,19	9,52	16,52	0,48	0,71	15,33	11,72	—
30—40	2,47	0,04	0,35	7,97	29,05	37,37	9,95	4,67	22,75	40,85	—
40—50	2,74	0,04	0,27	9,76	31,75	41,78	10,83	5,75	25,20	59,75	—
50—60	2,73	0,00	0,20	10,24	31,16	41,60	10,62	5,94	25,03	47,44	—

Таблица 8 (окончание)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей в % от веса сухой почвы	Водная вытяжка, мг-экв. на 100 г сухой почвы								Сумма SO_4 мг-экв. на 100 г сухой почвы	CO_2 карбо- натов, в % от веса сухой почвы
		CO_3	HCO_3	Cl^-	SO_4	сумма анионов	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+		
60—70	2,70	0,00	0,16	10,40	30,75	41,31	11,29	5,80	24,22	56,24	—
70—80	2,84	0,00	0,12	10,04	33,02	43,18	13,21	5,78	24,19	79,44	—
80—90	2,62	0,00	0,16	11,13	28,80	40,09	8,67	5,49	25,93	46,55	—
90—100	2,85	0,00	0,13	10,72	32,59	43,44	11,98	6,06	25,40	61,94	—
100—110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26,86	—
110—120	1,89	0,00	0,36	7,25	21,04	28,65	4,28	3,20	21,17	29,54	—
120—130	1,57	0,00	0,40	7,40	16,06	23,86	1,78	2,07	19,98	17,74	—
130—140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34,58	—
140—150	—	0,00	0,13	7,92	26,79	34,84	8,84	4,06	21,94	36,46	—
180—190	2,40	0,00	0,06	7,30	28,93	36,29	11,99	3,55	20,75	123,96	—
200—210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	102,40	—
220—230	2,04	0,00	0,17	6,98	23,77	30,92	7,56	3,16	20,20	57,50	—
260—270	1,64	0,08	0,17	7,00	17,72	24,93	3,61	2,10	19,22	45,00	—
280—290	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21,95	—
300—310	1,14	0,08	0,13	6,12	11,15	17,48	0,89	0,96	15,63	14,75	—
340—350	1,03	0,13	0,33	5,30	9,97	15,73	0,74	0,71	14,28	14,89	—
380—390	0,99	0,10	0,27	3,87	10,76	15,00	1,09	0,85	13,06	16,69	—
420—430	1,20	0,00	0,23	3,13	14,64	18,00	3,74	1,68	12,58	26,58	—
440—450	1,81	0,00	0,40	2,37	24,25	27,02	13,55	2,55	10,92	198,96	—
460—470	1,70	0,00	0,10	2,09	23,72	25,91	15,45	2,65	7,81	151,68	—
480—490	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38,31	—
500—510	1,09	0,00	0,10	1,40	14,76	16,26	6,53	1,79	7,94	44,14	—
520—530	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67,65	—
540—550	0,38	0,13	0,44	1,46	3,72	5,75	0,34	0,18	5,23	6,54	—
560—570	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39,08	—
580—590	1,06	0,00	0,17	1,34	14,30	15,81	7,94	1,67	6,20	41,77	—
620—630	1,09	0,00	0,20	0,96	15,01	16,17	8,95	1,18	5,44	30,87	—
660—670	1,02	0,00	0,17	0,96	13,97	15,10	7,31	1,73	6,04	35,16	—
690—700	1,36	0,00	0,13	0,73	19,26	20,12	12,90	2,21	5,01	92,43	—
Содержание в грунтовой воде: на 100 г су- хой почвы	0,16	0,00	0,07	0,60	1,84	2,51	0,57	0,17	1,77	—	—
г/л	6,63	0,00	2,84	24,18	73,50	100,52	22,81	6,74	70,97	—	—

Солевые профили шести разрезов солончаковых солонцов изображены на рис. 10—12, выполненных на основании соответствующих им таблиц 6—8. Наиболее подробно аналитическому исследованию подвергся разрез 52 (рис. 10), к данным для которого мы и будем преимущественно обращаться.

Солевые профили построены следующим образом. По вертикальной оси отложены глубины, по оси абсцисс — содержание отдельных ионов в миллиграмм-эквивалентах на 100 г сухой почвы. Влево от нулевой линии отложено содержание катионов, вправо — содержание анионов. Для всех ионов взята одна и та же общая нулевая линия. Такой способ изображения мы считаем более удобным, чем тот, широко распространенный способ, когда величины содержания ионов последовательно суммируются и

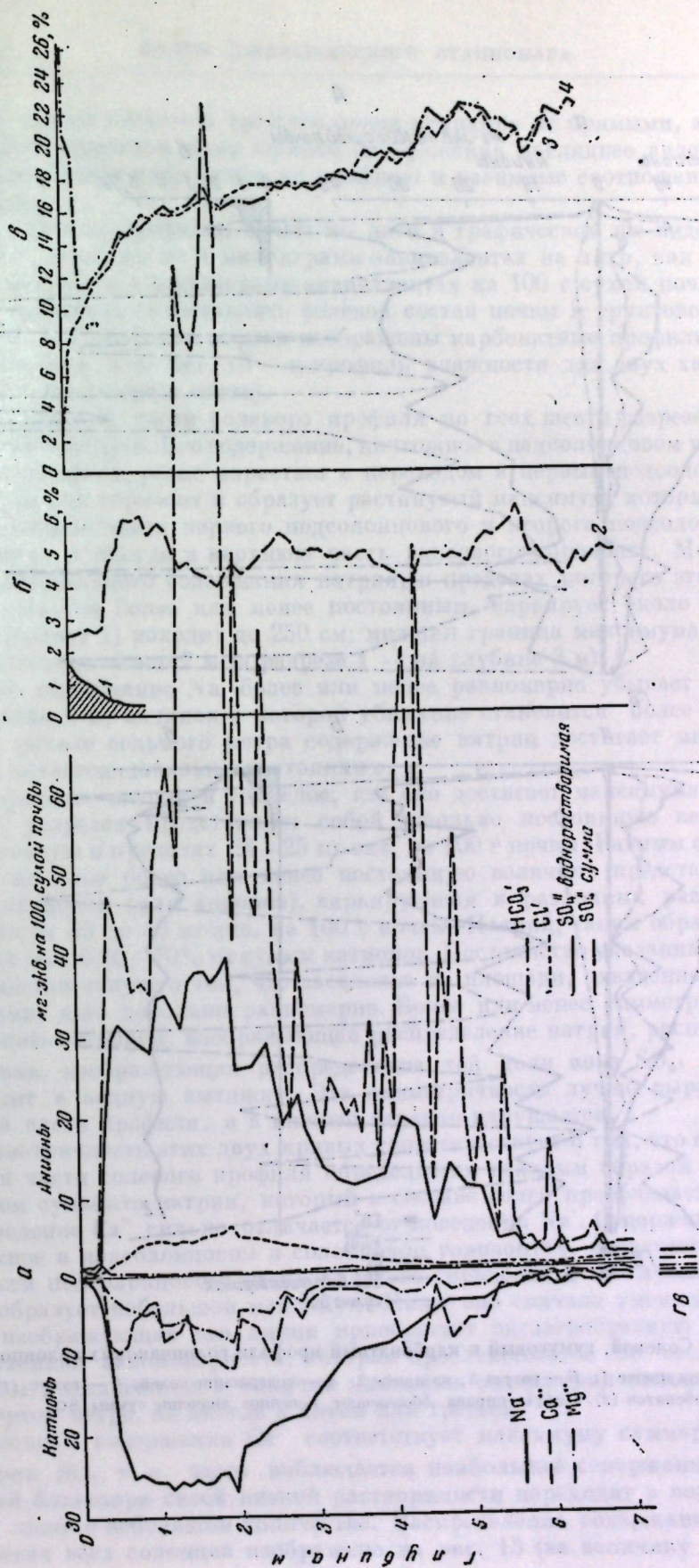


Рис. 10. Солевой, гумусовый, карбонатный и гидрологический профили солончакового солонца. Разрез 52
а — содержание солей, б — гумус (1), CO_2 карбонатов (2), в — влажность почвы в % от ее веса осенью (3) и весной (4); ГВ — грунтовые воды

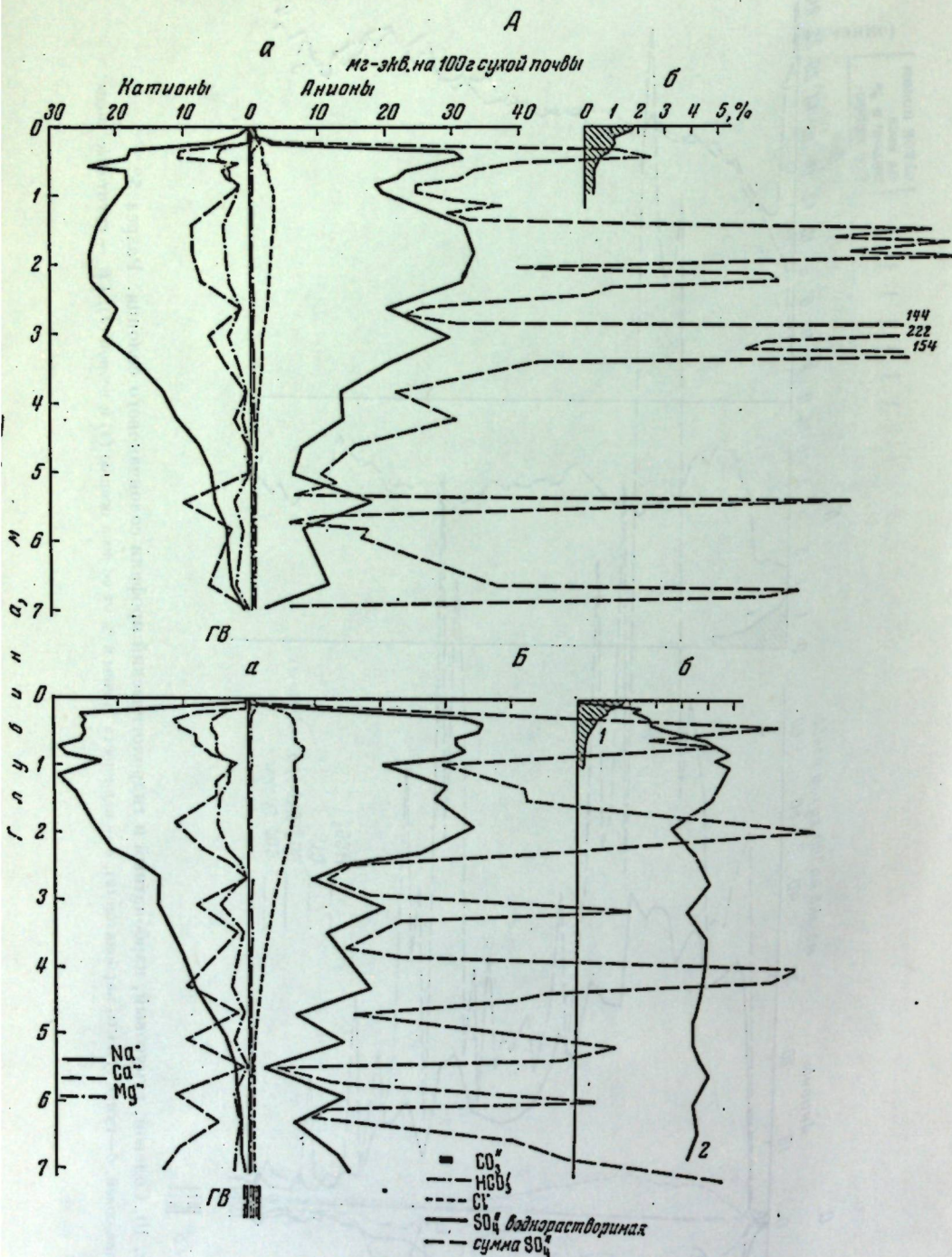


Рис. 11. Солевой, гумусовый и карбонатный профили солончаковых солонцов
 А — разрез 1, на ключе 1; Б — разрез 3, на ключе 2. а — содержание солей, б — гумус (1) и CO_2 карбонатов (2). Цифры справа обозначают конечное значение суммы SO_4

нулевые линии второго и третьего ионов являются не прямыми, а ломаными. При принятом нами способе изображения нагляднее виден и ход изменения содержания ионов по профилю и взаимные соотношения в их содержании.

Под солевым профилем почвы мы даем в графическом же виде состав грунтовой воды, но не в миллиграмм-эквивалентах на литр, как это делается обычно, а в миллиграмм-эквивалентах на 100 г сухой почвы; это дает возможность сопоставлять солевой состав почвы и грунтовой воды.

На тех же графиках справа изображены карбонатные профили, гумусовые профили, а на рис. 10 — и профиль влажности для двух характерных моментов (весна и осень).

В катионной части солевого профиля во всех шести разрезах резко преобладает натрий. Его содержание, ничтожное в надсолонцовом и солонцовом горизонтах, резко нарастает с переходом в первый подсолонцовый пескообразный горизонт и образует растянутый максимум, который охватывает нижние части первого подсолонцового и второго подсолонцового горизонтов, а иногда и верхнюю часть гипсового горизонта. Мощность слоя максимального содержания натрия, в пределах которого это содержание остается более или менее постоянным, варьирует около 150 см, иногда (разрез 1) доходит до 250 см; нижняя граница максимума проходит на глубине около 2 м (в разрезе 1 — на глубине 3 м).

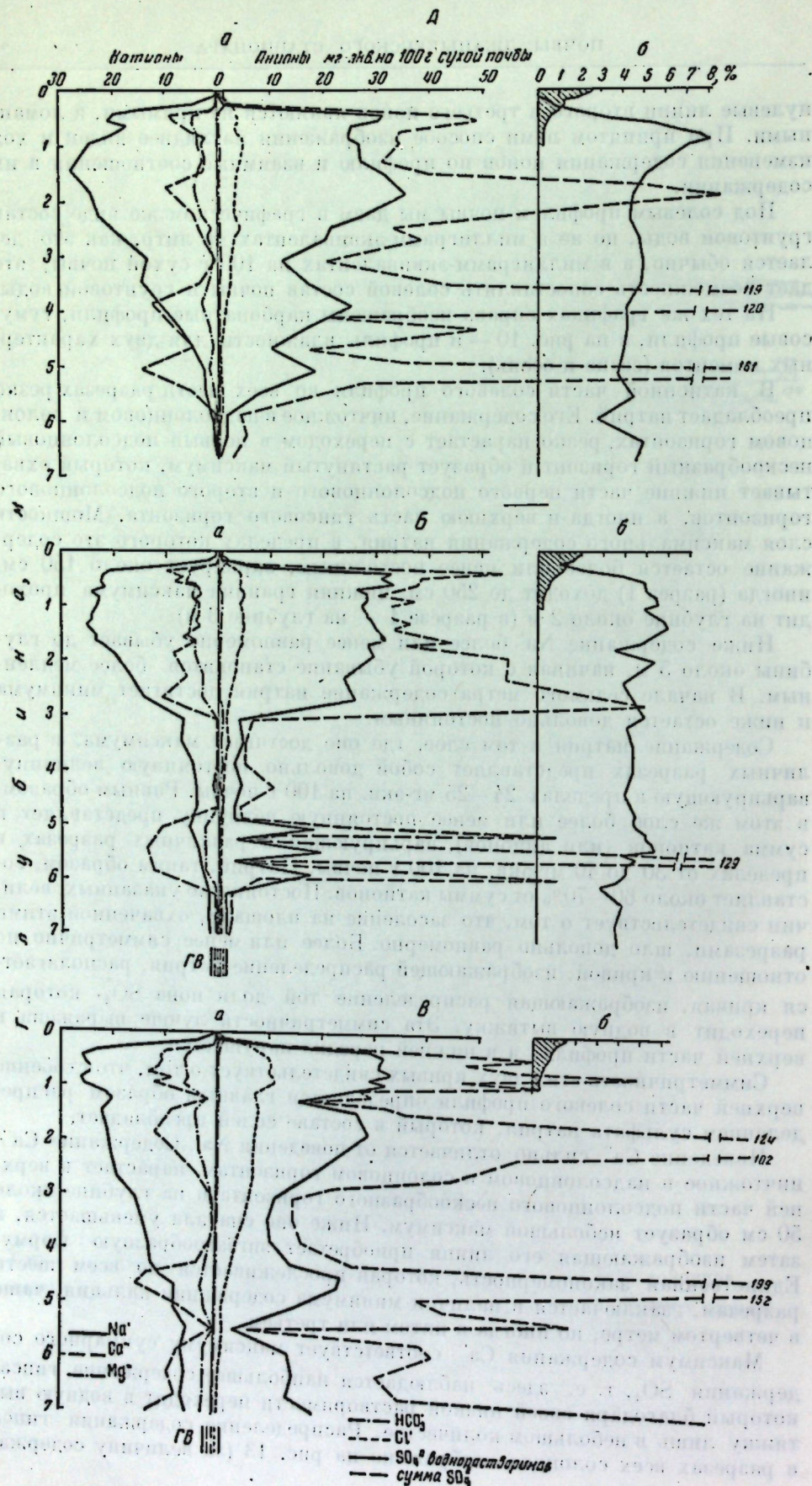
Ниже содержание Na^+ более или менее равномерно убывает до глубины около 5 м, начиная с которой убывание становится более медленным. В начале седьмого метра содержание натрия достигает минимума и ниже остается довольно постоянным.

Содержание натрия в том слое, где оно достигает максимума, в различных разрезах представляет собой довольно постоянную величину, варьирующую в пределах 24—25 мг-экв. на 100 г почвы. Равным образом, в этом же слое более или менее постоянную величину представляет и сумма катионов (или анионов), варьирующая в различных разрезах в пределах от 30 до 40 мг-экв. на 100 г почвы. Натрий, таким образом, составляет около 60—70% от суммы катионов. Постоянство указанных величин свидетельствует о том, что засоление на площади, охваченной этими разрезами, было довольно равномерно. Более или менее симметрично по отношению к кривой, изображающей распределение натрия, располагается кривая, изображающая распределение той доли иона SO_4^{2-} , которая переходит в водную вытяжку. Эта симметричность лучше выражена в верхней части профиля, а в нижней нередко нарушается.

Симметричность этих двух кривых свидетельствует о том, что строение верхней части солевого профиля определяется главным образом распределением сульфата натрия, который в составе солей преобладает.

Поведение Ca^{2+} сильно отличается от поведения Na^+ . Содержание Ca^{2+} , ничтожное в надсолонцовом и солонцовом горизонтах, нарастает в верхней части подсолонцового пескообразного горизонта и на глубине около 50 см образует небольшой максимум. Ниже оно сначала уменьшается, а затем изображающая его линия приобретает зигзагообразную форму. Единственная закономерность, которая прослеживается по всем шести разрезам, заключается в наличии минимума содержания кальция, чаще в четвертом метре, но иногда в пятом или третьем.

Максимум содержания Ca^{2+} соответствует максимуму суммарного содержания SO_4^{2-} , т. е. здесь наблюдается наибольшее содержание гипса, который благодаря своей низкой растворимости переходит в водную вытяжку лишь в небольшом количестве. Распределение содержания гипса в разрезах всех солонцов изображено на рис. 13 (за величину содержа-



ния гипса условно принята разность между суммарным содержанием SO_4 и тем его количеством, которое переходит в водную вытяжку). Содержание гипса образует в профиле солонцов несколько максимумов. Из их числа устойчивым, прослеживающимся во всех разрезах солончаковых солонцов, является максимум, приуроченный к нижней части первого полуметрового слоя или к середине первого метрового, т. е. к верхней части первого подсолонцового пескообразного горизонта (ПСЗ_1), и максимум, приуроченный ко второй половине второго метрового слоя, т. е. к началу морфологического гипсового горизонта.

Распределение остальных максимумов имеет групповой или индивидуальный характер. Так, максимум в четвертом метровом слое обнаруживается в разрезах 1, 3 и 5, максимум в пятом метровом слое — в разрезах 3 и 52, максимум в шестом метровом слое — в разрезах 1, 3, 5, 7 и 9.

Слой, в которых накопление гипса отсутствует, отмечены в разрезах 1 (от середины четвертого до середины шестого метрового слоя), 3 (в четвертом метровом слое), 5 (в нижних частях шестого и седьмого метровых слоев), 7 (в четвертом, пятом и седьмом метровых слоях), 9 (в четвертом метровом слое) и 52 (в нижних половинах шестого и седьмого метровых слоев).

Весьма вероятно, что большие колебания в содержании гипса объясняются не только тем, что его скопления залегают слоями, но и пестротой залегания его скоплений в одном и том же слое. При малом объеме образцов, которые берутся для анализа (особенно из буровых скважин), даже при одинаковом количестве скоплений гипса, последние могут попадать в одни образцы и не встречаться в других.

Кривая распределения Mg^{++} по своей форме является промежуточной между кривыми распределения Ca^{++} и Na^+ . Содержание Mg^{++} имеет один растянутый максимум, аналогичный максимуму Na^+ , совпадающий по глубине с последним и охватывающий первый подсолонцовый пескообразный и второй подсолонцовый уплотненный горизонты и верхнюю часть гипсового горизонта. Книзу содержание Mg^{++} , как и содержание Na^+ , в общем постепенно уменьшается. Вместе с тем, на протяжении всего профиля, кривая распределения Mg^{++} имеет ряд сглаженных максимумов и минимумов, совпадающих со значительно более резко выраженными максимумами и минимумами содержания Ca^{++} . Это указывает на то, что в горизонтах накопления гипса наблюдалось некоторое накопление и сульфата магния. На основании этого можно также поставить вопрос: не происходило ли здесь образование двойной соли сульфата магния и кальция в те периоды, когда происходила аккумуляция гипса, вызванная, с одной стороны, энергичным отсосом влаги из данного горизонта и, с другой, — обменными реакциями?

Кривая распределения иона хлора имеет довольно простую форму. Она образует растянутый максимум, примерно совпадающий с максимумом содержания Na^+ , начинающийся на глубине около 40 см и заканчивающийся на глубине около 200 см, после чего его содержание равномерно падает и, начиная с глубины около 500 см, делается постоянным, но небольшим.

Содержание бикарбонатного иона HCO_3^- в солонцовых горизонтах достигает величины 1,5—2,0 мг-экв., а в остальной толще колеблется чаще

Рис. 12. Солевой, гумусовый и карбонатный профиль солончаковых солонцов
А — разрез 5 на ключе 3; Б — разрез 7 на ключе 4; В — разрез 9 на ключе 5
а — солевой профиль, б — гумус (1) и CO_2 карбонат (2)

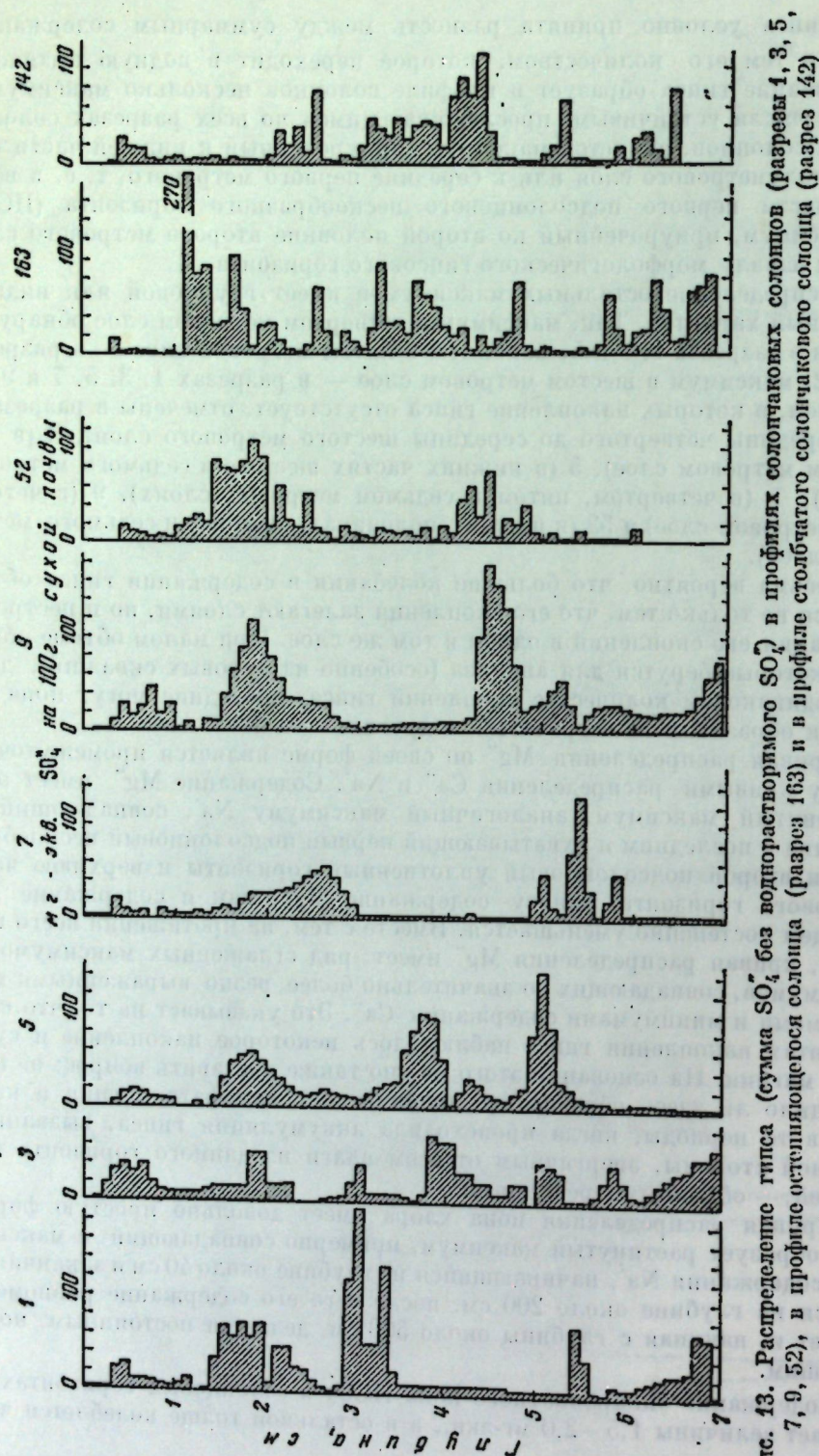


Рис. 13. Распределение гипса (сумма SO_4 без водорастворимого SO_4) в профилях солончаковых солонцов (разрезы 1, 3, 5, 7, 9, 52), в профиле остепняющегося солонца (разрез 163) и в профиле столбчатого солончакового солонца (разрез 142)

всего около 0,3 мг-экв. В солонцовом горизонте в некоторых разрезах появляется и карбонатный ион CO_3 в количестве нескольких десятых миллиграмм-эквивалента.

Следует отметить заметное повышение щелочности в третьем и четвертом метровых слоях разреза 7, сопровождающееся появлением в водной вытяжке и нормальных карбонатов (см. рис. 13 и табл. 8). Нетрудно обнаружить, что повышение щелочности на такой большой глубине совпадает с весьма низким содержанием в водной вытяжке (а следовательно, и в почве) водорастворимых соединений магния и кальция, в том числе и гипса. Вследствие этого в составе обменных катионов натрия имеет возможность занять главенствующее положение, что и является причиной заметного повышения щелочности.

Таким образом, в целом солевой профиль солончаковых солонцов может быть подразделен на четыре горизонта. Первый из них, который можно назвать элювиальным, охватывает морфологические горизонты — надсолонцовый и солонцовый и отличается низким содержанием солей. Сумма их не превышает 4—6 мг-экв. на 100 г почвы. Далее идет горизонт солевого максимума, охватывающий первый и второй подсолонцовые — пескообразный и уплотненный — горизонты и верхнюю часть гипсового засоленного. Горизонт оканчивается примерно на глубине около 2 м.

Глубина расположения максимумов всех солей в первых двух горизонтах более или менее совпадает, а сами максимумы являются очень растянутыми и не резкими.

Ниже идет третий, переходный горизонт плавного убывания содержания солей, который простирается от 2 до 6 м и охватывает морфологические горизонты: нижнюю часть гипсового засоленного и переходный. Еще ниже находим четвертый горизонт с постоянным по глубине, но незначительным содержанием солей, которые почти целиком содержатся в грунтовой воде, пропитывающей породу.

Сказанное относится к распределению легкорастворимых солей: сульфатов Na^+ и Mg^{++} и хлоридов. Наряду с этим во всей семиметровой почвенно-грунтовой толще, начиная с середины первого метра, имеется несколько горизонтов аккумуляции гипса, распределение большинства которых в профиле, как мы видели, имеет индивидуальный характер.

Рассмотрим теперь распределение в профиле солончаковых солонцов карбонатов. Оно довольно просто. Вскипание начинается, как мы уже указывали, либо с поверхности (около 40% случаев), либо в солонцовом горизонте, чаще в его нижней половине (50% случаев), либо на нижней границе солонцового горизонта (10% случаев). Однако и в тех случаях, когда вскипание начинается с поверхности, в верхней части почвенного профиля содержание карбонатов является пониженным по отношению к материнской породе. Если среднее первоначальное содержание CO_2 в породе мы примем равным 4,75%, то мощность карбонатно-элювиального горизонта (см. рис. 11) окажется одинаковой во всех разрезах и равной примерно 50 см. Ниже на кривой распределения карбонатной CO_2 мы находим небольшой, но отчетливо выраженный максимум, вершина которого обычно лежит на глубине 80—90 см, т. е. примерно на границе первого и второго подсолонцовых горизонтов. Затем содержание CO_2 начинает падать и на глубине около 160 см снижается до 4,75%. Таким образом, мощность карбонатно-иллювиального горизонта достигает примерно 110 см (от 50 до 160 см по глубине). Под ним мы находим горизонт со слабо, но отчетливо пониженным (против среднего первоначального содержания) содержанием карбонатной CO_2 . Этот минимум охватывает толщу примерно от 160 до 220—250 см. Еще ниже содержание карбонатов

становится более или менее постоянным, незначительно варьируя около средней величины 4,75%.

Таким образом, карбонатно-элювиальный горизонт охватывает морфологические горизонты — надсолонцовый и солонцовый — и самую верхнюю часть подсолонцового несообразного горизонта. Карбонатно-элювиальный горизонт охватывает среднюю и нижнюю части первого подсолонцового и второго подсолонцового горизонтов. Нижний минимум содержания карбонатов приходится на верхнюю часть гипсового засоленного горизонта. Учитывая сказанное выше о профиле влажности, можно полагать, что образование этого последнего минимума, которому в профиле влажности соответствуют величины, довольно близкие к величине наименьшей влагоемкости и создающие довольно большую подвижность почвенной влаги, обязано своим происхождением подтягиванию карбонатов из этого слоя в вышележащие слои, т. е. в карбонатно-элювиальные. Это подтягивание обусловлено градиентом влажности, вызывающим восходящее передвижение влаги в подсолонцовых горизонтах, о чем мы говорили выше.

Кроме распределения солей по профилю, известный интерес может представить знакомство с общим количеством солей, т. е. с их запасом в почвенной или во всей почвенно-грунтовой толще. Соответствующие данные для всех аналитически исследованных профилей в обобщенном виде по полуметровым слоям представлены в табл. 9 и 10. Величины запасов, входящие в эти таблицы, получены следующим образом. Для каждого 10-сантиметрового слоя, для которого имелись данные по определению состава водной вытяжки и суммы сульфатов, на основании аналитических данных табл. 6—8 и величин объемного веса были вычислены запасы ионов в грамм-эквивалентах на призму почвы высотой 10 см и основанием, равным 1 м². Аналогично были вычислены запасы «суммы солей» по величинам сухих остатков (в килограммах на такую же призму). Для 10-сантиметровых слоев почвы, не имеющих прямых определений ионов воднорастворимых солей или суммы сульфатов, величины запасов были получены путем интерполяции. Затем все величины (прямые и полученные путем интерполяции) были просуммированы по полуметровым слоям. Во всех случаях запасы были вычислены для семиметровой толщ. Общие запасы солей в солончаковых солонцах в семиметровой толще сопоставляются с этими же данными для других почв стационара.

В последних графах табл. 9 и 10 мы приводим также запасы «активного кальция», величина которых представляет интерес для решения вопроса о возможности рассолонцевания этих почв и предупреждения нового осолонцевания в процессе рассоления. Запас «активного кальция» мы получаем, вычитая из суммарного запаса сульфатного иона запас сульфатного иона, переходящего в водную вытяжку, и прибавляя к полученной разности запас Са⁺⁺, переходящего в водную вытяжку. Указанная разность характеризует собой запас гипса, не переходящего в водную вытяжку. Не имея возможности точно учесть то количество гипса, которое переходит в водную вытяжку, мы прибавляем к указанной разности весь запас Са⁺⁺, переходящего в водную вытяжку, считая, что он безусловно является активным в предупреждении внедрения иона Na⁺ в состав обменных катионов. Полученная величина, очевидно, несколько превышает истинное содержание гипса, поэтому мы и называем ее условно «активным кальцием».

Анализируя данные табл. 9 и 10 и сводной табл. 11, мы можем отметить следующее. Рассматриваемые шесть разрезов солончаковых солонцов довольно близки между собой по общему запасу суммы солей, переходящих

Таблица 9

Запасы солей в солончаковых солонцах

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, кг/м²	Запасы ионов, г-экв/м²										Сумма SO₄	актив- ный каль- ций
		CO₃	HCO₃	Cl	SO₄	Сумма анионов	Ca	Mg	Na				
Разрез 1													
0—50	6,8	1,1	5,2	7	79	92	26	11	55	143	90		
50—100	11,2	0,1	1,9	18	137	157	17	17	123	189	69		
100—150	14,8	0,1	1,5	27	204	233	47	24	162	289	132		
150—200	18,3	0,0	1,0	25	252	278	66	29	183	780	594		
200—250	18,2	0,1	1,5	22	230	254	50	24	180	465	285		
250—300	15,3	0,2	2,0	18	190	210	28	18	164	224	62		
300—350	15,9	0,0	1,6	13	201	216	40	22	154	911	750		
350—400	10,1	0,2	3,1	11	124	138	16	10	112	226	118		
400—450	8,0	0,2	3,6	8	99	111	15	9	87	204	120		
450—500	5,2	0,5	4,4	5	62	72	6	4	62	122	66		
500—550	7,8	0,0	3,0	3	96	102	44	12	46	196	144		
550—600	6,3	0,0	2,3	2	87	91	43	14	34	167	123		
600—650	3,8	0,0	2,2	2	76	80	37	15	28	193	154		
650—700	4,4	0,0	2,5	2	62	66	33	14	19	366	337		
0—700	146,1	2,5	35,8	163	1899	2100	468	223	1409	4475	3044		
Разрез 3													
0—50	11,5	0,7	3,8	29	134	167	38	20	109	258	162		
50—100	17,6	0,0	11,1	50	197	258	41	30	187	334	178		
100—150	15,	0,3	1,6	51	183	236	28	27	181	285	130		
150—200	19,3	0,1	1,0	51	240	292	69	35	188	522	351		
200—250	15,	0,3	1,8	43	187	232	51	24	157	338	202		
250—300	9,9	1,0	2,6	34	127	165	26	10	129	150	49		
300—350	10,2	0,3	1,8	26	126	154	18	14	122	256	148		
350—400	9,0	0,2	1,8	19	113	134	38	13	83	395	320		
400—450	9,4	0,0	1,5	15	124	141	58	17	66	436	370		
450—500	6,3	0,0	1,4	10	84	95	40	12	43	239	195		
500—550	5,1	0,0	1,9	6	67	75	42	17	16	295	270		
550—600	6,0	0,0	1,7	6	81	89	60	13	16	227	206		
600—650	5,6	0,0	1,0	5	77	83	58	14	11	188	169		
650—700	7,5	0,0	1,1	5	106	112	87	16	9	459	440		
0—700	148,6	2,9	34,1	350	1846	2233	654	262	1317	4382	3190		
Разрез 52													
0—50	5,0	0,3	0,8	5	61	73	23	7	43	88	50		
50—100	14,4	0,0	2,5	25	201	228	33	30	165	257	89		
100—150	20,4	0,0	1,7	34	256	292	56	43	193	524	324		
150—200	23,5	0,0	1,4	41	290	338	85	56	197	973	762		
200—250	17,1	0,0	2,7	35	208	246	56	35	155	469	317		
250—300	12,6	0,0	2,9	27	161	191	34	21	136	239	112		
300—350	8,3	0,0	4,5	20	103	127	18	11	98	169	84		
350—400	7,6	0,0	5,1	13	93	111	23	12	76	179	109		

Таблица 9 (окончание)

Запасы солей в солончаковых солонцах

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, кг/м³	Запасы ионов, г-экв/м³									
		CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	сумма анионов	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	сумма катионов	активный кальций
400—450	10,1	0,0	3,7	8	135	147	72	19	56	472	409
450—500	6,2	0,0	4,0	5	83	92	47	13	32	250	214
500—550	2,6	0,0	4,2	5	57	66	33	10	23	116	92
550—600	2,0	0,0	3,7	4	22	30	12	5	13	31	21
600—650	1,7	0,0	3,9	5	18	27	9	5	13	44	35
650—700	1,9	0,0	3,9	6	18	28	10	3	15	26	18
0—700	133,4	0,3	51,0	233	1712	1996	511	270	1215	3837	2636

в водную вытяжку, который варьирует от 113 до 158 кг/м³ в семиметровой толще. Более или менее близки между собой во всех шести разрезах запасы воднорастворимых SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ и суммы SO₄²⁻ (рис. 13). Несколько выделяется пониженными величинами всех компонентов только разрез 7. В то же время в нем очень велика величина запаса иона CO₃²⁻, причина чего уже указывалась выше. Наиболее сильно варьирует в рассматриваемых разрезах запас иона хлора: от 161 до 478 г-экв/м³, т. е. почти в 3 раза.

Подсчет запасов солей позволяет высказать некоторые соображения о происхождении гипса в изучавшихся нами солончаковых солонцах. Чаще всего накопление гипса объясняют реакцией взаимного обмена между сульфатом натрия и углекислым кальцием с образованием гипса и соды. Другой возможный путь образования и накопления гипса — образование его в результате реакции взаимного обмена между сульфатом натрия и обменным кальцием.

Рассмотрим обе эти точки зрения применительно к нашим солончаковым солонцам.

Емкость обмена солончаковых солонцов (см. табл. 15) в среднем около 20 мг-экв. на 100 г почвы, т. е. около 200 мг-экв. на 1 кг. Принимая для всей почвенно-грунтовой толщи объемный вес равным 1,6, и допуская, что в исходном незасоленном суглинке обменный кальций составлял 80% от емкости, мы найдем, что суммарное содержание обменного кальция в семиметровой толще составит:

$$\frac{200 \cdot 0,8 \cdot 1600 \cdot 7}{1000} = 1900 \text{ г-экв. на } 1 \text{ м}^2.$$

В то же время суммарное содержание гипса (активного кальция) в среднем составляет около 2900 г-экв. (табл. 11). Следовательно, если бы даже весь обменный кальций превратился в гипс, то и в этом случае его не хватило бы на образование всего того количества гипса, которое мы находим в солончаковых солонцах. Принимая же во внимание, что обменный натрий составляет самое большее 55% от емкости (см. табл. 15) и что, следовательно, около 40% от емкости занято кальцием, мы придем к выводу, что в результате реакции между сульфатом натрия и обменным кальцием может образоваться самое большее 100 г-экв. гипса, т. е. не более одной трети его запаса.

Таблица 10

Запасы солей в солончаковых солонцах

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, кг/м³	Запас ионов, г-экв/м³									
		CO ₃ [']	HCO ₃ [']	Cl [']	SO ₄ [']	сумма анионов	Ca ^{..}	Mg ^{..}	Na [']	SO ₄ [']	актив- ный каль- ций
Разрез 5											
0—50	5,9	0,8	6,3	14	59	80	14	9	57	91	46
50—100	14,7	0,0	1,8	28	177	207	33	28	146	255	111
100—150	16,7	0,0	2,4	30	203	235	20	23	192	249	66
150—200	20,0	0,0	1,1	26	253	280	57	30	193	617	421
200—250	16,9	0,0	1,7	28	211	241	43	22	176	388	220
250—300	11,7	0,0	2,5	23	141	166	19	12	135	253	131
300—350	9,2	0,0	3,0	18	116	137	16	10	111	255	155
350—400	13,3	0,0	1,3	13	176	190	76	20	94	819	719
400—450	10,5	0,0	1,7	7	139	148	70	15	63	273	204
450—500	8,0	0,0	1,9	3	107	112	66	10	36	336	295
500—550	7,6	0,0	1,7	3	106	111	80	10	21	526	500
550—600	2,3	0,0	2,2	3	28	33	17	4	12	72	61
600—650	1,0	0,0	2,1	1	11	14	7	3	4	37	33
650—700	0,5	0,0	2,9	1	4	8	4	2	2	24	24
0—700	138,3	0,8	32,6	198	1731	1962	522	198	1242	4195	2986
Разрез 7											
0—50	7,7	0,4	5,7	14	87	107	22	15	70	122	57
50—100	15,3	0,1	2,4	28	185	215	31	33	151	224	70
100—150	17,5	0,0	2,2	33	212	247	31	38	178	251	70
150—200	17,3	0,3	1,7	31	218	251	53	35	163	355	190
200—250	14,8	0,8	1,4	25	194	221	60	26	135	441	307
250—300	11,6	0,6	2,9	17	150	170	57	16	97	430	337
300—350	3,7	2,9	4,9	14	34	56	1	1	54	46	13
350—400	3,1	2,4	5,1	10	29	47	1	2	44	44	16
400—450	2,8	0,6	4,0	7	30	42	2	3	37	63	35
450—500	3,4	0,6	5,4	6	37	49	10	4	35	64	37
500—550	7,6	0,6	2,8	6	103	112	62	13	37	472	431
550—600	5,6	0,5	4,4	3	72	80	39	9	32	237	204
600—650	1,3	0,6	4,0	2	11	18	2	2	14	20	11
650—700	1,4	0,5	3,1	2	10	16	2	2	12	19	11
0—700	113,1	10,9	50,0	198	1372	1631	373	199	1059	2788	1789

Таблица 10 (окончание)

Запасы солей в солончаковых солонцах

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, кг/м³	Запас ионов г-экв/м³									активный кальций
		CO ₃ ^{''}	HCO ₃ [']	Cl [']	SO ₄ ^{''}	Сумма анионов	Ca ^{''}	Mg ^{''}	Na [']	SO ₄ [']	
400—450	10,1	0,2	1,7	25	125	152	44	14	94	610	529
450—500	12,1	0,0	0,9	16	161	178	93	19	66	802	734
500—550	6,0	0,4	2,2	11	74	88	27	8	53	328	281
550—600	7,5	0,2	2,0	11	90	103	46	10	47	289	245
600—650	8,6	0,0	1,5	8	117	126	67	14	45	271	221
650—700	9,5	0,0	1,1	7	74	81	38	9	34	177	141
0—700	158,0	4,0	23,1	480	1806	2313	656	234	1423	4964	3814

Значительно труднее решить вопрос о роли обмена сульфата натрия с карбонатом кальция. Мы попытались подойти к решению этого вопроса следующим образом. Если в каком-то горизонте происходит образование и накопление гипса вследствие реакции между сульфатом натрия и карбонатом кальция, то в этом горизонте наряду с накоплением гипса должно наблюдаться уменьшение содержания карбоната кальция при постоянстве их суммы. Однако простым вычислением суммы сульфата кальция и карбоната кальция нельзя решить вопрос, потому что исходное содержание карбоната не является строго постоянным во всей толще, а несколько варьирует. Для того чтобы по возможности элиминировать влияние этого варьирования, мы прибегли к следующему способу анализа наших данных. Для разреза 52 солончакового солонца, для которого имелись подробные послойные определения) и активного кальция (гипса и карбоната кальция, мы составили таблицу запаса этих солей в полуметровых слоях (табл. 12). Затем в правой половине этой же таблицы мы переписали те же данные, но в порядке убывания величин запаса карбоната кальция. После этого мы вычислили средние величины запасов карбоната кальция и гипса для шести слоев с высоким содержанием карбоната и для шести — с низким. Верхний метровый слой из наших сопоставлений был исключен ввиду того, что в его пределах наблюдается заметное перемещение карбоната кальция.

Оказалось, что полученные величины запасов карбоната и сульфата кальция находятся в обратном соотношении, а их сумма — более или менее постоянная величина. Это подтверждает гипотезу о возможности образования гипса за счет обменной реакции между сульфатом натрия и карбонатом кальция.

Для проверки этого вывода мы обработали по тому же принципу аналитические данные, относящиеся ко всем шести разрезам солончаковых солонцов, только запасы карбоната и сульфата кальция были исчислены для метровых слоев. Так мы сделали потому, что в остальных разрезах (кроме 52) количества карбоната определены менее подробно — не подряд, а по три — четыре определения в метровом слое.

Результаты обработки данных по шести разрезам представлены в табл. 13. Распределив, как и ранее, весь полученный материал в порядке убывания величины запаса карбоната, мы затем подразделили оба ряда цифр на три группы и вычислили средние величины для каждой из них.

Таблица 11

Запасы солей в различных почвах междолевой равнины в семиметровой толще

Разрез	Почва	Запас ионов, г-экв/м³							Активный кальций в слое	
		CO ₃ ^{''}	HCO ₃ [']	SO ₄ ^{''}	Ca ^{''}	Mg ^{''}	Na [']	Сумма SO ₄ [']	0—200 см	0—50 см
1	Солончаковый солонец	2,5	35,8	1899	468	223	1409	4475	3044	90
3	»	2,9	34,1	1846	654	262	1317	4382	3190	162
5	»	0,8	32,6	1731	522	198	1242	4195	2986	46
7	»	10,9	50,0	1372	373	199	1059	2788	1789	57
9	»	4,0	23,1	1806	656	234	1423	4964	3814	79
52	»	0,3	51,0	1712	511	270	1215	3837	2636	90
142	Столбчатый солонец	0,3	31,2	1142	460	239	998	3548	2866	48
163	Остепняющийся солончаковый солонец	4,1	68,7	1543	520	169	1176	4911	3368	51
114	Остепняющийся солонец	0,5	96,5	1381	416	134	1139	5075	4110	0
164	Светло-каштановая почва склона микроповышения	0,8	51,7	1491	674	232	783	4608	3117	—
165	То же	1,9	49,7	1110	533	147	595	4058	2948	—
111	Темно-каштановая почва мелкой западины	0,0	48,7	853	595	149	170	2980	2127	—
309	Темноцветная черноземовидная почва западины с гипсом	0,0	32,6	722	584	136	74	3418	2696	—
105	Темноцветная черноземовидная почва большой падины	0,0	36,7	4,5	31,2	11,6	7,5	95	91	—

(для толщи 0—5 м)

Таблица 12

Запасы карбоната кальция и «активного» кальция в солончаковом солонце (разрез 52) в г-экв. на 1 м² по полуметровым слоям

Глубина взятия образца, см	Запас		Глубина взятия образца, см	Запас		
	карбоната Са	«активно-го» Са ⁺⁺		карбоната Са	«активно-го» Са ⁺⁺	сумма
100—150	1850	324	550—600	2000	21	2021
150—200	1530	762	250—300	1880	112	1992
200—250	1620	317	100—150	1850	324	2174
250—300	1880	112	500—550	1770	92	1862
300—350	1760	84	300—350	1760	84	1844
350—400	1720	109	350—400	1720	109	1829
			Среднее	1830	124	1954
400—450	1500	409	450—500	1710	214	1924
450—500	1710	214	650—700	1690	18	1708
500—550	1770	92	200—250	1620	317	1937
550—600	2000	21	600—650	1590	35	1625
600—650	1590	35	150—200	1530	762	2292
650—700	1690	18	400—450	1500	409	1909
			Среднее	1607	292	1899

Эти данные полностью подтвердили выводы, сделанные на основании табл. 13: здесь также выявляется обратная зависимость между запасами карбоната и сульфата кальция при близких величинах их сумм.

Таким образом, наши расчеты не противоречат гипотезе о возможности образования гипса за счет обменной реакции между сульфатом натрия и карбонатом кальция. Однако считать эти данные за бесспорное доказательство едва ли можно. В этой гипотезе имеется одно слабое место: остается неясным, куда девается та сода, которая образуется в результате обменной реакции в количестве, эквивалентном количеству гипса, т. е. в весьма значительном. Кроме того, неясно, почему реакция идет в сторону образования более растворимой соли (гипса) из соли менее растворимой (карбоната кальция). Поэтому мы полагаем, что вопрос о происхождении гипса в наших солончаковых солонцах не может пока считаться решенным и требует дальнейших исследований.

Содержание гумуса в солончаковых солонцах характеризуют данные табл. 14, которые в графической форме изображены на рис. 12 и 14. Из этих данных мы видим, что максимальной величины (1,7—2,6%) содержание гумуса достигает в верхней части надсолонцового горизонта. Ниже оно уменьшается, иногда несколько повышаясь в солонцовом горизонте, после чего снова падает. На глубине 70—80 см содержание гумуса достигает более или менее постоянной величины, равной 0,3%.

Обратимся теперь к вопросу о содержании в солончаковых солонцах обменного натрия.

Ввиду того, что эти почвы содержат хлориды и сульфаты Са⁺⁺, Mg⁺⁺ и Na⁺ и карбонат кальция (а возможно и магния), определение в них обменных оснований сопряжено с большими методическими трудностями, которые пока еще не преодолены. Поэтому мы ограничились определением только обменного натрия и емкости обмена.

Таблица 13

Запас карбонатного кальция и «активного» кальция в солончаковых солонцах (в г-экв на 1 м²)

Разрез	№ метро-вого слоя	Запас		Разрез	№ метро-вого слоя	Запас		
		карбоната Са	«активно-го» Са ⁺⁺			карбоната Са	«активно-го» Са ⁺⁺	сумма
1	3	3280	347	52	6	3800	113	3913
	4	3050	868	1	7	3730	491	4221
	5	3560	186	7	2	3660	260	3920
	6	3620	267	5	7	3640	57	3697
	7	3730	491	1	6	3620	267	3887
3				1	5	3560	186	3746
	2	3000	481	3	3	3520	251	3771
	3	3520	251	52	3	3500	459	3929
	4	3420	468	3	6	3490	476	3966
	5	3390	565	52	4	3480	193	3673
	6	3490	476	7	3	3470	644	4114
	7	3320	609	7	5	3460	72	3532
5				Среднее		3578	287	3845
	2	3300	487	7	6	3460	635	4095
	3	3340	351	5	4	3460	874	4334
	4	3460	874	163	3	3420	344	3764
	5	3120	499	3	4	3420	468	3888
	6	2810	561	3	5	3390	565	3955
	7	3640	57	5	3	3340	351	3691
	2	3660	260	52	2	3340	1086	3426
	3	3470	644	3	7	3320	609	3929
	4	3270	29	5	2	3300	487	3787
7	5	3460	72	52	7	3290	53	3343
	6	3460	635	1	3	3280	347	3627
				7	4	3270	29	3299
				Среднее		3358	487	3845
				52	5	3210	623	3833
52	3	3500	429	163	5	3200	334	3534
	4	3480	193	163	4	3190	758	3948
	5	3210	623	163	2	3180	1222	4402
	6	3800	113	163	7	3130	917	4047
	7	3290	53	5	5	3120	499	3619
				7	7	3100	22	3122
				163*	4	3050	868	3918
163*	3	3420	344	163	6	3040	240	3280
	4	3190	758	3	2	3000	481	3481
	5	3200	334	5	6	2810	561	3371
	6	3040	240	Среднее		3094	593	3687
	7	3130	917					

* Мы включили в эту таблицу и данные по остепниющемуся солонцу разреза № 163, так как никакого передвижения карбоната и сульфата кальция в нем не наблюдается. Данные по разрезу 9 нами не включены, так как для него карбонаты не определены.

Содержание гумуса (определение по методу Тюрина) в солончаковых солонцах и в остепняющихся солончаковых солонцах

Содержание гумуса (определение по методу Л. И. Лавренко)															Солончаковый солонец		Остепняющийся солончаковый солонец	
Солончаковые солонцы															Разрез 142		Разрез 163	
Разрез 1		Разрез 3		Разрез 5		Разрез 7		Разрез 9		Разрез 52		Разрез 142		Разрез 163				
Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Глубина взятия образца, см	у с. %,	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Глубина взятия образца, см	Гумус, %			
0-9	1,79	0-7	1,76	0-7	2,56	0-6	1,95	0-10	1,66	0-10	1,61	0-15	1,80	0-5	2,45			
9-20	1,5	7-13	1,16	7-14	1,92	6-12	1,70	10-20	1,08	10-20	1,15	15-26	1,11	5-10	1,68			
20-30	1,17	13-20	1,19	14-20	1,26	12-20	1,34	20-30	0,89	20-30	1,05	26-36	0,94	10-20	1,46			
30-40	0,92	20-30	0,78	20-30	1,27	20-30	1,29	30-40	0,88	30-40	0,88	36-46	0,52	20-28	1,35			
40-50	0,63	0 40	0,61	30-40	1,08	30-40	0,93	40-50	0,71	40-50	0,67	46-52	0,43	28-40	0,82			
50-60	0,44	40-50	0,46	40-50	0,64	40-50	0,63	50-60	0,53	50-60	0,51	52-62	0,39	40-50	0,51			
60-70	0,36	50-60	0,36	50-60	0,38	50-60	0,54	60-70	0,46	60-70	0,44	62-72	0,35	50-60	0,49			
70-80	0,37	60-70	0,31	60-70	0,32	60-70	0,38	70-80	0,36	70-80	0,34	72-85	0,26	60-70	0,44			
80-90	0,35	70-80	0,32	70-80	0,32	70-80	0,32	80-90	0,36	80-90	0,33	85-95	0,27	70-80	0,37			
90-100	0,35	80-90	0,27	80-90	0,33	80-90	0,33	—	—	90-100	0,32	95-105	0,29	80-90	0,34			
		90-100	0,25	90-100	0,27	90-100	0,31	—	—	—	—	—	—	90-100	0,33			

Обменный натрий определялся следующим образом. В одной навеске почвы определялась сумма обменного и растворимого натрия путем обработки навески на фильтре раствором уксуснокислого аммония до исчезновения реакции на сульфатный ион. В фильтрате определялся натрий одним из существующих методов. Другая навеска смачивалась водой и доводилась до влажности 25% от веса сухой почвы, что примерно соответствовало насыщению до полной влагоемкости. Затем из почвы отжимался почвенный раствор по методу П. А. Крюкова и Н. А. Комаровой (1956). В аликвотной части раствора определялся натрий, количество которого потом пересчитывалось на все количество влаги, содержащейся первоначально в почве. По разности между первым и вторым определением мы находили содержание обменного натрия. Кроме того, определялась емкость обмена по Бобко — Аскинази, с предварительным удалением из почвы карбонатов и легкорастворимых солей, путем обработки и промывания навески почвы раствором хлористого аммония.

Таблица 15

Емкость обмена и содержание обменного натрия в верхних горизонтах солончаковых солонцов

Разрез	Глубина взятия образца, см	Емкость обмена, мг-экв. на 100 г сухой почвы	Содержание обменного Na	
			мг-экв. на 100 г сухой почвы	% от емкости обмена
1	0-9	17,6	2,1	12
	9-20	23,9	10,0	42
	20-30	24,3	11,3	45
	30-40	21,2	11,6	55
3	0-7	16,4	1,9	12
	7-13	22,1	9,8	44
	13-20	22,8	13,3	58
	20-30	22,1	12,5	57
5	0-7	15,0	0,8	5
	7-14	15,4	1,9	12
	14-20	24,6	8,1	33
	20-30	25,5	12,3	48
	30-40	23,4	10,1	43
	40-50	17,86	6,1	34
7	0-6	18,3	1,0	5
	6-12	18,3	1,2	6
	12-20	22,8	6,4	28
	20-30	24,2	10,9	45
	30-40	20,2	8,8	43
52	0-10	18,6	1,6	9
	10-20	21,2	4,00	19
	20-30	21,0	8,3	39
	30-40	20,7	8,6	42

Из табл. 15 видим, во-первых, что емкость обмена в надсолонцовом горизонте заметно снижена, что хорошо коррелирует с пониженным содержанием в нем илистых частиц. Наоборот, в солонцовом горизонте

Таблица 16

Средняя мощность горизонтов солончаковых солонцов и их средний объемный вес

Горизонт	Средняя гл- бина в про- филе	Средняя мощность	Средний объемный вес, г/см³
	см		
Надсолонцовый	0—10	10	1,36
Солонцовый	10—33	23	1,45
Подсолонцовый «пескообразный»	33—83	50	1,20
Подсолонцовый плотный	83—150	67	1,45
Гипсовый засоленный (с друзами)	150—300	50	1,55
Засоленный переходный горизонт	Ниже 300	—	1,60
Материнская порода	600	—	1,60

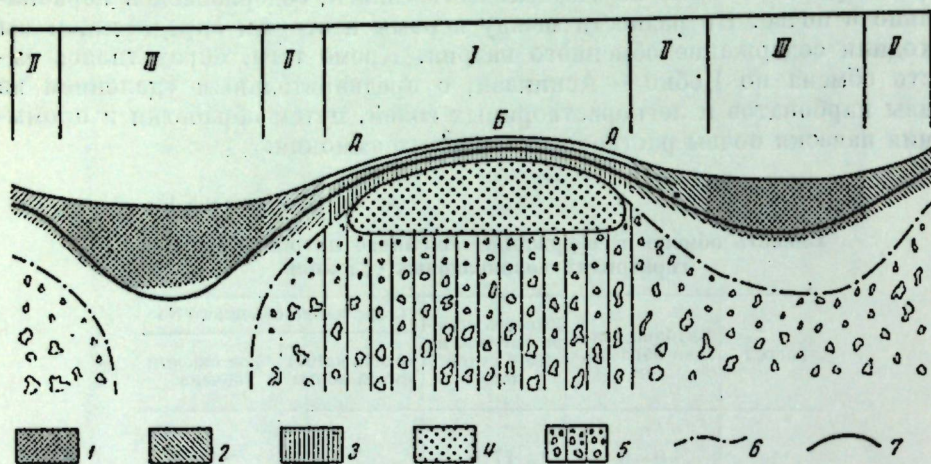


Рис. 14. Схематический почвенный и микрогеоморфологический профиль через микроповышение и две западины

I — солончаковый солонец; А — периферические части, Б — средняя часть; II — светло-каштановые почвы микрокловов; III — темноцветные черноземные почвы западин; IV — гумусовый горизонт темноцветных почв западин; V — гумусовый горизонт светло-каштановой почвы микрокловов; VI — горизонты солончакового солонца: 3 — солонцовый, 4 — первый подсолонцовый засоленный («пескообразный»), 5 — второй подсолонцовый засоленный с гипсовыми конкрециями, 6 — верхняя граница гипсовых стяжений, 7 — граница вскипания от HCl. Отношение вертикального масштаба к горизонтальному 2:1

развитию отрицательных солонцовых свойств. Доказательства этому мы найдем ниже, в определенном характере физических свойств этих почв к ознакомлению с которыми мы теперь и переходим.

Солончаковые солонцы, приуроченные к повышениям микрорельефа, отличаются довольно большой пестротой, связанной отчасти с различной относительной высотой микроповышений, определяющей частоту и глубину промачивания солончаковых солонцов.

Рис. 14 иллюстрирует схематически строение солонцового микроповышения и соседних западин. Естественно, что участки А и Б будут различны не только по морфологии, но и по свойствам, в том числе и физическим, в соответствии с их положением в микрорельефе.

Ознакомление с физическими свойствами солончаковых солонцов начнем с характеристики плотности их сложения.

Объемный вес солончаковых солонцов (табл. 16) отличается характерным ходом по профилю. В надсолонцовом горизонте он в среднем равен 1,35, в солонцовом 1,45. В первом подсолонцовом «пескообразном» горизонте минимальный объемный вес в среднем равен 1,20. В пределах нижней части «пескообразного» горизонта и в нижележащих горизонтах (ПСЗ₂ и ГЗ) объемный вес постепенно увеличивается и достигает 1,45—

1,60. Такое постепенное увеличение объемного веса книзу, характерное для многих почв, обычно связано с уменьшением с глубиной структурности. Низкий же объемный вес в подсолонцовом пескообразном горизонте (ПСЗ₁) в данных почвах объясняется «вспуханием» почвенной массы и разрыхлением ее выпадающими солями, наиболее сильным вблизи от поверхности. В тех случаях, когда надсолонцовый и солонцовый горизонты имеют небольшую мощность, пескообразный горизонт получает возможность большего «вспухания» и разрыхления; его объемный вес снижается до 1,03—1,05, мощность возрастает, а переход к плотным слоям в нижней части первого метра в таких почвах бывает довольно резким (рис. 15, а, разрез 184).

Было замечено, что такие солонцы расположены на наиболее высоких и, следовательно, наименее промачиваемых микровозвышениях. В солонцах же, находящихся на более низких элементах рельефа, обычно несколько больше мощность солонцового горизонта, меньше мощность и больше плотность первого подсолонцового. Примером такого солонца является разрез 21 (табл. 17, рис. 15, б).

С варьированием плотности солончаковых солонцов можно познакомиться по данным табл. 17. Как видно, колебания объемного веса горизонтов могут быть значительными; например, объемный вес пескообразного горизонта варьирует от 1,03 до 1,35. Но характер изменения плотности по профилю сохраняется во всех солонцах. Средние величины объемного веса, вычисленные по 10-сантиметровым слоям и для разных частей генетических горизонтов (верх, середина и низ солонцового, верх, середина и низ подсолонцового пескообразного, верх уплотненного подсолонцового), почти совпадают. Это дает нам право пользоваться этими и другими данными. Ниже в расчетах мы будем пользоваться полойными средними данными объемного веса и порозности.

Объемный вес в почвенно-грунтовой толще ниже 2—2,5 м имеет более или менее постоянную величину, близкую к 1,60 (табл. 18, рис. 15, а).

Более подробное изучение объемного веса почвенно-грунтовой толщи показывает, что глубже 2 м плотность заметно варьирует в пределах 1,55—1,65 г/см³; в среднем она равна тоже 1,60. Эту величину объемного веса пород мы и будем принимать при различных расчетах.

Влияние влажности на объемный вес в солончаковых солонцах отмечается лишь в солонцовом горизонте (табл. 19). Ниже отмечается объемная усадка, о величине которой мы пока не можем судить, так как кроме

Таблица 17

Объемный вес солончаковых солонцов (в г/см³)

Глубина взятия об- разца, см	Разрез										Средние	
	140	1-Г.П.	161	11-0	52	9	21	7	151	129-П	Объем- ный вес, г/см ³	отно- шение 1° ов
0—5	1,46	1,43	1,32	1,34	1,32	1,43	1,22	1,36	1,34	1,37	1,36	0,735
5—10	1,37	1,30	—	—	1,54	—	1,30	—	1,46	1,58	1,40	0,715
10—20	1,47	1,48	1,27	1,44	—	1,59	1,46	1,58	1,54	1,51	1,48	0,675
20—30	1,23	1,44	1,28	1,33	—	—	1,44	—	1,33	1,26	1,33	0,750
30—40	1,18	1,16	1,21	1,33	1,03	—	—	1,33	1,17	1,03	1,18	0,848
40—50	1,12	1,12	1,03	1,34	—	1,21	1,36	—	1,13	1,03	1,17	0,855
50—60	1,09	1,17	1,02	1,33	—	—	—	1,26	1,19	1,05	1,16	0,862
60—70	1,15	1,17	1,12	1,32	—	—	—	—	1,21	1,07	1,17	0,855
70—80	1,19	1,30	1,06	1,37	1,20	—	1,43	—	1,32	1,08	1,24	0,807
80—90	1,19	1,34	1,10	1,35	—	—	—	—	1,32	1,11	1,24	0,807
90—100	1,28	1,41	1,18	1,32	—	—	—	—	1,41	1,11	1,29	0,775
100—110	1,35	—	—	—	1,37	1,58	1,53	1,35	—	—	1,44	0,695
110—120	1,46	—	—	—	—	—	—	—	1,55	1,31	1,44	0,695
120—130	1,53	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
130—140	1,57	—	—	—	—	—	—	—	1,48	1,40	1,48	0,675
140—150	1,65	—	—	—	—	1,45	1,60	—	—	—	—	—
150—160	1,66	—	—	—	1,47	—	—	1,52	1,47	1,50	1,52	0,658
160—170	1,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
170—180	1,68	—	—	—	—	—	—	—	1,52	1,48	1,56	0,640
180—190	1,64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
190—200	1,71	—	—	—	—	1,62	1,63	—	1,55	1,56	1,61	0,620
200—210	—	—	—	—	—	—	—	1,57	—	—	—	—
210—220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
220—230	—	—	—	—	1,53	—	—	—	1,56	—	—	—

* $\frac{1}{\text{ов}}$ — объем единицы веса почвы естественного сложения (в см³/г)

чивании почв (и других гидрофильных веществ) водою происходит сжатие системы почва — вода, которое может достигать значительных величин (до 2,5 см³ на 100 г почвы).

Несколько позже изучением этого явления занимался М. В. Чапек (1933), разрабатывавший методику определения удельного веса почв. Чапек показал, что при определении удельного веса незасоленных почв с водой его значения оказываются преувеличенными из-за сжатия системы почва — вода. Вследствие сжатия в пикнометр поступают дополнительные порции воды, из-за чего при расчете объем почвы получается преуменьшенным, так как плотность воды принимается равной 1,0 (с соответствующей температурной поправкой), а удельный вес — преувеличенным. Чапек установил, что в случае применения инертных жидкостей истинный удельный вес оказывается заметно меньше, чем определенный с применением воды (разница удельного веса, полученного с применением воды и в инертной жидкости, доходила до 0,1), и рекомендовал при определении удельного веса заменять воду инертной жидкостью.

Приведенный Чапеким материал был невелик (девять образцов). Исследование этого вопроса продолжили М. Н. Воскресенский и С. И. Левина

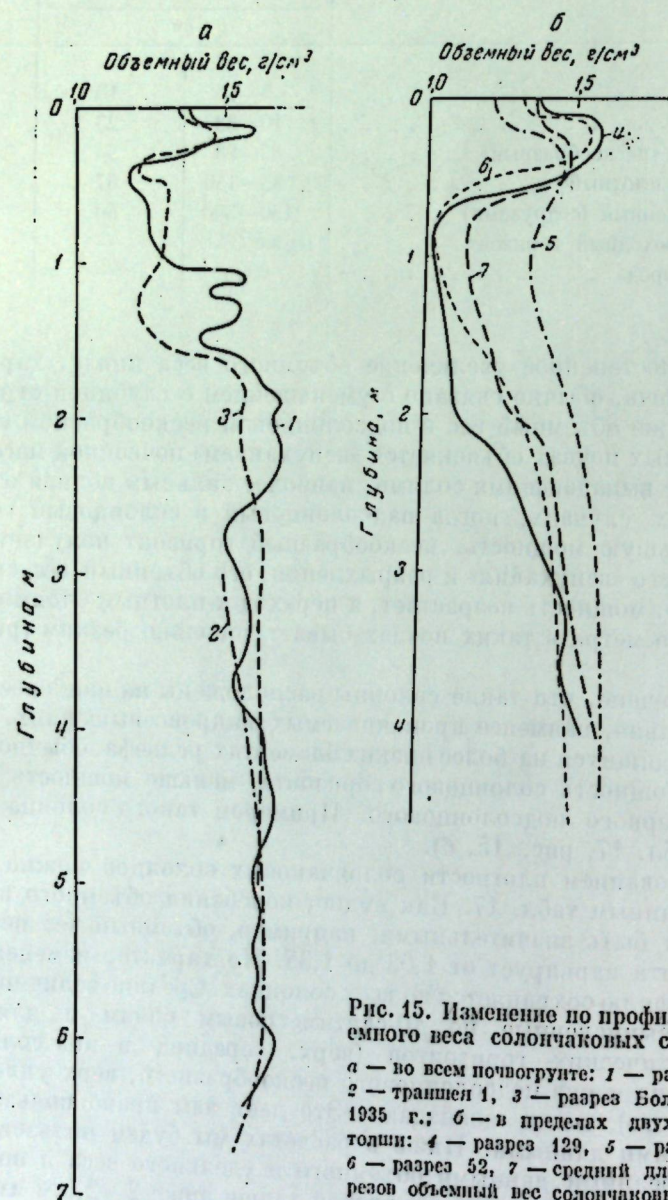


Рис. 15. Изменение по профилю объемного веса солончаковых солонцов
а — по всем почвогрунтам: 1 — разрез 184, 2 — траншея 1, 3 — разрез Большакова, 1935 г.; б — в пределах двухметровой толши: 4 — разрез 129, 5 — разрез 21, 6 — разрез 52, 7 — средний для 12 разрезов объемный вес солончаковых солонцов

величине, с одной стороны, и количественно учесть интенсивность связывания воды почвой («сжатие системы почва — вода»), с другой.

В методических руководствах по определению физических свойств почв издавна рекомендуется определять удельный вес твердой фазы засоленных почв не в воде, а в инертных жидкостях, во избежание растворения солей. Около 30-ти лет назад А. В. Раковский и Г. Полянский (1931), Воюкос (Войуосос, 1921), Цункер (Zunker, 1928) выяснили, что при сма-

Таблица 18

Объемный вес нижних горизонтов грунта под солонцом
(в г/см³)

Глубина взятия образца, см	Разрез 184	Разрез 3-Б*	Глубина взятия образца, см	Разрез 184	Разрез 3-Б*
0—5	1,38	1,34	240—250	—	1,60
5—10	1,40	—	250—260	1,56	—
10—20	1,55	1,47	270—280	1,49	—
20—30	1,39	1,32	290—300	1,55	1,63
30—40	1,18	1,22	310—320	1,58	—
40—50	1,18	1,22	330—340	1,58	—
50—60	1,23	1,31	340—350	—	1,61
60—70	1,24	1,30	350—360	1,54	—
70—80	1,24	1,30	370—380	1,54	—
80—90	1,27	—	390—400	1,63	1,62
90—100	1,31	—	410—420	1,64	—
100—110	1,57	1,27	430—440	1,66	—
110—120	1,45	—	450—460	1,66	—
120—130	1,56	1,21	470—480	1,62	—
130—140	1,50	—	490—500	1,61	1,62
140—150	1,41	—	510—520	1,63	—
150—160	1,54	1,47	530—540	1,60	—
160—170	1,60	—	550—560	1,62	—
170—180	1,62	1,57	570—580	1,61	—
180—190	1,69	—	590—600	1,68	—
190—200	1,66	1,56	610—620	1,64	—
210—220	1,69	—	630—640	1,57	—
230—240	1,66	—	670—680	—	—

* Из работы А. Ф. Большанова (1937).

В таблице 1 объемный вес выражается следующими величинами: на глубине 290—300 см 1,49; 390—400 см 1,57; 490—500 см 1,63; 590—600 см 1,64; 670—680 см 1,54.

Таблица 19

Объемное набухание солончакового солонца
(Разрез 52; в % от объема сухой почвы)

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Объемный вес, г/см³		Объемное набухание %
		сухой почвы	Почвы при наименьшей влагосмкости	
НС	0—4	1,32	1,35	—
С	10—14	1,54	1,43	7,7
НСЗ ₁	40—44	1,03	1,25	—
ПСЗ ₁	80—84	1,20	1,31	—

Объемный вес сухой почвы дается при минимальной полевой влажности, равной для надсолонцового горизонта (НС) 6—8%, для солонцового (С) и подсолонцового (ПСЗ₁) горизонтов 10—12%.

(1938), которые при определении удельного веса четырех образцов «подпочв» с водой и параллельно с керосином пришли в общем к тем же выводам, что и Чапек: они отметили увеличение сжатия системы почва — вода с увеличением глинистости, максимальной гигроскопичности и максимальной молекулярной влагосмкости.

Данных о величине «сжатия» в литературе чрезвычайно мало; анализа этого явления применительно к характеристике профиля почв вообще нет (некоторые наши данные приведены в книге А. А. Роде, 1952).

Природу «сжатия» в настоящее время объясняют по-разному. Большинство авторов считает, что около поверхности почвенных частиц — особенно тонкодисперсных (главным образом коллоидных) образуются уплотненные сольватные оболочки. Плотность такой воды может достигать 1,1—2,2.

Однако существует и другая точка зрения. Сторонники ее И. В. Попов (1944), В. С. Шаров (1950), А. М. Васильев (1949), А. Мозговой и Т. Третьяков (1935) считают, что «сжатие» — результат химического соединения дисперсной фазы с дисперсионной средой, аналогичного образованию кристаллогидратов, при котором также происходит уменьшение объема соединения по сравнению с исходными объемами веществ, вступивших в соединение.

Не касаясь вероятности предположения о химической природе связи коллоид — вода, укажем на одно обстоятельство, связанное с влиянием кристаллогидратов на определение удельного веса засоленных почв. В засоленных почвах обычно присутствуют соединения с кристаллогидратной водой, которая в условиях длительной аэрации и при нагревании может уходить из некоторых минералов; при этом последние превращаются в безводные формы с увеличением удельного веса. Так, например, по наблюдениям И. И. Феофоровой, уже при комнатной температуре происходит превращение мирабилита ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, уд. вес 1,48) в тенардит (Na_2SO_4 , уд. вес 2,69). В поверхностном слое засоленных почв это явление оказывается обычным. Поскольку почвенные образцы, идущие в анализ, как правило, предварительно просушиваются, а также вследствие того, что для определения удельного веса засоленной почвы она доводится при 100—110° до сухого состояния (стандартная методика), при заливке почвы бензолом в ней будет присутствовать тенардит. Наличие его при больших количествах Na_2SO_4 может вызвать заметное увеличение удельного веса. Сказанное справедливо для засоленных почв вообще. В исследуемых же нами солончаковых солонцах Na_2SO_4 содержится в недостаточном количестве (не более 1% по весу), чтобы вызвать эти искажения удельного веса. Отметим, что при суждении о разнице в определении удельного веса по воде и по бензолу эта ошибка исключается, так как для расчета гигроскопической влаги при определении удельного веса с водой прибегают к сушке того же количества почв при тех же 100—110°.

Итак, ошибки, которые могут возникнуть от изменения минералогической формы солей при истолковании данных удельного веса солончаковых солонцов, можно не опасаться. Но возможны ошибки, связанные с растворением солей.

При наполнении водой пикнометра, содержащего навеску засоленной почвы, могут происходить следующие явления, связанные с изменением объемов дисперсной фазы и дисперсионной среды: 1) уменьшение объема твердой фазы в результате растворения солей и 2) увеличение за счет этого же объема жидкости, 3) сжатие получившегося раствора вследствие электрострикции растворителя; 4) сжатие всей системы почва — раствор в результате взаимодействия почвы с водой.

Явление электрострикции, как и явление сжатия системы почва — вода (аналогичное электрострикции), изучено еще мало, и в задачу настоящей работы не входит подробное рассмотрение этих явлений с теоретической стороны. Нас интересуют в них пока лишь два момента: во-первых, влияние их на определение объема твердой фазы и величины удельного веса, а во-вторых, корреляция величины «сжатия» с некоторыми другими показателями, характеризующими присутствие в почвах тех или иных количеств связанной воды. В незасоленной почве наблюдается лишь последнее явление — сжатие в результате взаимодействия почвы с водой. То же самое происходило, если бы при работе с засоленной почвой электрострикции растворителя не было. Тогда растворение солей никак не могло бы сказаться на определении объема твердой фазы, так как объем твердой соли при переходе в раствор оставался бы тем же, т. е. взаимно погасались бы увеличение объема твердой фазы и увеличение объема жидкости. Величину электрострикции, получаемую в пикнометре при определении удельного веса солончаковых солонцов с водой, можно подсчитать. В водную вытяжку переходит до 3% солей. В навеске 10 г содержится до 0,3 г солей, переходящих в раствор, объем которого при емкости пикнометра в 100 мл прием равным 96 мл. В составе солей преобладают Na_2SO_4 . Допустим в первом приближении, что он составляет 100% сухого остатка. Тогда концентрация Na_2SO_4 в пикнометре при навеске в 10 г будет равна:

$$\frac{0,3 \cdot 1000}{96} = 3,12 \text{ г/л} = 0,022 \text{ моля/л.}$$

По формуле Николаева для Na_2SO_4 :

$$E = -42,0 + 12,3 \sqrt{C}$$

(где C — молярная концентрация электролита) получаем абсолютную величину электрострикции:

$$E = -42,0 + 12,3 \sqrt{0,022} = -42,0 + 12,3 \cdot 0,148 = -42,0 + 1,82 = -40,18 \text{ см}^3/\text{л/моль.}$$

Моль $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 142$ г. Каков должен быть объем раствора, чтобы получить концентрацию 3 г/л, равную $142 : 3 = 47,3$ л? Сжатие растворителя на 47,3 л раствора равно $40,2 \text{ см}^3$, а на $96 \text{ см}^3 \frac{96 \cdot 4012}{47300} \approx 0,082 \text{ см}^3$. Как это скажется на величине удельного веса?

Вес почвы — 10 г, объем ее 4 см^3 , удельный вес 2,50; при весе почвы 10 г объем ее 4,082, удельный вес 2,45.

Преувеличение удельного веса составляет 0,05. Учитывая, что Na_2SO_4 имеет большую электрострикцию, а другие соли — намного меньшую и что в сухом остатке он составляет около половины, для солончаковых солонцов можно принять поправку 0,03 для удельного веса, определенного с водой, в горизонтах, содержащих соли в количестве около 3%.

Главным фактором, влияющим на минералогический состав, а следовательно, и на удельный вес различных горизонтов солончаковых солонцов, являются соли, а именно сульфаты и хлориды, так как содержание карбонатов в профиле более или менее однородно, за исключением верхнего полуметрового слоя. При этом сульфаты и хлориды, имеющие удельный вес 1,46—2,32, должны уменьшать, а карбонаты с удельным весом 2,7—2,9 должны увеличивать удельный вес почвы.

В табл. 20 сведены результаты определения удельного веса солончаковых солонцов с бензолом и водой. В обоих случаях результаты определения близки. Удельный вес, как видно из таблиц, мало изменяется в пределах надсолонцового и солонцового горизонтов, общая мощность которых варьирует от 18 до 47 см, а в среднем равна 33 см. В этих горизонтах отмечается некоторое, хотя и очень небольшое, накопление органического вещества и относительная обедненность карбонатами, что, по-видимому, и уменьшает несколько удельный вес. Заметно сниженным он оказывается в верхнем 60-сантиметровом слое (разреза 21). Этот разрез имеет мощные надсолонцовый и солонцовый горизонты: нижняя граница последнего проходит на уровне 55 см, а линия вскипания расположена на 52 см. По-видимому, здесь гумусность и обедненность карбонатами выше, чем в других солонцах.

Величины удельного веса по средним данным их определения с бензолом изменяются, как видно из табл. 20, постепенно — от 2,55 вверху, в надсолонцовом горизонте, до 2,60—2,64 в нижней части первого полуметрового слоя. Ниже эта величина сохраняется, но в некоторых разрезах отмечается тенденция к уменьшению удельного веса на глубине около 2 м. Данные определения в одном глубоком разрезе (траншея 1) подтвердили снижение удельного веса в толще 3—7 м до 2,35—2,45. Это нельзя связывать с накоплением гипса и других солей, имеющих низкий удельный вес, так как в нижних слоях почво-грунта, в пределах капиллярной каймы, содержание этих солей невелико. Возможно, что причина этого кроется в методике определения удельного веса с бензолом.

Величины удельного веса солончаковых солонцов, полученные с применением воды, показывают тот же ход (по профилю), что и с бензолом, но больше последних на 0,12—0,18. Разницу, как уже указывалось, можно относить за счет сжатия системы почва — вода, учитывая, что частичное преувеличение (на 0,03) удельного веса с водой вызывается электрострикцией растворителя. Как видно из табл. 20, величины сжатия вполне ощутимы. Они достигают 1,5—2,3 см^3 на 100 г почвы. Ниже мы будем пользоваться величинами удельного веса, определенными с бензолом.

Переходим к ознакомлению с гигроскопичностью солончаковых солонцов.

Максимальной гигроскопичностью принято называть максимальное количество воды, которое данная почва может сорбировать из воздуха, почти насыщенного водяным паром. Почва должна насыщаться влагой в изотермических условиях при комнатной температуре (около 20°), так как изменения температуры заметно сказываются на насыщении. В литературе неоднократно отмечалась известная условность этой величины, зависящая, во-первых, от того, что она не является определенной категорией состояния почвенной влаги, строго ограниченной от других, и во-вторых, от того, что она в сильной степени зависит от способа подготовки почвы — сушки, растирания, промораживания.

Условность величины максимальной гигроскопичности засоленных почв вообще и солончаковых солонцов, в частности, усугубляется участием в поглощении воды гигроскопических солей. Участие их выражается в образовании кристаллогидратов из обезвоженных солей (например, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) и, вероятно, в образовании растворов гигроскопических солей. Таким образом, помимо явлений адсорбции и капиллярной конденсации, могут происходить хемосорбция и абсорбция воды образующимся раствором. Надо сказать, что количественное разграничение этих явлений чрезвычайно сложно прежде всего потому, что о составе солей по данным только химического анализа судить трудно.

Удельный вес твердой фазы солончаковых солонцов и остепненного солонца при различных способах определения

Глубина взят ия образца, см	С бензолом					С водой					
	Разрез					среднее	среднее с поправкой	разность между средним с водой и бензолом	сметис, см*		
	Разрез								на 100 г почвы	на 100 см³ почвы	
	52	9	21	7	151						129
0-5	2,62	2,61	2,44	2,54	2,55	2,55	2,67	2,67	0,12	1,76	2,39
5-10	2,62	2,61	2,44	(2,54)	2,59	2,56	2,67	2,70	0,12	1,75	2,45
10-20	2,64	2,64	2,45	(2,56)	2,61	2,68	2,70	2,73	0,03	1,86	2,75
20-30	(2,65)*	(2,64)	2,50	2,59	2,67	2,69	2,73	2,74	0,05	1,96	2,61
30-40	(2,65)	(2,64)	2,53	2,63	2,66	2,62	2,80	2,77	0,13	1,95	2,30
40-50	(2,66)	(2,64)	(2,52)	(2,63)	2,66	2,62	2,78	2,79	0,13	1,95	2,28
50-60	(2,64)	2,64	2,52	(2,63)	2,66	2,62	2,78	2,81	0,14	2,08	2,41
60-70	(2,61)	(2,64)	(2,57)	2,63	2,66	2,62	2,78	2,78	0,13	1,81	2,12
70-80	(2,58)	(2,64)	(2,62)	(2,63)	2,68	2,63	2,78	2,78	0,12	1,67	2,07
80-90	2,56	(2,64)	2,68	(2,64)	2,68	2,64	2,77	2,79	0,11	1,51	1,87
90-100	(2,55)	(2,63)	(2,67)	(2,65)	2,68	2,64	2,77	2,79	0,11	1,66	2,14
100-110	(2,55)	(2,63)	2,66	(2,66)	2,62	2,62	2,78	2,80	0,14	1,79	2,58
110-120	2,54	(2,63)	(2,66)	2,67	2,67	2,63	2,78	2,80	0,13	1,79	2,58
120-130	(2,54)	(2,63)	(2,67)	(2,66)	(2,68)	2,62	2,78	2,81	0,14	1,79	2,58
130-140	(2,54)	(2,63)	(2,67)	(2,65)	2,69	2,64	2,78	(2,81)	0,13	1,79	2,58
140-150	(2,55)	(2,63)	(2,68)	(2,64)	(2,70)	2,62	2,78	2,81	0,15	1,92	2,84
150-160	(2,55)	2,63	(2,69)	(2,63)	2,71	2,64	2,78	2,83	0,13	1,92	2,92
160-170	2,55	(2,62)	(2,69)	2,62	(2,69)	2,62	2,80	2,80	0,16	2,20	—
170-180	(2,55)	(2,61)	(2,69)	(2,62)	2,68	2,63	2,78	2,81	0,15	2,20	3,44
180-190	(2,55)	(2,60)	(2,69)	(2,62)	—	2,61	2,81	2,84	0,18	2,32	—
190-200	2,55	2,58	2,69	(2,62)	—	2,61	2,78	2,78	0,14	1,95	3,14
210-220	—	—	—	2,62	—	—	—	—	—	—	(3,14)

* В скобках помещены значения удельного веса, полученные интерполяцией по профилю: Скатые системы почва—вода рассчитываются по формуле: $\left(\frac{S_{\text{ск}}}{d_1 d_2} \right) \cdot \left(\frac{d_1 - d_2}{d_1} \right)$, где d_1 — удельный вес при определении с водой; d_2 — удельный вес при определении с бензолом. Поправку на электроотрицательность введена поправка, величина скатия дается в см³ на 100 г почвы без растворенных солей.

Таблица 21

Максимальная гигроскопичность солончаковых солонцов, определенная над насыщенным раствором K_2SO_4 (в % от веса сухой почвы)

Глубина взятия образца, см	Разрез		
	52	140	7
0—5	7,9	6,8	5,6
5—10	7,9	7,1	6,3
10—20	8,7	8,1	7,2
20—30	—	11,8	8,4
30—40	—	12,1	8,8
40—50	11,5	11,6	8,3
50—60	—	11,7	8,1
60—70	—	12,2	7,5
70—80	—	12,2	7,7
80—90	14,4	13,0	7,8
90—100	—	12,0	8,1
100—110	—	12,0	8,3
110—120	16,9	11,5	8,6
120—130	—	11,4	8,7
130—140	—	11,1	12,9
140—150	17,5	9,8	14,8
150—160	—	—	14,7
160—170	18,0	10,7	14,2
170—180	—	11,7	13,8
180—190	—	10,7	13,1
190—200	—	10,0	13,3
200—210	13,8	—	—
220—230	13,4	—	—
250—260	12,6	—	—
290—300	10,1	—	—
350—360	9,4	—	—
400—410	9,8	—	—
450—460	10,6	—	—
500—510	9,9	—	—
550—560	8,5	—	—
600—610	8,0	—	—

В табл. 21 приведены результаты попыток определить максимальную гигроскопичность над насыщенным раствором K_2SO_4 образцов из трех почвенных разрезов. Для некоторых горизонтов (например, для разреза 7, глубины от 130 до 200 см) данные можно рассматривать лишь как ориентировочные, так как повторные определения резко разошлись (разница получилась около 4%), при удовлетворительной сходимости одновременных параллельных определений. Это следует объяснить, по-видимому, непригодностью обычной методики определения максимальной гигроскопичности при изучении засоленных почв.

Приходится признать, что вопрос и о природе максимальной гигроскопичности, и о методах ее определения в засоленных почвах еще не разрешен. Поэтому приведенные выше величины ее, полученные с применением стандартной методики, рассчитанной на незасоленные почвы, следует рассматривать скорее как материал для разработки специальной методики.

Несколько иначе характеризуют гигроскопические свойства солончаковых солонцов величины влажности воздушно-сухой почвы (гигроскопичность). Как видно из табл. 22, гигроскопичность более или менее ровнена в почвенно-грунтовой профиле до 7 м. В зоне солевого максимума она выше примерно на 0,5%, чем в нижележащей толще. Минимальное значение приходится на надсолонцовый горизонт.

Переходим к вопросу о наименьшей влагоемкости солончаковых солонцов и доступности влаги в них. Наименьшая влагоемкость измеряется наибольшим количеством воды, которое может быть удержано почвой в подвешенном состоянии. Величина наименьшей влагоемкости имеет большое значение для характеристики влагообеспеченности растений, так как основным фондом доступной для растений почвенной влаги у всех почв, оторванных от грунтовых вод, является запас ее в интервале от влажности завядания до влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости. Для жизни растений, для сельскохозяйственного производства очень важно, чтобы этот запас («диапазон активной влаги») был возможно большим.

Отсюда понятна важность изучения наименьшей влагоемкости и разработка способов ее повышения. Простой расчет показывает, что увеличение влагоемкости почвы на 1% дает в двухметровом (корнеобитаемом) слое почвы при объемном весе 1,50 дополнительно около 30 мм влаги.

Для солончаковых солонцов величина наименьшей влагоемкости имеет особо важное значение, так как вследствие засоленности профиля диапазон активной влаги в них снижен по сравнению с другими почвами. Данных о доступной влаге в непромытых солончаковых солонцах мы пока не имеем, так как методика определения влажности завядания в засоленных почвах не разработана. Стандартным методом проростков удалось получить величины влажности завядания только для обессоленных надсолонцового и солонцового горизонтов (для разреза 140 влажность завядания в слое 0—5 см равна 8%, в слое 5—10 см — 10%, в слое 12—20 см — 12%). В образцах остальных горизонтов растения (овес и суданка) погибли не развившись.

Очевидно, что представление о величине влажности завядания в незасоленных и засоленных почвах должно быть различным. В засоленных почвах эта величина может очень сильно варьировать в зависимости от солеустойчивости растений, так как вследствие присутствия солей она во всяком случае выше, чем в почвах с тем же механическим составом, но незасоленных. Это полностью относится и к солончаковым солонцам.

Существенные изменения возникают после отмывки солей. К осени 1952 г. иссушение почвы древесно-кустарниковыми снегосборными кулисами, высаженными на государственной полосе весной 1951 г., достигло значительных размеров. Влажность отмытого от солей слоя почвы снизилась до 11—12% (табл. 23), т. е. до величины, равной влажности завядания безгумусных карбонатных горизонтов темноцветных почв. Такая же влажность была отмечена на солонцах и под многолетними травами, в зоне распространения их корней, которые не проникли в засоленные горизонты, еще не отмытые от солей.

Таблица 22
Гигроскопичность солончаковых солонцов (в % от веса сухой почвы)

Глубина взятия образца, см	Разрез					Среднее
	1	3	5	7	9	
0—5	3,4	2,8	2,6	3,21	3,6	3,1
5—10	3,4	3,7	3,0	3,8	3,6	3,5
10—20	4,6	4,0	4,9	4,6	4,6	4,6
20—30	4,6	4,3	5,0	4,2	4,4	4,5
30—40	4,6	4,9	4,2	4,6	4,9	4,6
40—50	4,1	4,5	4,1	3,7	5,4	4,4
50—60	3,8	4,6	3,9	4,2	5,1	4,3
60—70	3,5	4,1	3,3	3,5	5,0	3,9
70—80	3,4	4,1	3,3	3,9	5,0	3,9
80—90	3,3	3,8		4,1	4,8	4,0
90—100	3,6	5,0	3,9	3,9	5,3	4,3
100—110	2,5	—	—	—	—	—
110—120	3,2	—	—	4,5	—	—
120—130	2,9	—	—	4,2	—	—
130—140	3,0	—	—	4,3	—	—
140—150	4,3	3,7	3,9		4,5	4,1
150—160	4,0	—	—	4,8	—	—
160—170	3,9	—	—	4,2	—	—
170—180	4,2	—	—	—	—	—
180—190	4,6	4,7	4,6	3,8	5,2	4,6
190—200	4,3	—	—	—	—	—
200—210	3,2	—	—	—	—	—
220—230	—	3,4	3,7	3,9	4,1	3,8
230—240	4,1	—	—	—	—	—
240—250	3,5	—	—	—	—	—
260—270		3,2	3,8	4,1	2,8	3,7
270—280	2,9	—	—	—	—	—
280—290	3,1	—	—	—	—	—
290—300	4,9	—	—	—	—	—
300—310	4,0	3,7	3,1	3,1	3,5	3,5
340—350	4,8	4,7	3,4	3,1	3,3	3,9
380—390	—	3,4	4,9	3,0	3,4	3,7
420—430	—	3,6	3,9	3,0	3,3	3,5
460—470	—	3,2	3,4	3,1	3,5	3,3
500—510	2,3	3,8	5,2	4,1	3,8	3,8
540—550	2,5	2,9	3,5	5,1	3,2	3,4
580—590	3,2	3,6	3,1	4,5	3,4	3,6
620—630	—	3,0	3,7	5,2	3,4	3,8
660—670	3,8	3,5	2,9	3,4	3,6	3,4
700—710	3,8	3,8	—	5,1	3,1	4,0

Таблица 23

Осенняя остаточная влажность солончаковых солонцов под древесно-кустарниковыми кулисами и многолетними травосмесями (1952 г.) (в % от веса сухой почвы)

Глубина залегания образца, см	Площадка, дата определения				
	20; 29.IX	20; 29.IX	24; 26.IX	28; 18.VIII	29; 15.IX
0—5	6,6	8,6	8,1	4,0	4,5
5—10	11,0	12,1	10,3	9,1	9,9
10—20	11,0	11,9	10,7	9,6	10,7
20—30	12,1	—	10,9	10,9	11,7
30—40	12,0	12,0	11,3	12,0	11,6
40—50	11,3	12,2	11,4	—	11,2
50—60	11,3	12,1	10,8	12,3	10,6
60—70	11,4	12,1	10,6	12,8	10,6
70—80	11,5	11,9	10,8	14,3	10,7
80—90	12,0	13,2	10,8	15,6	10,7
90—100	12,2	12,4	10,9	15,0	11,5
100—110	13,3	14,5	12,1	17,1	11,7
110—120	14,5	16,8	14,0	17,1	12,8
120—130	14,2	18,3	14,9	16,6	13,8
130—140	16,1	17,7	15,6	16,7	17,0
140—150	17,4	17,9	17,8	16,9	18,1

Вернемся к характеристике наименьшей влагоемкости солончаковых солонцов. Некоторые величины влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости, представлены в табл. 24. Они получены двойным образом.

Первая серия величин влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости, получена путем прямого экспериментального определения, методом заливаемых площадок. Для этого в пределах одного почвенного контура в непосредственной близости друг от друга подготавливали несколько ям с плоским дном размером 50 × 50 см, находящихся на разной, заранее намеченной глубине. Обычно в этих ямах сначала определяли водопроницаемость, а потом их заливали водой с расчетом на определенную глубину промачивания. После впитывания воды дно ямы закрывали сеном или соломой и засыпали слоем почвы для предотвращения испарения. Через 10—15 дней яму открывали и из средней части дна брали пробы на влажность путем бурения, с трех-, четырехкратным контролем.

Как видно из табл. 25 и рис. 16, наименьшая влагоемкость на одних и тех же глубинах оказывается различной в зависимости от того, какой мощности слой почвы был снят и с какой глубины яма заливалась водой. Различия в величинах влагоемкости, мы полагаем, могут определяться двумя причинами.

Во-первых, влагоемкость может зависеть от степени набухания почвы при снятии слоя почвы той или иной мощности. Слой, оказывающийся при этом на поверхности, получает возможность увеличивать свой объем при набухании, вследствие прекращения давления вышележащих слоев. В результате такого набухания объемный вес должен уменьшаться, а наименьшая влагоемкость данного слоя должна возрасти, т. е. слой будет удерживать больше воды в подвешенном состоянии, чем он удерживал раньше. Для характеристики наименьшей влагоемкости нами были

Таблица 24

Наименьшая влагоемкость солончаковых солонцов (в % от веса сухой почвы)

Глубина залегания образца, см	Первая серия величин										Вторая серия величин										Запас влаги, соответствующий НВ(а.м.), среднее в слое	
	Разрез										Разрез										10 см	50 см
	52	7	9	21	пл 12*	161	II—0	140	I—Г.П.	пл. 29*	пл. 44*	пл. 20*	пл. 26*	пл. 26*	пл. 26*	пл. 26*	пл. 26*	пл. 26*	пл. 26*	пл. 26*	среднее	средний объемный вес
0—5	23	22	25	25	29	28	37	25	23	23,7	22,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,36	17,0
5—10	20	22	24	23	24	24	30	27	24	24,1	21,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,40	16,8
10—20	22	23	27	22	23	26	27	27	22	22,5	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,48	35,5
20—30	23	22	27	23	22	23	24	25	23	22,5	19,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,33	32,9
30—40	21	21	27	25	22	22	21	22	23	22,5	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,18	27,1
40—50	21	22	26	24	23	23	22	23	23	22,5	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,17	26,9
50—60	22	22	28	24	24	22	22	23	23	22,5	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,16	26,7
60—70	21	22	28	24	23	21	23	24	25	22,5	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,17	26,9
70—80	24	21	27	22	23	21	23	25	25	22,5	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,24	28,5
80—90	24	21	25	21	23	21	23	25	26	22,5	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,24	28,5
90—100	24	21	25	21	23	—	22	26	27	23,7	22,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,29	29,7
100—110	24	21	21	21	23	—	—	—	26	24,1	21,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,44	33,1
110—120	24	21	21	21	23	—	—	—	25	22,5	20,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,44	31,7
120—130	23	21,5	20	20	24	—	—	—	24	22,5	19,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(1,46)	32,1
130—140	22	21,5	19	19	23	—	—	—	23	22,5	19,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,48	31,1
140—150	21	20	19	19	22	—	—	—	23	21,6	20,6	18,8	—	—	—	—	—	—	—	—	(1,50)	31,5
150—160	20	20	18	19	22	—	—	—	23	21,4	20,2	19,0	19,2	—	—	—	—	—	—	—	1,52	30,4
160—170	20	—	18	19	21	—	—	—	23	20,8	20,2	19,6	19,7	—	—	—	—	—	—	—	(1,54)	30,8
170—180	19	—	18	19	21	—	—	—	21	20,7	20,4	19,2	18,9	—	—	—	—	—	—	—	1,56	31,2
180—190	19	—	18	18	20	—	—	—	20	20,3	20,4	18,9	19,4	—	—	—	—	—	—	—	(1,58)	31,6
190—200	19	—	18	18	20	—	—	—	20	20,2	20,4	18,7	19,2	—	—	—	—	—	—	—	1,61	32,2
200—210	21	—	—	18	20	—	—	—	—	19,6	19,4	18,7	19,2	19,0	—	—	—	—	—	—	(1,60)	30,4

Таблица 24 (окончание)

Глубина взятия образца, см	Первая серия величин										Вторая серия величин										Запас влаги, соответствующий НВ (в мм), среднее в слоях
	Разрез																				
	52	7	9	21	пл. 12*	161	II-0	140	I-Г. II	пл. 23 *	пл. 44 *	пл. 30 *	пл. 25. VI-52	пл. 21. VI-52	пл. 13. V-52	среднее	средний объемный вес				
210-220	21	-	-	18	20	-	-	-	-	19,1	18,9	19,0	19,0	19,1	19,6	19	30,4	-			
220-230	21	-	-	-	20	-	-	-	-	19,9	19,3	18,3	-	19,6	18,8	19	30,4	-			
230-240	21	-	-	-	-	-	-	-	-	19,2	19,8	18,7	-	19,9	18,9	19	30,4	-			
240-250	22	-	-	-	-	-	-	-	-	18,7	-	18,3	18,8	19,3	18,7	19	30,4	152,0			
250-260	22	-	-	-	-	-	-	-	-	18,5	18,2	18,3	18,5	19,4	18,3	18,5	29,6	-			
260-270	22	-	-	-	-	-	-	-	-	18,7	18,1	18,4	18,7	20,0	18,1	18,5	29,6	-			
270-280	21	-	-	-	-	-	-	-	-	18,6	18,1	17,9	-	20,1	18,9	18,5	29,6	-			
280-290	21	-	-	-	-	-	-	-	-	18,4	18,8	18,7	-	20,2	18,2	18,5	29,6	-			
290-300	21	-	-	-	-	-	-	-	-	18,3	18,1	19,0	-	20,0	18,3	18,5	29,6	148,0			
300-310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,3	18,6	18,8	-	-	18,3	18,5	29,6	-			
310-320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,4	18,4	19,4	-	-	18,4	18,5	29,6	-			
320-330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,8	-	-	18,3	18,5	29,6	-			
330-340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,4	-	-	18,3	18,0	28,8	-			
340-350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,1	-	-	-	18	28,8	146,4			

• Данные, полученные из наблюдений за водным режимом поюв; остальные данные получены методом залива площадок.

Т а б л и ц а 25

Изменение наименьшей влагоемкости солончаковых солонцов
при снятии вышележащих слоев
(в % от веса сухой почвы)

Глубина взятия образца, см	Разрез 21			Разрез 9			
	до снятия вышележа- щих слоев	при снятии слоев		до снятия вышележа- щих слоев	при снятии слоев		
		0—50 см	0—100 см		0—30 см	0—70 см	0—100 см
0—5	25	—	—	25	—	—	—
5—10	23	—	—	24	—	—	—
10—20	22	—	—	27	—	—	—
20—30	23	—	—	27	—	—	—
30—40	25	—	—	27	28	—	—
40—50	24	26	—	26	30	—	—
50—60	24	26	—	24	28	—	—
60—70	24	25	—	23	28	—	—
70—80	22	25	—	—	28	27	—
80—90	21	23	—	—	27	25	—
90—100	19	—	—	—	25	25	—
100—110	—	—	22	—	22	21	22
110—120	—	—	21	—	20	21	21
120—130	—	—	20	—	20	20	20
130—140	—	—	19	—	19	19	19
140—150	—	—	19	—	—	19	19
150—160	—	—	19	—	—	18	19
160—170	—	—	19	—	—	18	19
170—180	—	—	19	—	—	18	18
180—190	—	—	18	—	—	18	18
190—200	—	—	18	—	—	18	18

использованы лишь данные, относящиеся к более глубоким слоям почвенной толщи, на которые описанное явление не распространяется.

Во-вторых увеличение наименьшей влагоемкости в подсолонцовых горизонтах может зависеть от изменения механизма впитывания воды. При поливе с поверхности поступление воды в первый подсолонцовый горизонт (ПСЗ₁) задерживается солонцовым горизонтом, в результате чего происходит сначала капиллярное впитывание воды в ПСЗ₁ от нижней границы солонцового горизонта с последующим капиллярно-гравитационным стеканием по тонким контактовым порам между микроагрегатами. При поливе же непосредственно первого подсолонцового горизонта (после снятия вышележащих горизонтов) вода впитывается большим объемом пор и удерживается после этого не только в мелких контактовых межмикроагрегатных порах под менисками, но и в более крупных.

Вторая серия величин, приведенных в табл. 24, получена из периодических наблюдений над влажностью почв на постоянных наблюдательных площадках, главным образом с чистым паром. Ввиду того, что влажность верхних горизонтов может быть преуменьшена вследствие испарения, эти данные использованы только для слоев, начиная с 1 м и глубже.

Наименьшая влагоемкость в верхнем метровом слое обычно равна 23—24%; в некоторых случаях в подсолонцовом горизонте наименьшая влагоемкость доходит до 26—28% — величины весьма значительной.

В плотном солонцовом горизонте наименьшая влагоемкость часто бывает ниже, чем в надсолонцовом и подсолонцовом горизонтах, но в средних данных это сглаживается. В первом метровом слое наименьшая влагоемкость равна 24—23%, во втором — 22—20%, а в третьем и верхней половине четвертого — 19—18%.

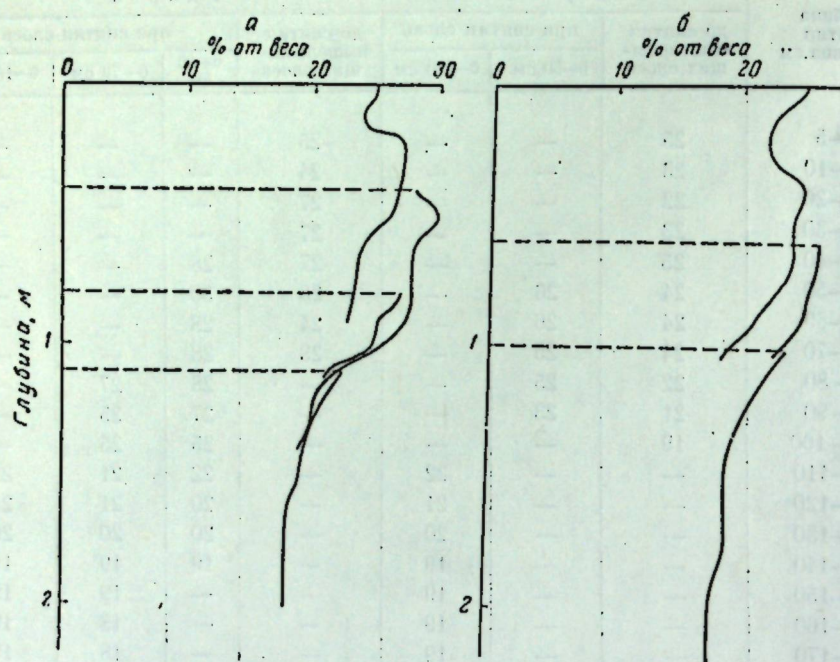


Рис. 16. Наименьшая влагоемкость солончаковых солонцов при определении ее с различной глубины, со снятием вышележащих слоев.

а — разрез 2, б — разрез 21 (пунктиром показана глубина поверхности, с которой производился залив площадки).

При выведении средних величин наименьшей влагоемкости были использованы данные большого количества разрезов, это позволяет считать полученные величины достаточно точными и устойчивыми.

Рассмотрим распределение «подвешенной» влаги в так называемых контурах смоченности — вопрос, имеющий непосредственное отношение к сказанному выше. Известно, что после определения водопроницаемости способом заливки квадратов можно определить влагоемкость почвы в вертикальном разрезе, заложенном поперек квадрата. По Н. А. Качинскому, влагоемкость может быть охарактеризована средней влажностью, вычисленной из определений ее по трем-четырем вертикальным линиям, проводимым на стенке разреза в средней части квадрата. Этот разрез вместе с тем вскрывает определенный контур смоченности, форма которого зависит от особенностей порозности, и поэтому в известной степени характеризует последнюю.

На рис. 17 изображено в виде топонизмлет распределение подвешенной влаги после определения водопроницаемости с поверхности (а) и с глубины 30 см, т. е. с поверхности подсолонцового горизонта (б). Как видно, и количество и распределение влаги в контурах различны. Величины влагоемкости подсолонцового горизонта без удаления солонцового меньше, чем после удаления. В первом случае (рис. 17, а) вода всасывается из солонцового горизонта в подсолонцовый равномерно, образуя сферическое

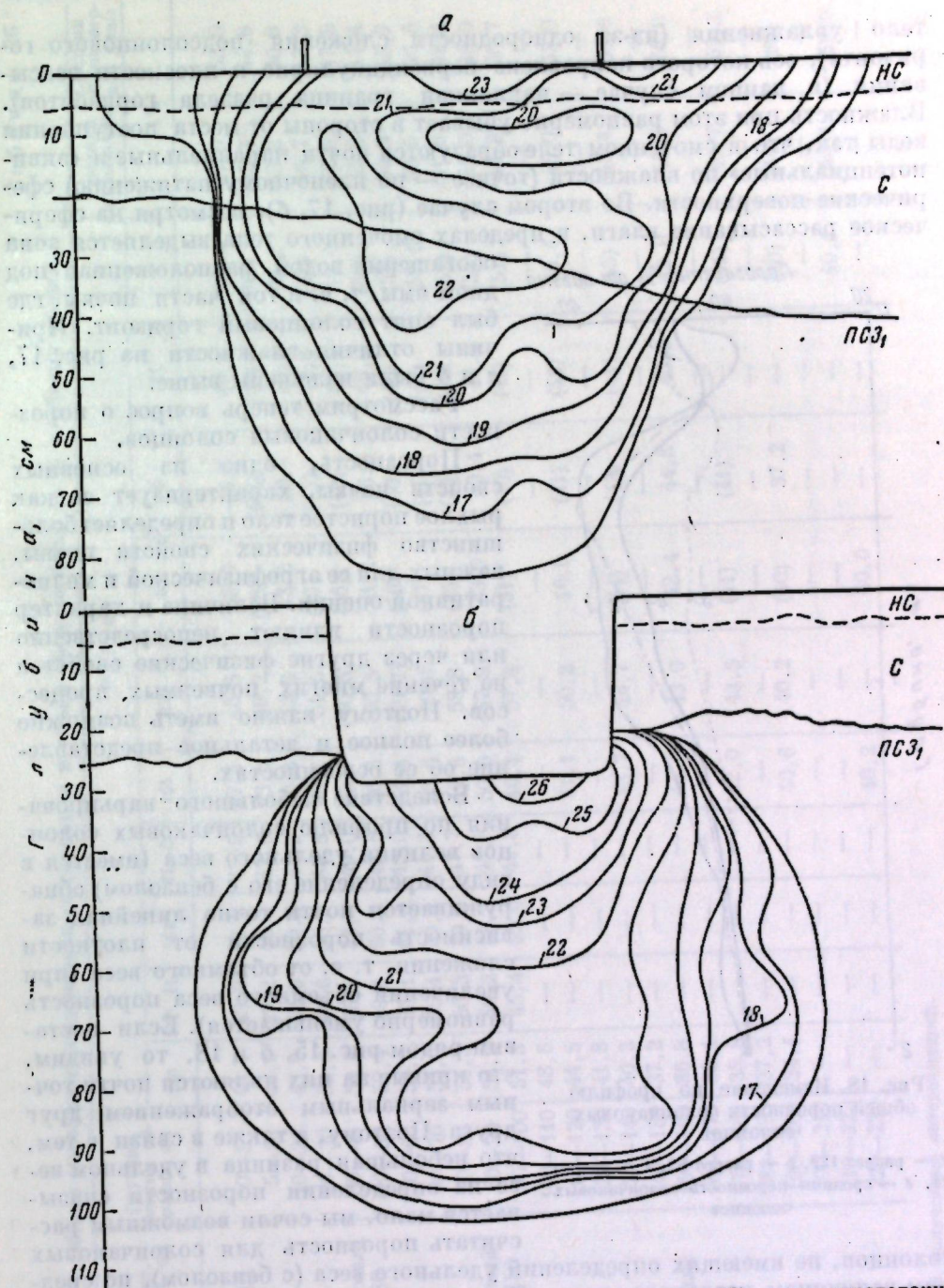
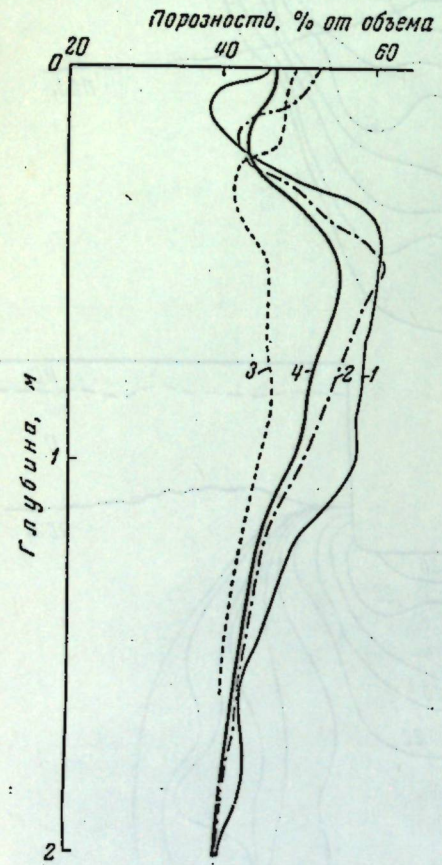


Рис. 17. Контурные смачивания солончакового солонца (разрез 52) после определения водопроницаемости

а — при заливке с поверхности, б — при заливке с верхней границы подсолонцового горизонта (в пределах контуров проведены линии одинаковой влажности; горизонтальный масштаб равен вертикальному); НС — надсолонцовый горизонт, С — солонцовый, ПССЗ — первый подсолонцовый засоленный

тело увлажнения (из-за однородности сложения подсолонцового горизонта), ось которого направлена перпендикулярно к плоскости всасывания (в данном случае — наклонная граница раздела горизонтов). Влажность при этом равномерно убывает в стороны от места поступления воды так, что в смоченном теле образуются почти параллельные и «эквипотенциальные» по влажности (точнее — по пленочному натяжению) сферические поверхности. Во втором случае (рис. 17, б), несмотря на сферическое рассасывание влаги, в пределах смоченного тела выделяется зона обогащения водой, расположенная под дном ямы, т. е. в той части почвы, где был снят солонцовый горизонт. Причины отличия влажности на рис. 17, а и б были изложены выше.



Рассмотрим теперь вопрос о порозности солончаковых солонцов.

Порозность, одно из основных свойств почвы, характеризует ее как рыхлое пористое тело и определяет большинство физических свойств почвы, важных для ее агрофизической и мелиоративной оценки. Величина и характер порозности влияют непосредственно или через другие физические свойства на течение многих почвенных процессов. Поэтому важно иметь возможно более полное и детальное представление об ее особенностях.

Вследствие небольшого варьирования по профилю солончаковых солонцов величин удельного веса (имеется в виду определение его с бензолом) обнаруживается почти точная линейная зависимость порозности от плотности сложения, т. е. от объемного веса (при увеличении объемного веса порозность равномерно уменьшается). Если поставим рядом рис. 15, б и 18, то увидим, что кривые на них являются почти точным зеркальным отображением друг друга. Поэтому, а также в связи с тем, что небольшая разница в удельном весе на определении порозности сказывается мало, мы сочли возможным рассчитать порозность для солончаковых

солонцов, не имеющих определений удельного веса (с бензолом), по средним величинам удельного веса. Величины порозности представлены в табл. 26.

Порозность, равная 50% в надсолонцовом горизонте и 40—45% — в солонцовом, резко возрастает в подсолонцовом горизонте, достигая нередко 60%. В среднем порозность второго полуметрового слоя составляет 55—50%, постепенно уменьшаясь книзу.

В третьем полуметровом слое порозность быстро падает до 40—45%, а ниже постепенно плавно уменьшается, что продолжается, судя по данным глубокого разреза (для которого имеются прямые определения удельного

Таблица 26

Общая порозность солончаковых солонцов и объем твердой фазы (в % к объему почвы).

Генетический горизонт, средняя мощность его, см	Глубина об-разца, см	Разрез										Средняя порозность, %	Средний объем твердой фазы
		140	Г. Г. П.	161	П-О	151	129	52	9	21	7		
Надсолонцовый, 0—10 Солонцовый, 10—30	0—5	42,7	43,9	48,2	47,5	47,5	46,3	52,6	45,1	49,5	46,4	47,0	53,0
	5—10	46,5	49,2	48,4	47,6	43,0	38,2	(48)*	(42)	(48)	(43)	45,4	54,6
	10—20	43,0	42,6	50,8	44,2	40,3	42,2	43,2	39,7	46,9	39,2	43,2	56,8
	20—30	52,6	44,6	50,8	48,8	48,8	51,5	(49)	(45)	41,6	(44)	46,7	53,3
Первый подсолонцовый засоленный, 30—80	30—40	54,8	55,5	53,6	49,0	55,1	60,5	(55)	(49)	43,1	49,4	52,5	47,5
	40—50	59,4	59,4	60,5	48,6	56,6	60,5	61,2	53,6	46,0	(50)	55,6	44,4
	50—60	58,2	55,1	61,0	49,0	54,4	(59,7)	(59)	(50)	(46)	(51)	54,3	45,7
	60—70	55,9	55,1	59,4	49,4	53,6	59,0	(57)	(47)	(46)	(52)	53,5	46,5
Второй подсолонцовый засоленный, 80—150	70—80	54,5	50,3	59,5	47,7	49,6	58,8	(55)	(43)	46,6	(51)	51,6	48,4
	80—90	54,9	49,2	58,3	48,8	50,0	57,9	53,0	40,4	(45)	(51)	51,0	49,0
	90—100	51,3	45,4	55,0	49,8	46,4	57,8	(51)	(40)	(45)	(51)	49,3	50,7
	100—110	48,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Гипсовый засоленный	110—120	44,5	—	—	—	—	50,2	16,0	(41)	(43)	49,4	45,0	55,0
	120—130	41,8	—	—	—	—	—	(44)	(43)	(41)	(45)	43,4	56,6
	130—140	40,3	—	—	—	—	46,7	—	—	—	—	—	—
	140—150	37,2	—	—	—	—	—	42,4	44,8	40,5	42,0	42,0	58,0
	150—160	36,8	—	—	—	—	43,0	(41)	(41)	—	(41)	40,7	59,3
	160—170	35,1	—	—	—	—	43,5	(41)	—	—	(40)	(40)	(60)
	170—180	35,8	—	—	—	—	—	(40)	—	—	(40)	40,1	59,9
	180—190	37,2	—	—	—	—	40,2	—	—	—	—	—	—
	190—200	34,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	200—210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	210—220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	220—230	—	—	—	—	40,2	—	40,0	—	—	—	—	—

* В скобках цифры, полученные интерполицией.

веса), до 6 м, где порозность составляет 32—33% при удельном весе 2,35—2,41 (определение бензолом; траншея 1; табл. 26). Ввиду недостатка фактического материала порозность нижних горизонтов почвенно-грунтовой толщи мы пока принимаем в расчетах одинаковой и равной 40%.

Знание величины общей порозности недостаточно для составления правильного представления о ней. Важно знать, помимо общей порозности, ее качество.

Таблица 27

Средние величины объема воздуха и влаги при наименьшей влагоемкости и степени заполнения порозности в солончаковых солонцах

Глубина взятия образца, см	Объемный вес, г/см³	Наименьшая влагоемкость		Порозность, в % от объема почвы	Объем пор при влажности, равной наименьшей влагоемкости, занятый			
		в % от веса сухой почвы	в % от объема почвы		водой*		воздухом	
					в % от			
					объема почвы	общей порозности	объема почвы	общей порозности
0—5	1,36	25	34,0	47,0	31,6	67,2	15,4	32,8
5—10	1,40	24	33,6	45,4	31,1	68,6	14,3	31,4
10—20	1,48	24	35,5	43,2	32,7	75,7	10,5	24,3
20—30	1,33	24	32,9	46,7	30,3	64,9	16,4	35,1
30—40	1,18	23	27,1	52,5	24,7	47,0	27,8	53,0
40—50	1,17	23	26,9	55,6	24,6	49,5	31,0	50,5
50—60	1,16	23	26,3	54,3	23,9	44,0	30,4	56,0
60—70	1,17	23	26,9	53,5	24,8	46,4	28,7	53,6
70—80	1,24	23	28,5	51,6	26,4	51,1	25,2	48,9
80—90	1,24	23	28,5	51,0	26,6	52,1	24,4	47,9
90—100	1,29	23	29,7	49,3	27,6	56,0	21,7	44,0
100—110	1,44	23	33,1	—	30,5	—	—	—
110—120	1,44	22	31,7	45,0	29,1	64,6	15,9	35,4
120—130	—	22	32,1	—	—	—	—	—
130—140	1,48	21	31,1	43,4	28,3	65,2	15,1	34,8
140—150	—	21	31,5	—	—	—	—	—
150—160	1,52	20	30,4	42,0	27,5	65,5	14,5	34,5
160—170	—	20	30,8	—	—	—	—	—
170—180	1,56	20	31,2	40,7	27,8	68,4	12,9	31,6
180—190	—	19	31,6	—	—	—	—	—
190—200	1,61	19	32,2	(40)	29,1	72,8	10,9	27,2
200—210	—	20	30,4	—	—	—	—	—
210—220	(1,61)	20	30,4	40,1	29,1	72,5	11,0	27,5

* При определении пор, занятых влагой, введены поправки на сжатие почвы (в см³ на 100 см³), достигающие в объемных процентах 2,5—3,0 объемных процентов.

Однако структура почв и структурные особенности пор почв Джаныбека нами почти не изучались. Поэтому в настоящее время мы можем осветить качества порозности солончаковых солонцов лишь в отношении распределения в ней воды и воздуха и соотношения величин аэрации и оводнения. В табл. 27 приведены количественные соотношения объемов, занятых воздухом и влагой, при наименьшей влагоемкости (по средним данным наименьшей влагоемкости и объемного веса) в процентах от объ-

Таблица 28

Объем воздуха и влаги в солончаковом солонце при полевой влажности и степени заполнения пор (Площадка 22 августа 1951 г.)

Глубина взятия образца, см	Порозность в % от объема почвы	Влажность полевая в % от веса сухой почвы	Объем вла- ги	Объем воз- духа	Объем вла- ги	Объем воз- духа
			в % от объема почвы	в % от объема почвы	в % от общей порозности	в % от общей порозности
0—5	47,0	1,7	2,3	44,7	4,9	95,1
5—10	45,4	4,3	6,0	39,4	13,2	86,8
10—20	43,2	8,3	12,3	30,9	28,4	71,6
20—30	46,7	10,0	13,3	33,4	28,5	71,5
30—40	52,5	11,0	13,0	39,5	24,8	75,2
40—50	55,6	11,7	13,7	41,9	24,6	75,4
50—60	54,3	11,8	13,7	40,6	25,2	74,8
60—70	53,5	11,7	13,7	39,8	25,6	74,4
70—80	51,6	12,4	15,4	36,2	29,8	70,2
80—90	51,0	12,3	15,3	35,7	30,0	70,0
90—100	49,3	13,0	16,8	32,5	34,0	66,0
110—120	45,0	13,1	18,9	26,1	42,0	58,0
130—140	43,4	14,3	21,2	22,2	48,8	51,2
150—160	42,0	15,0	22,8	19,2	54,2	45,8
170—180	40,7	15,2	23,7	17,0	58,2	41,8
190—200	(40)	16,0	25,8	14,2	64,5	35,5
210—220	40,1	16,1	25,9	14,2	64,6	35,4

ема почвы. При расчете порозности, занятой водою, введена поправка на «сжатие».

В табл. 28 представлены подобные же соотношения воды и воздуха при полевой влажности, достаточно постоянной для целинных солончаковых солонцов (как это вытекает из наблюдений за их водным режимом).

Данные табл. 27 и 28 и рис. 21 указывают на высокое содержание воздуха в солончаковых солонцах. Даже при влажности, равной наименьшей влагоемкости в «пескообразном» горизонте, объем воздуха составляет 30% от объема почвы и 56% от общей порозности (т. е. воздуха в порах больше, чем воды). В солонцовом и гипсовом горизонтах при влажности, равной наименьшей влагоемкости, сохраняется от 10 до 15% воздуха.

Следует напомнить, что во многих степных столбчатых солонцах содержание воздуха в столбчатом горизонте при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости, бывает равно нулю. Этим солончаковые солонцы выгодно отличаются от степных. Как показывает изучение шлифов, приготовленных из образцов с естественным сложением, аэрация солонцового горизонта связана преимущественно с корневыми порами; в подсолонцовом же «пескообразном» горизонте поры аэрации распределяются равномерно во всей микроагрегатной массе. Особенно высоко содержание воздуха при обычной для солонца низкой полевой влажности профиля. В верхнем метровом слое оно превышает 40% от объема почвы и занимает 70% порозности (табл. 27, рис. 18). Ниже содержание воздуха постепенно уменьшается параллельно с увеличением влажности. Объем пор, занятых водой в нижних горизонтах, оказывается близким к объему общей порозности (влажность $20 \times 1,60 = 32\%$ от объема почвы или, с поправкой на «сжатие», 29%). Трудно допустить, что капиллярная вла-

Левая часть кривых водопроницаемости (рис. 19), как известно, отвечает первым стадиям поглощения воды почвой, т. е. впитыванию, правая — главным образом фильтрационной фазе.

Наиболее интересным здесь оказывается тот факт, что водопроницаемость с поверхности, которая, по сути, определяется солонцовым горизонтом, почти не отличается от водопроницаемости подсолонцового «пескообразного». Она одинаково низка и в том и в другом.

Этот факт может показаться парадоксальным, если вспомнить разницу в общей порозности между этими двумя горизонтами (40—45 против 55—60%). Он может быть объяснен следующим образом: «пескообразный» горизонт, как показывает его микроскопическое изучение, состоит из более или менее одинаковых микроагрегатов — размером 0,1—0,5 мм, рыхло расположенных друг относительно друга с образованием многочисленных, но мелких тонких пор, имеющих четочное строение. Поэтому в широких промежутках не исключается задержка пузырьков заземленного воздуха (т. е. при фильтрации мы будем иметь в почве воду «гравитационную обтекающую») и тем самым некоторая дополнительная задержка фильтрации, осложненная и без того малым размером пор.

Надо полагать, что определяющим фактором водопроницаемости должен быть здесь малый размер и извилистость пор. По закону Хагена-Пуазейля, для ламинарного потока в цилиндрических трубках объем жидкости, протекающий в единицу времени через поперечное сечение трубки, пропорционален четвертой степени ее радиуса.

В условиях турбулентного впитывания уменьшение радиуса пор должно сказаться еще резче. Наоборот, размер пор солонцового горизонта, по которым осуществляется фильтрация, достаточно велик: это «корневые» поры размером 0,5—1 мм; они же представляют собой поры аэрации. Остальные поры настолько тонки, что фильтрация по ним, по-видимому, не происходит. Будучи довольно устойчивыми (они не закрываются при набухании), крупные поры и поддерживают водопроницаемость. Лишенные таких пор и, вероятно, значительно сильнее набухающие солонцы столбчатые солончаковатые обладают чрезвычайно низкой водопроницаемостью с самого начала впитывания, которое через 3—4 часа после начала опыта практически прекращается (разрез 142, кривые 7—9).

Таким образом, близкие величины водопроницаемости подсолонцового горизонта и всей почвы с дневной поверхности объясняются просто тем, что солонцовый горизонт имеет мало действующих пор, но зато они крупные, а в подсолонцовом горизонте их много, но они мелкие, тонкие.

Гипсовый горизонт солончаковых солонцов, лежащий ниже «пескообразного», несмотря на значительную плотность (около 1,60) и меньшую порозность (40%, причем порозность аэрации в 1,5 раза меньше), имеет большую водопроницаемость. Эти горизонты постоянно увлажнены, возможность заземления воздуха здесь снижена; порозность их устойчива.

Рассмотрим данные о характере растекания влаги в почве при определении водопроницаемости. Известно, что в случае подстилания одного слоя или горизонта почвы другим, менее водопроницаемым, в массе первого происходит задержка гравитационной влаги. Это явление широко распространено в подзолистой зоне (где с ним иногда связано заболачивание почв) и хорошо известно на солонцах.

При определении водопроницаемости задержавшаяся на солонцовом горизонте вода растекается по его поверхности в массе надсолонцового горизонта. Это наблюдается и у солончаковых солонцов (рис. 20, разрезы 7 и 52). Форма растекания в подсолонцовом горизонте (ПСЗ₂) близка к шарообразной, что указывает на однородность его сложения и сильно

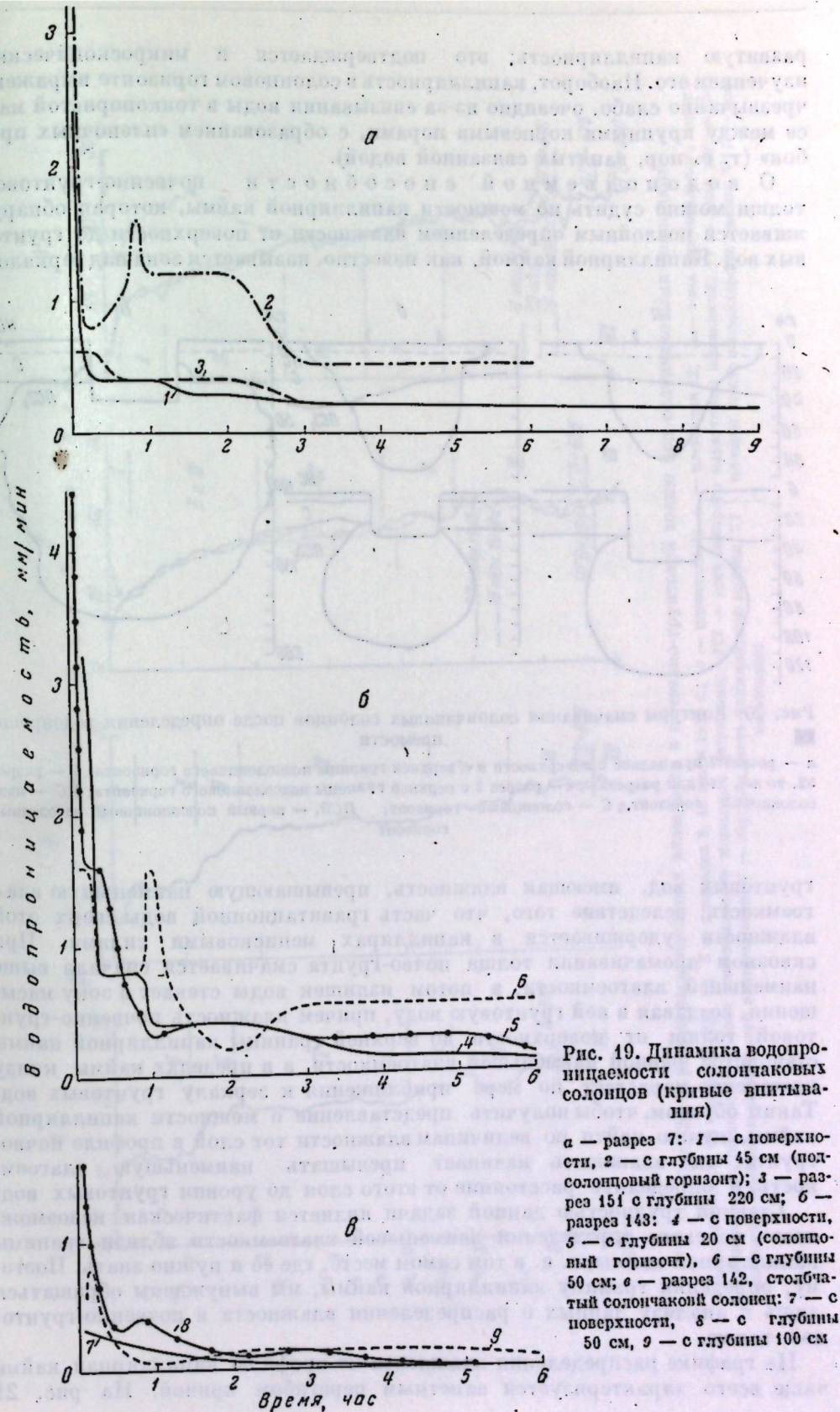


Рис. 19. Динамика водопроницаемости солончаковых солонцов (кривые впитывания)

а — разрез 7: 1 — с поверхности, 2 — с глубины 45 см (подсолонцовый горизонт); 3 — разрез 151 с глубины 220 см; б — разрез 143: 4 — с поверхности, 5 — с глубины 20 см (солонцовый горизонт), 6 — с глубины 50 см; в — разрез 142, столбчатый солончаковый солонец: 7 — с поверхности, 8 — с глубины 50 см, 9 — с глубины 100 см

развитую капиллярность; это подтверждается и микроскопическим изучением его. Наоборот, капиллярность в солонцовом горизонте выражена чрезвычайно слабо, очевидно из-за связывания воды в тонкопористой массе между крупными корневыми порами, с образованием «пленочных пробок» (т. е. пор, занятых связанной водой).

О водоподъемной способности почвенно-грунтовой толщи можно судить по мощности капиллярной каймы, которая обнаруживается послойным определением влажности от поверхности до грунтовых вод. Капиллярной каймой, как известно, называется зона над зеркалом

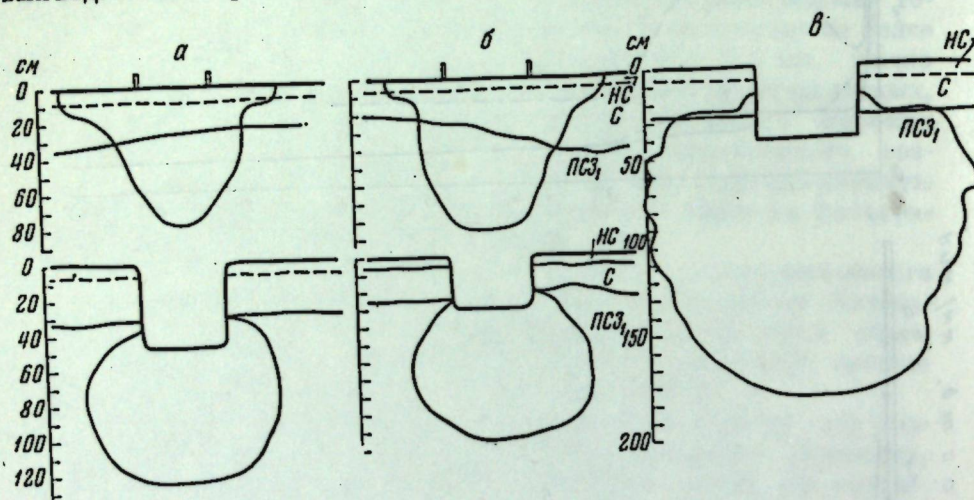


Рис. 20. Контуры смачивания солончачовых солонцов после определения водопрооницаемости

а — разрез 7 при заливке с поверхности и с верхней границы подсолонцового горизонта; б — разрез 52, то же, что для разреза 7; в — разрез 9 с верхней границы подсолонцового горизонта; НС — надсолонцовый горизонт, ПСЗ — первый подсолонцовый засоленный горизонт

грунтовых вод, имеющая влажность, превышающую наименьшую влагоемкость, вследствие того, что часть гравитационной воды сверх этой влажности удерживается в капиллярах менисковыми силами. При сквозном промачивании толща почво-грунта смачивается сначала выше наименьшей влагоемкости, а потом излишек воды стекает в зону насыщения, создавая в ней грунтовую воду, причем влажность почвенно-грунтовой толщи от поверхности до верхней границы капиллярной каймы становится равной наименьшей влагоемкости, а в пределах каймы книзу постепенно нарастает по мере приближения к зеркалу грунтовых вод. Таким образом, чтобы получить представление о мощности капиллярной каймы, нужно найти по величинам влажности тот слой в профиле почво-грунта, где влажность начинает превышать наименьшую влагоемкость, и определить расстояние от этого слоя до уровня грунтовых вод.

Главной трудностью данной задачи является фактическая невозможность полевого определения наименьшей влагоемкости вблизи границы капиллярной каймы, т. е. в том самом месте, где ее и нужно знать. Поэтому, определяя границу капиллярной каймы, мы вынуждены обращаться лишь к анализу данных о распределении влажности в почвенно-грунтовой толще.

На графике распределения влажности по профилю капиллярная кайма чаще всего характеризуется заметным перегибом кривой. На рис. 21

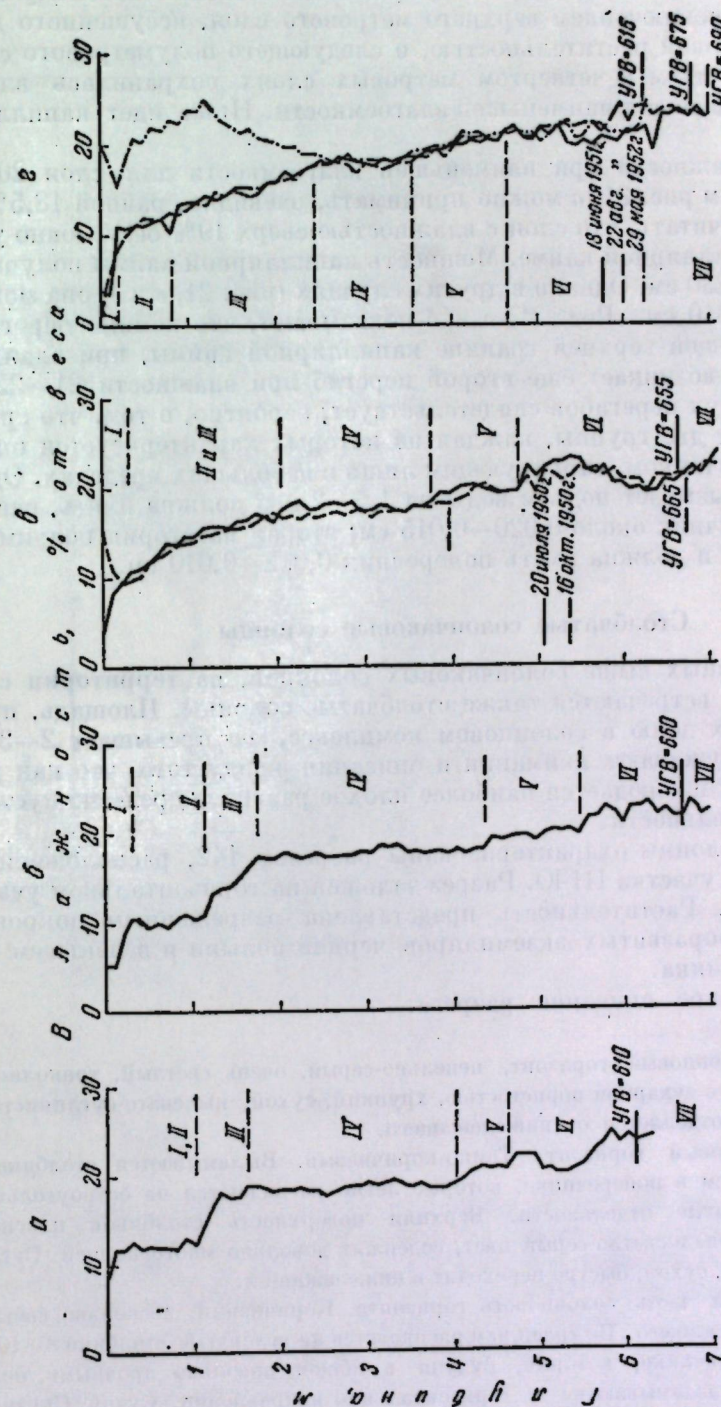


Рис. 21. Кривые распределения влажности в почвенно-грунтовой толще под солончачовыми солонцами

а — площадь 22, 22 сентября 1952 г.; б — площадь 8, 15 июля 1950 г.; в — площадь 4; г — площадь 12; I — зона максимального приповерхностного иссушения; II — зона максимального корневого иссушения; III — зона быстрого нарастания влажности; IV — зона постоянной влажности, близкой к наименьшей влагоемкости; V — верхняя часть капиллярной каймы; VI — нижняя часть капиллярной каймы; VII — зона насыщения

показан характер распределения влажности в почвенно-грунтовой толще солончакового солонца, заведомо подвергнувшегося с весны сквозному промачиванию. За исключением верхнего метрового слоя, иссушенного древесно-кустарниковой растительностью, и следующего полуметрового слоя в профиле, в третьем и четвертом метровых слоях сохранилась влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости. Ниже идет капиллярная кайма.

Величину влажности при наименьшей влагоемкости для слоя 200—400 см. по данным рис. 21, а можно принимать, очевидно, равной 18,5% и соответственно считать, что слои с влажностью сверх 19% безусловно уже относятся к капиллярной кайме. Мощность капиллярной каймы получается равной 210—230 см. Однако в других случаях (рис. 21, в и г) она может достигать 275—310 см. Рис. 21, а и б показывают, что помимо перегиба кривой, отвечающей верхней границе капиллярной каймы, при влажности 19% иногда возникает еще второй перегиб при влажности 21—22%. Наличие этих двух перегибов свидетельствует, вероятно, о том, что среди пор преобладают две группы, каждая из которых характеризуется определенным поперечником, варьирующим лишь в небольших пределах. Одна категория пор вызывает подъем воды на 1,5—2 м и должна иметь, следовательно, поперечник около 0,020—0,015 см; вторая категория поднимает воду на 2,5—3 м и должна иметь поперечник 0,012—0,010 см.

Столбчатые солончаковые солонцы

Кроме описанных выше солончаковых солонцов, на территории стационара изредка встречаются также столбчатые солонцы. Площадь, приходящаяся на их долю в солонцовом комплексе, не превышает 2—3%. Однако они заслуживают внимания и описания ввиду того, что как раз на этих солонцах наблюдается наиболее плохое развитие древесно-кустарниковой растительности.

Столбчатые солонцы охарактеризованы разрезом 142, расположенным в северной части участка III-Ю. Разрез заложен на горизонтальном участке микросклона. Растительность представлена разреженным покровом из довольно слабо развитых экземпляров черной полыни и в меньшем количестве — прутняка.

Морфологическое описание разреза:

- 0—15 см. Надсолонцовый горизонт, пепельно-серый, очень светлый, тонколистостатый, с сухарной пористостью, хрупкий, сухой, пылевато-суглинистый. Резко отделяется от нижележащего.
- 15—30 см. Солонцовый горизонт. Темно-коричневый. Выламывается столбиками 8—10 см в поперечнике, которые легко распадаются на остроугольные ореховатые отдельности. Верхняя поверхность столбиков плоская, окрашена в светло-серый цвет, содержит довольно много корней. Суглинистый, сухой, быстро переходит в нижележащий.
- 30—45 см. Нижняя часть солонцового горизонта. Коричневый, несколько светлее вышележащего. По трещинам распадается на угловатые столбики 8—10 см в поперечнике, которые, будучи в общем довольно прочными, более легко разламываются в горизонтальном направлении. Сухой. Суглинистый. С 40 см начинают появляться выцветы солей и начинается вскипание с соляной кислотой.
- 45—70 см. Первый подсолонцовый горизонт. Розовато-коричневый, довольно плотный. Много выцветов солей, сухой, суглинистый. Быстро переходит в нижележащий.

70—125 см. Второй подсолонцовый горизонт. Палево-бурый. При выламывании распадается на ореховидные отдельности 8—12 мм в поперечнике. Сухой. Суглинистый. Выцветов солей очень мало. Постепенно переходит в нижележащий.

125—190 см. Палево-бурый. В верхней части имеет хорошо выраженную призматическую структуру; призмы имеют поперечник 2—3 см; при выламывании распадаются на ореховидные отдельности. Книзу структура делается менее отчетливой — почва становится более слитой. Суглинистый. Сухой. Выцветы солей имеются в небольшом количестве.

Эта почва была названа нами глубокостолбчатым солончаковым солонцом. Главнейшие отличия ее от обычных солончаковых солонцов заключаются в наличии столбчатой структуры в солонцовом горизонте и отсутствии пескообразности в подсолонцовом горизонте, а также в большой суммарной мощности надсолонцового и солонцового горизонтов.

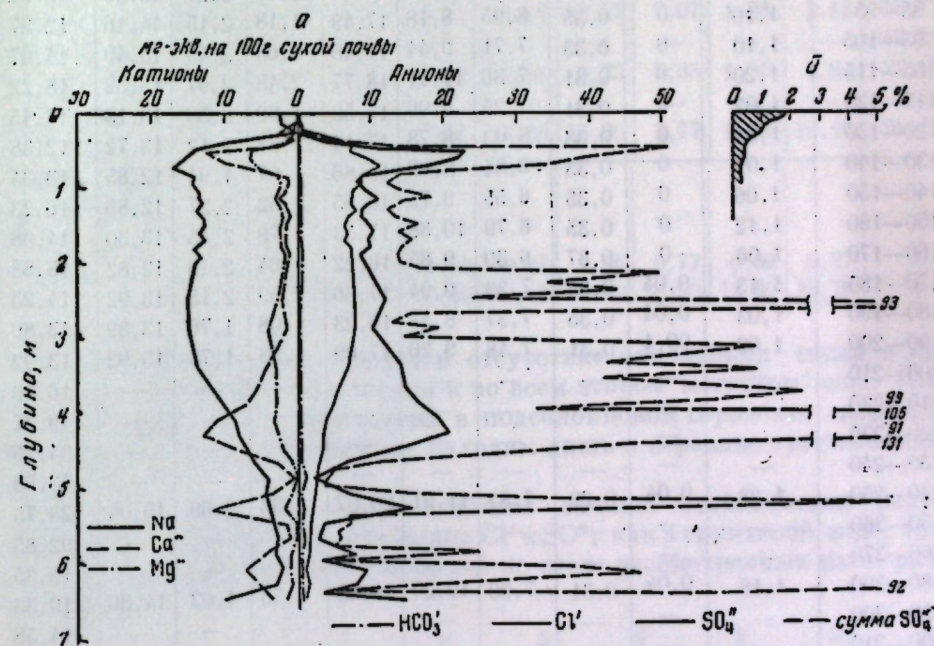


Рис. 22. Солевой (а) и гумусовый (б) профили столбчатого солончакового солонца (разрез 142)

Солевой профиль разреза изображен на рис. 22 на основании данных табл. 30. Общий характер профиля тот же, что и у солончаковых солонцов, рассмотренных выше, но есть в нем и существенные отличия.

Во-первых, содержание солей в верхней части профиля в столбчатом солонце не достигает тех величин, что в солончаковых солонцах. Так, содержание Na^+ не превышает 18 мг-экв на 100 г, в то время как в солончаковых солонцах оно достигало 24—28 мг-экв на 100 г; по общему запасу иона Na^+ (табл. 31) разрез 142 также несколько уступает большинству изученных разрезов солончаковых солонцов.

Второе отличие заключается в том, что максимум содержания солей, особенно ионов Na^+ и Cl^- более растянут, охватывает и верхнюю половину четвертого метрового слоя.

Таблица 30

Состав водной вытяжки и сумма сульфатов в столбчатом солонце (разрез 142)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса сухой почвы	CO ₃ '	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ '	Сумма анионов	Ca''	Mg''	Na'	Сумма сульфатов
		мг-экв. на 100 г сухой почвы								
0—15	0,02	0	0,18	0,06	0,06	0,30	0,10	0,6	1,44	0,49
15—26	0,13	0	0,78	1,37	0,22	2,37	2,14	0,57	Нет	0,50
26—36	0,56	0	0,32	5,85	2,94	9,11	0,26	0,38	8,46	3,10
36—46	1,22	0	0,31	7,51	11,33	19,15	2,24	3,21	13,69	13,83
46—52	1,98	0	0,23	7,13	23,25	30,61	12,31	5,92	12,37	50,89
52—62	2,09	0	0,18	10,03	22,40	32,62	10,76	6,14	15,72	39,69
62—72	1,89	0	0,17	11,45	18,31	29,92	7,67	5,44	16,80	34,44
72—85	1,11	0	0,29	8,66	8,72	17,67	1,40	2,27	13,99	13,97
85—95	1,10	0	0,35	8,95	8,18	17,49	1,18	2,15	14,16	12,37
95—105	1,10	0	0,33	7,71	9,44	17,48	1,63	2,45	13,40	14,07
105—115	1,20	0	0,31	7,36	11,11	18,77	2,48	2,97	13,32	18,22
115—120	1,02	0	0,31	7,25	9,96	17,52	1,89	2,50	13,13	14,45
120—130	1,08	0	0,33	8,03	8,78	17,14	1,31	2,12	13,72	12,38
130—140	1,01	0	0,35	6,84	8,68	15,86	1,07	1,94	12,85	13,34
140—150	1,06	0	0,35	6,55	9,75	16,65	1,52	2,27	12,86	16,23
150—160	1,12	0	0,35	6,79	10,38	17,53	1,79	2,43	13,30	14,08
160—170	1,06	0	0,37	6,39	9,85	16,22	1,64	2,16	12,82	15,88
170—180	1,13	0,04	0,35	7,33	9,94	17,66	1,59	2,15	13,92	14,23
180—190	1,03	0,04	0,35	7,37	8,47	16,23	1,08	1,76	13,39	13,86
190—200	1,09	0,04	0,31	7,48	9,26	17,09	1,38	1,78	13,92	13,92
200—210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,56
210—220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49,27
220—230	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34,25
230—240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43,68
240—250	1,28	0,04	0,29	7,82	11,91	20,07	2,33	2,69	15,04	23,75
250—260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	92,85
260—270	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,35
280—290	1,18	0,04	0,31	7,90	10,20	18,45	1,55	4,02	14,86	19,33
290—300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,58
300—310	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34,23
310—320	—	—	—	—	—	—	—	—	—	62,25
330—340	1,36	0	0,25	6,88	13,96	21,09	4,34	3,12	13,63	42,27
340—350	—	—	—	—	—	—	—	—	—	62,58
350—360	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41,68
360—370	1,33	0	0,25	5,59	14,68	20,53	5,71	3,22	11,59	54,54
370—380	—	—	—	—	—	—	—	—	—	69,10
380—390	1,39	0	0,14	4,80	16,28	21,22	7,03	3,02	11,17	57,21
390—400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32,31
400—410	1,53	0	0,27	3,86	19,12	23,26	11,33	3,43	8,49	89,04
410—420	—	—	—	—	—	—	—	—	—	105,31
420—430	1,58	0	0,14	3,31	20,41	23,86	12,97	2,90	7,99	91,37
430—440	—	—	—	—	—	—	—	—	—	130,96
440—450	1,15	0	0,31	3,30	14,02	17,63	8,32	2,31	6,99	47,42
460—470	0,59	0	0,20	2,67	6,17	9,04	2,68	0,71	5,65	11,66
470—480	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,39
480—490	0,31	0,04	0,56	2,31	2,11	5,02	0,63	0,33	4,06	3,96

Таблица 30 (окончание)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса сухой почвы	CO ₃	HCO ₃	Cl'	SO ₄	Сумма анионов	Ca''	Mg''	Na'	Сумма сульфатов
		мг-экв. на 100 г сухой почвы								
490—500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,67
500—510	0,58	0	0,18	2,16	6,61	8,95	3,67	1,01	4,27	15,58
510—520	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33,02
520—530	1,17	0	0,31	1,92	15,49	17,73	11,94	1,99	3,99	80,81
530—540	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,42
540—550	0,34	0	0,20	1,70	3,44	5,34	1,75	0,43	3,16	7,06
560—570	0,29	0	0,43	1,57	2,53	4,53	1,36	0,39	2,78	5,37
580—590	0,59	0	0,16	1,36	7,46	8,98	4,86	1,03	3,09	23,83
590—600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,35
600—610	0,69	0	0,31	1,00	9,16	10,47	7,07	1,28	2,12	35,77
610—620	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46,21
620—630	0,61	0	0,18	1,24	7,81	9,23	5,33	1,06	2,84	22,18
630—640	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,02
640—650	1,07	0	0,29	0,86	14,65	15,80	3,77	1,83	10,19	91,71
Содержание в грунтовой воде:										
на 100 г сухой почвы	0,13	0	0,07	1,02	0,97	2,06	0,77	0,32	0,97	—
г/л	5,07	0	2,67	40,80	39,13	82,60	30,90	12,92	38,78	—

Третьей особенностью является отсутствие накопления гипса в нижней части первого метрового слоя и во всем втором метровом слое. После обычного небольшого максимума в подсолонцовом горизонте следующий максимум содержания гипса мы находим лишь в середине третьего метрового слоя.

Четвертой и, может быть, наиболее важной особенностью разреза 142 является повышенное отношение Cl' к SO₄ как в грунтовой воде, так и в почвенном профиле. Это отношение во всех рассмотренных нами разрезах равно:

Разрез	2	3	5	7	9	52	142
Отношение Cl' к SO ₄							
в грунтовой воде . .	0,19	0,75	0,35	0,46	0,33	0,96	1,31
в почвенном профиле (по суммарным запасам Cl' и SO ₄ , переходящих в водную вытяжку)	0,085	0,190	0,115	0,145	0,265	0,136	0,460

Возможно, что именно высоким содержанием Cl', его преобладанием над SO₄ и следует объяснить тот факт, что в данном солонце развится настоящий столбчатый горизонт.

По содержанию и распределению гумуса (рис. 22 и табл. 14) столбчатый солонец сколько-нибудь существенно от солонцов солончаковых не отличается.

В отношении физических свойств наиболее существенным отличием столбчатых солонцов от солонцов солончаковых является значительно

Таблица 31

Запасы ионов солей в столбчатом солонце
(Разрез 142)

Глубина вз- тия образца, см	Сумма солей, г/м³	CO₃²⁻	HCO₃⁻	Cl⁻	SO₄²⁻	Сумма анионов	Ca²⁺	Mg²⁺	Na⁺	SO₄²⁻
		г-экв/м³								
0—50	5,1	0	2,9	29	43	75	19	12	44	72
50—100	11,9	0	2,0	72	101	175	34	28	113	172
100—150		0	2,3	49	66	117	11	16	90	82
150—200	9,1	0,2	2,8	57	77	137	12	16	109	115
200—250	10,1	0,1	2,4	61	86	149	16	18	115	264
250—300	10,1	0	2,3	63	89	154	16	28	110	248
300—350	10,9	0	2,1	59	103	164	29	27	108	406
350—400	11,8	0	1,6	42	125	169	53	25	91	408
400—450	12,4	0	1,8	28	145	175	89	23	63	742
450—500	4,5	0	2,8	20	27	50	20	6	24	38
500—550	6,4	0	1,9	17	74	93	51	10	32	289
550—600	3,9	0	2,3	11	42	55	24	8	23	70
600—650*	6,7	0	2,0	8	82	92	43	11	38	321
Сумма	117,5	0,3	31,2	524	1142	1697	460	239	998	3548

* Содержание солей в слое 650—700 см не определялось и принято равным содержанию солей в слое 600—650 см.

меньшая водопроницаемость первых. Это иллюстрируют данные табл. 29. В то время как начальная водопроницаемость у солончаковых солонцов с поверхности варьирует в пределах 1,03—2,40 мм/мин, у столбчатого солонца (разрез 142) она равна 0,32 мм/мин и далее быстро падает. В итоге продолжительность впитывания нормы в 100 мм влаги на солончаковых солонцах равна 2—6 час., а на столбчатом солонце затягивается до 100 час. и более, причем водопроницаемость довольно быстро приближается к нулю.

Как видно из табл. 32, по изменению величины объемного веса в профиле столбчатые солонцы не похожи на солончаковые солонцы, а напоминают светло-каштановые почвы (см. табл. 45), т. е. сначала уплотнение постепенно нарастает с глубиной: от 1,35—1,40 в надсолонцовом горизонте до 1,66—1,67 в слое 80—100 см, а затем заметно снижается до 1,50 в слое 150—180 см.

Порозность дает обратную картину изменения с глубиной, причем минимум ее (в слое 80—100 см) характеризуется лишь величиной 36—37%, т. е. для суглинков очень низкой. В общем весь профиль столбчатого солонца характеризуется низкой порозностью, составляющей в профиле менее или немногим более 40% от объема почвы, за исключением верхних 20 см, где она равна 45—48%.

Остепняющиеся солонцы

Б. А. Келлер (1933) указывает на то, что в двучленном почвенно-растительном комплексе, характерном для северной части Прикаспийской низменности, помимо двух основных членов комплекса — солонцов, приуроченных к микроповышениям, и темноцветных почв, приуроченных к западинам, встречаются еще переходные образования, которые Келлер назвал

Таблица 32

Объемный вес и порозность солонца столбчатого солончакового
(Разрез 324)

Горизонт, его мощность	Глубина вз- тия образца, см	Объемный вес, г/см³	Удельный вес, средний для солонцов (по бензолу)	Порозность, в % от объема
Надсолонцовый, 0—5 см	0—5	1,38	2,55	45,8
	5—10	1,40	2,56	45,3
Солонцовый, 5—30 см	10—20	1,35	2,58	47,7
	20—30	1,51	2,60	41,9
1-й подсолонцовый, 30—70 см	30—40	1,53	2,61	41,4
	40—50	1,51	2,61	42,1
	50—60	1,54	2,61	41,0
	60—70	1,60	2,62	38,9
2-й подсолонцовый, 70—120 см	70—80	1,67	2,63	36,5
	90—100	1,66	2,63	36,8
	110—120	1,59	3,63	39,5
3-й подсолонцовый, 120—200 см	140—150	1,49	2,63	43,3
	170—180	1,49	2,62	43,1

разрушающимися солонцами. По его наблюдениям, эти почвы образуют очень узкие полоски на стыке солонцов с темноцветными почвами. Келлер подчеркивает, что наличие подобных почв указывает на существование в Прикаспийской низменности общего процесса опреснения, разрушения солонцов и надвигание на них «травяной степи».

Эти наблюдения Келлера почти не нашли отражения в исследованиях почвоведов, с которыми мы знакомимся выше. Только в работе В. А. Ковды (1934) мы находим на крупномасштабной карте (стр. 9, рис. 4) вокруг западин узкие каемки «солонцеватых почв, переходных к западине». Однако морфологическое строение этих почв, их химический состав и физические свойства освещения в литературе не получили.

Всецело подтверждая приведенные выше наблюдения Келлера, мы считаем необходимым указать на то, что между солончаковыми солонцами микроповышений и темноцветными почвами западин существует несколько переходных форм. Из числа их наиболее резко выделяются остепняющиеся солонцы и светло-каштановые почвы, причем если первые занимают в сумме очень небольшую площадь, то вторые играют в почвенном покрове не меньшую роль, чем темноцветные почвы западин.

Наиболее широко распространено периферическое остепнение солонцовых возвышений. При весеннем снеготаянии вода сбегает с солонцовых бугров, промачивая лишь солонцовый горизонт или даже часть его, и скапливается в западинах. Излишек воды, переполняющий западины, сбрасывается из меньших западин в большие или по системам западин — в падьи. При этом в западинах наблюдается глубокое, местами сквозное промачивание. На склонах от возвышений к западинам промачивание неглубокое (60—100 см), однако значительно большее, чем на вершинах солонцовых микроповышений. Здесь и происходит медленное периферическое остепнение солонцов, приводящее к образованию светло-каштановых почв микросклонов, занимаемых ромашниковыми ассоциациями.

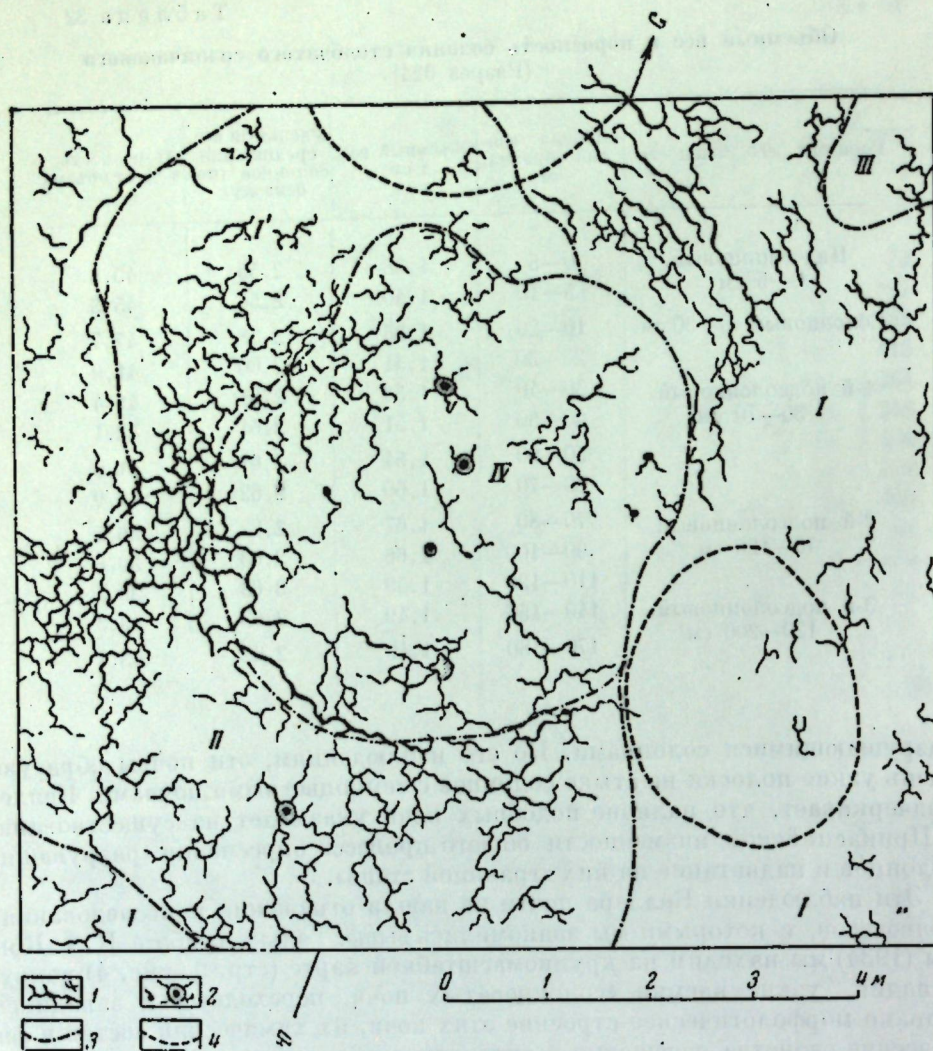


Рис. 23. Расположение трещин на поверхности участка с остепняющимся солончаковым солонцом

1 — трещины на поверхности почвы, 2 — норы мелких грызунов, 3 — границы растительных ассоциаций, 4 — границы старых буганов сусликов; I — черная полынь, прутняк и мятлик на солончаковом солонце на микровозвышении; I' — солончаковый солонец с мощным развитием растительности на склоне микровозвышения; II — ромашник, черная полынь, прутняк, острец на склоне микровозвышения на светло-каштановой почве; III — житняк, острец, ромашник, черная полынь на остепняющемся солонце, на маленьком блюдце; IV — злаковая ассоциация; острец, житняк, титчак на небольшой западинке, на остепняющемся солонце

Подобное явление наблюдается и на солонцовых возвышениях, расположенных на пониженных участках мезорельефа, где хотя бы в некоторые годы талые воды могут перетекать из падины в падину. Такого рода участки оседают, причем на солонцах образуются микрозападины, в которых также происходит остепнение солонцов, а затем начинает формироваться светло-каштановая почва.

Малая плотность «пескообразного» горизонта и присутствие больших количеств растворимых солей в солончаковых солонцах создают при благоприятных условиях возможность быстрого проседания в пределах самих

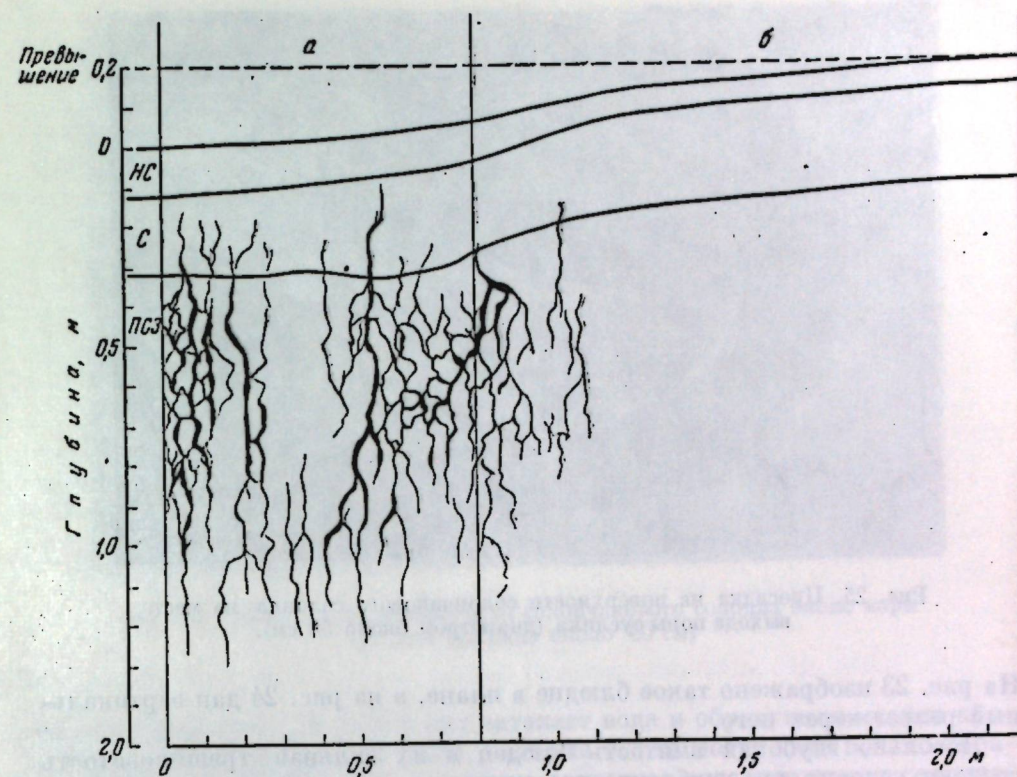


Рис. 24. Расслаживание трещин в профиле остепняющегося солонца (разрез 114)
а — остепняющийся солонец, б — солончаковый солонец; горизонты: НС — надсолонцовый, С — солонцовый, ПСЗ — подсолонцовый

солонцовых бугров с быстрым образованием отрицательных элементов рельефа (западин) на солонцах. Возможность образования таких просадок создается на выровненных участках солонцовых пятен, где имеется хотя какая-нибудь возможность задержки и впитывания влаги. В случае более глубокого промачивания растительность в этом месте в течение ближайшего сезона развивается значительно лучше, что создает более благоприятные условия для снегонакопления будущей зимой и, следовательно, возможность лучшего промачивания этого участка следующей весной. В результате некоторой первоначальной просадки образуется плоское блюдечко, которое, собирая воду каждую следующую весну, проседает все глубже, и все глубже промачивает почву. Здесь быстро изменяется растительность, начинается остепнение и блюдце разрастается.

В настоящее время на солонцовых возвышениях степи можно видеть разные стадии таких блюдец: а) площадью 1—1,5 м², вмятые на каких-нибудь 5—6 см (это обеспечивает возможность накопить не менее 50—60 мм влаги дополнительно к снегу) и занятые еще черной полынью, но уже с примесью ромашника; б) площадью 4—6 м², вмятые на 5—10 см, без полыни, с ромашником, житняком, острцом; площадью 15—20 м², вмятые на 20—25 см, без ромашника, с житняком, острцом, титчаком, ковылями. В результате просадки в дне «блюдца» образуется сложная система глубоко идущих трещин и щелей (толщиной до 1,5 см), а на периферии его — серия концентрических трещин, ооконтуривающих блюдце.

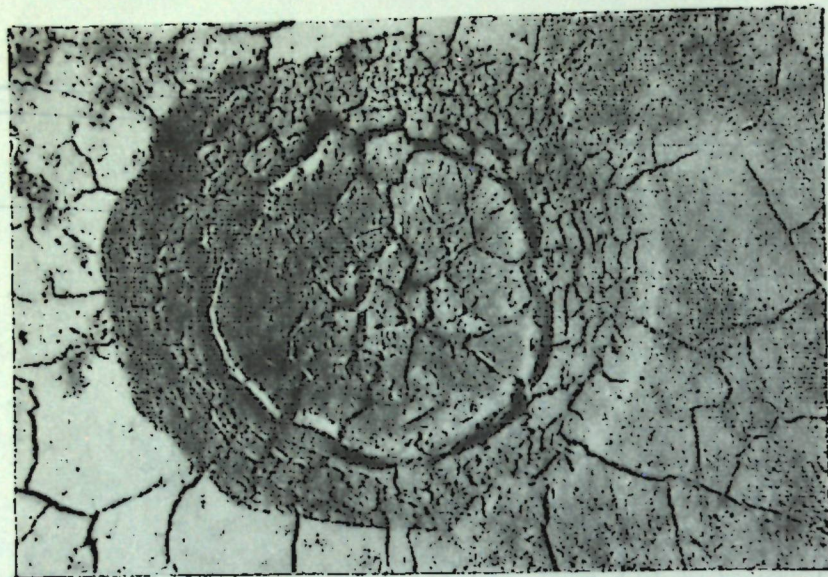


Рис. 25. Просадка на поверхности солончакового солонца на месте выхода норы суслика (диаметром около 50 см).

На рис. 23 изображено такое блюдце в плане, а на рис. 24 дан вертикальный разрез через него.

Довольно глубокая вмятость блюдца и их сильная трещиноватость создают условия для глубокого промачивания почвы в них, для улучшения развития злаковой растительности, перерабатывающей почвенную массу, и для дальнейшего развития солончакового солонца и находящегося на нем растительного покрова в сторону остепнения.

Скорость остепнения солонцов и всего дальнейшего эволюционного процесса зависит от положения данной точки в микрорельефе. На склонах микроповышений этот процесс идет медленнее. Рассоление вначале захватывает толщу почвы мощностью не более 1—1,5 м, и эволюция длительно задерживается на стадии светло-каштановой почвы. В описанных выше небольших блюдцах, образующихся на поверхности солонцовых пятен благодаря лучшим условиям увлажнения в замкнутом понижении (которое к тому же в результате просадок быстро разрастается), процесс рассоления и связанный с ним процесс остепнения идут значительно быстрее; стадия светло-каштановой почвы оказывается более кратковременной и почва быстрее переходит в темноцветную.

Доказательством существования такого эволюционного процесса служат многочисленные переходные формы почв между солончаковыми солонцами и почвами западин. Некоторые из них рассмотрены ниже.

Процесс остепнения, по-видимому, резко усиливается в многоводные годы (точнее, после весен с дружным снеготаянием); наоборот, в сухие периоды (Роде, 1952) он должен замедляться и, может быть, даже сменяться обратным процессом засоления ранее рассолившихся участков. Так, например, на распаханном участке комплекса мы дважды наткнулись на солончаковый солонец с мелкой карбонатной белоглазкой в «пескообразном» горизонте, по-видимому, представляющий собой вторично засоленную светло-каштановую почву.

Остепнению способствуют различного рода нарушения целостности верхних горизонтов почвы, главным образом солонцового: трещины, норы



Рис. 26. Промойна на поверхности солончакового солонца около норы суслика (ширина около 20 см)

роющих животных. Весной в них затекает вода и образуются мелкие промойны и просадки (рис. 25 и 26), которые также могут дать начало образованию западин. Площадь, которую занимают остепняющиеся солончаковые солонцы, равна 1—2% от общей площади.

Для растительного покрова остепняющихся солончаковых солонцов характерно участие, кроме обычных солонцовых видов (полыни черной и прутняка), также ромашника, острца, житняка; при более далеко зашедшем процессе остепнения появляются типчак, ковыль, тонконог.

Приведем морфологическое описание остепненного солончакового солонца (разрез 163).

Разрез заложен в 12 м к западу от западного края четвертой (восточной) ленты государственной полосы и в 36 м от северного конца ленты, т. е. от северной границы опытного участка госполосы, на едва заметной вмятине между тремя микроповышениями. Растительный покров представлен хорошо развитыми экземплярами черной полыни, прутняка, ромашника, житняка и острца.

0—10 (13) см. Надсолонцовый горизонт. Светлый, серовато-палевый, тонкослоеватый, в нижней части тонкопористый. Сухой. Хрупкий. Пылевато-суглинистый. Резко отделяется от нижележащего.

10 (13) — 28 см. Солонцовый горизонт. В верхней части серовато-шоколадный, книзу несколько светлее и приобретает бурый оттенок. Выламывается вертикальными глыбками 8—10 см в поперечнике, которые в верхней части горизонта распадаются на призмы 3—4 см в поперечнике; вершины призм имеют тенденцию к образованию округлых и светло-серых вершущек, т. е. к некоторой столбчатости. В нижней части распадается на очень плотные ореховатые отдельности с матовой поверхностью. С 20 см начинается вскипание с соляной кислотой и на поверхности отдельных появляются грязновато-палевые выцветы карбонатов. Резко отделяется от нижележащего.

28—115 см. Выщелоченный первый подсолонцовый горизонт. Розовато-палевого цвета, как обычный пескообразный подсолонцовый горизонт, однако в отличие от последнего очень уплотнен и сильно сцементирован; нож входит в него с большим трудом, лишь при ударе. Характерной чертой является расчлененность этого горизонта редкими, но очень широкими вертикальными трещинами, которые местами представляют собой целые полости шириной до 10 см в средней своей части, несколько суживающиеся кверху и книзу. На поверхности почвы они открываются щелями шириной 1—2 см. Эти полости частично рыхло засыпаны комками почвы и отстоят друг от друга на 30—40 см. В промежутках между полостями почва с трудом выламывается бесформенными глыбами различного размера. К полостям приурочена большая часть корней. Сухой, суглинистый, постепенно переходит в нижележащий. Этот горизонт следует назвать выщелоченным первым подсолонцовым горизонтом.

115—200 см. Второй подсолонцовый засоленный горизонт. Палево-бурый. Также довольно сильно уплотнен и сцементирован, но все же меньше, чем выщелоченный. Выламывается глыбами неправильной формы. С самого верха содержит гнезда гипса, количество которых книзу возрастает. С 135 см на стенке появляются выцветы солей, которые с 150 см весьма обильны. Суглинистый. Сверху свежий, книзу влажность нарастает.

Как видно из описания, данный разрез, сохраняя общее строение, характерное для солончаковых солонцов, существенно отличается от них силой сцементированностью и уплотненностью первого подсолонцового горизонта, наличием в нем широких вертикальных трещин-полостей, значительно более глубоким залеганием солей и отсутствием глянца на отдельностях в солонцовом горизонте.

Механический состав остепняющегося солонца характеризуют рис. 27 и табл. 33.

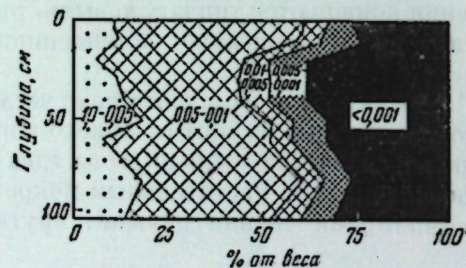


Рис. 27. Изменение по профилю механического состава остепняющегося солонца (разрез 163)

Мы видим, что эта почва по механическому составу очень близко напоминает солончаковые солонцы, с тем отличием, что понижение содержания илистых частиц в поверхностном слое и повышение его в слое 20—40 см выражены резко. Отметим, что согласно данным табл. 34, на глубине 20—40 см отмечается некоторое повышение максимальной гигроскопичности, что хорошо согласуется с повышением содержания илистой фракции. Солевой профиль разреза 163 представлен на рис. 28, а, составленном по данным табл. 35. Как видно, солевой профиль остепняющегося солонца существенно отличается от профиля типичного солончакового солонца.

Таблица 33

Механический состав остепняющегося солончакового солонца (разрез 163, в % от веса сухой обессоленной бескарбонатной почвы)

Глубина взятия образца, см	Горизонт	Размеры частиц, мм					
		1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001
0—5	НС	0,3	11,3	49,7	6,0	8,3	25,4
5—10	НС	0,1	12,0	47,2	7,0	10,2	23,5
10—20	С	0,1	5,4	38,9	7,1	10,2	38,3
20—28	С	0,1	11,3	32,8	7,7	10,0	38,1
28—40	ПСЗ ₁	0,0	13,2	32,4	7,3	10,0	37,1
40—50	ПСЗ ₁	0,0	18,2	33,6	6,1	9,4	32,7
50—60	ПСЗ ₁	0,0	8,6	43,8	6,2	8,7	32,7
70—80	ПСЗ ₁	0,0	18,2	41,5	6,1	7,2	27,0
90—100	ПСЗ ₁	0,1	13,7	38,4	7,3	8,5	32,0

Таблица 34

Физические свойства остепняющегося солонца (Разрез 114)

Горизонт, его мощность	Глубина взятия образца, см	Удельный вес	Объемный вес, г/см³	Порозность, в % от объема почвы	Наименьшая влагосодержательность, в % от веса почвы	Влажность почвы осенью		Максимальная гигроскопичность, в % от веса почвы	Объем пор при наименьшей влагосодержательности, занятый влагой/воздухом	
						в % от веса почвы	в % от объема почвы		в % от объема почвы	в % от объема почвы
Надсолонцовый, 0—10 см	0—5	2,64	1,37	48,1	22	6,4	8,8	6,5	30,1	18,0
	5—10	2,68	1,43	46,6	19	8,6	12,3	6,5	27,2	19,4
Солонцовый, 10—30 см	10—20	2,70	1,49	44,8	18,5	9,7	14,5	7,7	27,6	17,2
	20—30	2,73	1,43	47,6	21	9,7	13,9	8,3	30,0	17,6
	30—40	2,75	1,38	49,7	21	9,7	13,4	9,7	29,0	20,7
	40—50	2,71	1,48	45,4	21	9,3	13,8	8,3	31,0	14,4
	50—60	2,74	1,50	45,2	21	9,9	14,8	7,8	31,5	13,7
	60—70	2,70	1,51	44,0	21	9,0	13,6	8,2	31,7	12,3
	70—80	2,72	1,50	44,9	21	8,2	12,3	7,3	31,5	13,4
	80—90	2,71	1,48	45,4	21	8,4	12,4	7,5	31,0	14,4
1 и 2-й подсолонцовые, 90—150 см	90—100	—	—	—	21	8,7	12,9	7,2	31,0	14,4
	100—110	—	—	—	21	9,0	13,3	7,2	31,0	14,4
	110—120	2,75	1,48	46,2	21	9,4	13,9	7,1	31,0	15,2
	120—130	—	—	—	21	10,7	16,6	7,1	32,5	13,7
	130—140	—	—	—	21	12,0	18,6	7,1	32,5	13,7
	140—150	2,76	1,61	41,6	21	12,8	20,6	7,4	33,8	7,8
	150—160	—	—	—	21	14,2	22,8	8,0	33,8	7,8
	160—170	—	—	—	(21)	15,9	25,6	8,2	33,8	7,8
Гипсовый (ГЗ) 150—200 см	170—180	2,81	1,60	43,1	(21)	16,3	26,1	7,6	33,6	9,5
	180—190	—	—	—	—	16,7	—	8,5	—	—
	190—200	—	—	—	—	16,4	—	8,5	—	—

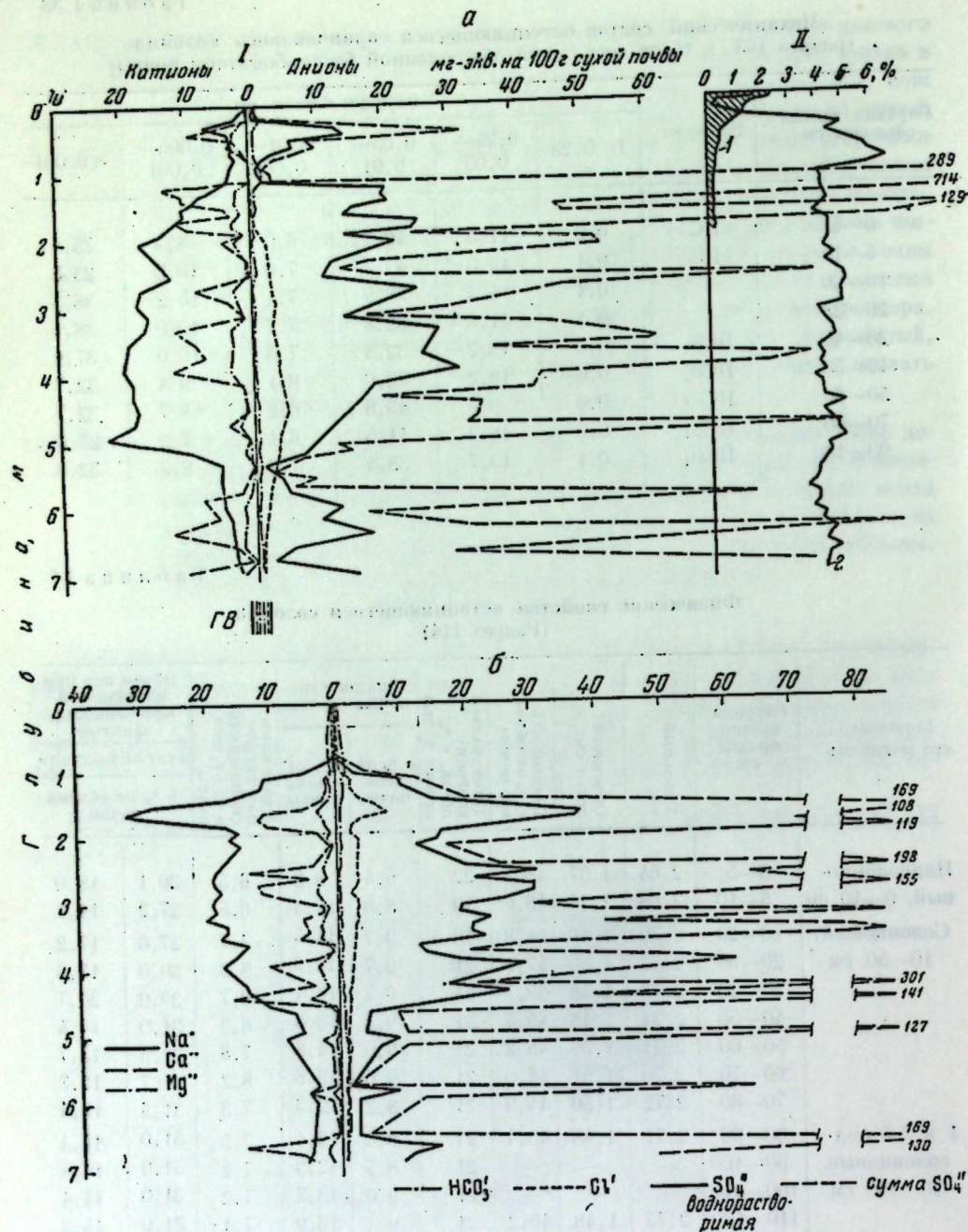


Рис. 28. Солевой, гумусовый и карбонатный профили остепняющегося солонча
а — разрез 163; I — солевой профиль, II — гумус (1) и CO_2 карбонатов (2); б — разрез 114, водная вытяжка

Наиболее важное отличие заключается в том, что вся масса легко растворимых солей отчетливо смещена книзу. Их содержание в верхнем метровом слое незначительно, а содержание хлоридов ничтожно даже почти во всем втором метровом слое.

В первом метровом слое соли представлены главным образом сульфатом кальция. Содержание Na^+ и Cl^- имеет растянутый максимум,

Таблица 35

Состав водной вытяжки, сумма сульфатов² и CO_2 карбонатов в солончаковом остепняющемся солонце (разрез 163)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса почвы	Водная вытяжка							Na ⁺	Сумма сульфатов	CO ₂ карбона- тов, в % от веса почвы
		CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Сумма анио- нов	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
		мг-экв. на 100 г сухой почвы									
0—5	0,06	0,00	0,74	0,00	0,35	1,09	0,43	0,24	0,42	0,87	1,83
5—10	0,11	0,07	1,12	0,02	0,26	1,40	0,10	0,11	1,19	0,61	0,39
10—20	0,13	0,22	2,02	0,06	0,33	2,42	0,05	0,24	2,13	0,62	0,22
20—28	0,90	0,00	0,83	0,04	12,45	13,32	4,45	1,84	7,03	13,84	1,00
28—40	1,01	0,00	0,70	0,04	14,40	15,14	9,47	2,45	3,22	31,88	3,78
40—50	0,40	0,00	0,67	0,02	6,25	6,95	2,74	1,35	2,85	8,17	5,06
50—60	0,49	0,00	0,73	0,04	6,64	7,40	3,16	1,52	2,72	10,01	4,50
60—70	0,30	0,00	0,74	0,04	3,78	4,56	1,40	0,87	2,29	6,13	5,14
70—80	0,17	0,07	0,96	0,04	1,76	2,83	0,42	0,28	2,13	3,34	5,88
80—90	0,17	0,19	1,73	0,13	0,97	3,02	0,05	0,05	2,91	2,20	6,10
90—100	0,19	0,36	1,94	0,00	1,29	3,59	0,00	0,00	3,59	2,97	6,73
100—110	0,23	0,40	1,96	0,04	1,82	4,22	0,07	0,22	3,93	3,16	6,04
110—120	1,42	0,00	0,59	0,08	20,42	21,04	13,81	2,04	5,20	289,47	4,09
120—130	1,38	0,00	0,59	0,13	19,70	20,42	10,73	2,17	7,51	105,45	4,27
130—140	1,47	0,00	0,60	0,17	20,93	21,69	10,53	2,52	8,65	113,08	4,28
140—150	1,10	0,00	0,66	0,30	15,51	16,46	4,21	1,66	10,59	46,08	4,34
150—160	1,02	0,00	0,64	0,38	13,95	14,96	3,12	1,44	10,39	47,32	4,48
160—170	1,80	0,00	0,43	0,60	25,52	26,55	11,92	2,80	11,83	129,22	4,13
170—180	1,74	0,00	0,42	0,85	24,37	25,65	9,97	2,84	12,84	96,79	3,95
180—190	1,12	0,07	0,67	1,47	14,21	16,36	0,95	1,04	14,37	22,31	4,54
190—200	1,65	0,00	0,31	2,15	21,81	24,27	4,38	2,58	17,30	52,22	4,54
200—210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53,06	4,54
220—230	12,04	0,00	0,73	2,67	12,03	15,43	0,54	0,63	14,26	17,14	4,51
230—240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,98	4,32
240—250	0,98	0,20	0,83	3,02	10,81	14,67	0,28	0,80	13,59	20,39	4,69
250—260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	85,85	4,37
260—270	1,93	0,00	0,22	3,11	25,25	28,58	8,74	2,72	17,12	48,52	4,78
270—280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,83	5,11
280—290	1,56	0,08	0,49	3,66	19,09	23,25	3,54	2,00	17,70	35,51	5,13
290—300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28,73	4,95
300—310	1,20	0,00	0,61	3,39	13,93	17,93	1,20	0,95	15,78	17,23	5,01
310—320	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42,47	4,07
320—330	2,14	0,60	0,35	3,24	28,31	31,90	12,10	3,30	16,50	23,81	4,25
330—340	—	—	—	—	—	—	—	—	—	56,96	4,39
340—350	2,08	0	0,24	3,55	27,06	30,85	8,94	2,99	18,92	61,81	4,62
350—360	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36,56	4,69
360—370	2,02	0	0,43	3,98	25,60	30,31	7,60	3,16	19,25	101,56	4,40
370—380	—	—	—	—	—	—	—	—	—	85,21	4,06
380—390	2,39	0	0,26	3,94	31,40	35,60	12,35	3,50	19,75	79,25	4,24
390—400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43,73	4,11
400—410	1,55	0,08	0,51	4,30	18,26	23,08	2,62	1,91	18,55	37,04	4,32
410—420	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42,48	3,85
420—430	1,44	0	0,36	4,78	16,35	21,49	1,52	1,23	18,74	19,52	4,19

Таблица 35 (окончание)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса почвы	Водная вытяжка							Na ⁺	Сумма сульфатов	CO ₂ карбонатов, в % от веса почвы
		CO ₃	HCO ₃	Cl'	SO ₄	Сумма анионов	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
		мг-экв. на 100 г сухой почвы									
430—440	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34,37	4,21
440—450	1,33	0,08	0,61	5,07	14,41	20,09	0,93	1,23	17,93	21,12	4,27
450—460	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33,92	4,97
460—470	1,62	0	0,40	4,41	19,41	24,22	3,95	2,22	18,05	32,25	4,20
470—480	—	—	—	—	—	—	—	—	—	89,39	4,45
480—490	0,96	0,12	0,71	3,82	10,03	14,57	0,82	0,74	13,00	18,81	4,77
490—500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,31	4,76
500—510	0,81	0	0,52	3,73	8,12	12,37	1,47	0,75	10,15	14,71	4,99
510—520	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,02	4,38
520—530	0,35	0,1	0,79	3,30	1,62	5,71	0,33	0,21	5,17	3,93	4,48
530—540	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,52	4,28
540—550	0,47	0	0,52	2,74	4,09	7,35	1,33	0,57	5,45	9,12	4,02
550—560	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,81	4,03
560—570	0,52	0	0,63	2,18	5,25	8,05	2,04	0,80	5,21	13,23	3,89
570—580	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75,77	3,57
580—590	1,01	0	0,44	1,93	12,94	15,31	8,42	1,78	5,11	36,02	4,00
590—600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,73	4,02
600—610	0,76	0	0,53	1,47	9,57	11,57	6,06	1,55	3,96	31,39	3,71
610—620	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33,06	4,21
620—630	1,28	0	0,37	1,27	17,66	19,30	13,52	1,95	3,83	92,96	4,12
630—640	—	—	—	—	—	—	—	—	—	61,95	4,68
640—650	0,50	0	0,57	1,01	6,06	7,63	3,37	0,99	3,27	19,90	4,41
650—660	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29,79	4,20
660—670	0,27	0	0,64	1,04	2,62	4,30	0,92	0,23	3,15	56,04	4,72
670—680	—	—	—	—	—	—	—	—	—	84,33	4,41
680—690	1,10	0	0,55	0,87	15,14	16,56	12,04	1,92	2,60	96,96	4,31
Содержание в грунтовой воде: на 100 г почвы г/л	0,15 6,15	0 0	0,09 3,40	0,96 38,68	1,42 56,74	24,7 98,72	0,76 30,45	0,52 20,82	1,19 47,45		

охватывающий третий, четвертый и пятый метровые слои, причем плохо выраженные «пики» содержания этих ионов приходится на пятый метровый слой.

Однако на фоне общего смещения вниз основной массы солей мы находим в первом метровом слое небольшой максимум содержания сульфата натрия с «пиком» на глубине около 30 см, расположенном немного выше обычного первого подсолонцового максимума содержания гипса в солончаковых солонцах. Этот верхний максимум содержания сульфата натрия является, вероятно, вторичным. Большая часть этой соли в процессе выщелачивания была вымыта также из первого метра. В дальнейшем, в связи с изменением условий увлажнения, т. е. в связи с наступлением более сухого периода, а может быть, и вследствие нарушения растительного покрова произошло обратное восходящее подтягивание небольшого количе-

ства сульфата натрия, который и накопился главным образом в слое 20—40 см. Хлориды, вынесенные на большую глубину, были охвачены этим восходящим движением лишь в незначительной степени.

По всей почвенно-грунтовой толще рассеян ряд горизонтов накопления гипса, начиная с обычного для солончаковых солонцов горизонта на глубине около 40 см.

Таблица 36

Запасы солей в остепняющемся солончаковом солонце (Разрез 163)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, кг/м ²	CO ₃	HCO ₃	Cl'	SO ₄	Сумма анионов	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Сумма SO ₄	Активный Ca ⁺⁺
		г-экв. на 1 м ² почвы									
0—50	4,3	0,4	7,4	0	46	54	23	8	23	74	51
50—100	2,3	0,9	9,0	0	21	31	7	4	20	36	22
100—150	9,4	0,6	6,6	1	119	127	59	13	55	836	776
150—200	12,7	0,1	4,0	9	159	172	49	17	106	556	446
200—250	9,4	0,5	5,4	21	109	136	10	9	117	222	123
250—300	13,8	0,4	3,4	27	162	193	40	16	137	343	221
300—350	15,8	0,0	3,9	27	199	230	62	20	148	483	346
350—400	18,0	0,1	2,3	32	215	249	73	25	151	554	412
400—450	12,2	0,4	3,6	38	130	172	13	11	148	247	130
450—500	10,5	0,4	4,4	33	112	150	17	11	122	299	204
500—550	4,3	0,3	6,0	26	34	66	8	4	54	60	34
550—600	6,4	0,0	4,2	17	69	90	39	10	41	236	206
600—650	7,7	0,0	3,8	10	94	108	66	12	30	383	355
650—700	6,3	0,0	4,7	8	74	87	54	9	24	582	562
Сумма 0—700	133,1	4,1	68,7	249	1543	1865	520	169	1176	4911	3888

По общему запасу всех ионов (табл. 36) остепняющийся солонец не отличается от рассмотренных выше типичных солончаковых солонцов. Исключение составляет несколько больший запас иона HCO₃ в остепняющемся солонце.

Все эти аналитические данные свидетельствуют о том, что данный разрез представляет собой бывший солончаковый солонец, находящийся на первых стадиях выщелачивания. При этом выщелачивание шло не непрерывно, а сменялось периодами слабого обратного засоления. Солевой профиль (рис. 28) отчетливо указывает на то, что солевая масса, накопившаяся в почве на стадии солончакового солонца, пришла в движение и заметно сместилась вниз, не выходя, однако, еще за пределы 7 м почвенно-грунтовой толщи. За эти пределы не переместился даже ион Cl', который, как известно, отличается наибольшей подвижностью и при начавшемся выщелачивании вымывается первым. Общая мощность почвенного слоя, в пределах которого заметно смещение солей книзу, достигает 5 м.

Отмеченные выше морфологические особенности являются также следствием начавшегося выщелачивания. Влага, проникнув в бывший пескообразный горизонт, растворив и выщелочив из него сульфат натрия, разрушила рыхлую микроструктуру, которая была ранее создана в процессе иссушения этого горизонта и кристаллизации в нем сульфата натрия, и

Состав водной вытяжки в остепняющемся солонце
(Разрез 114)

Глубина вз- тия образца, см	Сумма солей, в % от веса сухой поч- вы	Водная вытяжка							Сумма сульфатов
		НСО ₃	Cl'	SO ₄	Сумма анионов	Ca''	Mg''	Na'	
		мг-экв. на 100 г сухой почвы							
0—5	0,05	0,61	0,07	0,80	0,88	0,46	0,34	0,08	0,21
40—50	0,06	0,96	0,07	0,16	1,19	0,90	0,30	0,00	0,17
80—90	0,10	1,45	0,27	0,16	1,88	0,94	0,58	0,36	0,96
100—110	0,37	1,71	0,85	3,87	5,83	0,61	0,20	5,02	4,81
110—120	0,89	1,24	2,45	9,83	13,52	1,52	1,03	10,97	12,74
120—130	0,90	1,27	2,07	10,15	13,49	1,33	0,74	11,42	15,15
140—150	1,30	1,24	3,67	14,63	19,64	2,23	0,95	16,36	19,71
150—160	2,37	0,72	6,49	28,01	35,22	4,53	1,97	28,72	58,25
160—170	3,12	0,68	7,95	37,86	46,49	11,14	3,10	32,23	169,09
170—180	2,91	0,72	3,97	36,69	41,38	12,07	2,89	26,42	108,83
180—190	2,02	0,77	2,43	26,53	29,73	11,14	1,55	17,04	71,46
190—200	1,29	0,72	2,20	16,12	19,04	3,23	0,83	14,88	119,00
200—210	1,32	0,69	3,46	15,53	19,68	1,76	1,53	16,39	31,99
210—220	1,10	0,93	3,39	12,23	16,55	1,00	0,83	14,72	16,83
240—250	1,58	0,56	3,23	19,69	23,48	3,68	2,24	17,56	25,50
250—260	2,33	0,46	3,23	30,76	34,45	13,56	2,22	18,67	198,42
260—270	1,70	0,46	3,41	21,24	25,11	4,23	1,65	19,23	63,92
270—280	2,30	0,41	3,26	30,43	34,10	12,40	2,92	18,78	70,32
280—290	2,22	0,15	2,09	30,44	32,68	11,81	3,01	17,86	155,42
290—300	1,99	0,41	3,05	26,00	29,46	8,13	2,61	18,72	57,76
300—310	1,55	0,51	3,30	19,06	22,87	2,13	1,51	19,23	29,82
310—320	1,53	0,61	3,15	18,82	22,58	2,09	1,74	18,75	38,47
320—330	1,86	0,51	3,25	23,73	27,49	5,33	2,20	19,96	44,41
330—340	1,63	0,66	2,74	20,75	24,15	4,93	2,27	16,95	41,03
340—350	1,59	0,35	2,66	20,51	23,52	4,41	2,24	16,87	76,69
350—360	1,77	0,51	2,74	22,82	26,13	5,59	2,61	17,93	83,93
360—370	1,05	0,74	2,54	12,31	15,59	1,17	0,63	13,79	28,83
370—380	1,12	0,59	2,58	13,28	16,45	0,62	0,72	15,11	20,07
380—390	1,41	0,56	2,40	17,90	20,86	3,01	1,88	15,97	49,86
390—400	2,11	0,38	2,33	28,48	31,19	10,38	3,21	17,60	61,42
420—430	1,32	0,64	2,02	16,86	19,52	3,57	1,64	14,31	21,17
430—440	1,90	0,46	1,56	25,50	27,52	10,89	2,63	14,00	301,15
440—450	1,47	0,82	17,9	19,89	22,50	16,41	4,13	1,96	39,09
450—460	0,92	0,59	1,70	11,49	13,78	1,66	0,86	11,26	141,07
460—470	0,45	0,71	16,0	4,61	6,92	0,17	0,03	6,72	8,99
490—500	0,41	0,84	1,39	4,01	6,24	0,61	0,21	5,42	10,31
500—510	0,76	1,08	1,22	9,13	11,43	2,68	0,55	8,20	126,78
510—520	0,61	1,19	1,62	6,47	9,28	1,27	0,40	7,61	10,22
570—580	0,25	1,39	1,81	1,83	4,03	0,76	0,10	3,16	2,31
580—590	0,70	1,00	0,76	8,94	10,70	4,67	1,39	4,64	63,14
590—600	0,34	1,26	1,22	2,88	5,36	1,21	0,31	3,84	12,63
640—650	0,29	1,31	0,66	2,58	4,55	0,21	0,10	4,24	4,58
650—660	0,59	1,05	0,61	7,24	8,90	3,49	0,98	4,43	40,59
660—670	1,11	0,85	0,67	15,39	16,91	14,60	2,05	0,26	169,50
670—680	0,85	0,94	0,65	11,22	12,81	6,26	1,79	4,76	130,49
680—690	0,72	0,38	0,81	9,54	10,73	4,29	1,27	5,17	48,01

обуславливала «пескообразность» этого горизонта. Вследствие разрушения микроструктуры произошла усадка почвы, выразившаяся в появлении в подсолонцовом пескообразном горизонте широких трещин и в увеличении его объемного веса.

На рис. 28, б изображен солевой профиль другого остепняющегося солонца. Соответствующие аналитические данные приведены в табл. 37. По общему характеру солевой профиль разреза 114 очень близок к таковому разреза 163. Самое существенное отличие разреза 114 заключается в том, что в нем не наблюдается признаков вторичного поднятия солей в первый метровой слой. Основная масса солей из верхнего метрового слоя переместилась в нижнюю половину второго метрового слоя, где и образовался максимум содержания всех легкорастворимых солей и гипса. Верхний метровой слой отмыт практически полностью и от легкорастворимых солей, и от гипса. В разрезе же 163 сохранился первый максимум содержания гипса, приуроченный к середине верхнего метрового слоя, свойственный солончаковым солонцам. Таким образом, разрез 114 отличается более сильной выщелоченностью верхнего метрового слоя. По суммарному запасу солей во всем почвенном профиле оба эти разреза существенно друг от друга не отличаются (табл. 36 и 38), но в первом метровом слое разреза 163, в соответствии со сказанным выше, запас всех катионов значительно больше (85 г-экв/м²), чем в разрезе 114 (21 г-экв/м²).

Таблица 38

Запас солей в остепняющемся солонце
(Разрез 114)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса сухой поч- вы	Водная вытяжка								Сумма сульфатов
		CO ₃	HCO ₃	Cl'	SO ₄	Сумма анионов	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	
		мг-экв. на 100 г сухой почвы								
0—50	3,9	0,0	5,6	0	1	7	5	2	0	21
50—100	4,2	0,0	10,7	2	1	14	7	4	3	7
100—150	7,0	0,0	10,3	18	77	105	11	6	88	107
150—200	18,7	0,0	5,7	37	233	276	67	17	192	923
200—250	10,7	0,0	5,9	27	127	160	18	12	130	187
250—300	16,9	0,0	3,2	24	222	249	80	20	149	874
300—350	13,1	0,0	4,2	24	165	192	30	16	146	433
350—400	11,9	0,2	4,4	20	151	175	33	14	128	390
400—450	13,0	0,0	4,7	16	172	193	77	21	95	710
450—500	4,2	0,3	5,9	12	46	64	5	2	57	287
500—550	4,2	0,0	9,8	10	45	65	11	3	51	251
550—600	3,7	0,0	10,0	8	35	53	14	4	35	145
600—650	2,5	0,0	10,3	7	22	39	5	1	33	62
650—700	6,4	0,0	5,8	6	85	97	53	12	32	698
Сумма 0—700	120,4	0,5	96,5	211	1381	1689	416	134	1139	5075

Объемный вес первого подсолонцового «пескообразного» горизонта в солончаковых солонцах колеблется в пределах 1,0—1,2 г/см³; в бывшем пескообразном горизонте остепненных солонцов (разрезы 163 и 114) объемный вес (рис. 29 и табл. 34) повысился до 1,3—1,5. Одновременно произошла

цементация почвенной массы в этом горизонте, выразившаяся в появлении в нем значительной связности.

Таким образом, начальные стадии процесса остепнения заключаются главным образом в рассолении солончаковых солонцов под влиянием промывки и в усадке и уплотнении первого подсолонцового горизонта.

В дальнейшем поселяющаяся на выщелачиваемом солонце злаковая растительность способствует задержанию снега, усилению процесса выщелачивания и одновременно накоплению гумуса и оструктуриванию.

Остепняющиеся солонцы отличаются от нормальных солончаковых солонцов всеми, без исключения, физическими свойствами. Удельный вес, как видно из табл. 34, определенный с водой, оказывается в подсолонцовом горизонте меньше среднего исправленного удельного веса (т. е. с введенной поправкой на «сжатие») солончаковых солонцов. Это свидетельствует о некоторой утрате почвенной массой гидрофильности (меньшее «сжатие»), вызванной отмывкой легкорастворимых солей и изменением свойств коллоидов. Объемный вес в подсолонцовом горизонте солончаковых солонцов резко возрастает (рис. 29 и табл. 34) и в профиле более или менее выравнивается, постепенно увеличиваясь книзу. Исключение в изменении по профилю объемного веса представляет верхняя часть подсолонцового горизонта, которая в процессе усадки меньше прессуется вышележащей массой и поэтому имеет меньший объемный вес. Соответственно с объемным весом изменяется и порозность. В полутораметровой толще она тоже выравнивается до величины, равной 45%, с некоторым увеличением только в надсолонцовом (48%) и в верхней части подсолонцового (50%) горизонтов.

Наименьшая влагоемкость в пределах той же толщи также оказывается выровненной. По сравнению с солончаковыми солонцами она заметно снижена, особенно в верхнем метровом слое. Солонцовый горизонт в результате утраты солонцеватости и способности к набуханию обнаруживает способность удерживать лишь около 19% влаги, подсолонцовый — 21%, тогда как в солончаковых солонцах наименьшая влагоемкость в верхнем метровом слое в среднем достигает 23—24%. Уменьшение влагоемкости подтверждает эмпирическое правило С. В. Тюремнова, устанавливающее зависимость наименьшей влагоемкости от плотности сложения почвы ($H \times B = \text{const}$), и свидетельствует о меньшей гидрофильности, меньшем набухании почвы. Последнее подтверждается послойным определением влагоемкости (рис. 30): при увлажнении с глубины 110 см набухания нет, при увлажнении с глубины 60 см (т. е. в середине подсолонцового горизонта) оно много меньше, чем в солончаковых солонцах (увеличение влагоемкости меньше, и сказывается оно на меньшую глубину, всего на 20 см).

В соответствии с выравниванием порозности и наименьшей влагоемкости, выравнивается порозность аэрации и обводнения (табл. 34, рис. 31).

По сравнению с солончаковыми солонцами из всех физических показателей наиболее резко снижен в подсолонцовом горизонте объем воздуха при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости, составляющей 13—15% вместо 25—30%, в солонцовом же горизонте она несколько возрастает (17—19% вместо 10—15%) в связи с уменьшением его влагоемкости. Снижена и выровнена в профиле и максимальная гигроскопичность (табл. 34) до величины 7—8% с небольшим уменьшением в надсолонцовом (6,5%) и увеличением в солонцовом (8,5—9,5%) горизонтах.

Влажность завядания мы здесь не определили, но она, как и в других случаях, очевидно, пропорциональна максимальной гигроскопичности, и можно полагать, что она близка к влажности завядания солонцов, подвергнутых плантажной вспашке и отмытых от растворимых солей, т. е. к 11%. Осенняя влажность, определенная в остепненном солонце блюдца, подтверждает сказанное: до 120 см профиль просушен — влажность его 10%; заметное увлажнение начинается лишь с глубины 150—160 см, причем влажность от 120 до 150 см в среднем равна 12%. Следует учесть, что солонец, остепненный вследствие трещиноватости, мог физически иссушаться глубже и в большей степени, чем другие почвы. Поэтому можно полагать, что наблюдаемая влажность несколько ниже влажности завядания.

Профиль почвы при максимальном иссушении весьма сильно аэрируется.

Водопроницаемость остепненных солонцов (табл. 39) низка и в общем довольно близка к водопроницаемости солончаковых солонцов, но относительно ниже в подсолонцовом горизонте (из-за уплотнения почвы вне участков с трещинами) и несколько выше при определении с поверхности в связи с началом изменения свойств солонцового горизонта (рис. 32). Этим же определяются сходство и отличие контура смоченности остепненного солонца от нормального солончакового после определения водопроницаемости с поверхности. Контур смоченности остепненного солонца (рис. 33), сохраняя форму трапеции, оказывается более выположенным (сплюснутым) за счет более сильного бокового

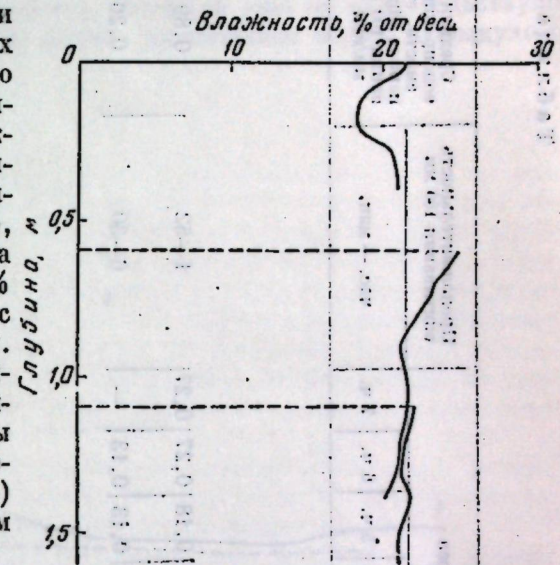


Рис. 30. Наименьшая влагоемкость остепняющегося солонца при определении ее на разных глубинах — со снятием вышележащих горизонтов (разрез 114).

Пунктир — глубина поверхности заливаемой площадки

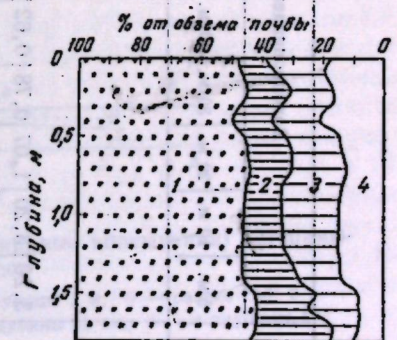


Рис. 31. Изменение по профилю порозности остепняющегося солонца (разрез 114)

1 — твердая фаза, 2+3+4 — порозность общая, 2 — порозность минимальной полевой влажности (постоянного увлажнения), 2+3 — порозность наименьшей влагоемкости

Водопроницаемость солонцов

На глубине	Водопроницаемость (в мм/мин) после начала опыта через														Продолжительность впитывания 100 мм		Средняя водопроницаемость, за период впитывания 100 мм, мм/мин
															час. — мин.		
	5 м.	10 м.	20 м.	30 м.	40 м.	50 м.	1 ч.	1,5 ч.	2 ч.	3 ч.	4 ч.	5 ч.	6 ч.	7 ч.			
Разрез 114																	
Солонец остепненный																	
с поверхности	3,20	3,20	1,07	0,78	0,62	0,57	0,53	0,53	0,47	0,27	0,21	0,18	0,27	0,27	1—52	0,89	
с глубины 1 м	3,20	2,35	0,64	0,58	0,48	0,40	0,35	0,28	0,22	0,19	0,16	0,13	0,13	—	6—30	0,26	
Разрез 148																	
Солонец солончаковый «пантажный»																	
с поверхности	3,20	1,60	1,60	1,00	0,43	0,50	0,46	0,21	0,40	0,26	0,26	0,26	0,26	—	2—45	0,60	
с глубины 20 см	1,60	1,60	0,70	—	—	0,13	0,18	0,40	0,40	0,13	0,26	0,26	0,26	—	6—40	0,25	
» » 50 »	0,80	0,80	0,53	0,53	0,53	0,51	0,23	0,22	0,20	0,21	0,17	0,13	—	—	11—00	0,15	
» » 1 м	1,60	0,80	0,66	0,53	0,53	0,43	0,32	0,30	0,19	0,11	0,22	0,18	—	—	8—30	0,20	
» » 2 »	1,60	1,00	0,40	0,40	0,40	0,52	0,64	0,60	0,30	0,07	0,27	—	—	—	9—45	0,17	

растекания в надсолонцовом и солонцовом горизонтах. Близкие величины объемного веса и порозности профиля еще не свидетельствуют об однородности пор по размеру, форме, заполнению водой и воздухом,

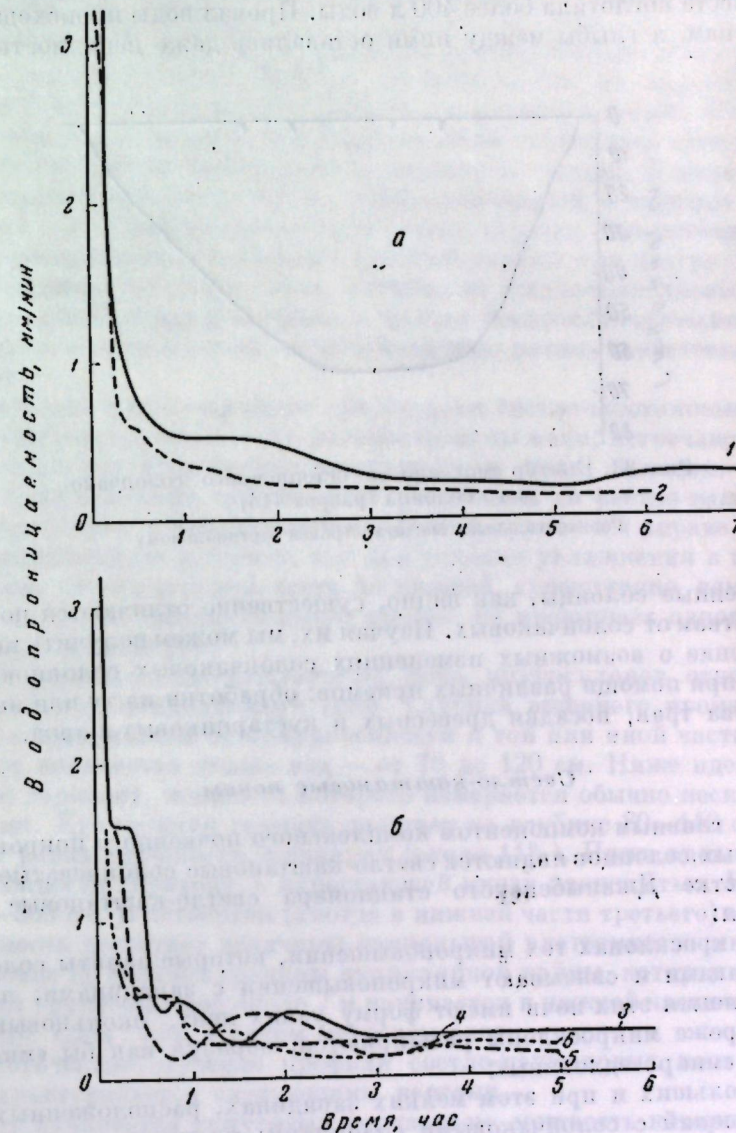


Рис. 32. Динамика водопроницаемости (кривые впитывания) остепняющихся солонцов

а — разрез 114: 1 — с поверхности, 2 — с глубины 1 м; б — разрез 148: 3 — с поверхности, 4 — с глубины 20 см, 5 — с глубины 50 см, 6 — с глубины 1 м

однако такую неоднородность можно предполагать в случае отсутствия грубых трещин и просушенности профиля растительностью; с ней, очевидно, связана одинаковая величина водопроницаемости всех (за исключением поверхности) горизонтов почвы.

Все сказанное о водопроницаемости относится к участкам остепненных солонцов, лишенным характерных для них грубых трещин. Определение

водопроницаемости методом заливаемых квадратов на участке даже с небольшим количеством трещин показало «провальную» водопроницаемость: в течение нескольких минут четверть квадратного метра поверхности почвы в таком месте поглотила более 400 л воды. Провал воды происходил только по трещинам, а глыбы между ними оставались даже неполностью промо-ченными.

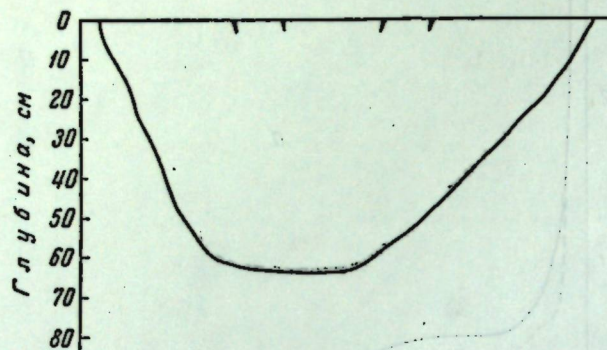


Рис. 33. Контур смоченности остепненного солончакового солонца (разрез 114)

Горизонтальный масштаб равен вертикальному

Остепненные солонцы, как видно, существенно отличаются по физическим свойствам от солончаковых. Изучая их, мы можем получить некоторое представление о возможных изменениях солончаковых солонцов, мелиорируемых при помощи различных приемов: обработки на ту или иную глубину, посева трав, посадки древесных и кустарниковых пород.

Светло-каштановые почвы

Вторым главным компонентом комплексного почвенного покрова после солончаковых солонцов являются светло-каштановые солонцеватые почвы.

На участке Джаныбекского стационара светло-каштановые почвы встречаются:

1) на микросклонах тех микроповышений, которые заняты солончаковыми солонцами и связывают микроповышения с западинами; площади распространения этих почв имеют форму узких лент, окольцовывающих западины; реже микросклоны расширяются, образуя как бы «микротеррасы» или «микроседловины»;

2) в небольших и при этом мелких западинах, расположенных среди микроповышений с солончаковыми солонцами; площади, занятые этими почвами, имеют форму более или менее округлых пятен;

3) на мезосклонах, связывающих межпадинные комплексные пространства с большими падинами; контуры светло-каштановых почв имеют форму широких (до нескольких десятков метров) лент, окольцовывающих большие падины.

Для данных почв характерны полупустынные растительные группировки весьма различного состава (Каменецкая, 1952), среди которых центральное место занимают ромашниковые ассоциации: чернополюнно-ромашниковые и острцово-ромашниковые. В этих ассоциациях первое место обычно занимает ромашка, реже встречается острец. Кроме ромашки, значительное участие в ассоциациях принимают типчак и житняк пустынный. В меньшем количестве встречаются полынок и перечник пронзеннолист-

ный. В еще меньшем количестве в состав этих группировок входят ковыли — Лессинга и сарептский, а также наголоватка, грудница мохнатая и зопник клубненосный. Всего на этих почвах найдено 60 видов цветковых и 7 видов споровых растений.

В зависимости от того, какое место эти почвы занимают в микро- и мезорельефе, произрастающая на них растительность, их водный режим, а следовательно, и строение их профилей несколько различны. В наиболее сухих условиях находятся почвы микросклонов, вследствие чего здесь мы находим обычно светло-каштановые солонцеватые почвы. В мелких западинах иногда встречаются почвы, приближающиеся к подтипу темно-каштановых. На периферии больших падин условия увлажнения улучшаются по направлению от внешней границы падины к ее центру. Поэтому здесь мы находим всю гамму почв, начиная от светло-каштановых солонцеватых на самой периферии падин и кончая темно-каштановыми на границе перехода в темноцветные черноземовидные почвы, свойственные днищам падин.

В целом в описываемом районе преобладают светло-каштановые почвы. Аналоги темно-каштановых почв распространены мало, встречаются лишь как ранние стадии образования темноцветных почв западин.

Рассмотрение данной группы почв мы начнем со светло-каштановых почв, приуроченных к микросклонам. В этой группе мы вправе ожидать встретить наибольшую пестроту, так как условия увлажнения в пределах микросклона, от его верхней части до нижней, существенно изменяются несмотря на то, что различие высот обычно не превышает одного, самое большее двух дециметров.

Водный режим светло-каштановых почв микросклонов относится к степному подтипу непромывного типа. Глубина весеннего промачивания варьирует в зависимости от приуроченности к той или иной части микросклона и от количества талых вод — от 70 до 120 см. Ниже идет сухой («мертвый») горизонт, мощность которого измеряется обычно несколькими дециметрами. Его нижняя граница залегает на глубине 80—140 см, а его влажность равна влажности завядания (около 11%). Ниже идет переходный по влажности горизонт, с нарастающей к низу влажностью. Его мощность 170—300 см. В четвертом (иногда в нижней части третьего) метровом слое влажность достигает величины наименьшей влагоемкости и остается на этом уровне до верхней границы капиллярной каймы, которая при глубине уровня грунтовых вод около 7 м начинается в нижней части четвертого метрового слоя или в пятом метровом слое.

Морфологическое строение профиля светло-каштановых почв микросклонов характеризуется следующими чертами.

Профиль начинается гумусовым горизонтом, мощность которого варьирует от 6 до 10 см, редко — до 15 см. Горизонт окрашен в серый со стальным оттенком цвет и имеет отчетливо выраженную слоевато-чешуйчатую структуру. При слабом нажиме легко раздавливается в порошок. Сухой. Пылевато-суглинистый, резко отделяется от нижележащего.

Ниже идет горизонт, который может быть назван переходным по гумусу. Он окрашен в бурый или коричнево-бурый цвет с серым оттенком и имеет хорошо выраженную призматическую структуру. Призмы непрочные и легко распадаются на комки 2—3 см в поперечнике, которые далее уже с трудом могут быть раздавлены на зерна, имеющие в верхней части горизонта плоскую форму. Вскипание с соляной кислотой начинается в этом горизонте на глубине около 20 см; нижняя граница этого горизонта проходит на глубине около 30 см. В нижней части (20—30 см) иногда появляются светлые грязно-палевые расплывчатые пятна карбонатов.

По механическому составу — пылевато-суглинистый. В нижележащий переходит постепенно.

Далее в нижней половине верхнего метрового слоя мы находим карбонатно-иллювиальный горизонт, нижняя граница которого проходит на глубине 90—125 см. Он имеет буровато-палевую окраску, более светлую в верхней половине горизонта, где находится максимум содержания карбонатов в рассеянном состоянии и где иногда встречается редкая мелкая белоглазка. Густой сетью

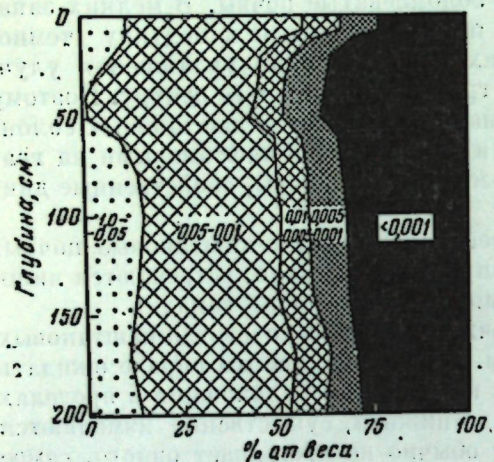


Рис. 34. Изменение по профилю механического состава светлого-каштановой почвы микросклона (разрез 164)

тонких вертикальных и горизонтальных трещин разбит на вертикально вытянутые призмы, которые при выламывании легко распадаются на ореховидные отдельности. Призмы книзу крупнеют. Плотный. Пылевато-суглинистый по механическому составу. Постепенно переходит в нижележащий.

Карбонатный горизонт на глубине 90—125 см сменяется гипсовым засоленным горизонтом. Он имеет буровато-палевый цвет, с коричневым оттенком. В нем мы находим в довольно большом количестве скопления кристаллов гипса, обилие которых книзу нарастает. Со 150—160 см на стенке появляются, особенно через несколько дней после закладки разреза,

выцветы солей. Горизонт пронизан редкими трещинами неправильной формы и выламывается неправильными глыбками. Плотность этого горизонта немного меньше, чем вышележащего.

Таблица 40

Механический состав светлого-каштановой почвы склона микроповышения (разрез 146; в % от веса обессоленной и бескарбонатной почвы)

Глубина взятии образца, см	Горизонт	Размеры частиц, мм					
		1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	< 0,001
0—6	Гумусовый	0,4	10,8	45,4	9,5	10,2	23,7
6—10	»	0,2	11,0	40,6	7,9	10,0	30,3
10—20	Переходный	0,2	6,9	39,1	7,4	10,6	35,8
20—30	»	0,1	2,7	42,5	6,6	10,9	37,2
30—40	Карбонатный	0,1	0,3	43,6	6,8	11,3	37,9
40—50	»	0,1	1,5	41,7	7,9	10,4	38,4
50—60	»	0,1	8,6	41,9	6,3	8,8	34,3
70—80	»	0,1	13,2	36,1	8,1	9,3	33,2
90—100	»	0,1	15,5	36,3	7,2	9,3	31,7
130—140	Гипсовый	0,0	13,4	36,9	9,1	9,7	30,9
160—170	»	0,0	11,2	44,2	8,5	7,4	28,7
190—200	»	0,0	13,6	38,7	9,5	9,7	28,5

Таблица 41

Состав водной вытяжки, сумма сульфатов, CO_2 карбонатов, в светло-каштановых почвах микросклонов

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса почвы	Водная вытяжка								Сумма сульфатов	CO ₂ карбона- тов, в % от веса почвы
		CO ₃	HCO ₃	Cl'	SO ₄	Сумма анио- нов	Ca''	Mg''	Na'		
		мг-экв, на 100 г сухой почвы									
Разрез 164											
0—6	0,04	0	0,43	0,04	0,24	0,71	0,36	0,10	0,25	0,96	0
6—10	0,04	0	0,62	0,04	0,12	0,78	0,42	0,10	0,26	0,70	0
10—20	0,04	0	0,47	0,04	0,14	0,65	0,42	0,10	0,13	1,45	0
20—30	0,04	0	0,71	0,04	0,12	0,87	0,52	0,18	0,17	1,58	1,52
30—40	0,05	0	0,90	0,04	0,03	0,97	0,44	0,18	0,35	1,76	4,59
40—50	0,05	0	0,91	0,04	0,10	1,05	0,32	0,18	0,55	1,54	5,58
50—60	0,07	0,07	1,09	0,04	0,09	1,29	0,12	0,11	1,06	1,84	6,63
70—80	0,20	0,21	1,26	0,62	1,44	3,53	0,09	0,18	3,26	3,97	6,90
80—90	0,47	0,24	0,68	1,29	4,98	7,19	0,25	0,47	6,47	7,89	6,23
90—100	0,96	0	0,62	1,42	12,30	14,34	1,70	1,94	10,70	20,21	6,46
110—120	1,93	0	0,40	1,49	26,77	28,66	10,96	4,26	13,44	91,33	4,77
130—140	1,42	0	0,51	1,40	19,05	20,96	4,99	2,82	13,15	46,25	4,54
150—160	2,06	0	0,36	2,41	27,88	30,65	10,53	4,16	15,96	108,90	4,08
170—180	1,88	0	0,36	2,98	24,66	28,00	8,30	3,73	15,97	82,74	4,63
190—200	1,60	0	0,40	3,00	20,49	23,89	5,23	3,10	15,56	44,92	4,76
200—210	1,32	0	0,32	2,01	17,23	19,55	3,66	2,46	13,43	31,28	3,28
210—220	1,21	0	0,28	1,55	16,00	17,83	3,17	2,14	12,52	29,49	3,85
220—230	1,71	0	0,16	1,64	23,52	25,32	9,52	3,44	12,36	80,94	4,24
230—240	1,74	0	0,33	1,73	23,79	25,85	9,86	3,63	12,36	81,33	4,25
250—260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24,03	3,00
270—280	1,86	0	0,36	1,48	24,37	26,21	11,37	3,47	11,37	86,58	4,78
290—300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25,30	4,65
310—320	1,68	0	0,34	1,30	23,29	24,93	11,81	3,31	9,81	73,30	4,68
330—340	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24,67	4,92
350—360	1,42	0	0,42	1,30	19,45	21,17	9,01	3,08	9,08	71,55	4,82
370—380	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40,56	4,88
390—400	1,58	0	0,40	1,07	20,79	22,26	13,61	3,42	5,23	160,80	4,72
400—420	1,57	0	0,20	1,14	22,10	23,44	13,42	3,14	6,88	50,50	4,64
420—440	—	—	—	—	—	—	—	—	—	44,70	4,65
440—460	0,63	0	0,54	1,03	7,97	9,54	3,22	1,54	4,78	17,17	4,53
460—480	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,09	4,56
480—500	0,61	0	0,50	0,96	7,86	9,32	3,97	1,57	3,78	18,90	4,77
500—520	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45,73	4,85
520—540	0,94	0	0,43	1,26	12,62	14,31	8,78	2,14	3,39	43,99	4,04
540—560	—	—	—	—	—	—	—	—	—	72,60	4,29
560—580	0,61	0	0,47	1,91	7,57	9,95	4,87	1,46	3,62	20,87	4,14
580—600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	92,87	3,70
600—620	0,37	0	0,57	1,17	4,08	5,82	1,98	0,79	3,05	8,87	4,65
620—640	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39,24	4,92
640—660	0,26	0	0,61	1,03	2,45	4,09	0,84	0,40	2,85	5,24	5,00
680—780	0,27	0	0,65	1,16	2,47	4,28	0,59	0,25	3,44	5,98	5,29

Таблица 41 (продолжение)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса почвы	Водная вытяжка								Сумма суль- фатов	СО ₂ карбо- натов, в % от веса почвы
		CO ₃	HCO ₃	Cl'	SO ₄	Сумма анио- нов	Ca''	Mg''	Na'		
		мг-экв, на 100 г сухой почвы									
Содержание в грунтовой воде: на 100 г сухой почвы	0,02	0	0,10	1,38	1,84	3,32	0,78	0,88	1,66	—	—
г/л	8,19	0	4,00	55,15	73,74	132,89	31,12	35,37	66,40	—	—
Разрез 165											
0—8	0,03	Нет	0,35	0,06	0,07	0,48	0,41	0,06	0,01	0,40	0,0
8—20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,41	0,0
30—40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,90	2,95
40—50	0,02	0	0,64	Следы	0,02	0,65	0,37	0,17	0,11	1,05	3,76
50—60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,36	5,11
70—80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,36	5,38
80—90	0,07	0,08	0,89	0,28	0,09	1,35	0,41	0,03	1,21	1,76	6,23
90—100	0,2	0	0,94	0,94	1,51	3,39	0,23	0,27	2,89	2,72	6,50
100—110	0,3	0	0,86	1,52	2,70	5,08	0,39	0,46	4,23	4,81	6,25
110—120	0,53	0	0,65	1,81	5,70	8,16	1,01	0,95	6,20	9,25	5,58
120—130	1,26	0	0,27	2,48	16,47	19,22	8,55	3,64	7,02	58,78	5,41
130—140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	157,27	—
140—150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	57,66	—
150—160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125,04	—
160—170	1,33	0	0,35	3,96	15,78	20,10	4,40	2,37	13,32	46,72	4,53
170—180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	102,00	—
180—190	1,53	0	0,27	3,10	19,53	22,90	7,72	2,47	12,70	52,38	4,54
190—200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36,03	—
200—210	0,72	0,17	0,62	2,57	7,57	10,93	0,29	0,32	10,31	11,58	3,73
210—220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24,95	—
220—230	0,88	0,08	0,45	2,24	10,41	13,19	1,33	0,82	11,03	41,57	4,56
240—250	0,65	0,21	0,66	1,82	7,12	9,81	0,33	0,30	9,18	9,84	4,76
250—260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	73,43	—
260—270	1,51	0	0,31	1,55	20,55	22,41	9,73	2,48	10,20	61,93	4,52
280—290	0,73	0,12	0,62	1,35	8,68	10,78	0,81	0,49	9,47	16,81	5,30
300—310	1,39	0	0,33	1,03	19,21	20,58	9,54	2,21	8,83	29,72	5,00
320—330	1,60	0	0,31	2,01	21,65	23,97	12,97	2,60	8,40	131,73	4,53
330—340	—	—	—	—	—	—	—	—	—	194,83	—
340—350	1,02	0	0,39	0,84	13,87	15,10	4,38	1,77	8,96	40,37	5,09
360—370	0,56	0,08	0,62	0,72	6,88	8,30	0,81	0,45	7,03	15,66	4,71
380—390	0,48	0,17	0,63	0,62	5,78	7,21	0,62	0,28	6,30	11,91	4,57
400—420	0,43	0,103	0,77	0,59	4,93	6,39	0,59	0,16	5,63	8,86	4,83
420—440	0,74	0	0,48	0,59	9,84	10,91	2,93	1,07	6,91	20,75	4,86
440—460	1,16	0	0,33	0,56	16,32	17,21	8,67	2,30	6,24	59,02	4,95
460—480	0,36	0,083	0,60	0,47	4,22	5,37	0,73	0,21	4,43	21,66	4,82
480—500	0,89	0	0,33	0,51	12,46	13,31	6,94	1,81	4,56	32,06	4,55
500—520	0,35	0	0,45	0,51	4,63	5,60	1,30	1,51	2,79	6,72	4,86
520—540	0,97	0	0,31	0,43	13,74	14,48	9,60	1,83	3,05	50,35	3,84
540—560	0,84	0	0,33	0,49	11,77	12,59	7,77	1,77	3,05	42,52	4,20

Таблица 41 (окончание)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса почвы	Водная вытяжка								Сумма сульфатов	СО ₂ карбо- натов, в % от веса почвы
		СО ₃ ^{''}	НСО ₃ ^{''}	Cl [']	SO ₄ ^{''}	Сумма анио- нов	Ca ^{''}	Mg ^{''}	Na [']		
		мг-экв, на 100 г сухой почвы									
560—580	1,03	0	0,29	0,47	14,71	15,48	10,78	2,24	2,45	62,81	4,46
580—600	0,94	0	0,33	0,47	13,64	14,17	10,14	2,02	2,01	57,25	3,59
600—620	1,00	0	0,31	0,48	14,23	15,02	11,05	1,94	2,03	70,42	2,93
620—640	0,44	0	0,37	0,41	5,87	6,66	3,60	1,02	2,04	13,18	4,10
640—660	0,82	0	0,31	0,45	11,64	12,40	8,86	1,78	1,75	42,64	4,88
660—680	0,47	0	0,37	0,47	6,26	7,10	3,85	1,13	2,11	15,79	5,37
680—700	0,83	0	0,31	0,39	11,77	12,48	9,29	1,52	1,67	44,25	5,17
Содержание в грунтовой воде: на 100 г сухой почвы	0,12	0,0	0,08	0,50	1,29	1,87	0,71	0,42	0,74	—	—
г/л	4,74	0,0	3,30	20,10	51,49	74,89	28,59	16,87	29,43	—	—

Рассмотрим аналитические данные.

Механический состав разреза 164 характеризуют данные табл. 40 и рис. 34. Из этого рисунка видно, что по механическому составу светло-каштановые почвы сколько-нибудь существенно от солончаковых солонцов не отличаются. И здесь мы находим небольшое понижение содержания илистой фракции в слое 0—10 см и заметное накопление ее в слое 20—50 см, ниже которого содержание ее уменьшается. Накопление илистой фракции, как и в солончаковых солонцах, происходит за счет песчаной фракции (0,25—0,05 мм).

Переходим к ознакомлению с солевыми профилями светло-каштановых почв склонов микроповышений. На рис. 35 изображены солевые профили разрезов 164 и 165. Эти профили составлены по данным табл. 41. Беглый взгляд на рис. 34 и 35 показывает, что по общему облику солевые профили светло-каштановых почв несколько напоминают профили солончаковых солонцов.

В составе солей и здесь преобладает сульфат натрия. Здесь мы также находим растянутые максимумы накопления легкорастворимых солей (кривые содержания Na', Mg'' и Ca''), содержание которых книзу постепенно убывает.

Общий запас солей, переходящих в водную вытяжку в разрезе 164 (табл. 42) близок к минимальному содержанию в солончаковых солонцах (соответственно 119 и 113 кг/м²). По запасам общей суммы сульфатов разрезы 164 и 165 от солончаковых солонцов не отличаются.

Имеются однако и существенные отличия этих почв от солончаковых солонцов. Прежде всего следует отметить, что верхний метровый слой в разрезах 164 и 165 практически свободен и от легкорастворимых солей и от гипса, которые в заметном количестве появляются, начиная лишь со второго метра. Верхняя граница накопления солей менее резкая, чем в солончаковых солонцах, особенно в разрезе 165. Общий запас солей в разрезе 164 уже заметно ниже (95 кг/м²), чем в солончаковых солонцах. Запас солей уменьшается главным образом за счет ионов натрия и хлора, в меньшей мере — за счет магния и сульфатного иона. Кривые содержания Na' и Cl' имеют несколько более четкие максимумы, падающие на нижнюю часть второго метрового слоя. В отношении распределения в почве гипса (рис. 36) принципиальных отличий между светло-каштановыми почвами

Таблица 42

Запасы солей в светло-каштановой почве микросклона

Глубина слоя, см	Сумма солей, кг/м²	CO ₃	HCO ₃	Cl'	SO ₄	Сумма анионов	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Сумма сульфатов
		г-экв. на 1 м²								

Разрез 164

0—50	0,5	0	4,9	0	1	6	3	1	2	10
50—100	3,2	0,8	7,9	6	33	48	4	5	39	61
100—150	13,7	0	3,6	12	177	192	60	27	105	476
150—200	15,8	0	2,9	22	195	220	64	29	127	622
200—250	13,2	0	2,3	14	167	183	59	24	100	441
250—300	14,8	0	2,8	12	192	207	89	28	90	389
300—350	13,4	0	2,9	11	178	192	87	26	79	377
350—400	12,4	0	3,3	9	158	170	90	26	54	688
400—450	10,1	0	2,7	9	132	144	75	20	49	331
450—500	5,2	0	4,1	8	63	75	30	12	33	120
500—550	7,0	0	3,6	10	89	103	59	16	28	403
550—600	4,9	0	3,9	14	59	77	37	11	29	480
600—650	2,7	0	1,7	9	27	38	12	5	21	162
650—700	2,2	0	5,1	9	20	34	5	2	27	48

0—700	119,1	0,8	51,7	145	1491	1689	674	232	783	4608
-------	-------	-----	------	-----	------	------	-----	-----	-----	------

Разрез 165

0—50	0,6	0	4,0	0	0	4	3	1	0	5
50—100	1,9	0,1	5,8	3	13	22	8	3	11	13
100—150	8,8	0	3,0	17	96	116	44	19	53	417
150—200	10,9	0	2,4	24	120	146	41	17	88	524
200—250	6,6	0,7	4,4	17	67	89	6	4	79	155
250—300	9,8	0,2	3,7	12	110	126	42	11	73	369
300—350	12,3	0	2,7	11	149	163	75	18	70	686
350—400	5,0	0,4	4,9	5	56	66	8	4	54	126
400—450	5,9	0,3	4,5	5	73	83	25	8	50	199
450—500	6,2	0,2	3,5	4	79	87	38	10	39	266
500—550	0,1	0	2,9	4	78	85	47	13	25	251
550—600	8,4	0	2,5	4	110	116	79	16	21	452
600—650	6,5	0	2,7	4	83	90	61	12	17	335
650—700	5,9	0	2,7	3	76	82	56	11	15	260

0—700	94,9	1,9	49,7	113	1110	1275	533	147	595	4058
-------	------	-----	------	-----	------	------	-----	-----	-----	------

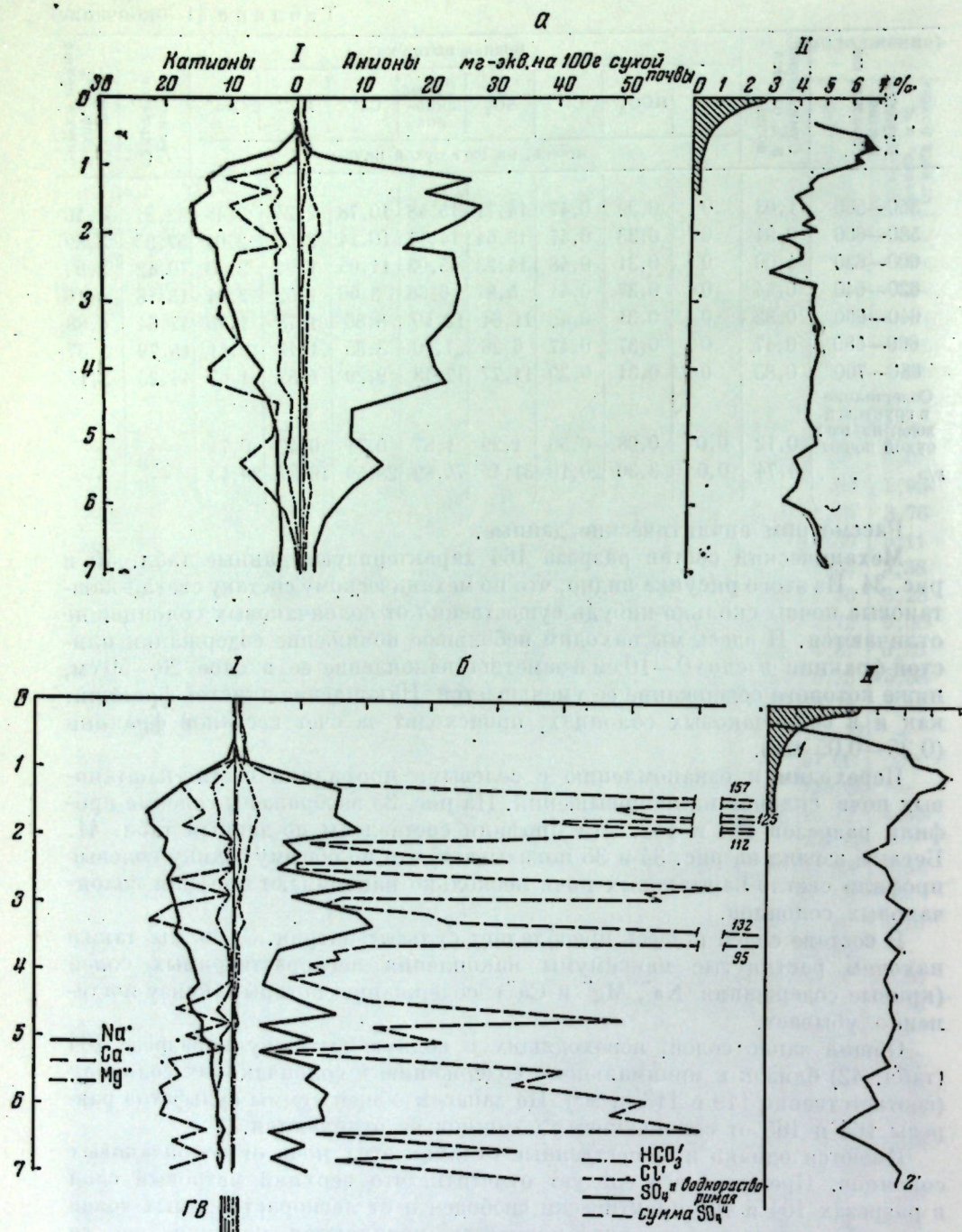


Рис. 35. Солевой, гумусовый и карбонатный профили светло-каштановых почв микросклонов

а — разрез 164; б — разрез 165; I — водная вытяжка, II — гумус (I) и CO₂ карбонатов (2).

и солончаковыми солонцами нет, за исключением отмеченного уже отсутствия в светло-каштановых почвах накопления гипса в средней части первого метрового слоя, которое имеется во всех солончаковых солонцах. В разрезах 164 и 165 светло-каштановых почв имеется общий с солончаковыми солонцами максимум накопления гипса во втором метровом слое.

По распределению карбонатов светло-каштановые почвы микросклонов заметно не отличаются от солонцов. Мы находим тот же небольшой максимум карбонатов в нижней части первого метрового слоя и несколько пониженное (чем в породе) содержание их во втором метровом слое (рис. 35).

Таблица 43

Содержание гумуса в почвах каштанового типа
(определение по методу Тюрина)

Светло-каштановые почвы склонов микроповышений				Почва западины типа темно-каштановой		Светло-каштановая почва склона большой падины (колхоз Эмбекши)	
Разрез 164		Разрез 165		Разрез 111		Разрез 172	
Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Глубина взятия образца, см	Гумус, %
0—6	2,76	0—8	3,30	0—7	5,39	0—6	2,87
6—10	2,13	8—20	1,75	7—12	3,96	6—14	2,20
10—20	1,78	20—30	1,07	12—20	1,90	14—22	1,72
20—30	1,38	30—40	0,84	20—30	1,29	22—30	1,24
30—40	1,02	40—50	0,64	30—40	0,97	30—40	1,19
40—50	0,79	50—60	0,60	40—50	0,72	40—50	0,78
50—60	0,63	60—70	0,44	50—60	0,71	50—60	0,58
60—70	0,48	70—80	0,42	60—70	0,53	60—70	0,43
70—80	0,42	80—90	0,33	70—80	0,47	70—80	0,36
80—90	0,32	90—100	0,29	80—90	0,42	80—90	0,35
90—100	0,29	100—110	0,27	90—100	0,36	90—100	0,99
100—110	0,24	110—120	0,25	100—110	0,34	100—110	0,25
110—120	0,22	120—130	0,19	110—120	0,29	110—120	0,22
120—130	0,22	130—140	0,22	120—130	0,29	120—130	0,22
130—140	0,22	140—150	0,19	130—140	0,29	130—140	0,24
140—150	0,20			140—150	0,28	140—150	0,19

Содержание гумуса (табл. 43 и рис. 35) в светло-каштановых почвах микросклонов достигает примерно 3% в верхних слоях. В отличие от солончаковых солонцов в этих почвах имеется уже более или менее оформленный гумусовый горизонт.

Строение солевых профилей находится в полном согласии с охарактеризованными выше особенностями водного режима светло-каштановых почв микросклонов. Сохранность в верхней части почвенно-грунтовой толщ иона Cl' свидетельствует о том, что эта толща сквозному промачиванию не подвергается. Максимум содержания Na' и Cl' , приходящийся на нижнюю половину второго метрового слоя, указывает на то, что до этой глубины доходит промачивание в наиболее влажные годы.

В последние годы, судя по тому, что и Na' и Cl' подтянулись вплоть до нижней части первого метрового слоя, глубина промачивания своей наибольшей величины, по-видимому, не достигала.

Переходим к характеристике физических свойств светло-каштановых почв микросклонов.

Объемный вес светло-каштановых почв (рис. 37) изменяется по профилю следующим образом. В верхних 50—70 см объемный вес быстро нарастает сверху вниз (в связи с наличием структуры в поверхностных слоях и утратой структурности с глубиной) от 1,15—1,25 до 1,50—1,55. Во втором полуметровом слое он достигает максимума (1,60—1,65), а ниже опять несколько снижается (до 1,45—1,55) и остается во втором метровом слое, т. е. в солоносном горизонте, более или менее одинаковым (табл. 44 и рис. 37). Поскольку глубина весеннего промачивания этих почв

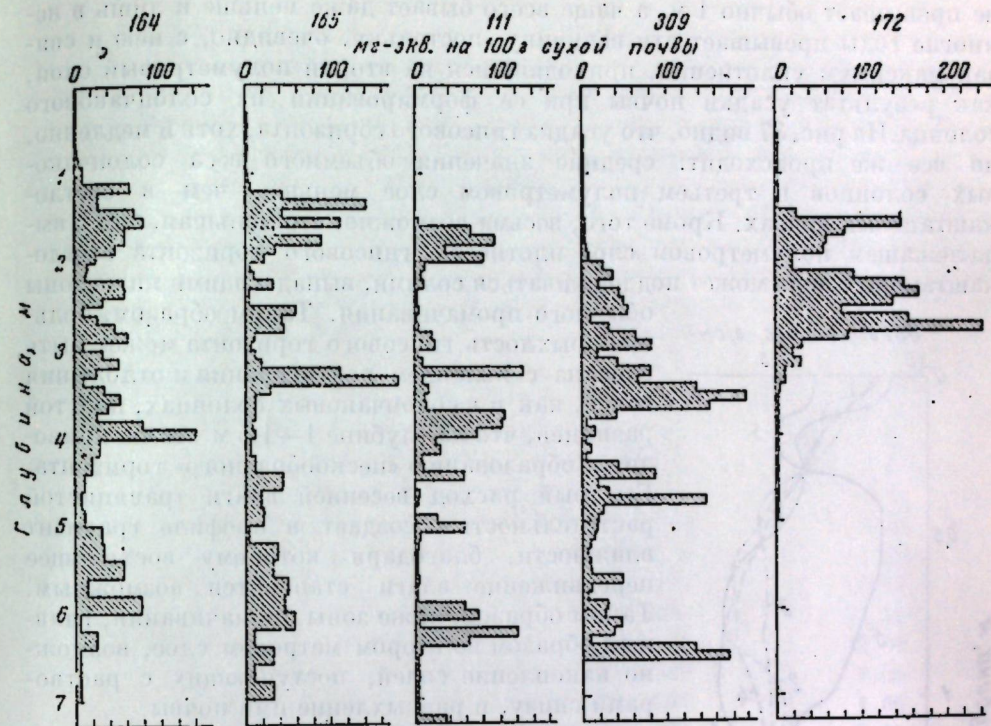


Рис. 36. Распределение гипса (сумма SO_4 без водорастворимого SO_4) в профилях светло-каштановых почв микросклонов (разрезы 164 и 165); темно-каштановых почв западин (разрез 111), темноцветных почв западин с укороченным гумусовым горизонтом (разрез 309) и склонов к большой падине (разрез 172)

Таблица 44

Объемный вес, удельный вес и порозность светло-каштановых почв микросклонов

Глубина взятия образца, см	Объемный вес, г/см³				Удельный вес				Порозность, в % от объема почвы			
	Разрез											
	164	112	53	Сред- нее	164	112	53	Сред- нее	164	112	53	Сред- нее
0— 5	1,12	1,16	1,25	1,18	2,63	2,60	2,58	2,60	57,4	55,4	51,6	54,9
5— 10	1,21	1,33	1,25	1,26	2,67	2,68	2,58	2,64	54,6	50,3	51,6	52,2
10— 12	1,43	1,35	1,31	1,36	2,68	2,68	2,68	2,68	46,6	49,6	51,0	49,9
20— 30	1,40	1,40	1,41	1,40	2,72	2,68	2,69	2,70	48,5	47,7	47,5	47,9
30— 40	1,43	1,50	1,54	1,49	2,72	2,69	2,69	2,70	47,4	44,2	42,8	44,8
40— 50	1,50	1,57	1,54	1,53	2,72	2,72	2,70	2,71	44,8	42,3	43,7	43,6
50— 60	1,62	1,63	1,52	1,59	2,73	(2,73)*	(2,71)	2,72	40,6	40,3	(43,7)	41,5
60— 70	1,66	1,63	(1,52)	1,61	2,73	2,72	(2,71)	2,72	39,2	40,1	(43,8)	41,0
70— 80	1,66	1,66	1,53	1,62	2,74	2,73	2,72	2,73	39,4	39,2	43,8	40,8
90—100	1,67	1,47	(1,51)	1,55	2,74	2,75	(2,74)	2,74	39,1	46,5	(44,9)	43,5
110—120	1,58	1,50	1,49	1,52	2,78	2,76	2,76	2,77	43,1	46,4	46,0	45,2
130—140	1,56	1,56	(1,46)	1,52	2,79	2,77	(2,75)	2,77	44,1	43,6	(46,7)	44,8
150—160	1,60	1,55	1,44	1,53	2,79	2,76	2,74	2,76	42,6	43,8	47,4	44,6
170—180	1,60	1,63	(1,45)	1,56	2,80	2,76	(2,73)	2,76	42,9	41,0	(46,8)	43,6
190—200	—	—	1,46	—	—	—	2,72	—	—	—	46,3	—
200—210	1,53	—	—	—	2,77	—	—	—	44,7	—	—	—

* В скобках данные, полученные интерполицией.

не превышает обычно 1 м, а чаще всего бывает даже меньше и лишь в немногие годы превышает эту величину, постольку, очевидно, с нею и связан максимум уплотнения, приходящийся на второй полуметровый слой, как результат усадки почвы при ее формировании из солончакового солонца. На рис. 37 видно, что усадка гипсового горизонта, хотя и медленно, но все же происходит: средние значения объемного веса солончаковых солонцов в третьем полуметровом слое меньше, чем в светло-каштановых почвах. Кроме того, весьма возможно, что меньшая, чем в вышележащем полуметровом слое плотность гипсового горизонта светло-каштановых почв может поддерживаться солями, выпадающими ниже зоны

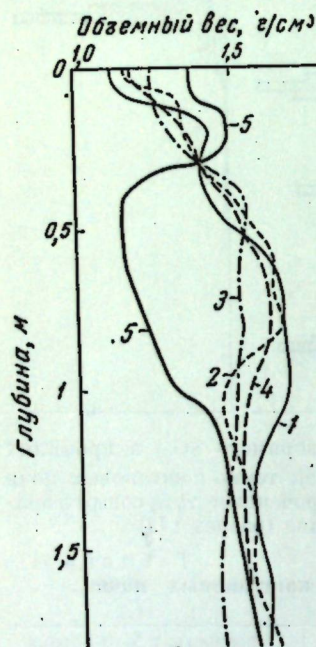


Рис. 37. Изменение по профилю объемного веса светло-каштановых почв микросклонов

1 — разрез 164, 2 — разрез 112, 3 — разрез 53, 4 — средний объемный вес светло-каштановых почв, 5 — средний объемный вес солончаковых солонцов

обычного промачивания. Таким образом, большая рыхлость гипсового горизонта может быть связана с явлением подтягивания и отложения солей, как и в солончаковых солонцах, но с той разницей, что на глубине 1—1,5 м это не приводит к образованию «пескообразного» горизонта. Быстрый расход весенней влаги травянистой растительностью создает в профиле градиент влажности, благодаря которому восходящее передвижение влаги становится возможным. Таким образом, ниже зоны промачивания, главным образом во втором метровом слое, возможно накопление солей, поступающих с растворами снизу, и разрыхление ими почвы.

Определением объемного веса в шестиметровой почвенно-грунтовой толще обнаружены два максимума плотности. На глубине 60—80 см, т. е. над засоленным горизонтом, объемный вес достигает 1,60, как и в других светло-каштановых почвах, а на глубине 180—240 см он достигает 1,70 (табл. 45).

Считая недостаточными данные по одному разрезу для суждения об объемном весе почвенно-грунтовой толще под светло-каштановой почвой и принимая объемный вес ниже 2 м равным 1,60, можно тем не менее полагать, что обнаруженное распределение плотностей не случайно и связано с какими-то, пока не выявленными нами закономерностями формирования почво-грунтов данной территории. Напомним, что максимум плотности на глубине 2 м отмечается и в других почвах.

Удельный вес светло-каштановых почв определялся с водой. Он заметно возрастает вниз по профилю. В верхнем 30-см слое он быстро увеличивается с глубиной от 2,60 до 2,70, главным образом вследствие уменьшения содержания гумуса и увеличения карбонатности. Ниже увеличение идет постепенно с максимумом во втором метре, доходящим в среднем до 2,77, а в отдельных случаях — до 2,80. Надо полагать, что такое увеличение удельного веса с глубиной связано также с явлениями «сжатия» в присутствии солей, которое нами у светло-каштановых почв пока не изучалось.

Порозистость светло-каштановых почв в соответствии с изменением объемного веса падает с 50—55 до 40% в средней части второго полуметрового слоя, и несколько увеличивается ниже, во втором метровом слое она равна 45% (табл. 44).

Таблица 45

Объемный вес почвенно-грунтовой толщи светло-каштановой почвы микросклона до глубины 6 м

Глубина взятия образца, см	Объемный вес, г/см³	Глубина взятия образца, см	Объемный вес, г/см³
0—5	1,44	250—260	1,57
5—10	1,30	270—280	1,50
10—20	1,40	290—300	1,51
20—30	1,48	310—320	1,56
30—40	1,48	330—340	1,53
40—50	1,52	350—360	1,58
50—60	1,59	370—380	1,57
60—70	1,56	390—400	1,55
70—80	1,54	410—420	1,63
80—90	1,50	430—440	1,58
90—100	1,46	450—460	1,56
110—120	1,47	470—480	1,61
120—130	1,48	490—500	1,58
130—140	1,47	510—520	1,60
150—160	1,56	530—540	1,65
170—180	1,66	550—560	1,66
190—200	1,69	570—580	1,65
210—220	1,68	590—600	1,61
230—240	1,61		

Наименьшая влагоемкость, как видно из табл. 46, обнаруживает довольно совершенное подчинение правилу Тюремнова ($HV \times OV = \text{const}$). Из той же таблицы видно, что влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости, в общем по профилю изменяется мало (чаще всего от 19 до 21%). Более высокую влажность имеет только дернина (26%) и в некоторых случаях гумусовый горизонт до глубины 20—30 см. Некоторое снижение ее (до 19%) отмечается в слое на 80—140 см, т. е. примерно в горизонте максимальной плотности. Как видно из рис. 38 наименьшая влагоемкость, мало подвержена изменению при увлажнении почвы с разной глубины. Обнаруживается лишь небольшое ее повышение в набухшем верхнем слое, причем это повышение прослеживается на глубину лишь около 20 см.

Доля порозности, занятая водой при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости, более или менее одинакова в профиле. Поэтому уплотнение почвы отражается главным образом на порозности аэрации, которая, при влажности, равной наименьшей влагоемкости, оказывается сниженной в плотном втором полуметровом слое до 10—12%, т. е. занимает одну четверть порозности (табл. 46), тогда как сверху она равна 23—24%, т. е. занимает около половины порозности. Ниже аэрация несколько возрастает: до 15—16% в третьем полуметровом слое, т. е. до одной трети порозности. Порозность переменного увлажнения имеет заметную величину лишь в пределах первого, наиболее иссушаемого метрового слоя и составляет здесь около трети порозности; ниже ее величина невелика.

О величинах максимальной гигроскопичности светло-каштановых почв можно судить по данным табл. 47, где сведены

Таблица 46

Полная влагоспособность, наименьшая влагоспособность и аэрация светло-каштановых почв микрокленов

Глубина изъятия образца, см	Порозность сред- няя, в % от об- ема почвы	Полная влагоспо- собность (средняя) в % от веса сухой почвы	Наименьшая влагоспособность, в % от ве- са сухой почвы					Объемный вес средний, г/см³	Объем, занимаемый при наимен- шей влагоспособности				Осенняя минимальная влагоспособность (площадь 17)	Объем, занима- емый влагой при минимальной влагосности		
			разрез		площадь	Ф. П.	среднее		влагот		в % от общей объема почвы	в % от общей объема почвы		в % от общей пороз- ности		
			164	112					53	26						
0—5	54,9	46,5*	22	26	27	25	28	26	1,18	30,7	56,0	24,2	44,0	—	—	—
5—10	52,2	41,5	19	21	24	22	28	23	1,26	29,0	55,5	23,2	44,5	11,8	22,6	—
10—20	49,9	36,7	19	21	22	20	24	21	1,36	28,6	57,3	21,3	42,7	13,7	27,4	—
20—30	47,9	34,2	19	21	21	21	23	21	1,40	29,4	61,4	18,5	38,6	14,6	30,5	—
30—40	44,8	30,1	19	21	20	20	21	20	1,49	29,8	66,5	15,0	32,5	14,9	33,2	—
40—50	43,6	28,5	19	21	20	20	20	20	1,53	30,6	70,1	13,0	29,9	14,5	33,2	—
50—60	41,5	25,5	19	21	20	20	20	20	1,59	31,8	76,6	9,7	23,4	15,1	36,4	—
60—70	41,0	25,5	19	19	20	20	20	20	1,61	32,2	78,5	8,8	21,5	14,8	36,1	—
70—80	40,8	25,2	19	19	20	20	19	19	1,62	30,8	75,5	10,0	24,5	16,9	41,5	—
80—90	—	—	19	19	22	19	20	20	—	—	—	—	—	—	—	—
90—100	43,5	28,1	18	19	23	19	21	20	1,55	31,0	72,1	12,5	28,8	20,4	46,9	—
100—110	—	—	18	18	19	19	21	19	—	—	—	—	—	—	—	—
0—120	45,2	29,7	18	18	19	19	22	19	1,52	28,9	63,9	16,3	36,1	21,9	48,4	—
120—130	—	—	19	18	19	19	22	19	—	—	—	—	—	—	—	—
130—140	44,8	29,5	19	17	19	19	22	19	1,52	29,6	66,0	15,2	34,0	24,8	55,4	—
140—150	—	—	19	18	20	19	23	20	—	—	—	—	—	—	—	—
150—160	44,6	29,1	19	18	20	19	22	20	1,53	30,6	68,5	14,0	31,5	25,5	57,2	—
160—170	—	—	20	18	19	19	22	20	—	—	—	—	—	—	—	—
170—180	43,6	28,0	20	18	20	20	20	20	1,56	31,2	71,5	12,4	28,5	26,5	60,8	—
180—190	—	—	20	18	20	20	20	20	—	—	—	—	—	—	—	—
190—200	—	—	20	18	20	20	21	20	—	—	—	—	—	—	—	—

* Полная влагоспособность получена расчетным путем как частное от деления порозности на объемный вес.

Таблица 47

Некоторые категории влажности светло-каштановой почвы микроклена
(Разрез 53)

Глубина взятия об- разца, см	Объем пор. занятых влагой при				Объемный вес, г/см³	Порозность, в % от объема почвы	Полная влагоем- ность, в % от веса почвы	наименьшей влагоем- ности				влагоемности завышения		максимальной гидро- скопичности	
	Наименьшая влагоем- ность	Влагоемность завышения	Максималь- ная гидро- скопичность	в % от веса почвы				в % от объема почвы	в % от порознос- ти	в % от объема почвы	в % от порознос- ти	в % от объема почвы	в % от порознос- ти	в % от объема почвы	в % от порознос- ти
0-5	27	8,0	4,9	1,63	1,25	51,6	41,3	16,9	65,5	10,0	19,4	6,1	11,8	6,1	11,8
5-10	24	8,0	4,9	1,63	1,25	51,6	41,3	15,0	58,0	10,0	19,4	6,1	11,8	6,1	11,8
10-20	22	9,5	5,5	1,73	1,31	51,0	38,9	28,8	56,5	12,5	24,5	7,2	14,1	7,2	14,1
20-30	21	13,0	6,8	1,91	1,41	47,5	33,7	29,6	62,3	18,3	38,5	9,6	20,2	9,6	20,2
30-40	20	13,0	8,1	1,61	1,54	42,8	27,8	30,4	71,0	20,0	46,7	12,5	29,2	12,5	29,2
40-50	20	11,0	6,2	1,77	1,54	43,7	28,4	30,4	69,5	17,0	38,8	9,6	21,9	9,6	21,9
50-60	20	10,0	5,8	1,72	1,52	(43,7)**	28,8	30,2	69,0	15,2	34,7	8,8	20,1	8,8	20,1
60-70	20	10,0	5,8	1,72	(1,52)	(43,8)	28,8	30,2	68,8	15,2	34,6	8,8	20,0	8,8	20,0
70-80	20	10,0	6,3	1,59	1,53	43,8	28,6	30,3	69,0	15,3	34,8	9,6	21,9	9,6	21,9
80-90	22	—	6,4	—	1,53	—	—	33,3	—	—	—	9,8	—	9,8	—
90-100	23	—	6,8	—	(1,51)	(44,9)	29,8	34,7	77,4	—	—	10,3	23,0	10,3	23,0
100-110	19	—	8,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
110-120	19	—	8,8	—	1,49	46,0	30,8	28,3	61,5	—	—	13,2	28,7	13,2	28,7
120-130	19	—	8,6	—	—	(46,7)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
130-140	19	—	8,1	—	(1,46)	—	—	27,7	59,3	—	—	11	25,3	11	25,3
140-150	20	—	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150-160	20	—	7,7	—	1,44	47,4	33,0	28,8	60,8	—	—	—	—	—	—
160-170	19	—	7,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
170-180	20	—	7,2	—	(1,45)	(46,8)	32,2	29,0	62,0	—	—	10,4	22,2	10,4	22,2
180-190	20	—	7,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
190-200	20	—	6,8	—	1,46	46,3	31,7	29,2	63,0	—	—	9,9	21,4	9,9	21,4

* По определению методом вегетационных миниатор.

** В скобках — данные, полученные интерполяцией.

Пунктир — глубина поверхности заливаемой
площадки

Влажность завядания поддается определению методом вегетационных миниатюр только в пределах первого метрового слоя, т. е. в обессоленной части профиля (табл. 48). Во втором метровом слое определить ее этим методом уже нельзя, так как растения, высеянные в почву, гибнут от солей. Как следует из данных табл. 47, влажность завядания верхнего метрового (точнее — 80-см) слоя пропорциональна максимальной гигроскопичности и превышает ее в 1,6—1,8 раза. Влажность завядания под целинной остроцово-ромашковой растительностью (осенняя влажность, см. табл. 49) довольно близко совпадает с определенной опытным путем (см. влажность завядания в табл. 48), но все же оказывается немного ниже последней. Это связано, очевидно, с более длительным отсосом влаги корнями в природных условиях, по сравнению с опытом в вегетационном сосуде. В сосуде завядание наступает, несмотря на большую массу корней в объеме почвы,

Влажность завядания светло-каштановых почв
микроклонов (метод вегетационных миниатюр),
в % от веса сухой почвы

Глубина взятия образца, см	Разрез		Глубина взя- тия образца, см	Разрез	
	185	53		185	53
0—5	11	8	50—60	10	10
5—12	12		60—70	10	10
12—20	13	9,5	70—80	10	10
20—30	13	13	80—90	10,5	
30—40	11	11	90—100	12	

Остаточная осенняя минимальная влажность светло-каптановых почв микросклонов, растительностью (в % от веса сухой почвы)

Глубина ваяния образца, см	Площадка 13, 1951 г.										Площадка 17, 1952 г.							
	7.V	48.V	46.VI	5.VII	17.VII	1.VIII	22.VIII	3.IX	24.IX	4.X	20.XI	Сред- нее	7.VI	5.VII	1.VIII	4.IX	8.X	Сред- нее
0—5	2,3	3,3	2,6	2,7	1,9	2,6	4,5	3,9	6,4	5,0	29,8	—	8,4	10,2	6,3	8,3	12,5	—
5—10	11,6	13,5	11,8	9,9	10,3	10,3	10,4	9,4	10,2	10,4	25,6	10,0	12,5	10,2	14,3	11,0	9,4	10,0
10—20	10,9	12,1	11,0	9,3	9,1	10,1	10,1	9,6	10,1	10,0	18,2	10,0	11,3	10,7	11,1	11,5	10,1	11,0
20—30	11,6	11,3	11,1	9,8	10,0	10,7	9,2	9,1	10,6	10,3	13,2	10,0	11,1	10,2	10,9	11,1	10,4	10,5
30—40	11,0	10,9	10,7	9,5	9,7	9,5	9,3	9,3	9,6	9,5	10,1	9,5	11,9	9,9	10,4	10,4	10,0	10,0
40—50	11,1	10,0	10,9	9,3	9,8	9,6	9,5	9,3	9,4	9,7	9,5	9,5	10,5	9,5	9,8	9,8	9,5	9,5
50—60	11,5	10,8	11,0	9,2	10,3	9,4	9,4	9,3	9,9	9,6	9,5	9,5	10,3	9,5	9,5	9,4	9,5	9,5
60—70	11,1	11,2	11,3	9,6	9,7	10,3	9,3	10,0	10,3	9,6	9,8	10,0	10,2	9,1	10,6	9,0	9,2	9,5
70—80	11,8	11,3	10,4	10,0	10,3	10,5	9,4	10,3	10,7	10,0	9,5	10,0	10,2	10,3	10,6	10,6	10,4	10,5
80—90	12,7	12,4	10,7	10,4	10,5	10,9	10,2	10,1	11,2	10,8	10,3	10,5	11,1	11,0	11,2	11,2	11,3	11,2
90—100	10,6	12,4	12,6	11,6	10,9	12,8	10,2	10,4	12,2	11,3	11,9	—	12,6	13,3	12,9	12,9	13,2	—

Таблица 50

взаимоннаемость систем-каштановых почв микросклонов

Водопроницаемость (мм/мин.) после начала опыта через (час.—мин.)															Время питания 100 мм		Средняя водопроницаемость за период питания 100 мм, мм/мин
На глубине	Водопроницаемость (мм/мин.) после начала опыта через (час.—мин.)														час.—мин.		
	5 м.	10 м.	20 м.	30 м.	40 м.	50 м.	1 ч.	1,5 ч	2 ч.	3 ч.	4 ч.	5 ч.	6 ч.	7 ч.			
Разрез 164																	
С поверхности	3,20	2,70	1,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,53	0,27	0,53	0,27	0,27	0,13	0,18	3—1	0,53	
С глубины 1 м	3,20	—	—	—	0,46	—	—	0,27	—	—	—	—	0,00	—	19—	0,09	
С глубины 2 м	3,20	2,50	1,07	0,93	0,80	0,70	0,53	0,53	0,42	0,53	0,27	0,27	0,27	—	2—38	0,63	
Разрез 112																	
С поверхности	3,20	2,40	1,42	1,07	1,07	1,07	1,07	0,80	1,07	0,80	0,67	0,80	0,67	0,67	1—25	1,18	
С глубины 1 м	3,20	2,40	1,56	—	—	—	0,36	—	0,32	—	0,12	—	—	—	>7—45	0,21	
Разрез 144																	
С поверхности	2,80	2,80	2,80	1,00	1,60	1,20	1,60	0,44	0,40	0,53	0,26	0,05	0,53	—	0—50	2,00	
С глубины 20 м	2,80	2,80	2,80	3,20	0,80	3,20	1,60	0,80	0,40	0,53	0,53	0,57	0,40	—	0—43	2,32	
С глубины 50 м	2,80	2,80	2,80	1,60	1,15	0,70	0,26	0,40	0,30	0,08	0,07	0,06	0,13	—	2—10	0,77	

раньше из-за того, что после израсходования основной массы доступной воды передвижение остатка ее к корням замедляется и растения начинают завядать, хотя некоторое небольшое количество доступной воды в почве еще имеется. В природе же растительность, израсходовавшая влагу верхних слоев до величины, которая в вегетационных сосудах принимается за влажность завядания, не увядает, как в вегетационном сосуде, так как может существовать за счет влаги нижних горизонтов, продолжая одновременно медленно отсасывать все остатки доступной влаги из верхних слоев, которые таким образом просушиваются сильнее, чем в вегетационных сосудах.

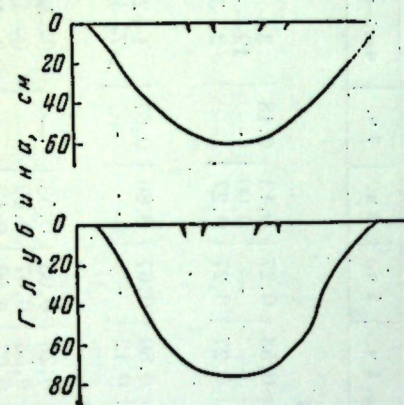


Рис. 39. - Контуры смоченности (после определения водопроницаемости) светло-каштановых почв микросклонов.

Вверху — разрез 113, внизу — разрез 112. Горизонтальный масштаб равен вертикальному

соответствующей наименьшей влагоемкости, в верхнем метровом слое равен примерно 120 мм. О величинах запаса активной влаги во втором метровом слое судить трудно вследствие его засоленности.

Водопроницаемость светло-каштановых почв определяется особенностями их профиля. Из данных, приведенных в табл. 50, видны резкие различия водопроницаемости с поверхности, с глубины 1 м и с глубины 2 м. Водопроницаемость с поверхности в общем невелика и ограничивается, по-видимому, водопроницаемостью второго солонцеватого горизонта, что хорошо выявляется контурами смоченности (рис. 39).

В светло-каштановой почве, представляющей собой более раннюю стадию формирования почвы склона из солончакового солонца и сохранившей еще солонцовый горизонт, хотя уже значительно переработанный, особенно в верхней части (разрез 113), обнаруживается сильно выположенный контур смоченности, т. е. сильное боковое растекание воды в верхнем 30-сантиметровом наиболее структурном слое и слабое вертикальное промачивание. В типичной светло-каштановой почве (разрез 112) наряду со значительным боковым растеканием в верхних 30 см происходит гораздо более быстрое вертикальное впитывание.

В наиболее плотной и тонкопористой части профиля, на глубине 1 м, водопроницаемость ничтожно мала. Через 2—4 часа после начала опыта впитывание на этой глубине практически прекращается из-за набухания и раскисания верхнего слоя под рамами, в котором действующие поры закрываются пробками связанной воды (рис. 40). По многим данным этот уплотненный горизонт имеет много общего с уплотненным подсолонцовым горизонтом остепненных солонцов.

Можно думать, что этот плотный горизонт в естественных условиях фактически имеет более высокую водопроницаемость, т. е. во всяком случае она не снижается до нуля, как это происходит в опыте, где для определения

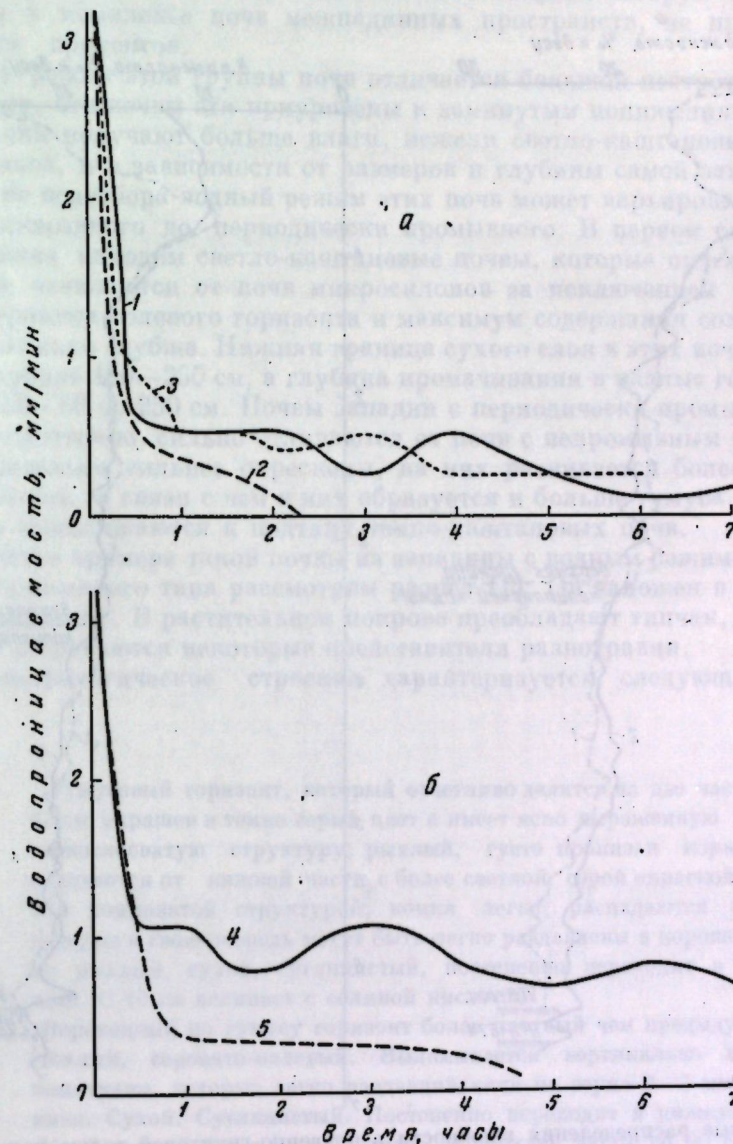


Рис. 40. Динамика водопроницаемости (кривые впитывания) светло-каштановых почв микросклонов

а — разрез 114; б — разрез 112; 1 и 4 — с поверхности, 2 и 5 — с глубины 1 м, 3 — с глубины 2 м

водопроницаемости приходится обнажать верхнюю поверхность горизонта, чем искусственно создается возможность его набухания и заливания поверхности. То же можно предполагать и в остепненных солонцах.

Во втором метровом слое, как уже говорилось, располагается засоленный горизонт с большим количеством гипса, имеющий микроагрегатную,

по-видимому довольно устойчивую структуру. Здесь водопроницаемость опять возрастает. Вообще микроструктура гипсовых горизонтов разных почв (солонцов, светло-каштановых и др.) имеет много общего и определяет

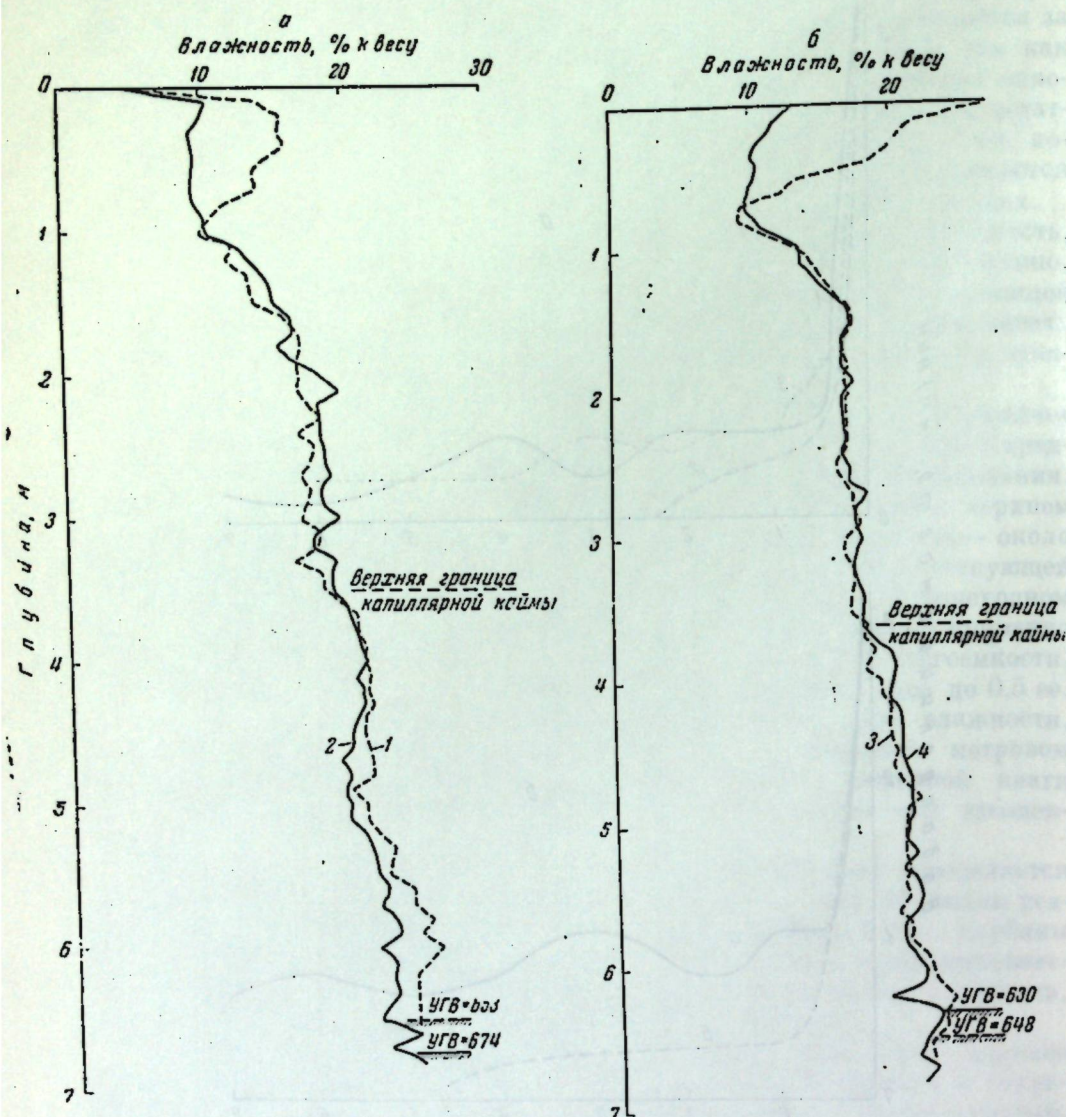


Рис. 41. Кривые распределения влажности в почвенно-грунтовой толще под светло-каштановыми почвами микросклонов

а — площадка 13, б — площадка 17; 1 — 20 апреля 1951 г., 2 — 22 августа 1951 г., 3 — 27 апреля 1952 г., 4 — 18 ноября 1952 г.

ряд их физических показателей, в том числе фильтрационные свойства. Выше мы видели, что водопроницаемость солончакового солонца, начиная с глубины 2 м, превышает таковую во всех его вышележащих горизонтах. То же самое наблюдается и в светло-каштановой почве.

Водоподъемная способность нижней части почвенно-грунтовой толщи, характеризуемая мощностью капиллярной каймы, такая же, как и у солонцов. Мощность каймы и здесь равна примерно 300 см (рис. 41).

Почвы западин, относящиеся к типу каштановых

Ознакомимся с почвами, небольших по площади и мелких по глубине западин, относящимися к типу каштановых. Площадь, которую занимают эти почвы в комплексе почв межпадинных пространств, не превышает нескольких процентов.

Водный режим этой группы почв отличается большой пестротой. Благодаря тому, что почвы эти приурочены к замкнутым понижениям микро-рельефа, они получают больше влаги, нежели светло-каштановые почвы микросклонов, и в зависимости от размеров и глубины самой западины и размеров ее водосбора водный режим этих почв может варьировать по типу от непромывного до периодически промывного. В первом случае мы и в западинах находим светло-каштановые почвы, которые ничем существенным не отличаются от почв микросклонов за исключением того, что верхняя граница солевого горизонта и максимум содержания солей в них лежат несколько глубже. Нижняя граница сухого слоя в этих почвах залегает на глубине 150—250 см, а глубина промачивания в разные годы варьирует от 50—60 до 250 см. Почвы западин с периодически-промывным режимом, естественно, сильно отличаются от почв с непромывным режимом. Они значительно сильнее опреснены, на них развивается более богатая растительность, в связи с чем в них образуется и больше гумуса. Поэтому они часто приближаются к подтипу темно-каштановых почв.

В качестве примера такой почвы из западины с водным режимом периодически промывного типа рассмотрим разрез 111. Он заложен в западине средних размеров. В растительном покрове преобладают типчак, полинок, житняк и встречаются некоторые представители разнотравия.

Его морфологическое строение характеризуется следующими чертами:

- 0—22 см. Гумусовый горизонт, который отчетливо делится на две части: от 0 до 12 см, окрашен в темно-серый цвет и имеет ясно выраженную чешуйчато-тонкослоеватую структуру; рыхлый, густо пронизан корнями; резко отличается от нижней части с более светлой серой окраской и непрочной комковатой структурой; комки легко раздавливаются на плитки, которые в свою очередь могут быть легко раздавлены в порошок. Достаточно рыхлый, сухой, суглинистый, постепенно переходит в нижележащий. С 10 см вскипает с соляной кислотой.
- 22—35 см. Переходный по гумусу горизонт более плотный чем предыдущий, более светлый, серовато-палевый. Выламывается вертикально вытянутыми комочками, которые легко раздавливаются на зерна 2—3 мм в поперечнике. Сухой. Суглинистый. Постепенно переходит в нижележащий.
- 35—160 см. Карбонатный горизонт. Плотный. В верхней части до 90 см палевый, ниже несколько темнеет и приобретает бурый оттенок. Суглинистый, сухой. До 90 см имеет призматическую структуру, причем призмы с глубиной делаются более крупными. Ниже 90 см структура делается глыбисто-призматической, причем глыбы отделены друг от друга тонкими извилистыми трещинками. Через 40—60 см (в горизонтальном направлении) попадаются более широкие, до 5—6 мм, вертикальные трещины. От нижележащего отделяется довольно резко.
- 160—200 см. Гипсовый, слабо засоленный горизонт. Плотный, сухой, буровато-палевый суглинок. Содержит много скоплений гипса. На стенке разреза после многодневного стояния появились слабые выцветы легкорастворимых солей.

В целом профиль мало выразителен. Резко в нем выделяются только горизонты 0—10 см и гипсовый.

Механический состав разреза 111 представлен в табл. 51 и соответствующим ей рис. 42. Сравнивая этот рисунок с рис. 9 и 34, мы видим, что никаких существенных отличий по механическому составу между темно-каштановыми почвами западин, светло-каштановыми почвами микросклонов (разрез 164) и солончаковыми солонцами (разрезы 52, 1 и 7) обнаружить нельзя. В разрезе 111 отчетливо выражен только максимум содержания илестых частиц в нижней части первого полуметрового слоя.

Таблица 51

Механический состав почвы небольшой западины типа
темно-каштановой
(разрез 111; в % от веса сухой почвы)

Глубина изъятия образца, см	Горизонты	Размер частиц, мм					
		1—0,25	0,25— 0,05	0,05— 0,01	0,01— 0,005	0,005— 0,001	<0,001
0—7	Гумусовый	0,8	6,8	42,4	11,9	11,9	26,2
7—12	»	0,5	3,9	47,7	9,7	13,5	24,7
12—22	»	0,1	7,1	41,9	10,5	8,2	32,2
22—30	Переходный	0,2	4,0	44,1	11,0	7,2	33,5
30—40	Карбонатный	0,3	5,6	40,8	8,8	9,4	35,1
40—50	»	0,1	3,4	42,5	11,6	7,4	35,0
50—60	»	0,2	10,4	37,1	10,6	7,9	33,8
60—70	»	0,0	10,3	37,2	9,8	8,9	33,8
70—80	»	0,0	11,2	37,6	10,7	8,1	32,4
80—90	»	0,5	11,6	38,7	7,8	9,8	31,6
90—100	»	0,0	8,2	43,8	8,7	7,7	31,6
100—110	Гипсовый	0,0	10,1	38,4	10,7	9,8	31,0
110—120	»	0,0	10,1	38,4	10,7	9,8	31,0

Солевой профиль разреза 111 изображен на рис. 43 на основе данных табл. 52. Общий запас солей (табл. 53), равный 70 кг/м² в разрезе 111, значительно меньше, чем в солончаковых солонцах и светло-каштановых почвах микросклонов. Особенно резко снижено содержание ионов Cl⁻, Na⁺, в меньшей мере — содержание Mg²⁺ и воднорастворимой SO₄²⁻. В то же время запас активного кальция и нерастворимой SO₄²⁻ в разрезе 111 не ниже, чем в солончаковых солонцах.

Верхний полуметровый слой полностью лишен солей. Содержание Na⁺ и Mg²⁺ во всем профиле незначительно, а Cl⁻ настолько ничтожно, что на рисунке кривая его содержания не отделима от нулевой линии. Содержание и распределение гипса ничем принципиально не отличается от таковых в солончаковых солонцах и светло-каштановых почвах микросклонов.

Следует отметить резкость верхней границы солевого горизонта. Она проходит на глубине 160 см. Выше этой границы содержание всех ионов ничтожно, а сразу под ней залегает первый максимум содержания легко-растворимых солей. На глубине 170—180 см мы находим совпадающие максимумы содержания всех ионов: SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ и даже Cl⁻ при всей ничтожности его содержания (табл. 52). На этой же глубине находится и первый максимум содержания гипса. Ниже содержание солей и гипса

уменьшается и на глубине 240—250 см становится ничтожным; затем оно снова нарастает. Содержание гипса имеет, как всегда, несколько максимумов.

Тот факт, что общий запас гипса в этой почве и в солончаковых солонцах одинаков, дает основание предположить, что и эта почва была ранее засолена в такой же мере, как и солонцы. В дальнейшем она подверглась рассолению, в результате которого из нее были вымыты почти полностью хлориды, подавляющая часть Na⁺ и заметное количество Mg²⁺. Рассоление было связано со сквозным промачиванием, причиной которого было, очевидно, образование западины на месте бывшего микровышения.

В период энергичного рассоления, когда происходило вымывание солей, промачивание могло быть не обязательно ежегодным, но, по всей вероятности, оно часто достигало глубины 2,5 м. До этой же глубины, судя по современному положению кривых распределения Mg²⁺ и Na⁺, и были полностью или почти полностью вымыты все соли. В дальнейшем периодическое сквозное промачивание прекратилось в связи, по-видимому, с наступлением многолетнего более сухого периода (Роде, 1952). При этом наибольшая глубина промачивания уменьшилась до 160 см, где и возник постоянный сухой слой, под которым и создавался градиент влажности, нарастающей книзу, а следовательно, и градиент сосущей силы. Этот градиент явился причиной возникновения постоянного восходящего тока влаги, очень медленного вследствие низкой влажности сухого слоя и его низкой водопроводимости.

Однако за более или менее длительный период произошло новое накопление солей под сухим слоем (рис. 43), на глубине 160—260 см. В этом слое мы констатируем накопление всех без исключения ионов, в том числе и иона Cl⁻, несмотря на то, что он почти целиком вымыт из остальных частей почвенного профиля.

Распределение карбонатов в профиле разреза 111 (рис. 43) ничем существенно не отличается от распределения их в солончаковых солонцах. Исключение составляет максимум содержания карбонатов, лежащий на 130 см глубже.

Это также можно рассматривать как результат выщелачивания почвенно-грунтовой толщи.

Содержание гумуса (табл. 43) в верхнем горизонте превышает 5%, что можно объяснить значительным развитием растительности. Именно поэтому данную почву мы и считаем аналогом темно-каштановой.

Объемный вес почв западины типа темно-каштановых отличается высокими значениями (табл. 54). На глубине более 0,5 м он варьирует в разных почвах между 1,5 и 1,7. Высокая плотность в пределах двухметрового профиля связана с оседанием верхней толщи промытого солонца: уплотнением ее, распространяющимся вглубь, в результате отмычки солей и связанной с ней переупаковки частиц почвенной массы.

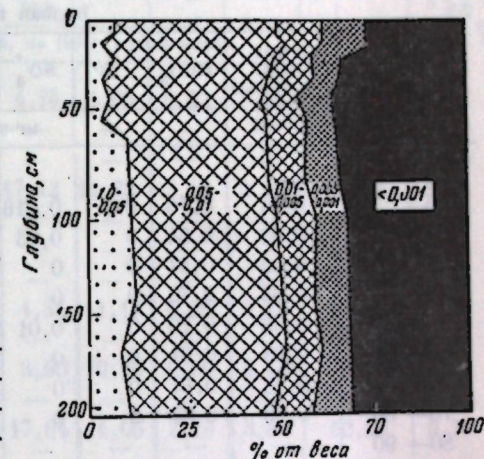


Рис. 42. Изменение по профилю механического состава темно-каштановой почвы западины (разрез 111)

Таблица 52

Состав водной вытяжки, сумма сульфатов, CO_2 карбонатов в почве небольшой западины типа темно-каштановой (Разрез 111)

Глубина взятия образца, см	Водная вытяжка								Сумма сульфатов	CO ₂ карбона- тов, в % от веса сухой почвы
	Сумма солей, в % от веса сухой почвы	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ '	Сумма ани- онов	Ca''	Mg''	Na'		
0— 7	0,04	0,76	0	0,016	0,78	0,51	0,22	0,04	—	0
7— 12	0,03	0,54	0	0,03	0,57	0,43	0,10	0,04	—	0
12— 22	0,03	0,57	0	0	0,57	0,48	0,06	0,03	—	0
22— 30	0,03	0,70	0	0	0,70	0,53	0,18	0	—	3,48
30— 40	0,03	0,70	0	0,01	0,71	0,53	0,10	0,08	—	4,51
40— 50	0,03	0,61	0	0	0,63	0,46	0,18	0	—	4,91
50— 60	0,03	0,61	0	0	0,61	0,48	0,29	0	—	4,72
70— 80	0,03	0,65	0	0	0,65	0,35	0,21	0,09	—	4,80
80— 90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,34
90—100	0,03	0,65	0	0	0,65	0,41	0,16	0,08	—	6,12
110—120	0,03	0,57	0	0	0,57	0,33	0,19	0,05	—	6,03
120—130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,35
130—140	0,03	0,61	0	0	0,61	0,38	0,16	0,07	—	5,50
150—160	0,12	0,47	0,24	1,24	1,95	1,13	0,38	0,44	4,19	4,80
160—170	1,06	0,36	0,38	15,28	16,02	12,98	2,20	0,84	82,17	4,66
170—180	1,19	0,32	0,29	17,24	17,85	14,05	2,68	1,12	111,34	3,61
180—190	0,78	0,36	0,29	11,12	11,77	8,28	2,35	1,14	46,11	3,43
190—200	1,10	0,32	0,29	15,96	16,57	12,52	2,85	1,20	96,60	4,13
200—210	0,62	0,40	0,20	9,17	9,77	6,72	2,25	0,90	20,84	3,63
210—220	0,33	0,40	0,16	4,56	5,12	3,11	1,37	0,64	11,09	4,31
220—230	0,41	0,40	0,20	5,82	6,42	4,04	1,84	0,54	14,24	3,76
230—240	0,13	0,48	0,08	1,57	2,13	1,0	0,65	0,48	3,71	3,97
240—250	0,10	0,47	0,08	1,31	1,86	0,94	0,57	0,35	3,58	3,86
260—270	—	—	—	—	—	—	—	—	2,83	4,46
280—290	0,62	0,40	0,04	9,02	9,46	7,15	2,72	0,00	29,45	4,23
300—310	—	—	—	—	—	—	—	—	4,97	4,82
310—320	—	—	—	—	—	—	—	—	11,27	4,52
320—330	1,25	0,37	0,08	18,38	18,83	14,88	3,12	0,83	148,20	4,12
330—340	—	—	—	—	—	—	—	—	13,02	3,97
340—350	—	—	—	—	—	—	—	—	30,27	4,30
360—370	0,55	0,48	0,08	7,78	8,34	5,14	1,87	1,33	19,97	4,23
370—380	—	—	—	—	—	—	—	—	122,47	3,78
400—410	0,82	0,36	0,04	11,97	12,37	8,56	2,15	1,66	35,87	5,17
420—430	—	—	—	—	—	—	—	—	19,40	5,05
440—450	1,23	0,36	0,08	17,92	18,36	13,24	2,30	2,82	75,11	3,48
450—460	—	—	—	—	—	—	—	—	5,56	3,60
470—480	—	—	—	—	—	—	—	—	6,72	4,34
480—490	1,00	0,32	0,16	14,25	14,73	9,60	1,82	3,31	1,15	4,60
500—510	—	—	—	—	—	—	—	—	73,55	5,81
520—530	0,31	0,48	0,16	3,94	4,58	1,05	0,40	3,13	7,81	4,20
540—550	—	—	—	—	—	—	—	—	4,12	4,53

Таблица 52 (окончание)

Глубина взятия об- разца, см	Водная вытяжка								Сумма сульфатов	CO ₂ карбо- натов, в % от веса су- хой почвы
	Сумма солей, в % от веса сухой почвы	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ ''	Сумма анио- нов	Ca..	Mg..	Na..		
560—570	0,32	0,48	0,20	4,08	4,76	1,05	0,42	3,29	8,84	4,27
580—590	—	—	—	—	—	—	—	—	4,36	3,90
590—600	—	—	—	—	—	—	—	—	74,86	3,96
600—610	1,15	0,22	0,21	16,69	17,12	11,75	2,18	3,19	92,33	3,43
610—620	—	—	—	—	—	—	—	—	8,54	4,88
620—630	—	—	—	—	—	—	—	—	136,80	3,93
630—640	—	—	—	—	—	—	—	—	78,66	3,98
640—650	0,32	0,48	0,20	4,13	4,81	1,18	0,50	3,13	10,12	5,24
660—670	—	—	—	—	—	—	—	—	6,68	5,05
680—690	0,26	0,64	0,20	2,98	3,90	0,38	0,06	3,46	5,55	4,79
710—720	—	—	—	—	—	—	—	—	6,16	5,63
720—730	1,15	0,24	0,16	16,64	17,04	11,05	2,13	3,86	52,20	5,71

CO_2 обнаружен только на глубине 680 см в количестве 0,08.

Таблица 53

Запас солей в почве малой западины типа темно-каштановой (Разрез 111)

Глубина слоя, см	Сумма солей, кг/м ²	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ '	Сумма анионов	Ca''	Mg''	Na'	Сумма сульфатов
0—50	0,3	4,0	0	0	4	3	1	0	0
50—100	0,3	4,7	0	0	5	3	2	0	0
100—150	0,4	4,6	0	0	5	3	2	0	0
150—200	7,2	3,0	2	98	103	79	17	7	550
200—250	3,2	3,4	1	36	40	25	11	4	86
250—300	7,7	3,3	0	62	65	48	17	0	120
300—350	9,5	3,0	1	115	119	91	22	6	340
350—400	6,1	3,0	0	81	84	57	17	10	586
400—450	8,8	2,8	0	120	123	87	18	18	310
450—500	8,4	2,9	1	115	119	79	15	25	100
500—550	3,9	3,6	1	42	47	22	5	20	161
550—600	4,9	3,2	2	63	68	33	8	27	154
600—650	6,4	2,8	2	83	88	52	11	25	522
650—700	3,0	4,4	2	38	44	13	3	28	51
0—700	70,1	48,7	12	853	914	595	149	170	2980

Различия в объемном весе этих почв (рис. 44, а) определяются степенью усадки и степенью структурной переработки профиля, которая сопровождается увеличением выщелоченности и повышением содержания гумуса. Напомним, что при остепнении солончаковых солонцов первоначально происходит усадка и уплотнение их в результате суффозии и последующей

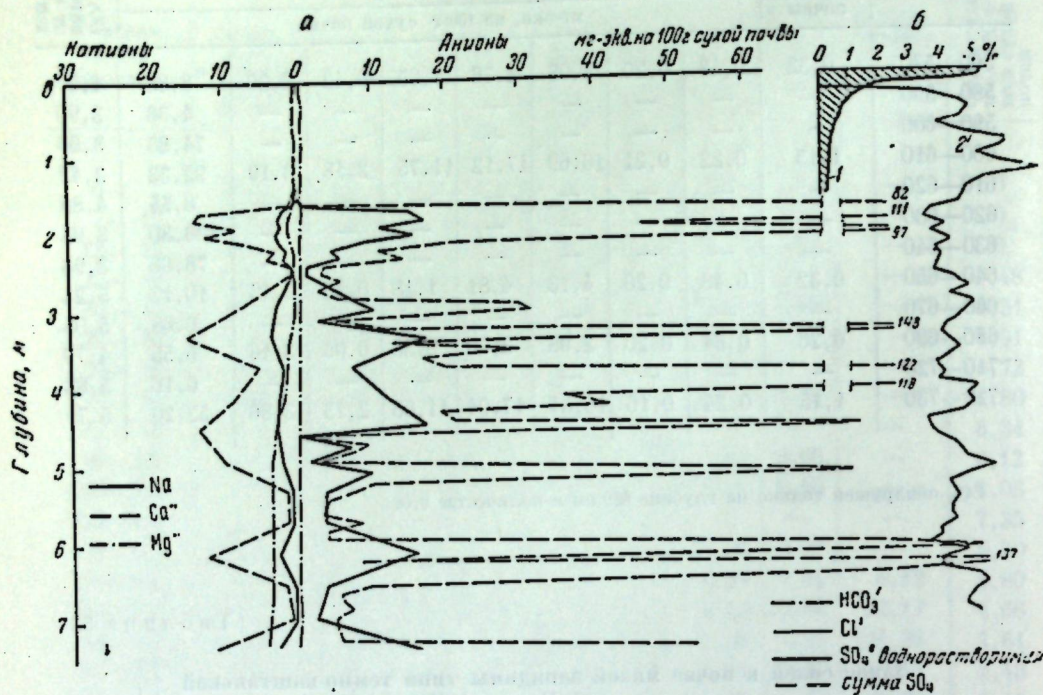


Рис. 43. Солевой, гумусовый и карбонатный профили темно-каштановой почвы западины (разрез 111)

а — водная вытяжка, б — гумус (1) и CO_2 — карбонатов (2)

переупаковки почвенной массы, а потом уже — разрыхление в результате структурной переработки профиля корнями растений. При этом, когда в нижней части профиля продолжается первый процесс (уплотнение), сверху уже начинается второй процесс (разрыхление). Поэтому физические свойства получаемой нами почвы западины, а в том числе объемный вес, будут зависеть от того, на каком этапе эволюции мы ее застали.

На рис. 44, б сопоставлен средний объемный вес этих почв западин с объемным весом светло-каштановых почв микросклонов. Мы видим, что первые представляют собой более позднюю стадию и оседания (во втором метровом слое), и разрыхления (в первом метровом слое).

Таким образом, объемный вес зависит от возраста западины и некоторых, главным образом гидрологических условий ее эволюции (величина водосбора, глубина и частота промачивания и пр.). Естественно, что в разных гидрологических условиях эволюция почв западин типа темно-каштановых в темноцветные может происходить с разной скоростью. Все сказанное выше дает основание предполагать, что из трех разрезов этих почв, объемный вес которых указан на рис. 44, наиболее ранней стадией является разрез 50, более поздней — разрез 111 и еще более поздней — раз-

рез 131 (последний имеет более темный и более мощный гумусовый горизонт).

Высокий удельный вес рассматриваемых почв определяет здесь значительные величины «сжатия», наблюдающегося опять в большей степени в горизонтах, содержащих соли (нижняя часть второго метрового слоя) или еще недавно содержавших их. Во втором метровом слое, где удельный вес возрастает до 2,74—2,76 и даже до 2,79, это заметно особенно отчетливо.

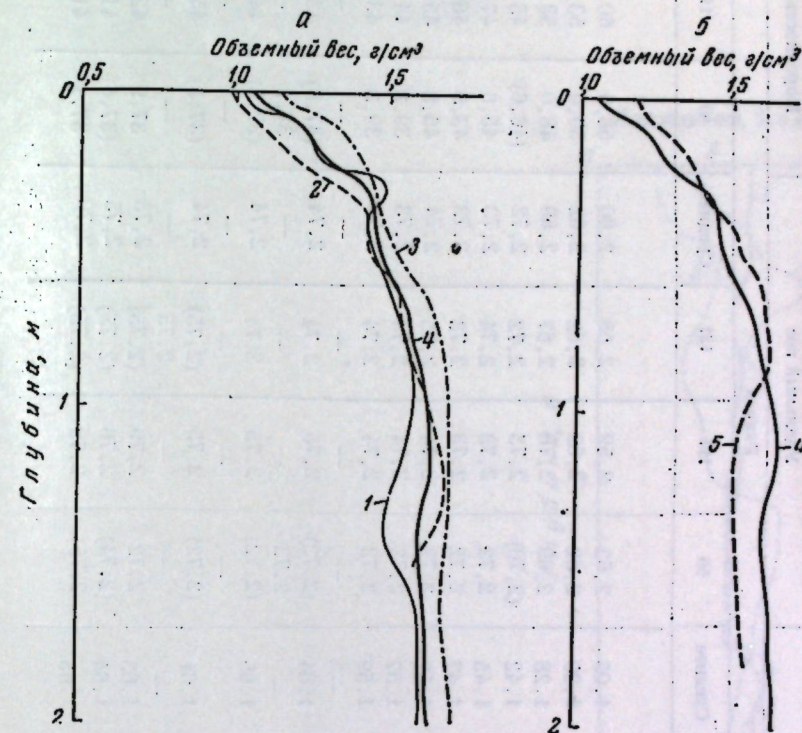


Рис. 44. Изменение по профилю объемного веса темно-каштановых почв западин

1 — разрез 111, 2 — разрез 131, 3 — разрез 50, 4 — средний объемный вес темно-каштановых почв западин, 5 — средний объемный вес светло-каштановых почв микросклонов

а — объемный вес разрезов 111, 131, 50; б — средний объемный вес

В соответствии с высоким объемным весом, порозность профиля этих почв очень низка. Только в верхнем полуметровом слое она приближается к 50% (от 54% на глубине 10 см до 44% на глубине 60 см); ниже 70—80 см она близка к 40%.

Влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости и зависящая от сложения почвы, имеет в большей части профиля ниже 50 см небольшие значения, всего 17—18% (табл. 55 по средним данным). В первом полуметровом слое в верхних 10 см мы находим повышенную влажность (24%), ниже содержание влаги равно 21—19%.

В процессе формирования темноцветной почвы западин из солончакового солонца твердая фаза почвы претерпевает ряд изменений. На стадии почвы типа темно-каштановой отмечается падение способности почвы к набуханию. Это может быть объяснено условием связи между частицами и

Объемный вес, удельный вес и порозность почв западины типа темно-каштановых

Глубина вынута образца, см	Объемный вес, г/см ³				Удельный вес				Порозность, в % от объема почвы			
	Разрез				Разрез				Разрез			
	50	111	131	Среднее	50	111	131	Среднее	50	111	131	Среднее
0-5	1,14	1,02	0,98	1,05	2,62	2,59	2,58	2,60	56,5	60,1	62,0	59,2
5-10	1,31	1,21	1,07	1,20	2,62	2,62	2,62	2,62	50,0	53,8	59,1	54,3
10-20	1,40	1,26	1,18	1,28	2,69	2,70	2,67	2,69	48,0	53,4	55,8	52,4
20-30	(1,44)*	1,49	1,34	1,42	(2,70)	2,73	2,72	2,72	(46,6)	45,4	50,7	52,6
30-40	1,48	1,43	1,43	1,45	2,72	2,73	2,74	2,73	45,6	47,6	47,8	47,0
40-50	1,53	1,46	1,43	1,47	2,72	2,73	2,73	2,73	43,8	46,5	47,6	46,0
50-60	1,53	(1,49)	1,53	1,52	2,72	2,74	2,75	2,74	43,8	45,6	44,3	44,6
60-70	1,65	(1,52)	1,54	1,57	2,72	2,74	2,74	2,73	39,3	44,5	43,7	42,5
70-80	1,65	(1,54)	1,57	1,59	2,72	2,74	2,74	2,73	39,3	43,8	42,7	41,9
80-90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
90-100	1,69	1,59	1,64	1,64	(2,72)	2,75	2,74	2,74	(37,8)	42,2	40,1	40,0
100-110	1,71	—	—	—	2,72	—	—	—	37,1	—	—	—
110-120	1,71	1,54	1,69	1,65	(2,72)	2,75	2,74	2,74	(37,2)	44,0	38,3	39,8
120-130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
130-140	(1,70)	1,50	—	1,61	(2,72)	2,75	(2,75)	2,74	(37,5)	45,4	(40,6)	41,2
140-150	—	—	1,60	—	—	—	2,75	—	—	—	41,8	—
150-160	1,69	1,60	(1,60)	1,63	2,72	2,79	(2,75)	2,75	37,9	42,6	(41,8)	40,8
170-180	(1,71)	1,62	(1,60)	1,64	(2,74)	2,76	(2,75)	2,75	(37,6)	41,3	(41,8)	40,2
190-200	1,73	1,62	(1,60)	1,65	2,75	2,79	(2,75)	2,76	37,1	41,9	(41,8)	40,2

* В скобках данные, полученные интерполяцией

микроагрегатами после осадки почвы. Природа этой связи еще недостаточно ясна. Следствием набухания, как уже отмечалось, является увеличение водоудерживающей способности (влагоемкости) слоев, выведенных на дневную поверхность (на дне ям, выкопанных для определения наименьшей влагоемкости с разной глубины). Увеличение наименьшей влагоемкости распространяется на ту или иную глубину, по-видимому, в том

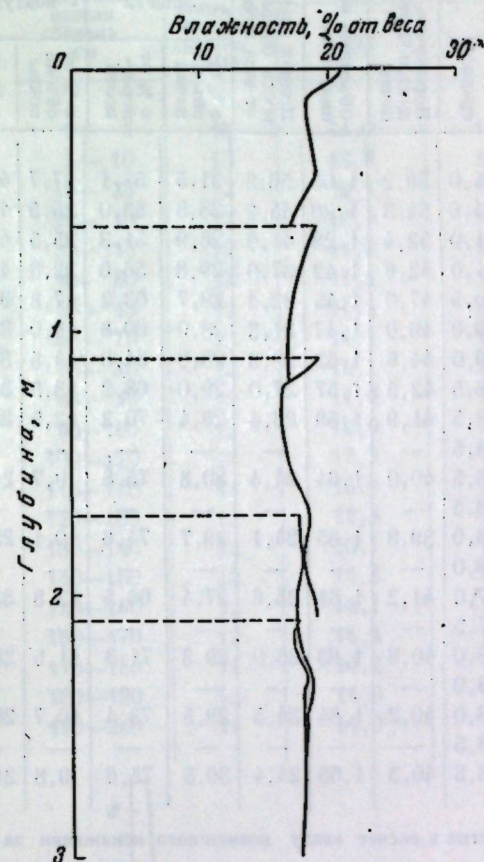


Рис. 45. Наименьшая влагоемкость темно-каштановой почвы западины при определении ее с разной глубины со снятием вышележащих слоев (разрез 111)

Пунктир — глубина поверхности заливаемой площадки

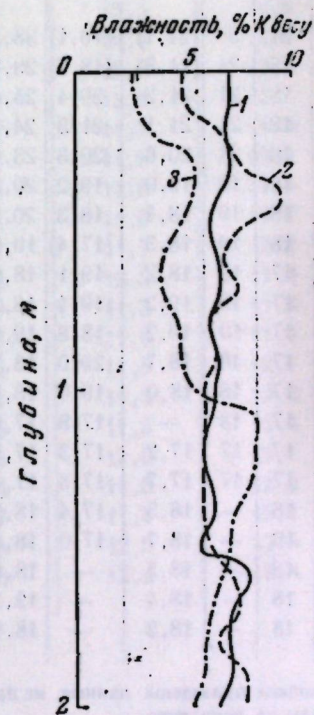


Рис. 46. Изменение по профилю максимальной гигроскопичности:

1 — темно-каштановой почвы западины (разрез 111), 2 — остепненного солонча (разрез 114), 3 — светло-каштановой почвы микроклона (разрез 53)

слое, который испытывает разрыхление при набухании. Частицы и микроагрегаты в этом слое расклиниваются пленками воды, раздвигаются, сложение получается более рыхлым, вследствие чего и может быть удержано дополнительное количество воды. У почвы типа темно-каштановой это явление почти полностью отсутствует.

Максимальная гигроскопичность профиля характеризуется величинами 7—8%; она постепенно уменьшается от 8% в поверхностном слое до 7% на глубине 1,5 м, а ниже 1,5 м дает некоторый скачок до 8—8,5% в гипсовом горизонте. На рис. 46 показано изменение максимальной гигро-

Таблица 55

Некоторые физические свойства почвы западины типа
темно-каштановых

Глубина взятия образца, см	Наименьшая влагоемкость, в % от веса сухой почвы						Порозность (сред- няя), в % от объема почвы	Объемный вес (сред- ний), г/см³	Полная влагоем- кость (средняя), в % от веса почвы	Объем пор при наименьшей влагоемкости, занятых			
	Определе- ние экспе- римен- тальное		Определение по весен- ней влажности							влагой		воздухом	
										в % от объема почвы	в % от пороз- ности	в % от объема почвы	в % от пороз- ности
	111	50			БЗ-2	БЗ-3	площад- ка	среднее					
0—5	21	30	(21,1)*	(16,1)	38,5	25,0	59,2	1,05	56,3	31,5	53,1	27,7	46,9
5—10	18	24	(21,8)	(18,7)	29,8	24,0	54,3	1,20	45,2	28,8	53,0	25,5	47,0
10—20	18	21	21,2	20,4	25,4	21,0	52,4	1,28	41,0	26,9	51,3	25,5	48,7
20—30	18	21	21,1	21,3	24,9	21,0	52,6	1,42	37,0	29,8	56,6	22,8	43,4
30—40	18	21	20,6	20,3	23,6	20,5	47,0	1,45	32,4	29,7	63,2	17,3	36,8
40—50	18	19	19,0	19,2	20,3	19,0	46,0	1,47	31,3	28,0	60,8	18,0	39,2
50—60	18	19	18,4	18,3	20,5	19,0	44,6	1,52	29,3	28,9	64,8	14,5	35,2
60—70	18	19	18,3	(17,4)	19,3	18,5	42,5	1,57	27,0	29,0	68,2	13,5	31,8
70—80	17	19	18,2	19,1	18,9	18,5	41,9	1,59	26,4	29,4	70,2	12,5	29,8
80—90	17	19	19,2	19,4	18,5	18,5	—	—	—	—	—	—	—
90—100	17	19	19,2	18,8	19,0	18,5	40,0	1,64	24,4	30,3	75,8	9,7	24,2
100—110	17	18	18,7	20,0	18,7	18,5	—	—	—	—	—	—	—
110—120	17	18	18,0	19,0	18,3	18,0	39,8	1,65	24,1	29,7	74,6	10,1	25,4
120—130	17	18	—	17,8	17,9	18,0	—	—	—	—	—	—	—
130—140	17	17	17,2	17,3	17,5	17,0	41,2	1,61	25,6	27,4	66,5	13,8	33,5
140—150	17	17	17,7	17,3	17,4	17,5	—	—	—	—	—	—	—
150—160	18	—	18,5	17,4	18,3	18,0	40,8	1,63	25,0	29,3	71,8	11,5	28,2
160—170	18	—	18,7	17,0	18,3	18,0	—	—	—	—	—	—	—
170—180	18	—	18,5	—	18,8	18,0	40,2	1,64	24,5	29,5	73,4	10,7	26,4
180—190	18	—	18,4	—	19,2	18,5	—	—	—	—	—	—	—
190—200	18	—	18,2	—	18,9	18,5	40,3	1,65	24,4	30,5	75,6	9,8	24,4

* В скобках приведены данные, не принятые в расчет ввиду возможного искажения за счет потери воды на испарение.

скопичности в профиле почв, образовавшихся при остепнении солонцов: светло-каштановой почвы микросклона, темно-каштановой почвы западины и остепненного солонца. Для всех них, как видно, характерна повышенная гигроскопичность на глубине 30—40 см, т. е. в горизонте, сохраняющем реликтовые черты солонцового, и в горизонтах, содержащих соли.

Влажность завядания имеет в профиле тоже довольно устойчивую величину: для верхних 40 см она равна 13%, ниже — 12%. Отношение БЗ: МГ в верхнем слое равно 1,60—1,70, а в третьем полуметровом слое 1,50, т. е. довольно высокое по сравнению со средними коэффициентами. Величины влажности завядания, определенные экспериментально, близко совпадают с предельной минимальной влажностью, создающейся в почве под травянистой целинной растительностью (табл. 56).

Судя по данным для разреза 111 (табл. 57), общий запас неактивной влаги в почвах типа темно-каштановых в двухметровом слое равен 360 мм, а активной влаги — всего 170 (запас при влажности, равной наименьшей влагоемкости, 530 мм), т. е. вдвое меньше. Следовательно, запас при

Таблица 56

Влажность завядания, определенная вегетационным методом,
и минимальная летне-осенняя влажность в почве западины типа
темно-каштановой
(1952 г.; в % от веса сухой почвы)

Глубина взятия образца, см	Влаж- ность за- вядания (разрез 111)	Минимальная влажность (площадка 18)			
		5.VII	2.VIII	4.IX	8.X
0—5	13	14,0	12,1	14,6	19,7
5—10	13	12,8	15,7	13,5	12,8
10—20	12	12,1	13,4	12,4	12,9
20—30	12	12,9	13,1	12,5	12,9
30—40	13	11,9	11,9	12,8	12,7
40—50	12	11,4	11,5	11,7	11,9
50—60	12	11,4	11,3	11,9	12,2
60—70	12	11,1	11,5	11,5	11,6
70—80	12	12,1	11,4	11,0	11,7
80—90	12	11,9	11,7	11,7	12,2
90—100	12	12,0	11,6	12,3	11,9
100—110	12	12,5	11,9	11,3	11,8
110—120	12	13,0	11,8	11,0	11,6
120—130	12	12,8	12,4	11,8	12,1
130—140	12	13,7	12,1	11,9	12,2
140—150	12	14,3	12,5	11,5	12,4
150—160	12	14,1	12,5	11,9	12,1
160—170	12	14,4	12,4	11,8	12,2
170—180	11	14,2	12,7	11,8	12,1
180—190	12	14,0	13,3	12,9	12,5
190—200	11	14,0	14,0	12,4	12,8

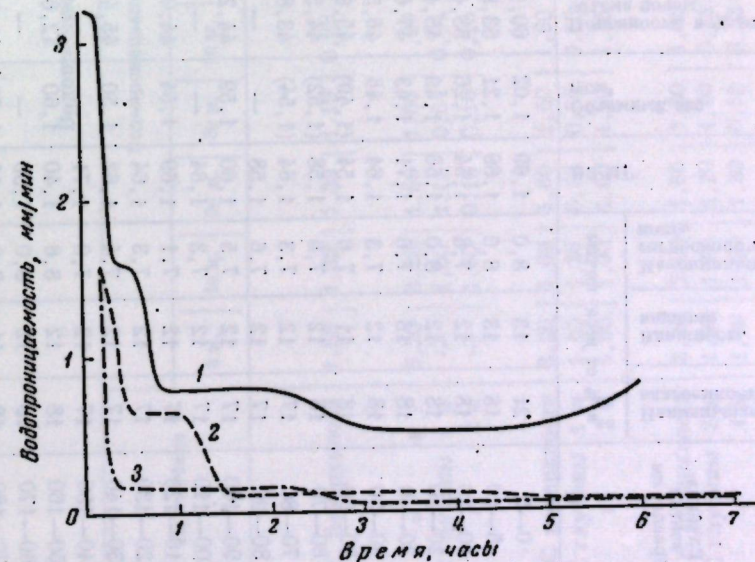


Рис. 47. Динамика водопроницаемости (кривые впитывания) темно-каштановой почвы западины (разрез 111)
1 — с поверхности, 2 — с глубины 1 м, 3 — с глубины 2 м

влажности завядания составляет 68% от запаса при наименьшей влагоемкости. В том же разрезе 111 порозность различных категорий увлажнения оказывается очень однородной по профилю (табл. 57). Они мало изменяются в профиле и отличаются друг от друга примерно на одну и ту же величину (линии порозности, занятой разными категориями воды, идут почти параллельно). Порозность аэрации тоже мало изменяется, за исключением верхнего полуметрового слоя. Вверху она вдвое больше и быстро падает вниз параллельно уже общей порозности, так как разрыхление почвы (и искусственное, и естественное — структурное) приводит к увеличению главным образом содержания воздуха, а уплотнение — к снижению его.

Порозность переменного увлажнения составляет в профиле более или менее постоянную величину, не превышающую 10% от объема почвы.

Водопроницаемость, достаточно высокая с поверхности, определяется той высокой порозностью, которую имеет верхний 30—40-сантиметровый слой темно-каштановой почвы западин. Ниже, где почва уплотнена, водопроницаемость резко падает (табл. 58).

Как видно из рис. 47, резкое падение водопроницаемости отмечается иногда уже в начале определения — в течение первых 1—1,5 час. В почвах, сохранивших в большей степени остаточно-солонцеватый горизонт, падение водопроницаемости начинается уже в нем с глубины 20 см (разрез 146).

Резкая разница в водопроницаемости верхнего горизонта и горизонтов, лежащих ниже 0,5 м, приводит к сильному боковому растеканию, вследствие чего контур смоченности, обнаруженный раскопкой, заметно сплюснут (рис. 48). Но все же он значительно более вытянут в вертикальном направлении, чем контур смоченности светло-каштановых почв микросклонов и остепненных солонцов, что вполне объяснимо лучшей структурой этих почв.

Данные о мощности капиллярной каймы у рассматриваемых почв (рис. 49) свидетельствуют о том, что мощность каймы и ее строение, по-видимому, близки к таковым у других почв.

Почвы типа каштановых, занимающие склоны и большие падьи

Нам остается рассмотреть еще почвы склонов больших падьей, которые охарактеризованы разрезом 172, представляющим светло-каштановую почву. Этот разрез сделан не на участке стационара, а в 15 км к востоку от него, в колхозе Эмбекин, вблизи от куста лоха, который когда-то входил в лесную полосу, окольцовывавшую большую падину.

В составе травянистой растительности около этого разреза преобладает острец. Кроме него, встречаются типчак, ромашка, полынь белая, полынь австрийская, качим метельчатый.

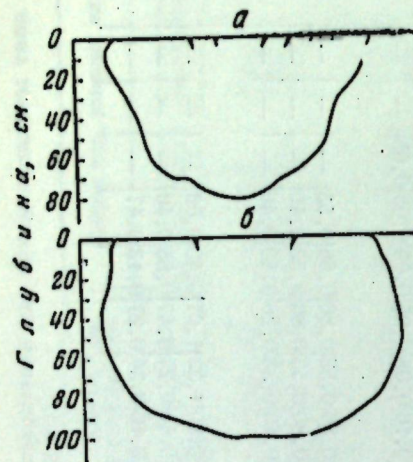


Рис. 48. Контуры смачивания темно-каштановых почв западин после определения водопроницаемости
а — разрез 111, б — разрез 50. Горизонтальный масштаб равен вертикальному

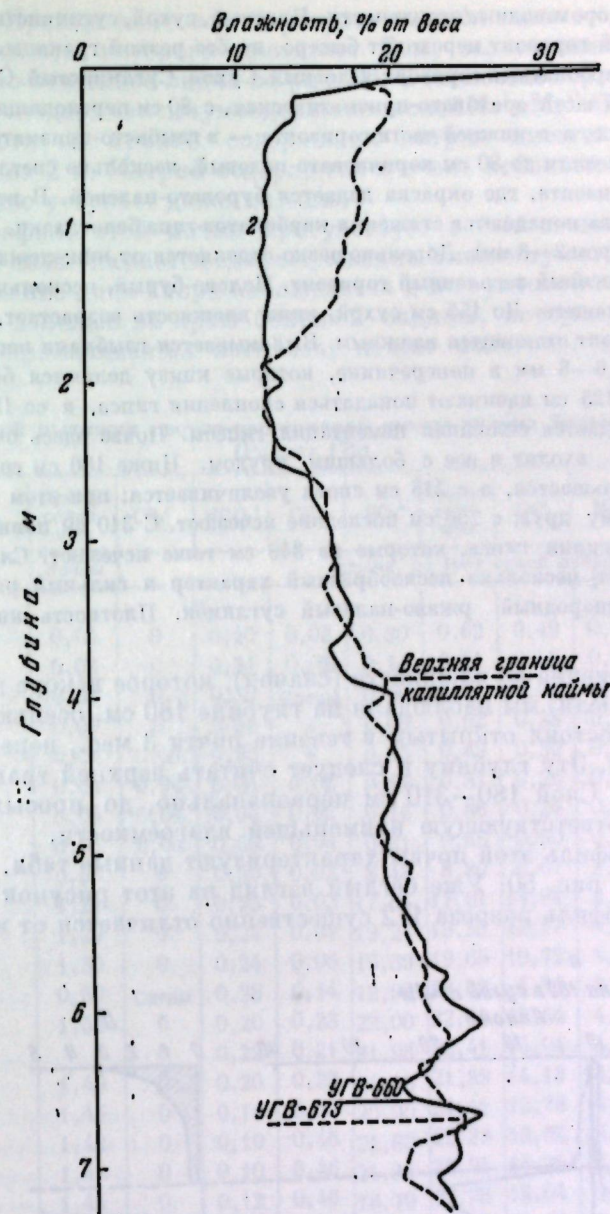


Рис. 49. Кривые распределения влажности в темно-каштановой почве западины, площадка 18
1 — 14 мая 1952 г., 2 — 18 марта 1953 г.

Морфологическое строение почвы в этом разрезе таково:

- 0—22 см. Гумусовый горизонт. Темно-серого цвета. По структуре распадается на два подгоризонта: 0—6 см — рыхловатый, с непрочной тонкослоистой структурой и 6—22 см — более плотный, с комковатой структурой. Сухой, суглинистый. В нижележащий горизонт переходит быстро.
- 22—40 см. Переходный по гумусу горизонт. Серовато-коричневый, с 30 см — палевко-коричневый. С 26 см вскипает с соляной кислотой. Распадается на вертикально вытянутые призмы, которые в свою очередь распадается

на ореховидные отдельности. Плотный, сухой, суглинистый. В нижележащий горизонт переходит быстро, но без резкой границы.

40—135 см. Карбонатный горизонт. Плотный. Сухой. Суглинистый. Структура в верхней части ореховато-призматическая, с 80 см переходящая в призматическую, а в нижней части горизонта — в глыбисто-призматическую. В верхней части до 80 см коричнево-палевый, несколько светлее нижней части горизонта, где окраска делается буровато-палевой. В верхней части изредка попадаются стяжения карбонатов типа белоглазки, но мелкие (диаметром 2—3 мм). Довольно резко отделяется от нижележащего горизонта.

135—340 см. Гипсовый засоленный горизонт. Палево-бурый, несколько светлее вышележащего. До 155 см сухой, ниже влажность возрастает, а со 180 см горизонт становится влажным. Выламывается глыбками неправильной формы 6—8 мм в поперечнике, которые книзу делают более крупными. Со 135 см начинают попадаться скопления гипса, а со 150 до 180 см наблюдается сплошная цементация гипсом. Почва здесь очень плотная — нож входит в нее с большим трудом. Ниже 180 см содержание гипса уменьшается, а с 215 см снова увеличивается; при этом гипс принимает форму друз; с 250 см последние исчезают. С 310 см появляются светлые прожилки гипса, которые на 340 см тоже исчезают. Слой 330—340 см имеет несколько пескообразный характер и сильный ржавый оттенок.

340—500 см. Однородный ржаво-палевый суглинок. Плотность книзу нарастает.

Резкое изменение во влажности (скачок), которое вскоре после закладки разреза (1 июля) мы наблюдали на глубине 180 см, осенью, после того как разрез простоял открытым в течение почти 3 мес., переместилось на глубину 310 см. Эту глубину и следует считать верхней границей капиллярной каймы. Слой 180—310 см первоначально, до просыхания, имел влажность, соответствующую наименьшей влагоемкости.

Солевой профиль этой почвы характеризуют данные табл. 59 и составленный по ним рис. 50. Уже беглый взгляд на этот рисунок показывает, что солевой профиль разреза 172 существенно отличается от всех рассмот-

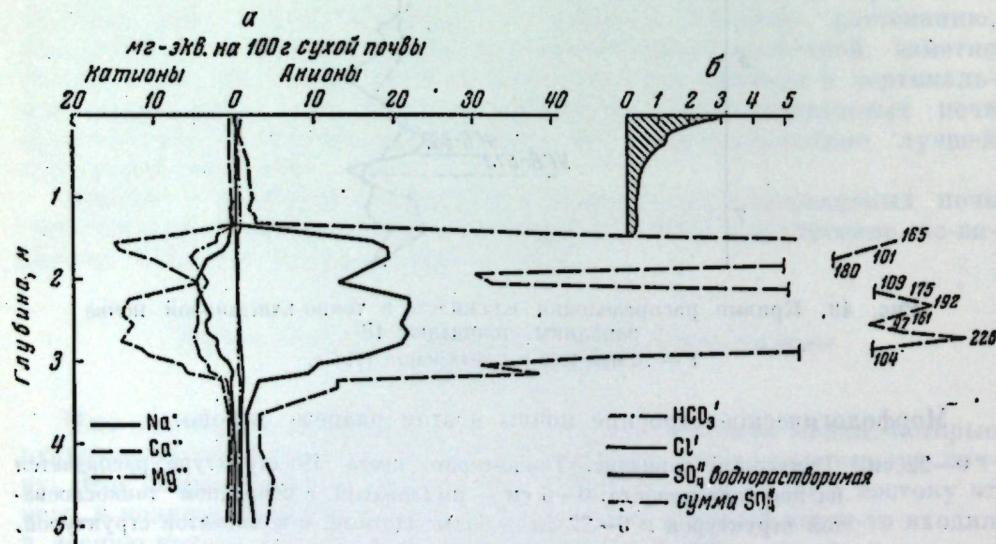


Рис. 50. Солевой (а) и гумусовый (б) профили светло-каштановой почвы склона к большой падине (разрез 172)

ренных ранее. Прежде всего в этом разрезе имеется только один гипсовый горизонт, мощность которого достигает 2 м, залегающий на глубине 150—350 см. Это отчетливо видно на рис. 36. С гипсовым горизонтом совершенно точно совпадает максимум содержания солей Na⁺ и Mg⁺⁺. Эти максимумы растянуты, хотя на кривой содержания натрия имеется сглаженный «пик» на глубине 2 м. Натрий содержится в очень небольшом количестве, и по содержанию уступает даже магнию.

Хлор в профиле этой почвы присутствует в ничтожном количестве; на глубине 330 см наблюдается едва выраженный максимум его содержания. Низкое содержание иона хлора наблюдается и в грунтовой воде. Поскольку этот разрез заложен на краю большой падьи, которая, несомненно, периодически промачивается насквозь, можно полагать, что отсутствие

Таблица 59

Состав водной вытяжки светло-каштановой почвы склона большой падьи (Разрез 172)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса почвы	CO ₃ [']	HCO ₃ [']	Cl [']	SO ₄ [']	Сумма анионов	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Сумма сульфатов
		мг-экв. на 100 г сухой почвы								
0—6	0,03	0	0,40	0,02	0,20	0,62	0,49	0,13	0	1,07
6—14	0,03	0	0,34	0,03	0,14	0,51	0,53	0,12	0	1,71
22—30	0,03	0	0,59	Следы	0,06	0,65	0,61	0,12	0	0,72
40—50	0,03	0	0,56	»	0,06	0,62	0,53	0,20	0,20	1,74
100—110	0,04	0,04	0,60	»	0,05	0,69	0,30	0,17	0,22	2,31
110—120	0,04	0,04	0,64	0,02	0,11	0,81	0,23	0,13	0,45	1,91
120—130	0,05	0,04	0,64	0,02	0,16	0,86	0,24	0,15	0,47	2,58
130—140	0,05	0,04	0,56	0,04	0,21	0,85	0,30	0,17	0,38	2,33
140—150	0,58	0	0,30	0,02	8,48	8,80	6,07	2,18	0,55	33,61
150—160	1,21	0	0,25	0,02	17,64	17,91	14,94	2,31	0,66	165,64
160—170	1,29	0	0,24	0,04	19,27	19,55	13,17	4,62	1,76	101,46
170—180	1,30	0	0,24	0,06	19,39	19,69	10,72	5,53	3,44	80,42
200—210	0,89	Следы	0,28	0,14	12,90	13,32	4,84	3,52	4,96	32,06
220—230	1,50	0	0,20	0,23	22,00	22,43	13,54	4,72	4,17	175,15
		0	0,22	0,21	21,98	22,41	14,04	4,78	3,59	192,33
230—240	1,49	0	0,20	0,23	21,46	21,89	14,13	4,68	3,08	161,39
240—250	1,45	0	0,14	0,37	20,90	21,41	12,78	4,75	3,88	97,03
250—260	1,42	0	0,10	0,46	21,83	22,39	13,63	5,15	3,61	177,00
260—270	1,48	0	0,10	0,46	21,35	21,91	14,25	5,23	2,43	266,23
270—280	1,45	0	0,12	0,46	18,70	19,28	12,04	4,85	2,39	104,08
280—290	1,27	0	0,14	0,62	16,24	17,00	10,46	4,60	1,94	47,98
300—310	0,72	0	0,28	0,42	10,46	11,16	6,73	3,63	0,80	30,94
310—320	0,63	0	0,26	0,54	9,06	9,86	6,16	3,35	0,35	38,42
320—330	0,24	0	0,37	0,84	2,70	3,91	1,68	1,52	0,70	12,85
360—370	0,10	Следы	0,36	0,27	1,09	1,72	1,01	0,07	0	3,01
400—410	0,12	»	0,40	0,28	1,36	2,04	0,99	0,73	0,32	2,84
440—450	0,14	0	0,40	0,28	1,49	2,17	1,15	0,82	0,20	4,60
480—490	0,15	0	0,40	0,20	1,89	2,49	1,29	1,05	0,15	3,99
Содержание в грунтовой воде: на 100 г. сухой почвы	0,06	0	0,10	0,12	0,76	0,99	0,47	0,39	0,12	—
г/л	2,42	0	4,06	4,70	30,29	39,05	18,62	15,47	4,96	—

хлора связано с общей рассоленностью; характерной для палин. В годы сквозного промачивания, как известно, под палинами образуется купол грунтовых вод, который, постепенно растекаясь в стороны, обессоливает не только самую палину, но и ее периферию.

Вместе с тем необходимо отметить, что полное совпадение максимумов содержания гипса (соли слаборастворимой и поэтому способной лишь медленно передвигаться в почвенном профиле) и легкорастворимых (а поэтому легко подвижных) сульфатов натрия и магния свидетельствует о том, что существующее распределение солей сложилось здесь более или менее давно и существенным изменениям не подвергалось. Исключение могли составить редкие и незначительные промачивания (скорее, просырения) соленосного горизонта, которые, возможно, сдвинули в нижнюю часть соленосного горизонта максимум содержания иона хлора и несколько сместили к низу максимум содержания иона натрия. Иными словами, в настоящее время данная почва обладает водным режимом непромывного типа, причем наибольшая глубина промачивания не превышает 2 м.

Ввиду небольшого содержания солей в этом разрезе мы не стали подсчитывать их запаса и ограничились подсчетом запаса суммы сульфатов. Результаты получились следующие.

Глубина слоя, см	Запас, г-экв/м ²	Глубина слоя, см	Запас, г-экв/м ²
0—50	1,5	250—300	724,0
50—100	3,0	300—350	167,0
100—150	68,5	350—400	23,2
150—200	714,0	400—450	29,6
200—250	1072,0	450—500	34,4
0—500		2839,2	

Как видим, запас суммы сульфатов оказался близким к минимальному в солончаковых солонцах (таблица 11, разрез 7, стр. 49).

По содержанию и распределению гумуса разрез 172 не отличается от светло-каштановых почв микросклонов (см. табл. 43).

Темноцветные черноземовидные почвы западин

Темноцветные почвы западин занимают, как это видно из прилагаемых карт ключей (см. рис. 3—8), замкнутые углубления микрорельефа диаметром от нескольких метров до 15—20 м, имеющие более или менее округлую, реже — вытянутую форму. Глубина этих понижений варьирует в пределах от 3 до 25 см; чаще она равняется 12—15 см (Мозесон, 1952, 1955).

Растительный покров, который мы встречаем на темноцветных почвах западин, представлен стениными группировками, ведущую роль в которых, по данным Каменецкой (1952), играют злаки: типчак, житняк гребневидный, мятлик луковичный, тырса, острец и тонконог. Из разнотравия более распространены подмаренник русский и люцерна стениная. Всего по западинам встречается свыше 80 различных видов растений, в том числе кустарники — спирея зверобоелистная и, реже, городчатая.

Темноцветные почвы западин имеют следующее строение профиля.

Профиль начинается хорошо выраженным гумусовым горизонтом, мощность которого варьирует от 18 до 40 см и в среднем равна 32 см (табл. 60). В верхней части гумусового горизонта довольно резко отделяется дернина, мощность которой равна 5—6 см; дернина окрашена в темно-серый

Таблица 60

Некоторые морфологические признаки темноцветных почв западин
(в сантиметрах)

Разрез	Глубина вскип- пания	Гумусовый горизонт		Переходный вы- щелоченный горизонт		Горизонт белоглазки (илиювиально-карбонатный)			Гипс и соли появляются с глубины, см
		глубина нижней границы	мощ- ность	глубина нижней границы	мощ- ность	глубина верхней границы	глубина нижней границы	мощ- ность	
2	32	24	24	45	21	—	—	—	До 600 нет
4	50	35	35	50	15	80	125	45	» 700 »
6	60	40	40	60	20	100	140	40	» 650 »
8	48	24	24	48	24	84	160	76	» 700 »
10	57	40	40	60	20	80	100	20	» 400 »
11	56	34	34	56	22	70	115	45	До 600 нет
56	52	35	35	52	17	115	140	25	» 200 »
60	58	35	35	58	23	70	90	20	» 200 »
20	36	27	27	36	9	75	90	15	» 200 »
51	53	29	29	53	24	85	170	85	» 700 »
128—П	58	38	38	58	20	—	—	—	—
130—П	37	26	26	37	11	—	—	—	—
152	50	40	40	50	10	—	—	—	До 200 нет
309	28	18	18	40	22	40	60	20	» 155 »

цвет, который при увлажнении переходит в черный. Структура пористо-мелкокомковатая. Рыхлый. Очень густо пронизан корнями. Суглинистый. От нижележащей части гумусового горизонта резко отделяется по плотности и пронизанности корнями; по цвету — не отличается. Остальная часть гумусового горизонта окрашена тоже в темно-серый цвет, при увлажнении переходящий в черный. Структура комковато-призматическая, к низу переходящая в призматическую. В сухом состоянии призма отделены друг от друга тонкими трещинами и распадаются при выламывании на комки 2—3 см в поперечнике. В верхней части до глубины 12—14 см иногда бывает заметна плохо выраженная слоеватость. По механическому составу этот горизонт суглинистый. Довольно густо пронизан корнями. Иногда встречаются кротовины небольшого диаметра (около 3 см), заполненные светлым материалом и принадлежащие, вероятно, полевым. В нижней половине профиля появляется слабый коричневатый оттенок, который к низу усиливается. В нижележащий переходит быстро, но без резкой границы.

Под гумусовым горизонтом находится переходный выщелоченный от карбонатов горизонт. Его мощность в среднем равна 18 см с варьированием от 9 до 24 см. Окрашен в буровато-палевый цвет с хорошо заметным коричневым оттенком. Суглинистый, довольно плотный. Структура орексовато-призматическая, отчетливо выраженная, по трещинам выламывается призмами, которые при раздавливании легко распадаются на остроугольные отдельности диаметром 3—5 мм в верхней части и 15—20 мм в нижней.

В нижней части этого горизонта иногда наблюдается слабое вскипание с соляной кислотой, средняя глубина которого равна 50 см при варьировании от 32 до 60 см; глубина нижней границы переходного горизонта

в среднем равна 50 см с варьированием от 36 до 60 см. В нижележащий горизонт переходит постепенно. В переходном горизонте часто встречаются вертикально вытянутые, иногда ветвящиеся кротовины около 3 см в поперечнике, заполненные материалом из гумусового горизонта. Корней значительно меньше, чем в вышележащем горизонте.

Под переходным горизонтом мы находим иллювиально-карбонатный горизонт. Его мощность варьирует от 20 до 85 см, в среднем 39 см. Этот горизонт имеет суглинистый механический состав, высокую плотность.

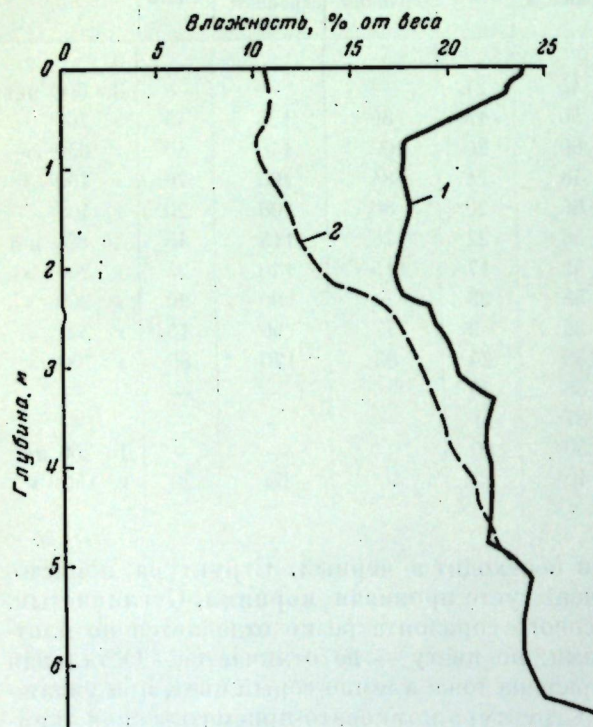


Рис. 51. Кривые распределения влажности в темноцветной почве (площадка 5, разрез 1, 1951 г.)

1 — весной, 2 — осенью

зу почти исчезающая; это обусловлено нарастанием влажности и появлением в связи с этим слитости. Данным горизонтом и заканчивается почвенный профиль, нижней границей которого следует считать нижнюю границу корнеобитаемого слоя, проходящую на глубине 300—350 см.

В профиле некоторых темноцветных почв западин встречается также гипсовый горизонт, глубина залегания которого варьирует очень сильно. Наиболее близкое к поверхности залегание гипсового горизонта было обнаружено нами в разрезе 309 — на глубине 155 см. В тех случаях, когда в темноцветных почвах западин мы находили гипсовый горизонт, в нем обнаруживались небольшие (1—2 см в поперечнике) пустоты, оставшиеся после растворения и вымывания скоплений гипса.

Представление о режиме влажности темноцветных почв западин дает рис. 51, на котором изображены кривые распределения влажности для двух периодов: весны и осени.

А. Ф. Большаков (1936) установил, что темноцветные почвы западин обладают водным режимом промывного или периодически промывного

Палево-бурый, светлее вышележащих горизонтов, вероятно, вследствие накопления рассеянных карбонатов. По этому горизонту встречается плохо оформленная и редкая белоглазка. Структура призматическая. Наблюдаются такие же кротовины, как и в вышележащем горизонте. В следующий горизонт переходит постепенно и отличается от него, кроме исчезновения белоглазки, сухостью и более светлым оттенком.

Следующий горизонт, начинающийся с 90—170 см, в среднем со 120 см, может быть назван карбонатным. Он имеет палево-бурю окраску, несколько более темную, чем вышележащий горизонт, вследствие меньшего содержания карбонатов и более высокой влажности. Структура призматическая, кни-

Таблица 61

Механический состав темноцветной почвы западин (разрез 51; в % от веса сухой бескарбонатной почвы)

Глубина залегания образца, см	Горизонт	Размеры частиц, мм					
		1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001
0—10	Гумусовый	0,7	9,5	35,9	8,9	12,8	32,2
20—30	»	0,8	5,0	39,6	7,5	11,7	55,4
40—50	Переходный	0,1	3,3	42,1	9,4	8,0	37,1
100—110	Иллювиально-карбонатный	0,1	1,5	48,7	2,6	13,9	33,2
200—210	Подпочвенный (порода)	0	5,8	48,3	8,0	8,8	29,1
300—310	То же	0	11,2	45,7	2,3	9,3	31,5
400—410	»	0	6,2	42,3	7,5	10,5	33,5
500—510	»	0	8,8	45,7	9,5	7,4	28,6
600—610	»	0	5,3	56,1	4,5	7,1	27,0
680—690	»	0	17,3	48,7	4,2	5,4	24,4

типа, т. е., что они, если не каждый год, то во всяком случае в годы с более высоким увлажнением промываются насквозь, до грунтовых вод. Степень увлажнения темноцветных почв определяется не столько суммой осенне-зимних осадков, сколько условиями снеготаяния — его быстротой, степенью осенней смоченности и промерзания почвы. От этих двух условий зависит появление и интенсивность поверхностного стока, первым результатом которого бывает заполнение западин талыми водами, что и является необходимой предпосылкой для сквозного промачивания темноцветных почв.

Выводы Большакова были подтверждены наблюдениями 1950—1951 гг. (Польский и Роде, 1952), на основании которых построены кривые влажности рис. 51. Из этого рисунка мы видим, что весной весь профиль темноцветной почвы насыщается водой до влажности, равной наименьшей влагоемкости, что и обуславливает происходящее в это время сквозное промачивание.

В течение лета почвенный профиль просыхает. При этом в верхнем слое 100—120 см влажность падает до величины, равной влажности завядания (около 11%), ниже идет толща, в которой влажность постепенно нарастает с глубиной и на глубине около 3 м достигает величины наименьшей влагоемкости. Судя по расхождению весенней и осенней кривых рис. 56, общая глубина летнего иссушения в годы со сквозным промачиванием достигает не менее 5 м. Однако глубина значительного иссушения достигает лишь 2 м с небольшим. Капиллярная кайма начинается в четвертом метровом слое; ее мощность равна примерно 3 м.

Сквозное промачивание, как сказано выше, может быть не ежегодным. Частота его повторяемости, а также количество влаги, уходящей в грунтовые воды, зависит, с одной стороны от погодных условий данного года (запаса влаги в снеговом покрове, условий снеготаяния, степени и глубины промерзания почвы и т. д.), а с другой стороны, от размеров и глубины самой западины и размеров ее водосборного бассейна. В связи с этим и степень промывности или обессоленности темноцветных почв западин может быть весьма различной, в чем мы убедимся ниже.

Механический состав темноцветной почвы западин (разреза 51) представлен в табл. 61 и на рис. 52. Из этих данных мы видим, что в общем

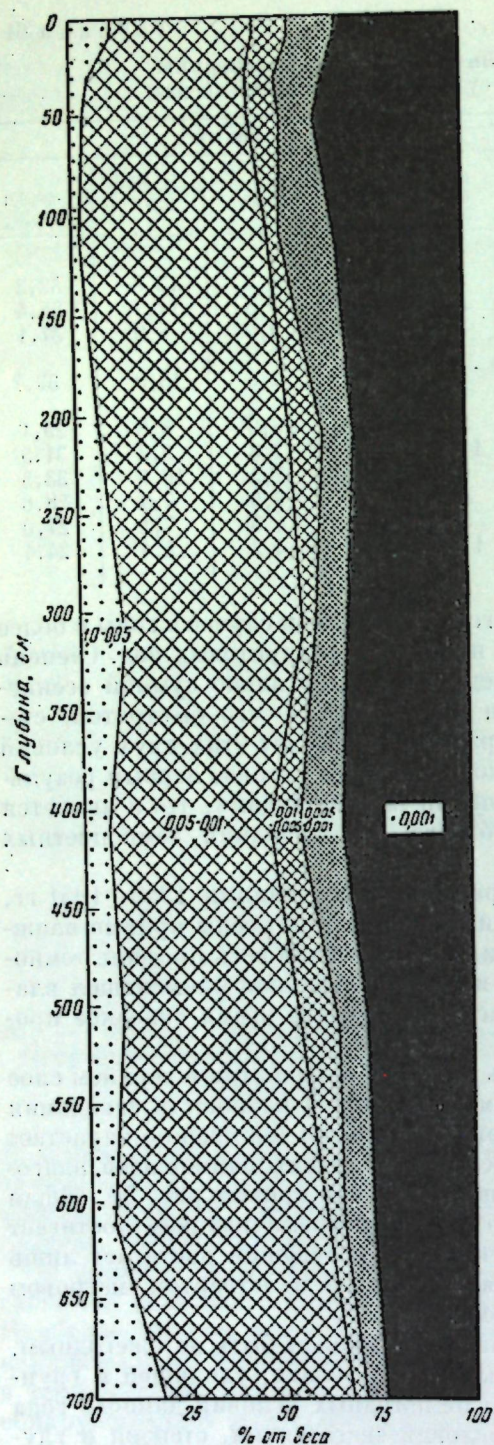


Рис. 52. Изменение по профилю механического состава темноцветной почвы западины (разрез 51)

нарастает внизу, начиная с конца четвертого метра) и Mg^{++} , который, начиная с третьего метра, присутствует в небольшом количестве во всем профиле. Грунтовая вода (табл. 62 и 63) имеет сухой остаток свыше 5 г/л;

механический состав по профилю изменяется мало. Однако на глубине около 40—50 см (в переходном горизонте) наблюдается несколько большее накопление илистых частиц по сравнению с гумусовым горизонтом и с породой. В этом же горизонте незначительно возрастает содержание частиц размером 0,05—0,01 мм и уменьшается содержание частиц размером 0,25—0,05 мм. Чем вызваны все эти явления, сказать пока трудно, не имея валовых анализов. С равной степенью вероятности причину их можно видеть и в неоднородности наноса, и в процессе оглинения, которому подвергаются частицы пыли.

Напомним, что аналогичный максимум накопления илистых частиц на глубине около 50 см мы констатировали и в солончаковых солонцах.

По механическому составу верхняя часть почвенно-грунтовой толщи является тяжелым пылевато-иловатым суглинком, который на глубине около 5 м переходит в средний пылевато-иловатый суглинок.

Выше, говоря об особенностях водного режима, мы указали, что темноцветные почвы западин, в зависимости от различных условий, влияющих на поступление в них влаги, отличаются большой неустойчивостью в отношении степени их промывности и выщелоченности. Табл. 62 и рис. 53 и 54 иллюстрируют сказанное. На рис. 53 изображен солевой профиль разреза 309. Мы видим, что в этом профиле еще сохранились легкорастворимые соли, хотя и в незначительном количестве. По всему профилю, начиная со второго метра, прослеживается содержание Cl^- (который на глубине 100—220 см дает небольшой, растянутый максимум), Na^+ (содержание которого

Таблица 62
Состав водной вытяжки, сумма сульфатов и CO_2 карбонатов в темноцветных черноземовидных почвах западин

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса почвы	Водная вытяжка							Сумма сульфатов	CO ₂ карбо- натов, в % от веса су- хой почвы
		HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ "	Сумма анио- нов	Ca"	Mg"	Na'		
		мг-экв. на 100 г сухой почвы								
Разрез 309										
0—5	0,02	0,24	0,04	0,08	0,37	0,24	0,02	0,11	0,88	—
50—60	0,03	0,52	0,04	0,02	0,58	0,47	0,02	0,09	1,09	—
100—110	0,03	0,43	0,08	0,02	0,53	0,44	0,06	0,03	1,59	—
150—160	0,13	0,34	1,52	0,48	2,34	1,54	0,05	0,74	2,55	—
190—200	0,29	0,27	1,58	2,86	4,71	3,44	1,05	0,22	5,82	—
200—210	—	—	—	—	—	—	—	—	24,80	—
210—220	—	—	—	—	—	—	—	—	36,45	—
220—230	—	—	—	—	—	—	—	—	18,70	—
230—240	0,76	0,25	0,24	11,03	11,53	9,70	1,30	0,52	44,83	—
240—250	—	—	—	—	—	—	—	—	49,28	—
250—260	—	—	—	—	—	—	—	—	54,10	—
260—270	—	—	—	—	—	—	—	—	9,44	—
270—280	0,72	0,28	0,18	10,41	10,88	8,97	1,63	0,27	32,68	—
280—290	—	—	—	—	—	—	—	—	64,30	—
290—300	—	—	—	—	—	—	—	—	83,35	—
300—310	—	—	—	—	—	—	—	—	18,26	—
310—320	0,45	0,30	0,16	6,38	6,85	5,04	1,42	0,38	41,47	—
320—330	—	—	—	—	—	—	—	—	82,74	—
330—340	—	—	—	—	—	—	—	—	67,38	—
340—350	—	—	—	—	—	—	—	—	136,98	—
350—360	1,13	0,25	0,18	16,63	16,97	14,29	2,69	0,0	196,61	—
360—370	—	—	—	—	—	—	—	—	152,29	—
370—380	—	—	—	—	—	—	—	—	41,30	—
380—390	—	—	—	—	—	—	—	—	5,07	—
390—400	0,41	0,27	0,21	5,85	6,33	4,35	1,56	0,42	16,54	—
400—410	—	—	—	—	—	—	—	—	3,92	—
410—420	—	—	—	—	—	—	—	—	11,25	—
420—430	—	—	—	—	—	—	—	—	4,15	—
430—440	0,88	0,25	0,21	12,84	13,30	10,43	2,79	0,08	42,82	—
440—450	—	—	—	—	—	—	—	—	87,24	—
450—460	—	—	—	—	—	—	—	—	18,75	—
460—470	—	—	—	—	—	—	—	—	31,05	—
470—480	1,17	0,22	0,25	17,21	17,68	14,31	2,92	0,44	47,93	—
480—490	—	—	—	—	—	—	—	—	25,65	—
490—500	—	—	—	—	—	—	—	—	19,00	—
500—510	—	—	—	—	—	—	—	—	16,69	—
510—520	0,33	0,30	0,27	4,54	5,11	2,86	1,14	1,11	14,07	—
520—530	—	—	—	—	—	—	—	—	9,74	—
530—540	—	—	—	—	—	—	—	—	6,55	—
540—550	—	—	—	—	—	—	—	—	8,25	—
550—560	0,30	0,30	0,30	4,03	4,64	2,26	0,84	1,53	9,96	—
560—570	—	—	—	—	—	—	—	—	48,02	—
570—580	—	—	—	—	—	—	—	—	10,83	—

Таблица 62 (продолжение)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса почвы	Водная вытяжка							Сумма сульфатов	CO ₂ карбо- натов в % от веса сухой почвы
		HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ '	Сумма анио- нов	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
		мг-экв. на 100 г сухой почвы								
580—590	—	—	—	—	—	—	—	—	5,50	—
590—600	0,64	0,25	0,33	9,16	9,74	6,14	1,77	1,83	30,41	—
600—610	—	—	—	—	—	—	—	—	27,09	—
610—620	—	—	—	—	—	—	—	—	47,39	—
620—630	—	—	—	—	—	—	—	—	37,37	—
630—640	0,25	0,35	0,33	3,15	3,84	1,36	0,68	1,79	9,00	—
640—650	—	—	—	—	—	—	—	—	135,30	—
650—660	1,17	0,26	0,33	17,03	17,62	13,20	2,53	1,88	175,07	—

Содержа- ние в грунто- вой воде: на 100 г сухой по- чвы . .	0,13	0,09	0,44	1,53	2,08	0,66	0,41	1,01	—	—
г/л . . .	5,35	3,64	17,85	61,33	83,12	26,39	16,50	40,23	—	—

Разрез 2

0— 3	0,03	0,11	Следы	0,17	0,59	0,35	0,08	0,15	1,98	—
45— 50	0,03	0,44	»	0,46	0,61	0,01	0,00	0,00	1,69	—
80— 90	0,04	0,40	»	0,32	0,72	0,61	0,08	0,03	1,77	—
120—130	0,03	0,47	»	0,08	0,55	0,52	0,07	0,00	1,85	—
160—170	0,03	0,40	»	0,10	0,50	0,47	0,10	0,00	1,77	—
190—200	0,02	0,39	»	0,03	0,42	0,40	0,14	0,00	1,85	—
200—210	0,04	0,63	»	0,19	0,82	0,55	0,15	0,12	0,81	5,03
240—250	0,05	0,54	»	0,26	0,84	0,70	0,10	0,04	0,69	4,71
280—290	0,04	0,58	»	0,19	0,77	0,67	0,10	0,00	0,83	5,46
320—330	0,06	0,65	»	0,39	1,04	0,75	0,16	0,13	0,80	5,45
360—370	0,04	0,63	»	0,16	0,79	0,50	0,17	0,12	1,06	5,22
400—410	0,06	0,63	»	0,31	0,94	1,00	0,14	0,00	0,62	5,14
440—450	0,05	0,63	»	0,27	0,90	0,77	0,15	0,00	0,62	5,18
480—490	0,05	0,60	»	0,26	0,86	0,80	0,15	0,00	0,90	5,34
520—530	0,05	0,62	»	0,20	0,82	0,80	0,15	0,00	0,94	5,19
560—570	0,04	0,62	»	0,15	0,77	0,65	0,17	0,00	0,84	5,26
600—610	0,05	0,58	»	0,28	0,86	0,67	0,17	0,02	1,10	5,28

Содержа- ние в грунто- вой воде: на 100 г сухой по- чвы . .	0,04	0,10	0,03	0,57	0,70	0,42	0,12	0,15	—	—
г/л . . .	1,64	3,62	1,20	22,68	27,50	16,85	4,80	5,85	—	—

Разрез 4

0— 6	0,02	0,28	Следы	0,12	0,40	0,48	Следы	0,00	1,56	0,00
40— 50	0,02	0,20	»	0,04	0,24	0,40	0,02	0,00	0,81	0,00

Таблица 62 (продолжение)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса почвы	Водная вытяжка							Сумма сульфатов	CO ₂ карбо- натов, в % от веса сухой почвы
		HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ '	Сумма анио- нов	Ca''	Mg''	N'		
		мг-экв. на 100 г сухой почвы								
80-- 90	0,02	0,28	»	0,02	0,30	0,49	0,03	0,00	1,33	—
90—100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,92
120—130	0,02	0,30	Следы	0,01	0,31	0,44	0,03	0,00	1,85	—
140—150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,72
160—170	0,02	0,28	Следы	0,02	0,30	0,39	0,03	0,00	1,06	—
190—200	—	—	»	—	—	—	—	—	—	4,77
200—210	0,02	0,28	»	0,02	0,30	0,39	0,03	0,00	1,33	—
240—250	0,01	0,30	»	0,02	0,32	0,41	0,05	0,00	1,85	5,24
280—290	0,02	0,30	»	0,02	0,32	0,46	0,11	0,00	1,96	—
290—300	—	—	»	—	—	—	—	—	—	5,19
320—330	0,02	0,30	»	0,08	0,38	0,44	0,07	0,00	1,85	—
340—350	—	—	»	—	—	—	—	—	—	4,70
360—370	0,03	0,57	»	Следы	0,57	0,63	0,21	0,00	2,73	—
390—400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,77
400—410	0,03	0,59	Следы	—	0,59	0,65	0,19	0,00	1,85	—
440—450	0,03	0,59	»	—	0,59	0,67	0,22	0,00	1,96	4,51
480—490	0,03	0,59	»	—	0,59	0,69	0,22	0,00	1,69	—
490—500	—	—	»	—	—	—	—	—	—	4,80
520—530	0,03	0,59	»	—	0,59	0,68	0,21	0,00	1,96	—
540—550	—	—	»	—	—	—	—	—	—	4,70
560—570	0,03	0,59	»	—	0,59	0,73	0,22	0,00	1,83	—
590—600	—	—	»	—	—	—	—	—	—	4,63
610—620	0,03	0,57	»	—	0,57	0,66	0,17	0,00	1,58	—
640—650	0,03	0,57	»	—	0,57	0,68	0,12	0,00	1,75	4,51
670—680	0,03	0,57	»	—	0,57	0,68	0,12	0,00	1,67	4,18

Содержа- ние в грунто- вой воде: на 100 г сухой по- чвы . .	0,11	0,01	0,12	0,24	0,08	0,10	0,06	—	—
г/л . . .	4,60	0,40	4,66	9,66	3,12	3,95	2,59	—	—

Разрез 6

0— 5	0,01	0,16	Следы	0,07	0,23	0,28	0,07	0,00	0,60	0,00
40— 50	0,01	0,12	»	0,09	0,21	0,31	0,03	0,00	0,98	0,00
80— 90	0,02	0,27	»	0,05	0,33	0,52	0,05	0,00	1,21	—
90—100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,21
120—130	0,03	0,27	Следы	0,11	0,38	0,62	0,07	0,00	2,66	—
140—150	—	—	»	—	—	—	—	—	—	4,80
160—170	0,02	0,30	»	0,07	0,37	0,54	0,07	0,00	1,77	—
190—200	0,02	0,32	»	0,04	0,36	0,42	0,05	0,00	2,06	5,06
240—250	0,03	0,60	»	0,03	0,63	0,47	0,09	0,07	1,58	6,38
280—290	0,03	0,60	0,02	0,05	0,67	0,50	0,14	0,03	1,04	4,29
340—350	0,04	0,60	0,03	0,07	0,69	0,50	0,11	0,09	1,04	4,59

Таблица 62 (продолжение)

Глубина взятия образца, см.	Сумма солей, в % от веса почвы	Водная вытяжка							Сумма сульфатов	CO ₂ карбо- натов, в % от веса сухой почвы
		НСО ₃	Cl	SO ₄	Сумма анио- нов	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
		мг-экв. на 100 г сухой почвы								
390—400	0,03	0,58	Следы	0,05	0,62	0,49	0,21	0,00	1,23	4,69
440—450	0,03	0,60	»	0,05	0,64	0,47	0,14	0,03	1,37	5,31
490—500	0,03	0,58	0,03	0,02	0,63	0,47	0,11	0,05	1,31	4,81
540—550	0,03	0,60	0,03	0,05	0,67	0,49	0,24	0,00	1,33	3,85
590—600	0,03	0,57	0,03	0,06	0,66	0,45	0,11	0,10	1,64	5,13
640—650	0,03	0,57	0,02	0,05	0,64	0,47	0,12	0,05	1,52	5,23
Содержа- ние в грунто- вой воде: на 100 г сухой поч- вы . .	0,006	0,11	0,005	0,01	0,12	0,04	0,83	0	—	—
г/л . . .	0,24	4,36	0,20	0,39	4,95	1,96	3,33	0	—	—
Разрез 8										
0—10	0,03	0,47	0,00	0,10	0,57	0,46	0,13	0	1,25	0,00
30—40	0,03	0,49	Следы	0,18	0,67	0,74	0,20	0	0,94	—
40—50	0,04	0,59	»	0,08	0,67	0,66	0,13	0	0,28	—
80—90	0,04	0,68	»	0,07	0,75	0,61	0,14	0	0,89	5,15
120—130	0,04	0,70	»	0,07	0,77	0,77	0,19	0	0,97	5,68
160—170	0,04	0,71	0,02	0,08	0,79	0,63	0,28	0	0,92	4,54
200—210	0,04	0,56	0,04	0,19	0,79	0,48	0,20	0,11	2,25	6,77
240—250	0,04	0,58	0,07	0,19	0,84	0,46	0,23	0,13	1,25	4,77
280—290	0,05	0,56	0,10	0,30	0,96	0,53	0,31	0,12	1,09	4,27
320—330	0,05	0,62	0,14	0,16	0,92	0,48	0,33	0,11	1,30	5,22
360—370	0,05	0,60	0,19	0,14	0,93	0,49	0,30	0,14	1,09	5,13
400—410	0,05	0,56	0,18	0,15	0,89	0,55	0,31	0,03	1,22	5,10
440—450	0,06	0,54	0,24	0,27	1,05	0,92	0,25	0,00	1,55	5,13
480—490	0,07	0,50	0,26	0,46	1,22	0,78	0,23	0,21	1,81	4,98
520—530	0,09	0,44	0,28	0,74	1,46	1,09	0,41	0,00	1,75	3,54
560—570	0,11	0,48	0,28	1,08	1,84	1,18	0,23	0,43	1,75	3,15
600—610	0,14	0,48	0,32	1,40	2,20	1,26	0,22	0,72	2,77	6,60
640—650	0,14	0,48	0,32	1,38	2,18	0,96	0,22	1,00	2,37	4,63
690—700	0,15	0,55	0,36	1,55	2,46	0,67	0,22	1,57	2,51	4,25
Содержа- ние в грунто- вой воде на 100 г почвы .	0,014	0,12	0,04	0,13	0,29	0,08	0,10	0,12	—	—
г/л . . .	0,56	4,95	1,70	5,10	11,75	3,00	4,00	4,75	—	—
Разрез 10										
0—10	0,02	0,24	Следы	0,11	0,35	0,30	0,10	0,00	0,30	—
10—20	0,02	0,33	»	0,10	0,43	0,41	0,10	0,00	1,51	—
20—30	0,04	0,70	0,02	0,09	0,81	0,83	0,06	0,00	1,73	—

Таблица 62 (продолжение)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, в % от веса почвы	Водная вытяжка							Сумма сульфатов	CO ₂ карбо- натов, в % от веса су- хой почвы
		НСО ₃	Cl	SO ₄	Сумма анио- нов	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
		мг-экв. на 100 г сухой почвы								
30—40	0,03	0,41	0,02	0,11	0,54	0,54	0,09	0,00	0,23	—
40—50	0,03	0,39	Следы	0,08	0,47	0,49	0,03	0,00	0,46	—
80—90	0,04	0,67	0,02	0,07	0,76	0,66	0,15	0,00	1,11	—
120—130	0,04	0,63	Следы	0,08	0,71	0,61	0,21	0,00	1,54	—
160—170	0,04	0,67	0,04	0,08	0,79	0,56	0,28	0,00	1,21	—
190—200	0,04	0,68	0,02	0,06	0,76	0,60	0,18	0,00	1,28	—
200—210	0,05	0,61	0,12	0,18	0,91	0,61	0,04	0,26	1,65	—
240—250	0,07	0,55	0,12	0,51	1,18	0,68	0,04	0,46	1,37	—
280—290	0,08	0,55	0,08	0,71	1,34	0,89	0,32	0,13	1,92	—
320—330	0,09	0,53	0,08	0,87	1,48	1,07	0,34	0,07	2,22	—
360—370	0,09	0,53	0,08	0,94	1,55	1,14	0,32	0,09	2,26	—
400—410	0,11	0,51	0,08	1,16	1,75	1,12	0,25	0,38	2,15	—
410—420	—	—	—	—	—	—	—	—	52,03	—
440—450	0,34	0,45	0,12	4,57	5,14	4,20	0,58	0,36	14,12	—
480—490	0,59	0,37	0,08	8,40	8,85	7,50	1,06	0,29	18,28	—
500—510	—	—	—	—	—	—	—	—	2,38	—
510—520	—	—	—	—	—	—	—	—	1,58	—
520—530	0,09	0,47	0,16	0,93	1,56	0,89	0,27	0,40	2,20	—
560—570	0,24	0,45	0,10	3,23	3,78	2,29	0,74	0,75	7,83	—
600—610	0,32	0,43	0,10	4,32	4,85	2,96	1,02	0,87	10,21	—
640—650	0,13	0,55	0,08	1,44	2,07	0,77	0,43	0,87	3,20	—
660—670	—	—	—	—	—	—	—	—	3,45	—
680—690	0,77	0,39	0,08	11,15	11,62	8,21	2,21	1,20	36,24	—
700—710	—	—	—	—	—	—	—	—	4,33	—
710—720	—	—	—	—	—	—	—	—	2,80	—
720—730	0,15	0,49	0,04	1,92	2,45	0,91	1,02	0,52	4,30	—
730—740	—	—	—	—	—	—	—	—	53,03	—
740—750	1,22	0,36	0,08	17,88	18,32	14,89	2,77	0,60	87,75	—
Содержа- ние в грунто- вой воде: на 100 г сухой почвы .	0,007	0,12	0,01	0,01	0,14	0,05	0,03	0,05	—	—
г/л . . .	0,29	4,80	0,37	0,49	5,66	2,13	1,40	2,13	—	—
Разрез 51										
0— 5	0,02	0,25	Следы	0,08	0,33	0,30	0,06	0	—	—
5— 10	0,02	0,20	»	0,08	0,28	0,30	0,06	0	—	—
10— 20	0,02	0,20	»	0,07	0,27	0,25	0,02	0	—	—
20— 30	0,01	0,20	»	0,01	0,21	0,17	0,09	0	—	—
30— 40	0,02	0,20	»	0,08	0,28	0,22	0,09	0	—	—

Таблица 62 (окончание)

Глубина взятия об- разца, см	Сумма со- лей, в % от веса почвы	Водная вытяжка							Сумма сульфатов	CO ₂ карбо- натов, в % от веса су- хой почвы
		HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ '	Сумма анио- нов	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
		мг-экв. на 100 г сухой почвы								
40—50	0,03	0,63	Следы	0,03	0,66	0,52	0,14	0	—	—
50—60	0,03	0,63	»	Следы	0,63	0,52	0,12	0	—	—
60—70	0,03	0,63	»	»	0,63	0,49	0,17	0	—	—
70—80	0,03	0,63	»	»	0,63	0,49	0,17	0	—	—
80—90	0,03	0,63	»	»	0,53	0,50	0,14	0	—	—
90—100	0,03	0,52	»	»	0,52	0,52	0,14	0	—	—
100—110	0,03	0,61	»	»	0,61	0,55	0,19	0	—	—
110—120	0,03	0,63	»	»	0,63	0,52	0,17	0	—	—
120—130	0,03	0,63	»	»	0,63	0,43	0,13	0,07	—	—
130—140	0,03	0,63	»	»	0,63	0,45	0,14	0,04	—	—
140—150	0,03	0,63	»	»	0,63	0,49	0,09	0,05	—	—
150—160	0,03	0,63	»	»	0,63	0,52	0,12	0	—	—
160—170	0,03	0,63	»	»	0,63	0,53	0,19	0	—	—
170—180	0,03	0,63	»	»	0,63	0,53	0,19	0	—	—
180—190	0,03	0,63	»	»	0,63	0,52	0,21	0	—	—
190—200	0,03	0,63	»	»	0,63	0,52	0,21	0	—	—
200—210	0,06	1,02	»	0,10	1,12	0,53	0,20	0,32	2,90	—
300—310	0,03	0,73	0,08	0,14	0,95	0,41	0,20	0,34	3,10	—
400—410	0,03	0,61	Следы	0,03	0,64	0,44	0,20	0,00	2,20	—
450—460	0,03	0,51	0,04	0,05	0,66	0,49	0,18	0	3,10	—
500—510	0,03	0,57	Следы	0,01	0,58	0,49	0,11	0	2,65	—
550—560	0,03	0,56	»	0,08	0,64	0,46	0,12	0,06	2,24	—
600—610	0,03	0,56	»	0,08	0,64	0,46	0,05	0,13	2,11	—
650—660	0,03	0,56	0,04	0,01	0,61	0,48	0,10	0,03	2,19	—
700—710	0,03	0,61	Следы	0,01	0,62	0,38	0,10	0,14	2,19	—

CO₂ в водной вытяжке не обнаружен.

в ней преобладает сульфат натрия. Таким образом, грунтовая вода в рассматриваемом профиле ничем существенно не отличается от грунтовых вод под светло-каштановыми почвами. В то же время запас легкорастворимых солей (табл. 64) в почвенном профиле этого разреза значительно ниже, чем в светло-каштановых почвах всех разновидностей (табл. 41). Особенно это относится к запасам Na⁺ и Cl⁻.

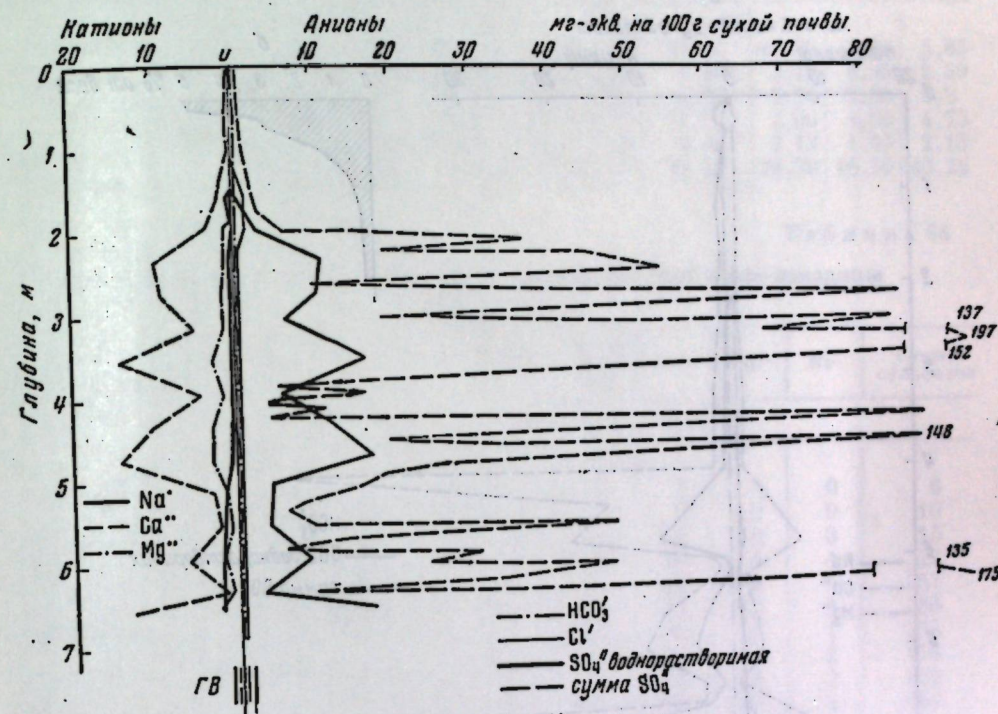


Рис. 53. Солевой профиль (водная вытяжка) темноцветной почвы западины (разрез 309)

Совершенно иную картину мы видим в отношении гипса (рис. 53 и рис. 36). В разрезе 309 находится большое количество гипса, начиная с третьего метра и до нижней границы исследованной толщи, т. е. до 7 м. Содержание гипса, как и в других почвах, начиная с солончаковых солонцов, образует в почвенно-грунтовой толще ряд максимумов. Однако расположение и величина этих максимумов имеют несколько иной характер. Если в солончаковых солонцах и в светло-каштановых почвах мы констатируем резко выраженный максимум во втором метровом слое, то в разрезе 309 гипс появляется, начиная лишь с третьего метрового слоя, причем пики его содержания постепенно нарастают к низу, вплоть до середины четвертого метрового слоя, где обнаруживается особенно большой максимум его. Это указывает на то, что сверху происходит постепенное выщелачивание гипса, что подтверждается и появлением пустот, оставшихся после растворения скоплений гипса.

Следует отметить весьма важный факт, что по общему запасу гипса разрез 309 несколько не уступает ни светло-каштановым почвам, ни даже солончаковым солонцам (табл. 64). Из этого мы вправе сделать вывод о том, что разрез 309 когда-то подвергался засолению не менее сильному, чем современные солончаковые солонцы, и что рассоление этой почвы

выразилось лишь в вымывании большей части хлоридов и других солей Na^+ и Mg^{++} и в начавшемся нисходящем перемещении в почвенно-грунтовой толще гипса. Этому не противоречит тот факт, что в нижней части первого метрового слоя мы наблюдаем небольшое накопление иона Cl^- . Это может быть результатом воздействия двух-трех сухих лет, в течение которых и произошло подтягивание хлоридов из грунтовой воды (содержание их

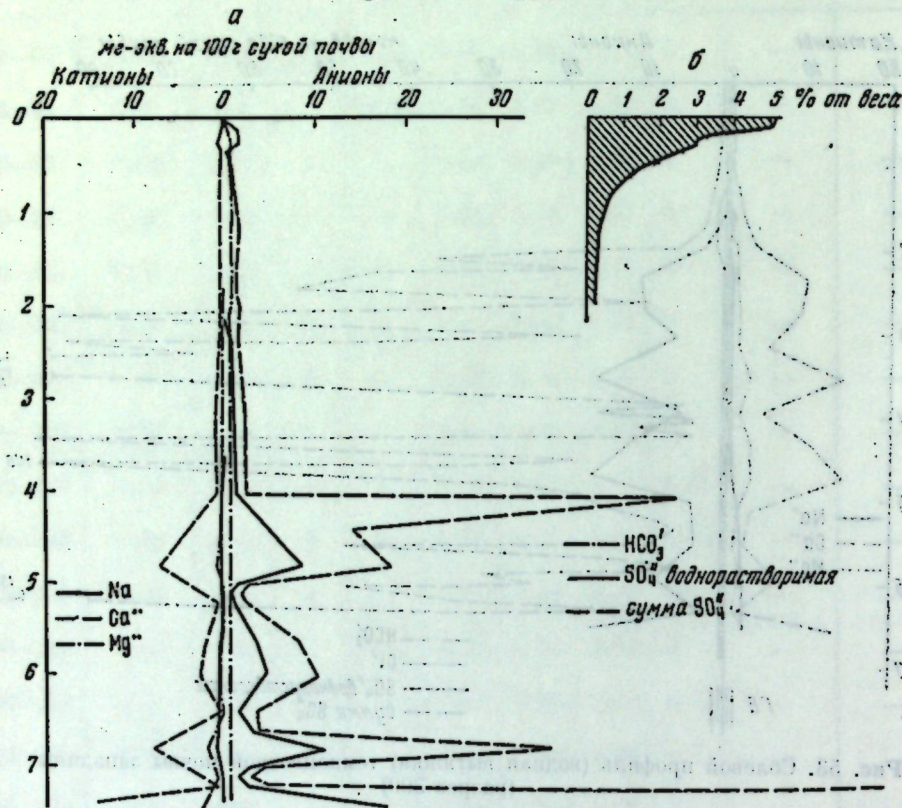


Рис. 54. Солевой (а) и гумусовый (б) профили темноцветной почвы западины (разрез 10)

достигало 17 мг-экв/л). Этим же может быть объяснен и тот факт, что максимум содержания Cl^- и глубина появления ионов Mg^{++} и Na^+ лежат несколько выше первого максимума гипса. В данном профиле, несмотря на его несомненное периподическое сквозное промывание, или, вернее, благодаря ему, ионы легко растворимых солей, хотя и в небольшом количестве, но могут легче проникать из нижних слоев почвенно-грунтовой толщи в верхние, чем, например, в почве разреза 111 с его современным непромывным водным режимом.

Сопоставляя разрезы 111 и 309, мы видим, что они иллюстрируют две стадии выщелачивания. В разрезе 309 меньше общий запас солей (табл. 64) и соответственно меньше запас каждого из ионов, за исключением Cl^- . Общие запасы гипса в обоих разрезах довольно близки друг к другу; в разрезе 309 его даже несколько больше, но зато он расположен глубже в почвогрунтовой толще.

Переходим к разрезу 10, в нижней части которого, в пятом метровом слое тоже имеется гипс. Солевой профиль данного разреза (рис. 54) свидетельствует о том, что эта почва находится на еще более поздней стадии

Таблица 63
Химический состав грунтовых вод под темноцветными почвами западин

Разрез	Глубина залегания уровня грунтовой воды, см	Сумма солей, г/л	CO ₃ ^{''}	HCO ₃ [']	Cl [']	SO ₄ ^{''}	Сумма анионов	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
			мг-экв. в 1 л							
2	690	1,64	0,0	3,62	1,20	22,68	27,50	16,85	4,80	5,85
4	676	0,49	0,0	4,60	0,40	4,66	9,66	3,12	3,95	2,59
6	—	0,24	0,0	4,36	0,20	0,39	4,95	1,96	3,33	0,0
8	Около 700	0,56	0,0	4,95	1,70	5,10	11,75	3,00	4,00	4,75
10	—	0,29	0,0	4,80	0,37	0,49	5,66	2,13	1,40	2,13
309	—	5,35	0,3	3,64	17,85	61,33	83,12	26,39	16,50	40,23

Таблица 64
Запасы ионов солей в темноцветной черноземовидной почве западины (Разрез 309)

Глубина взятия образца, см	Сумма солей, мг/м²	CO ₃ ^{''}	HCO ₃ [']	Cl [']	SO ₄ ^{''}	Сумма анионов	Ca ^{..}	Mg ^{..}	Na [·]	Сумма сульфатов
		г-экв. на 1 м² почвы								
0—50	0,3	0,0	2,3	0	0	2	2	0	0	6
50—100	0,3	0,0	3,4	0	0	3	3	0	0	10
100—150	0,6	0,0	2,9	5	2	10	7	0	3	15
150—200	1,7	0,0	2,3	12	12	26	18	4	4	29
200—250	5,1	0,0	1,9	5	64	71	58	9	4	257
250—300	5,8	0,0	2,2	1	77	80	65	12	3	388
300—350	5,9	0,0	2,2	1	79	82	66	15	1	354
350—400	5,2	0,0	2,0	2	89	93	74	17	2	658
400—450	6,7	0,0	2,0	2	89	93	72	19	2	239
450—500	8,3	0,0	1,9	2	110	114	90	20	4	387
500—550	3,5	0,0	2,3	2	45	49	31	10	8	89
550—600	4,1	0,0	2,2	2	53	57	57	10	13	168
600—650	4,1	0,0	2,5	3	51	57	32	10	15	409
650—700	4,1	0,0	2,5	3	51	57	32	10	15	409
0—700	55,7	0,0	32,6	40	722	794	584	136	74	3418

выщелачивания. Содержание легко растворимых солей во всем профиле совершенно ничтожно и в ощутимых количествах появляется лишь начиная с шестого метрового слоя. Ион хлора практически отсутствует и в почвенно-грунтовой толще и в грунтовой воде, только гипс сохранился в относительно небольшом количестве, причем его содержание дает три максимума — в пятом, седьмом и восьмом метровых слоях.

В солевом профиле разреза 51 (рис. 55) легко растворимые соли и гипс практически отсутствуют. Те незначительные количества Na^+ , Mg^{++} и $\text{SO}_4^{''}$, которые имеются в профиле, отчасти находятся в биологической миграции, отчасти же представляют собой соли, постоянно поступающие в почву в результате импультверизации. В водной вытяжке резко преобладает бикарбонат кальция.

Таким образом, рассмотренные нами три профиля темноцветных почв западин представляют собой три стадии рассоления, причем в последнем разрезе (разрез 51) мы не можем даже обнаружить признаков бывшего засоления и лишь по аналогии с другими западинами допускаем, что оно было.

134

Содержание гумуса в темноватых почвах (в верхних горизонтах) варьирует в пределах 5—6,3% (табл. 65), причем его содержание с глубиной падает очень быстро (см. рис. 54 и 55).

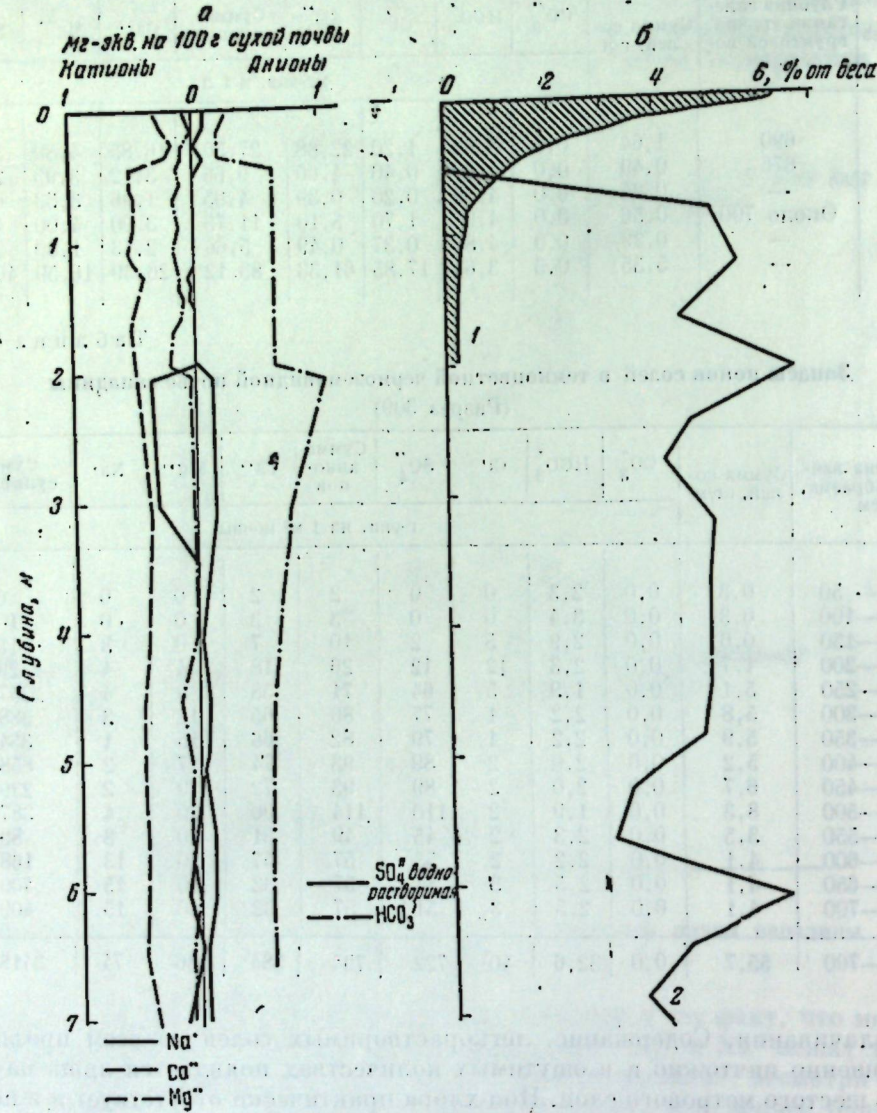


Рис. 55. Солевой, гумусовый и карбонатный профили темноватой черноземной почвы западины (разрез 51)

а — водная вытяжка, б — гумус (1) и CO₂ карбонатов (2)

Ознакомимся теперь с физическими свойствами темноватых почв западин.

В объемном весе темноватых почв западин отмечается общая для всех незасоленных степных почв правильность — постепенное увеличение его с глубиной в связи с утратой в них структурности, приобретенной почвой сверху; ниже определенной глубины, обычно с 50—80 см, профиль приобретает более или менее постоянную для каждой темноватой почвы высокую плотность, близкую к 1,60 (табл. 66, рис. 56). Из изученных темноватых почв разных западин четыре (разрезы 51, 128, 10 и 8) были

Таблица 65

Содержание гумуса в темноватых черноземных почвах западин (определение по методу Тюрина)

Разрез 2		Разрез 4		Разрез 6		Разрез 8		Разрез 10		Разрез 51	
Глубина взятия образца, см	Гумус %	Глубина взятия образца, см	Гумус %	Глубина взятия образца, см	Гумус %	Глубина взятия образца, см	Гумус %	Глубина взятия образца, см	Гумус %	Глубина взятия образца, см	Гумус %
0—3	5,90	0—6	4,97	0—5	6,21	0—10	5,85	0—10	5,09	0—10	6,34
3—13	4,68	15—25	3,20	5—10	5,18			10—20	5,05	10—20	3,74
13—24	2,63	25—35	2,56	10—20	4,09	30—40	1,48	20—30	3,08	20—30	2,92
24—35	1,85	35—40	1,69	20—30	3,01	40—50	1,38	30—40	2,90	30—40	1,98
35—45	1,41	40—50	1,32	30—40	2,65	50—60	0,99	40—50	2,23	40—50	1,39
45—50	1,24	50—60	1,17	40—50	1,85	60—70	0,77	50—60	1,50	50—60	1,14
50—60	0,88	60—70	1,01	50—60	1,39	70—80	0,69	60—70	1,21	60—70	0,87
60—70	0,59	70—80	0,77	60—70	1,05	80—90	0,55	70—80	0,88	70—80	0,60
70—80	0,50	80—90	0,55	70—80	0,76	90—100	0,46	80—90	0,62	80—90	0,42
80—90	0,49	90—100	0,47	80—90	0,65	100—110	0,46	90—100	0,55	90—100	0,41
90—100	0,41	100—110	0,47	90—100	0,64	110—120	0,46	100—110	0,50	100—110	0,36
100—110	0,40	110—120	0,37	100—110	0,46	120—130	0,44	110—120	0,42	110—120	0,29
110—120	0,34	120—130	0,31	110—120	0,41	130—140	0,45	120—130	0,35	120—130	0,27
120—130	0,33	130—140	0,31	120—130	0,41	140—150	0,42	130—140	0,32	130—140	0,27
130—140	0,31	140—150	0,26	130—140	0,36	150—160	0,43	140—150	0,31	140—150	0,26
140—150	0,32	150—160	0,25	140—150	0,30	160—170	0,36	150—160	0,31	150—160	0,23
150—160	0,29	160—170	0,25	150—160	0,26	170—180	0,33	160—170	0,27	160—170	0,23
160—170	0,29	170—180	0,20	160—170	0,27	180—190	0,30	170—180	0,26	170—180	0,23
170—180	0,29	180—190	0,21	170—180	0,26	190—200	0,46	180—190	0,25	180—190	0,22
180—190	0,27	190—200	0,25	180—190	0,22		0,27	190—200	0,27	190—200	0,22
190—200	0,26			190—200	0,20						

Таблица 66

Объемный вес темноцветных черноземовидных почв западин
(в г/см³)

Глубина взятия образца, см	Разрез						Среднее
	51	128	10	8	20	130	
0—5	0,99	1,01	1,02	1,08	1,03	1,06	1,03
5—10	0,90	1,07	1,13	1,17	1,11	1,16	1,09
10—20	1,19	1,16	1,10	1,19	(1,25)*	1,24	1,19
20—30	(1,35)	1,24	1,23	(1,27)	1,40	1,30	1,30
30—40	1,50	1,29	(1,24)	1,35	(1,44)	1,31	1,35
40—50	(1,58)	1,37	1,25	(1,42)	1,49	1,56	1,44
50—60	1,67	1,43	(1,35)	1,49	(1,54)	1,47	1,47
60—70	(1,67)	1,48	(1,45)	(1,50)	(1,59)	1,50	1,53
70—80	(1,66)	1,51	1,54	(1,50)	1,63	1,43	1,55
80—90	1,66	1,50	(1,55)	1,51	(1,65)	1,49	1,56
90—100	(1,66)	1,50	(1,57)	(1,56)	(1,67)	1,43	1,57
100—110	(1,65)	(1,56)	(1,59)	(1,61)	(1,69)	(1,47)	1,60
110—120	1,65	1,62	1,60	1,65	1,71	1,51	1,62
120—130	(1,65)	(1,59)	(1,60)	(1,65)	(1,68)	(1,51)	1,61
130—140	(1,64)	1,56	(1,60)	(1,66)	(1,65)	1,51	1,60
140—150	(1,63)	(1,58)	(1,59)	(1,67)	(1,62)	(1,51)	1,60
150—160	1,63	1,61	1,59	(1,68)	1,60	1,51	1,60
160—170	(1,63)	(1,61)	(1,60)	1,68	(1,60)	(1,57)	1,62
170—180	(1,63)	1,62	(1,62)	—	(1,61)	1,64	1,62
180—190	(1,63)	(1,62)	(1,64)	—	(1,62)	—	1,63
190—200	(1,64)	1,63	1,65	—	1,63	1,65	1,64
200—210	(1,64)	(1,57)	—	—	—	—	—
210—220	1,64	1,51	—	—	—	—	—

* В скобках — данные, полученные интерполяцией.

сильно выщелочены и обладали более мощным гумусовым горизонтом, а две (разрезы 20 и 130) относились к слабовыщелоченным, с малоумощным гумусовым горизонтом и характеризовались наличием гипса в профиле на глубине около 2 м. Наибольшая плотность во втором полуметровом слое была обнаружена в почвах наиболее мелкой западинки (разрез 20) и в почве одной из самых больших западин (разрез 51). Здесь же в верху профиля обнаружены и одинаковые изменения объемного веса. Почва мелкой западинки разреза 130 оказалась в нижней части второго метрового слоя наименее плотной.

При определении объемного веса почвенно-грунтовой толщи (рис. 57) на глубине 200—240 см отмечен максимум уплотнения (удельный вес 1,6—1,7) в почве хорошо гумусированной, выщелоченной западинки (разрез 186), тогда как в почве малогумусированной (разрез 309), с меньшей структурной переработкой верхних горизонтов, меньшей выщелоченностью ниже 2 м отмечается противоположное — минимум плотности (удельный вес 1,4 и 1,5, объемный вес 1,61), совпадающий с первым гипсовым максимумом (см. рис. 48), как и в почвах типа каштановых.

На величину объемного веса влажность влияет довольно слабо. Как видно из табл. 67, объемный вес гумусового горизонта (0—10 см) оказывается практически неизменным вследствие малого объемного набуха-

Таблица 66 (окончание)

Глубина взятия образца, см	Разрез			Глубина взятия образца, см	Разрез		
	186	Траншея 1	309		186	Траншея 1	309
0—5	0,98	—	1,07	350—360	1,56	—	1,61
5—10	1,03	—	1,16	370—380	1,60	—	—
10—20	1,14	—	1,21	390—400	1,56	1,51	—
20—30	1,18	—	1,29	410—420	1,58	—	—
30—40	1,20	—	1,41	430—440	1,59	—	—
40—50	1,27	—	1,48	450—460	1,64	—	—
50—60	1,32	—	1,44	470—480	1,63	—	—
60—70	1,36	—	1,46	490—500	1,66	1,60	—
70—80	1,43	—	1,43	510—520	1,63	—	—
80—90	1,43	—	—	530—540	1,54	—	—
90—100	1,44	—	1,48	550—560	1,58	—	—
110—120	1,49	—	1,47	570—580	1,63	—	—
130—140	1,45	—	1,49	590—600	1,61	1,60	—
150—160	1,51	—	1,52	610—620	1,57	—	—
170—180	1,57	—	1,53	670—680	—	1,60	—
190—200	1,65	—	1,48				
210—220	1,69	—	1,43				
230—240	1,60	—	1,50				
250—260	1,55	—	1,55				
270—280	1,53	—	1,62				
290—300	1,55	1,54	1,59				
310—320	1,54	—	1,49				
330—340	1,52	—	1,42				

ния. Это не значит, как указывалось выше, что почвенная масса вообще не набухает. В ней, конечно, происходит изменения объема, но они ограничиваются только набуханием структурных отдельностей и закрытием межагрегатных пор.

Некоторое уменьшение объемного веса при влажности, равной наименьшей влагоемкости, отмечается лишь для подгумусовых слоев 40—44 и 60—64 см, приходящихся на верхнюю и нижнюю части выщелоченного переходного горизонта.

По удельному весу, более или менее одинаковому у хорошо гумусированных западин, выделяются лишь разрезы 20 и 51, которые существенно отличаются друг от друга (табл. 68). Почва мелкой западинки (разрез 20) имеет высокий удельный вес, который выше, чем во всех остальных почвах: в слое 0—10 см он равен 2,55—2,66, с 30 см превышает 2,72, а ниже 70—80 см равен 2,75. Надо полагать, что это связано с повышением гидрофильности почвенной массы и увеличением величины «сжатия». Эти явления наблюдаются и у темно-каштановых почв западин. Они начинают уменьшаться в дальнейшем на более поздних стадиях формирования темноцветных почв западин и достигают минимума в западинах наиболее старых, наиболее гумусированных и выщелоченных. Возможно, что уменьшение удельного веса в этом эволюционном ряду почв западин, отмеченное в верхнем полутораметровом слое, связано и с уменьшением ее карбонатности. Уменьшение удельного веса в темноцветных почвах сверху

объясняется как и в других почвах, более высоким содержанием гумуса и отсутствием карбонатов. Поэтому менее гумусированные почвы мелких западин имеют сверху больший удельный вес.

Разница в величинах максимальной гигроскопичности у темноцветных почв чрезвычайно велика (табл. 69, рис. 58). Гигроскопичность почвы в малой западине (разрез 20) во всем профиле в 1,5 раза меньше, чем в большой западине (разрез 51). Причина этого пока не ясна. Можно допустить, что в темноцветной почве крупной западины (разрез 51) вследствие лучшей микроструктуры сильнее выражен процесс капиллярной конденсации при определении максимальной

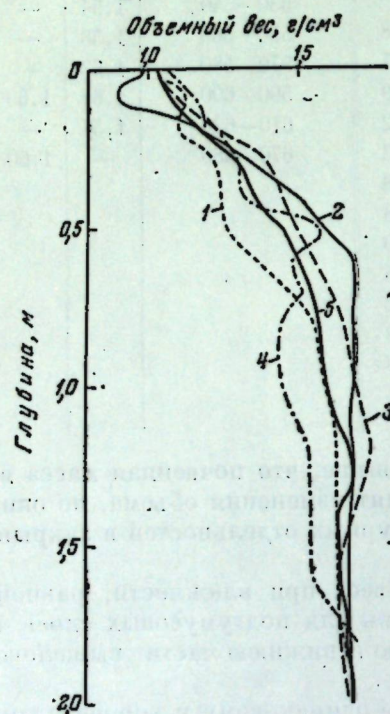


Рис. 56. Изменение по профилю объемного веса темноцветных черноземовидных почв западин

1 — разрез 10, 2 — разрез 51, 3 — разрез 20, 4 — разрез 130, 5 — средний объемный вес

гигроскопичности. Однако большие значения максимальной гигроскопичности мы находим у разреза 51 и во втором метровом слое в карбонатном горизонте, а также в «породе», которые более или менее однородны у разных западин. Поэтому надо полагать, что значения максимальной гигроскопичности здесь повышены вследствие какой-то особенности данной почвы.

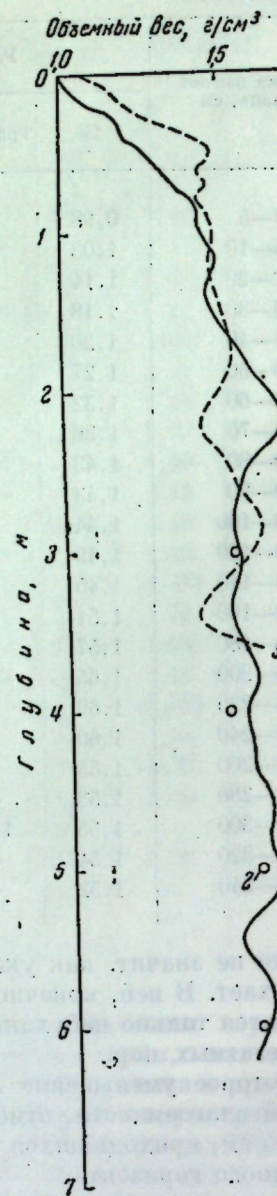


Рис. 57. Изменение объемного веса по профилю почвенно-грунтовой толщи под темноцветными почвами западин

1 — разрез 186, 2 — траншея № 1, 3 — разрез 309

Таблица 67

Объемный вес сухой и влажной (при наименьшей влагосмкости) темноцветной почвы западины и объемное набухание ее (разрез 51)

Глубина взятия образца, см	Объемный вес		Объемное набухание **
	сухой почвы d	влажной почвы d_n	
0—4	0,99	0,99	—
6—10	0,90	1,05	—
20—24	1,19	1,18	—
40—44	1,50	1,40	7,2
60—64	1,67	1,59	5,0

* Увеличение объемного веса при наименьшей влагосмкости мы объясняем более сильным прессованием буром влажной почвы, а не объемной усадкой почвы при смачивании.

** Объемное набухание равно $\frac{d-d_n}{d_n} \cdot 100\%$ объема почвы.

Таблица 68

Удельный вес твердой фазы темноцветных почв западин

Глубина взятия образца, см	Разрез					Среднее
	51	128	10	8	20	
0—5	2,42	2,52	2,56	2,53	2,55	2,52
5—10	2,42	2,64	2,56	2,53	2,66	2,56
10—20	2,64	2,67	2,63	2,68	(2,69)*	2,66
20—30	(2,64)	2,67	2,66	(2,69)	2,72	2,68
30—40	2,65	2,70	(2,68)	2,70	(2,73)	2,69
40—50	(2,67)	2,71	2,71	(2,71)	2,74	2,71
50—60	2,68	2,73	(2,72)	2,73	(2,74)	2,72
60—70	(2,69)	2,72	(2,72)	(2,73)	(2,75)	2,72
70—80	(2,69)	2,72	2,73	(2,74)	2,75	2,73
80—90	2,70	2,74	(2,73)	2,74	(2,75)	2,73
90—100	(2,70)	2,72	(2,73)	(2,74)	(2,75)	2,73
100—110	(2,70)	(2,73)	2,74	(2,73)	(2,75)	2,73
110—120	2,70	2,74	2,74	2,73	2,75	2,73
120—130	(2,70)	(2,74)	(2,74)	(2,73)	(2,75)	2,73
130—140	(2,71)	(2,74)	(2,74)	(2,73)	(2,75)	2,74
140—150	(2,72)	(2,74)	(2,74)	(2,73)	2,75	2,74
150—160	2,73	2,73	2,74	(2,73)	(2,75)	2,74
160—170	(2,73)	(2,73)	(2,74)	—	(2,75)	2,74
170—180	(2,73)	2,74	(2,74)	—	(2,75)	2,74
180—190	(2,73)	(2,75)	(2,74)	—	2,75	2,75
190—200	(2,73)	2,77	2,74	—	—	—
200—210	(2,73)	—	—	—	—	—
210—220	2,73	—	—	—	—	—

* В скобках — данные, полученные интерполяцией.

Максимальная гигроскопичность темноцветных почв западин
(в % к весу сухой почвы)

Глубина взятия образца, см	Площадка			Разрез				Среднее (без данных рав- реза 51)
	85	11 старая	11 новая	309	186	20	51	
0—5	8,5	8,4	8,2	6,7	9,4	8,0	11,3	8,2
5—10	8,6	8,3	8,6	6,6	9,4	8,0	11,3	8,3
10—20	8,4	8,3	8,4	6,4	9,0	7,4	11,2	8,0
20—30	8,1	8,3	8,0	6,4	9,0	7,3	10,9	7,9
30—40	8,2	8,4	8,8	6,5	8,7	7,6	11,0	8,0
40—50	7,9	8,7	9,1	6,2	8,7	7,5	11,1	8,0
50—60	8,1	7,9	8,2	7,3	8,5	7,3	10,4	7,9
60—70	7,8	7,0	7,7	6,0	8,1	6,2	10,3	7,2
70—80	7,8	7,0	7,7	6,1	8,0	6,0	9,8	7,1
80—90	7,9	7,2	7,5	—	7,5	5,9	9,7	7,0
90—100	7,7	7,1	7,6	6,2	7,6	6,0	9,3	7,0
100—110	—	—	—	—	6,7	5,6	9,5	—
110—120	7,8	7,1	7,8	7,2	6,6	5,7	9,2	7,0
120—130	—	—	—	—	6,7	5,9	9,1	—
130—140	7,3	7,3	7,6	7,2	6,7	5,8	9,1	7,0
140—150	—	—	—	—	6,9	5,9	9,4	—
150—160	7,4	6,9	7,4	7,1	6,8	5,9	8,7	6,9
160—170	—	—	—	—	6,9	(5,8)	8,3	—
170—180	7,5	7,1	7,1	7,1	6,5	5,7	8,3	6,9
180—190	—	—	—	—	6,8	5,7	9,3	—
190—200	7,1	7,0	7,3	6,9	6,8	5,6	8,5	6,8
200—210	—	—	—	—	7,4	—	—	—
210—220	7,3	—	—	6,8	7,1	—	—	—
220—230	—	—	—	—	7,1	—	—	—
230—240	7,2	—	—	6,4	7,3	—	—	—
240—250	—	—	—	—	7,6	—	—	—
250—260	6,9	—	—	8,0	7,8	—	—	—

Средние данные максимальной гигроскопичности свидетельствуют о распределении ее по профилю, характерном для многих степных почв. Первый максимум ее приходится на верхнюю часть гумусного горизонта; слабовыраженный второй максимум на глубине 30—50 см совпадает с выщелоченным горизонтом, выраженным в ряде западин; вниз по профилю значения этой величины постепенно уменьшаются.

В западинах среднего размера, близких между собой по стадии развития почвы, в частности по гумусированности, гигроскопичность одинакова во всем профиле (площадки 85, 11 старая и 11 — новая). Менее гумусированные почвы небольших западин имеют меньшие значения максимальной гигроскопичности (разрез 20). У наименее гумусированных темноцветных почв начальных стадий формирования (с гипсом на глубине 1,5—2 м — разрез 309) значения этой величины наименьшие. Максимальные значения максимальной гигроскопичности наблюдаются в старых, хорошо гумусированных западинах (разрезы 186, 51).

Влажность завядания темноцветной почвы разреза 51, определенная вегетационным методом, оказалась значительно выше влажности иссушения целины — на 3—3,5% (табл. 70). О причине большей величины влажности завядания при определении ее методом вегетационных миниатюр сказано выше. Найденные экспериментально значения этой величины отражают часто встречающееся ее отношение ВЗ : МГ, которое в профиле колеблется между величинами 1,2 и 1,5. Изменение этого отношения вниз

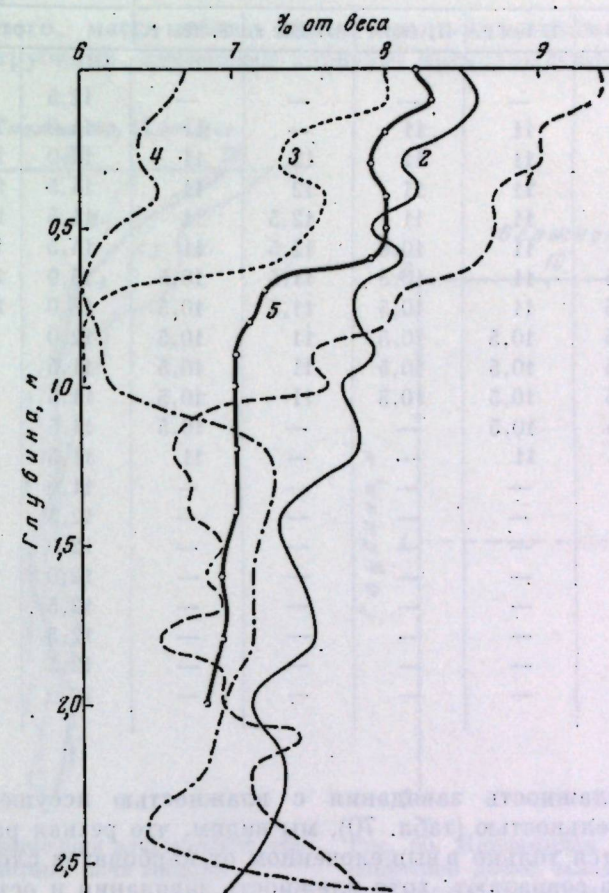


Рис. 58. Изменение по профилю максимальной гигроскопичности темноцветных почв западин
1 — разрез 186, 2 — площадка 85, 3 — разрез 20, 4 — разрез 309, 5 — средние данные

по профилю почвы (разрез 51) таково: в верхнем полуметровом слое оно равно 1,25—1,33; в подгумусовом горизонте оно возрастает из-за увеличения влажности завядания, вызванной повышенным содержанием илстых частиц; ниже, в карбонатном горизонте на глубине 1,5 м, это отношение ниже и более или менее одинаково (равно 1,20—1,25), в четвертом полуметровом слое увеличивается в связи с уменьшением величины максимальной гигроскопичности. Для средних величин максимальной гигроскопичности отношение ВЗ : МГ значительно выше. Осенняя влажность профиля дает более привычные нам соотношения: для верхних горизонтов $11:8 = 1,37$, а для нижних горизонтов $11:7 = 1,57$.

Таблица 70

Влажность завядания (ВЗ), устойчивая осенняя влажность сухого слоя и максимальная гигроскопичность (МГ) темноцветных почв западин под целинной травянистой растительностью (в % от веса сухой почвы)

Глубина взятия образца, см	Предельная минимальная естественная осенняя влажность на площадке					Влаж- ность за- вядания	МГ	ВЗ:МГ
	10, 1951 г.	7, 1951 г.	11, 1951 г.	11, 1952 г.	5, 1951 г.			
	разрез 51							
0—5	—	—	—	—	—	12,5	—	—
5—10	11	11	11	—	11	14,0	11,3	1,24
10—20	11	11	11	12	11	14,0	11,2	1,25
20—30	11	11	11	12	11	14,5	10,9	1,33
30—40	11	11	11	12,5	11	14,5	11,0	1,32
40—50	11	11	10,5	12,5	11	14,5	11,0	1,32
50—60	10,5	11	10,5	11,5	10,5	15,0	10,4	1,44
60—70	10,5	11	10,5	11,5	10,5	13,0	10,3	1,26
70—80	10,5	10,5	10,5	11	10,5	12,0	9,8	1,22
80—90	10,5	10,5	10,5	11	10,5	11,5	9,7	1,19
90—100	10,5	10,5	10,5	11	10,5	11,5	9,3	1,23
100—110	10,5	10,5	—	—	10,5	11,5	9,5	1,21
110—120	—	11	—	—	11	11,5	9,2	1,25
120—130	—	—	—	—	—	11,0	9,1	1,21
130—140	—	—	—	—	—	12,5	9,4	1,28
140—150	—	—	—	—	—	12,0	9,4	1,28
150—160	—	—	—	—	—	12,0	8,7	1,38
160—170	—	—	—	—	—	12,5	8,3	1,51
170—180	—	—	—	—	—	12,5	8,3	1,51
180—190	—	—	—	—	—	12,5	8,3	1,34
190—200	—	—	—	—	—	12,0	8,5	1,41

Сравнивая влажность завядания с влажностью иссушения почвы целинной растительностью (табл. 70), мы видим, что резкая разница этих величин отмечается только в выщелоченном от карбонатов слое 0—70 см; ниже они близко совпадают, хотя влажность завядания и остается здесь все время несколько больше влажности иссушения, а последняя несколько больше максимальной гигроскопичности. Это можно считать нормальным, учитывая все сказанное выше. Высокая влажность завядания в верхней части профиля связана, вероятно, не с большими количествами связанной воды (в противном случае максимальная гигроскопичность здесь также была бы больше, а этого не наблюдается), а с малой подвижностью почвенной влаги, которая обусловлена лучшей микроструктурностью почвы, т. е. нарушением капиллярной системы, передающей воду к месту расхода.

Рассматривая величины наименьшей влагоемкости темноцветных почв западин (табл. 71, рис. 59), нетрудно убедиться, что профиль почвы разделяется в отношении величины наименьшей влагоемкости на две части: верхнюю часть, где величина, соответствующая ей, быстро уменьшается до глубины 50—70 см, и остальную часть, где она практически не изменяется. Причина этого заключается в различиях в микроструктуре и сложении этих двух частей профиля. Верхняя часть профиля имеет сложную

микроструктуру и рыхлое сложение, рыхлость которого однако, уменьшается с глубиной (см. объемный вес на рис. 57). Вторая часть — карбонатная толща — имеет довольно однородное плотное сложение. Микроскопическим изучением установлено, что она состоит из более или менее однородных микроагрегатов, прочно соединенных, сцементированных друг с другом; между ними располагаются довольно однородные по размеру и форме поры.

Кроме того, масса почвы здесь пронизана отдельными большими порами — трубками, имеющими корневое происхождение.

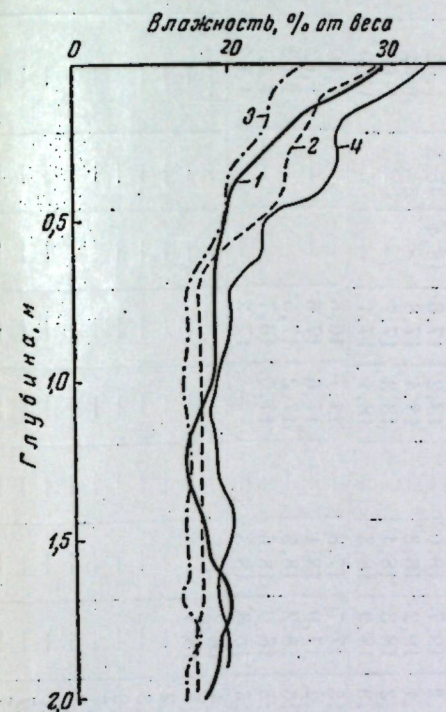


Рис. 59. Наименьшая влагоемкость темноцветных почв западин

1 — разрез 20, 2 — разрез 51, 3 — разрез 130, 4 — разрез 8

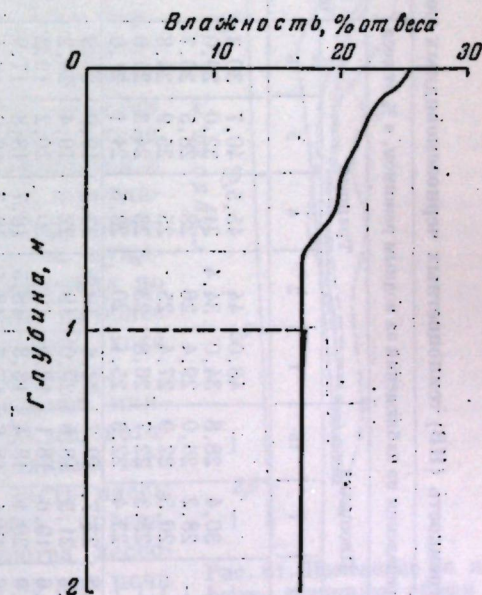


Рис. 60. Наименьшая влагоемкость темноцветной почвы западины при определении ее с разной глубины со снятием вышележащих слоев (разрез 130)

Пунктир — глубина поверхности заливаемой площади

Устойчивость против набухания, сцепление, сцементированность этих микроагрегатов настолько велики, что масса почвы здесь набухает чрезвычайно слабо; это набухание практически не сказывается на увеличении наименьшей влагоемкости при послойном увлажнении почвы (рис. 60).

Величины наименьшей влагоемкости в верхней части профиля и мощность слоя с повышенной наименьшей влагоемкостью в разных западинах варьируют в довольно широких пределах, что связано с различиями в структуре и микроструктуре профиля почв западин.

Величины наименьшей влагоемкости в нижней части профиля (т. е. той, которая характеризуется более или менее постоянным значением этой величины) оказываются у разных западин различными, но с чем это связано, еще не выяснено.

Наименьшая влагоспособность (НВ) темноцветных черноземовидных почв западин

Наименьшая влагоспособность (пв) слабопоглощающих материалов															Влагоспособность при наименьшей влагоспособности			
Глубина взвешивания образца, см	Экспериментальные определения, в % от веса					Определения по наблюдениям за водным режимом, в % от веса								средний объемный вес, г/см³	средняя в % от веса	мм водного слоя	сумма, мм в полуметровых слоях	
	Разрез					Плошадка			Трапеза									
	51	40	8	20	130	11	7	15	1	2	4	5	6					
0—5	(30)	26	33	30	—	—	30,4	28,8	48,0	44	45,5	40,7	30,3	1,03	37	19,0	161,9	
5—10	26	26	30	27	22,7	—	28,2	26,0	34,0	34,4	31	32,0	29,0	1,09	30	16,3		
10—20	25	26	27	24	22,4	—	26,5	22,9	29,4	26	28	28,5	26,7	1,19	27	32,1		
20—30	23,5	24	27	22	20,7	—	23,3	22,7	27,4	25	25	25,9	24,8	1,30	24,5	31,8		
30—40	23,5	24	26	20	19,7	—	23,3	22,3	26,8	23	23	24,3	24,0	1,35	23	31,0		
40—50	21,5	23	22	20	19,7	—	23,4	22,3	25,1	20	23,5	21,1	21,9	1,44	22	31,7	146,6	
50—60	19	21	22	19	18,6	18,3	22,7	19,7	22,6	19,5	23,5	19,9	21,9	1,47	20,5	30,2		
60—70	18	20	20	19	17,3	18,3	21,3	18,8	20,0	19	22	19,4	20,2	1,53	19	29,1		
70—80	18	20	20	19	17,3	17,6	19,6	18,1	19,0	19	20	20,2	19,2	1,55	19	29,4		
80—90	18	19	19	19	17,2	17,9	20,1	18,4	18,8	18,5	18,7	18,8	17,9	1,56	18,5	28,9		
90—100	18	19	19,5	19	17,0	17,6	19,1	18,6	17,7	18,5	18,7	18,6	18,1	1,57	18,5	29,0	145,4	
100—110	18	19	18,5	18	17,1	18,3	19,8	18,0	18,1	18,3	17,7	18,5	18,4	1,60	18,5	29,6		
110—120	18	19	19	17	17,4	18,2	19,7	18,0	—	18,2	17,6	18,4	18,5	1,62	18	29,2		
120—130	18	19	19	17	17,3	18,1	19,2	18,3	—	18,4	17,6	—	—	1,61	18	29,0		
130—140	18	19	20	18	17,1	18,2	18,3	18,4	—	18,3	17,7	—	—	1,60	18	28,0		
140—150	18	19	20	18	17,0	17,9	18,9	18,3	—	18,1	17,1	—	—	1,60	18	28,8	146,0	
150—160	18	19	19	19	17,2	17,5	17,7	17,8	—	17,7	16,6	—	—	1,60	18	28,8		
160—170	18	19	19	20	16,7	17,2	17,9	18,1	—	17,6	17,6	—	—	1,62	18	29,2		
170—180	17,5	19	19,5	19	17,7	16,6	18,2	18,5	—	17,2	17,5	—	—	1,62	18	29,2		
180—190	17,5	19	19,5	19	17,0	16,5	18,0	18,6	—	17,0	16,7	—	—	1,63	18	29,3		
190—200	17,5	19	—	18	16,9	17,3	18,3	18,3	—	—	17,2	—	—	1,64	18	29,5	—	
200—210	—	—	—	18	—	18,4	18,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
210—220	—	—	—	18	—	17,5	18,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
220—230	—	—	—	17	—	18,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
230—240	—	—	—	—	—	18,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
240—250	—	—	—	—	—	18,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
250—260	—	—	—	—	—	18,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
260—270	—	—	—	—	—	17,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
270—280	—	—	—	—	—	18,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
280—290	—	—	—	—	—	18,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
290—300	—	—	—	—	—	18,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

Во втором метровом слое этих почв наименьшая влагоспособность, 17—19%. Величину 18% можно считать характерной для той части профиля, которая уплотнена до объемного веса, равного 1,60. Она несколько меньше влагоспособности, часто встречающейся в лёссовидных почво-грунтах других территорий и равной 21—22%.

Изменение величин общей порозности западин (рис. 61), как и объемного веса, таково же, что и для большинства других степных почв с развитыми гумусовыми горизонтами (черноземы, каштановые и пр.). В гумусовых горизонтах высокая порозность определяется рыхлым расположением макроструктурных отдельных частей, микроагрегатов, из которых состоят структурные отделы, и сложностью строения самих микроагрегатов, состоящих из микроагрегатов более низких порядков. Эта закономерность была вскрыта нами для черноземных и лугово-черноземных почв черноземной зоны. Изучение этих почв в шлифах показало, что для темноцветных почв западин указанная закономерность сохраняется. Такая сложная высокопористая масса образуется в гумусовых горизонтах степных почв, по-видимому, под доминирующим влиянием травянистой растительности и микроорганизмов, существующих в почве. Исходный же материал по строению значительно проще и состоит из более или менее однородных микроагрегатов, хотя нередко и объединенных в более сложные.

В лёссовидных породах преобладают микроагрегаты диаметром от 0,01 до 0,05 мм, которые вместе с механическими частицами того же размера составляют главную часть массы почвы, поэтому физические свойства, определяющиеся порозностью, у большинства лёссовидных грунтов и образовавшихся из них почв оказываются близкими. Как видно из табл. 72 и рис. 61, общая порозность темноцветных почв уменьшается сверху вниз в пределах верхних 70—80 см (реже 100 см) от 55—60 до 44—45% (по средним данным), а ниже более или менее одинакова и в среднем равна 40—42% (табл. 73).

Наряду с одинаковой величиной порозности в профиле ниже 50—70 см, последняя отличается однородностью, т. е. более или менее одинаковым соотношением отдельных категорий ее (табл. 74). В верхней части профиля до указанной глубины различны не только общая порозность (уменьшающаяся с глубиной), но и соотношения между отдельными категориями порозности. Это изменение заключается, во-первых, в резком уменьшении объема, занимаемого воздухом (вниз по профилю), который при влажности, соответствующей наименьшей влагоспособности вверх, занимает половину (и даже более) порозности, а глубже 50 см — лишь одну шестую ее. Глубина 50—60 см является в отношении аэрации самым «узким» местом в профиле и совпадает с выщелоченным горизонтом.

В этом горизонте объемы пор, занятых влагой при влажности, соответствующей влажности завядания и максимальной гигроскопичности, имеют наибольшие значения. Несмотря на то, что влажность, соответствующая

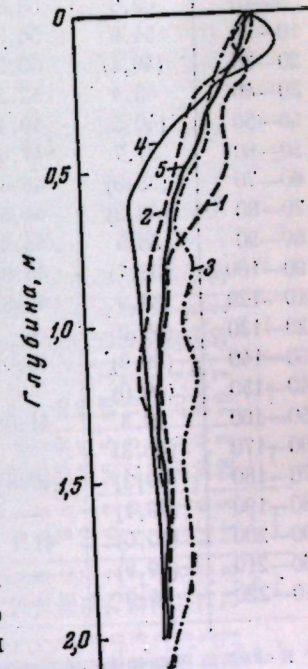


Рис. 61. Изменение по профилю величины общей порозности темноцветных почв западин

1 — разрез 10, 2 — разрез 20, 3 — разрез 130, 4 — разрез 51, 5 — средняя порозность

Т а б л и ц а 72

Общая порозность темноцветных почв западин (в % от объема почвы)

Глубина взвешивания образца, см	Разрез						Среднее
	51	128	10	8	20	130	
0—5	59,1	59,9	60,2	56,5	59,6	57,9	58,9
5—10	62,8	59,8	55,9	53,8	58,3	54,6	57,5
10—20	54,9	56,3	58,2	55,6	(53,0) *	53,3	55,2
20—30	(49,1)	53,5	53,8	(52,8)	48,5	51,5	51,6
30—40	43,4	52,2	(53,8)	50,0	(47,0)	51,2	49,8
40—50	(40,5)	49,4	(53,9)	(48,7)	45,6	42,4	46,8
50—60	37,7	47,6	(50,4)	45,4	(44,0)	46,0	45,2
60—70	(38,0)	45,6	(47,0)	(45,2)	(42,3)	44,8	43,8
70—80	(38,2)	44,5	43,6	(45,0)	40,7	47,6	43,3
80—90	38,5	45,3	(43,1)	44,9	(39,7)	(46,5)	43,0
90—100	(38,7)	44,9	(42,6)	(43,0)	(38,7)	45,4	42,2
110—120	38,9	40,8	41,6	39,6	37,8	47,5	41,0
120—130	(39,2)	—	—	—	—	—	—
130—140	(39,6)	43,0	(41,8)	(39,1)	(39,8)	44,6	41,3
140—150	(40,0)	—	—	—	—	—	—
150—160	40,3	41,0	42,0	(38,5)	41,8	44,8	41,4
160—170	(40,3)	—	—	38,5	—	—	—
170—180	(40,3)	40,8	(41,0)	(38,5)	41,3	44,8	41,3
180—190	(40,1)	—	—	—	—	—	—
190—200	(40,0)	41,1	39,8	(38,5)	40,7	40,3	40,1
200—210	(39,9)	—	—	—	—	40,3	—
210—220	39,9	—	—	—	—	—	—

* В скобках — данные, полученные интерполицией.

Таблица 73

**Порозность нижних слоев почво-грунта
под темноцветной почвой западины**

Глубина взвешивания образца, см	Объемный вес, г/см ³	Удельный вес	Порозность
300—304	1,54	2,72	43,4
400—404	1,51	2,70	44,0
500—504	1,60	2,70	40,7
600—604	1,60	2,70	40,7
666—670	1,60	2,72	41,1

наименьшей влагоемкости, в верхней части профиля высока, вследствие большой рыхлости почвы, объем пор, занятых влагой при этой влажности, составляет сравнительно небольшую часть по объему, и оказывается, что больше всего воды (по объему) задерживается слоем почвы, расположенным на глубине 30—70 см, т. е. в том же плотном выщелоченном горизонте и примыкающих к нему сверху и снизу слоях. По той же причине (рыхлость почвы) величины объема пор, заполненных влагой при влажности

Таблица 7½

Водно-физические свойства и категории порозности
(Разрез 51)

Разрез 51. Темноцветная почва западин

Глубина взятия образца, см	в % к весу почвы			ВЗ:МГ	Объемный вес, г/см³	Порозность в % от объема почвы	Плотность в % от объема почвы	Объем пор, занятых при наименьшей влажностности				Объем пор, занятых при влажности завядания				Объем пор, заня- тых макси- мальной гир- ростопично- сти				Площадь 5. Под целинной расте- тельностью при номинальной есте- ственной порозности.(20. IX 1956)								
	шВ	ВЗ	МГ					влагой		воздухом		влагой		воздухом		влагой		воздухом		влагой		воздухом		влагой		воздухом		
								объем	порозно- сти	объем	порозно- сти	объем	порозно- сти	объем	порозно- сти	объем	порозно- сти	объем	порозно- сти	объем	порозно- сти	объем	порозно- сти	объем	порозно- сти	объем	порозно- сти	
																												в % от
0—5	(30,0)*	12,5	(10)	(1,25)	0,99	59,1	59,1	59,1	59,1	59,1	59,1	29,4	49,8	12,4	21,0	46,7	79,0	9,9	16,8	6,2	10,3	52,9	89,7	6,1	10,3	52,9	89,7	
5—10	26,0	14,0	11,3	1,25	0,90	62,8	62,8	62,8	62,8	62,8	62,8	39,4	62,8	12,6	20,0	50,2	80,0	10,2	16,2	10,3	14,8	53,5	85,2	9,3	14,8	53,5	85,2	
10—20	25,0	14,0	11,2	1,25	1,19	54,9	54,9	54,9	54,9	54,9	54,9	25,1	45,7	16,7	30,4	38,2	69,5	13,3	24,3	11,2	13,3	34,1	75,8	15,0	30,5	34,1	75,8	
20—30	23,5	14,5	10,9	1,33	(1,35)	(49,1)	(49,1)	(49,1)	(49,1)	(49,1)	(49,1)	17,4	35,5	19,6	40,0	29,5	60,0	14,7	30,0	11,1	15,0	25,8	59,5	17,6	40,5	25,8	59,5	
30—40	23,5	14,5	11,0	1,32	(1,50)	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	8,2	19,0	21,7	50,0	24,7	50,0	12,7	29,2	11,7	18,2	32,3	55,3	18,2	44,7	32,3	55,3	
40—50	21,5	14,5	11,0	1,32	(1,58)	(40,5)	(40,5)	(40,5)	(40,5)	(40,5)	(40,5)	6,5	16,0	22,9	56,5	17,6	43,5	17,4	43,0	11,5	18,2	20,2	53,6	17,5	46,4	20,2	53,6	
50—60	19,0	15,0	10,4	1,44	1,67	37,7	37,7	37,7	37,7	37,7	37,7	6,0	16,0	25,0	66,5	12,7	33,7	17,2	46,1	10,5	17,0	21,0	55,3	17,0	46,4	21,0	55,3	
60—70	18,0	13,0	10,3	1,26	(1,67)	(38,0)	(38,0)	(38,0)	(38,0)	(38,0)	(38,0)	8,0	21,0	21,9	57,0	16,3	42,8	17,2	45,3	10,2	17,0	21,0	55,3	17,0	46,4	21,0	55,3	
70—80	18,0	12,0	9,8	1,22	(1,66)	(38,2)	(38,2)	(38,2)	(38,2)	(38,2)	(38,2)	8,3	21,6	19,9	52,1	18,3	47,9	16,3	42,5	10,3	17,1	21,1	55,3	17,1	44,7	21,1	55,3	
80—90	18,0	11,5	9,7	1,19	1,66	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	38,5	8,6	22,3	19,2	49,5	19,3	50,1	16,1	41,8	10,5	17,4	21,1	54,8	17,4	45,2	21,1	54,8	
90—100	18,0	11,5	9,3	1,23	(1,66)	(38,7)	(38,7)	(38,7)	(38,7)	(38,7)	(38,7)	8,8	22,7	17,8	46,0	19,8	54,0	15,4	39,8	11,1	18,4	20,3	52,5	18,4	47,5	20,3	52,5	
100—110	18,0	11,5	9,5	1,21	(1,65)	(38,8)	(38,8)	(38,8)	(38,8)	(38,8)	(38,8)	9,2	23,5	19,0	49,0	19,8												
110—120	18,0	11,5	9,2	1,25	1,65	38,9	38,9	38,9	38,9	38,9	38,9	9,5	23,6	18,1	46,3	21,1	53,8	15,2	39,0	11,4	18,8	20,4	51,6	19,9	48,2	20,4	51,6	
120—130	18,0	11,0	9,1	1,21	(1,65)	(39,2)	(39,2)	(39,2)	(39,2)	(39,2)	(39,2)	10,1	25,5	18,9	47,5	20,7	52,3	14,9	38,3	11,7	19,5	20,9	50,8	20,9	49,2	20,9	50,8	
130—140	18,0	11,5	9,1	1,26	(1,64)	(39,6)	(39,6)	(39,6)	(39,6)	(39,6)	(39,6)	10,7	26,5	18,3	45,6	21,7	54,2	15,3	38,3	11,7	19,1	20,9	52,3	20,9	49,5	20,9	52,3	
140—150	18,0	21,0	9,4	1,28	(1,63)	(40,0)	(40,0)	(40,0)	(40,0)	(40,0)	(40,0)	11,0	27,3	18,3	45,3	22,0	54,5	14,2	35,2	12,3	20,0	20,3	50,5	20,3	49,5	20,3	50,5	
150—160	18,0	12,0	8,7	1,38	1,63	40,3	40,3	40,3	40,3	40,3	40,3	11,0	27,3	20,4	50,7	19,9	49,4	13,5	33,6	12,3	20,0	20,5	49,0	19,7	49,0	20,5	49,0	
160—170	18,0	12,0	8,3	1,51	(1,63)	(40,3)	(40,3)	(40,3)	(40,3)	(40,3)	(40,3)	11,7	29,0	20,4	50,7	19,8	49,2	13,5	33,6	12,3	20,0	20,5	49,0	19,7	49,0	20,5	49,0	
170—180	17,5	12,5	8,3	1,51	(1,63)	(40,2)	(40,2)	(40,2)	(40,2)	(40,2)	(40,2)	11,0	29,0	20,4	50,8	19,7	49,0	15,1	37,8	12,6	20,5	20,5	48,9	19,6	48,9	20,5	48,9	
180—190	17,5	12,5	9,3	1,34	(1,63)	(40,1)	(40,1)	(40,1)	(40,1)	(40,1)	(40,1)	11,6	29,0	20,4	50,8	19,7	49,0	15,1	37,8	12,6	20,5	20,5	48,9	19,6	48,9	20,5	48,9	
190—200	17,5	12,0	8,5	1,41	(1,64)	(39,9)	(39,9)	(39,9)	(39,9)	(39,9)	(39,9)	11,3	28,2	19,7	49,2	20,3	50,7	13,9	34,8	12,8	21,0	19,0	47,5	19,0	47,5	19,0	47,5	
200—210	—	—	—	—	1,64	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210—220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

и скобках помещены цифры, полученные интерполяцией.

соответствующей влажности завядания и максимальной гигроскопичности, оказываются в верхних горизонтах относительно меньшими, чем в нижних, тогда как величины влажности завядания и максимальной гигроскопичности (в % к весу почвы) в верхних горизонтах были большими, чем в нижних (см. табл. 74).

Итак, изменение соотношения различных категорий порозности, занимаемых разными категориями почвенной влаги и воздухом в профиле почвы, определяется здесь главным образом структурностью и рыхлостью верхней его части.

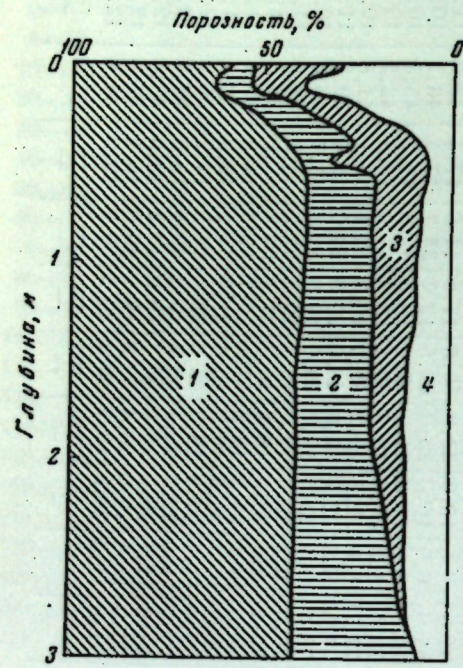


Рис. 62. Различные категории порозности в трехметровой почвенно-грунтовой толще под темноцветной почвой западины (разрез 51)

1 — твердая фаза, 2 — порозность постоянного увлажнения, 3 — порозность переменного увлажнения, 4 — порозность постоянной аэрации

быстро уменьшается. В некоторые годы влияние десукции распространяется на глубину более 3 м, однако это не вызывает больших изменений влажности.

Водопроницаемость темноцветных почв западин определяется несколькими группами межагрегатных и внутриагрегатных пор, а также крупными трещинами и в меньшей степени — порами роющих животных, которые заходят в глубь почвы на полметра и глубже. Трещины возникают в летнее время, когда почва сильно пересыхает. В мелких западинах эти трещины образуются преимущественно по периферии их, вблизи границы со светло-каштановыми почвами склонов, вследствие разницы в сложении почвенной массы, причем передко западина с двух-трех сторон оконтуривается крупной трещиной. В крупных западинах периферические трещины так резко не выражены, по-видимому вследствие более постепенного перехода к светло-каштановой почве и изменения сложения профиля. Но зато на дне западины образуется система трещин. В западинах, где развиты темноцветные почвы, трещин меньше, чем на темно-каштановых почвах западин, по отдельные трещины в них шире — до 1—1,5 см.

О соотношении объемов пор («зон») постоянного увлажнения, переменного увлажнения и постоянной аэрации дает представление рис. 62. Как видно, поры второго, третьего и четвертого полуметровых слоев постоянно заполнены водой не менее чем на половину, а иногда и больше, и после глубокого промачивания, когда установится наименьшая влагоемкость, поры заполняются водой на пять шестых их общего объема на глубине 50 см и на три четверти на глубине 1—2 м. Верхний полуметровый слой отличается низкой порозностью постоянного увлажнения, что связано с интенсивной десукцией и испарением. Ниже 3 м ни десукция, ни тем более испарение не сказываются существенно на влажности профиля; она здесь весьма мало изменяется и близка к наименьшей влагоемкости до верхней границы капиллярной каймы, занимая $\frac{3}{4}$ порозности. На глубине 2—2,5 м (в нижней части иссушаемого растительностью слоя) порозность переменного увлажнения

Таблица 75

Водопроницаемость темноцветных почв западин

На глубине	Водопроницаемость (в мм/мин) после начала опыта через															Продолжи- тельность впитыва- ния 100 мм, час. — мин.	Средняя водопо- роницае- мость за период впитыва- ния 100 мм, мм/мин	
	5 м.	10 м.	20 м.	30 м.	40 м.	50 м.	1 ч.	1,5 ч.	2 ч.	3 ч.	4 ч.	5 ч.	6 ч.	7 ч.	8 ч.			9 ч.
Разрез 51																		
С поверхности	1,40	1,20	0,80	0,80	0,80	0,60	0,80	0,70	0,60	0,55	0,66	0,75	0,55	0,55	0,48	0,47	2—20	0,71
»	6,40	3,20	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	0,80	1,00	1,60	1,70	0,80	—	—	—	0—37	2,70
На глубине 1 м	—	1,70	1,70	1,70	1,00	0,27	0,27	0,40	0,20	0,20	0,13	0,09	—	—	—	—	8—42	0,19
» 2 »	—	0,80	—	0,32	—	—	0,32	0,20	0,16	0,27	0,13	0,07	0,07	—	—	—	Более; 14—31	0,14
Разрез 128-II																		
Разрез 130																		
С поверхности	3,20	1,60	1,60	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,53	0,53	0,53	0,40	0,40	0,13	—	1—15	1,33
На глубине 1 м	1,60	1,60	1,60	1,60	0,53	0,80	0,80	0,80	0,40	0,53	0,53	0,40	0,40	0,27	—	—	1—55	0,87
» 2 »	1,60	1,60	1,60	0,80	1,60	0,53	0,40	0,80	0,40	0,66	0,40	0,66	0,40	0,13	—	—	2—07	0,79

Ширина трещин связана с плотностью сложения почвы: чем плотнее смоченная почва, тем сильнее получается усадка при высыхании (особенно горизонтальная), тем шире трещины. В почве, имеющей рыхлые верхние слои (например, структурные гумусные горизонты), происходит преимущественно вертикальная осадка и усадка отдельных агрегатов с увеличением межагрегатной порозности. Трещины, образовавшиеся в почве,

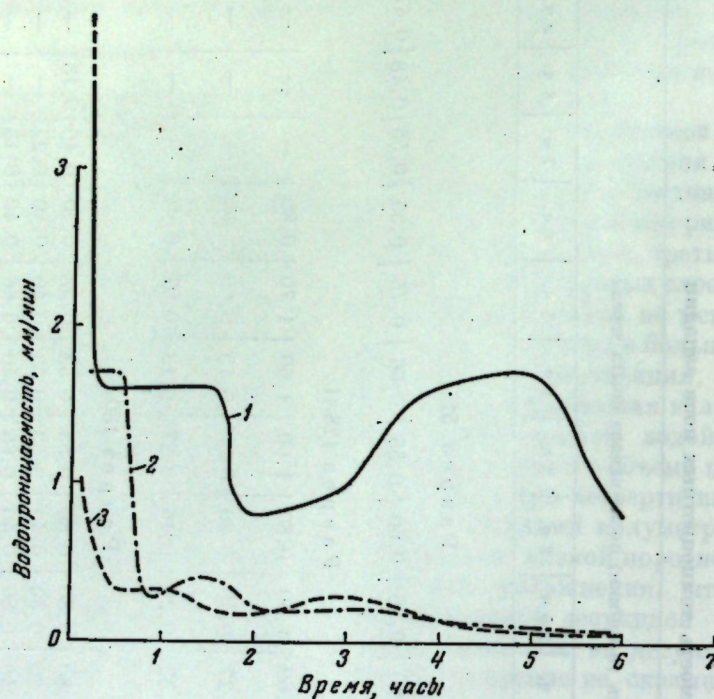


Рис. 63. Динамика водопрооницаемости (кривые впитывания) темноцветной почвы западины (разрез 128-П)
1 — с поверхности, 2 — с глубины 1 м, 3 — с глубины 2 м

часто сохраняются и зимой и при весеннем снеготаянии могут стать путями провальной водопрооницаемости. Количественного выражения эта трещиноватость пока не получила; имеющиеся данные водопрооницаемости относятся к участкам почвы, лишенным грубых трещин.

Как видно из табл. 75, водопрооницаемость темноцветных почв с поверхности заметно превышает водопрооницаемость описанных выше почв. При определении ее с разных глубин обнаруживается резкое падение водопрооницаемости, причем характерно (в отличие от солончаковых солонцов) то, что в более плотных горизонтах она ниже, в менее плотных — выше. Отсюда понятна разница в водопрооницаемости и между почвой большой старой, глубоко гумусированной, выщелоченной западины (разрез 128-П) и почвой молодой западины с малоомощным гумусным горизонтом и гипсом в нижней части профиля. Первая вверху имеет высокую водопрооницаемость, связанную с хорошей структурностью верхней части профиля, и низкую в уплотненных карбонатных горизонтах и в породе (рис. 63), вторая почва (разрез 130) мало оструктурена, содержание в ней гумуса невелико, структурная переработка профиля растительностью незначительна и по водопрооницаемости с поверхности заметно уступает первой. Нижние горизонты еще не «сложились» в достаточной мере, т. е. в них не закончено еще формирование плотной «породы» во втором и третьем метровых слоях рыхлого

субстрата, полученного при отмывке солей (включая гипс). Об этом свидетельствуют величины объемного веса этих почв (разрезы 128-П и 130). Водопрооницаемость этих горизонтов значительно выше, чем соответствующих горизонтов старой западины (разрез 128-П), и приближается к водопрооницаемости верхнего горизонта (с поверхности).

Профиль почвы большой старой западины (разрез 51) очень плотен (объемный вес см. на рис. 56, порозность — на рис. 61), ниже 50 см. По-видимому, этот слой вследствие более низкой водопрооницаемости является водоупорным и снижает водопрооницаемость вышележащего горизонта, создавая подпор. Это подтверждается и контуром смоченности (рис. 64), который показывает, что проникновение воды вниз было затруднено; оно лучше по трещинам (языки смоченности) и в стороны. Однако только влиянием плотного горизонта, лежащего ниже 0,5 м, нельзя объяснить сниженную водопрооницаемость с поверхности этой почвы.

По всей вероятности, несмотря на хорошую гумусность, структура здесь хуже, чем в западинах среднего размера. В таких старых больших западинах, по-видимому, начинается процесс обесструктурирования, выражающийся гораздо сильнее в темноцветных почвах западин с признаками осолодения. С последними данная почва имеет одинаковую водопрооницаемость. С глубины более 1 м вертикальная проницаемость в этой почве улучшается — фигура смоченности приобретает вертикальную вытянутость. Объяснение величины низкой водопрооницаемости на глубине 0,5 м дает анализ вероятных величин действующей порозности. Полагая, что действующая порозность больше порозности аэрации при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости, и меньше порозности аэрации при влажности завядания, но близка к последней, почва на глубине 60 см (выщелоченный горизонт) имеет минимальную порозность, а вниз она опять увеличивается. Понятно, что на глубине около 60 см в темноцветной почве западины действительно должен залегать слой с более низкой водопрооницаемостью.

Наблюдениями за водным режимом темноцветных почв западин устанавливаются некоторые особенности передвижения гравитационной влаги в них. На площадке 15 нам удалось наблюдать после снеготаяния, обусловившего сквозное промачивание в этой западине, стекание капиллярно-гравитационной воды. Оказалось, что это продолжалось в профиле около 40 дней — от 25 марта (с момента окончания впитывания талой воды в почву) до 5 мая (т. е. до установления равновесного по влажности состояния в профиле почвы). Последнее было отмечено по смещению влажности почвы, равной 20% и более, до глубины свыше 4 м, причем выше установилась влажность 18—18,5%, т. е. равная наименьшей влагоемкости. В течение последних двух недель стекания капиллярно-гравитационной воды в большей части профиля удерживалась влажность выше наименьшей влагоемкости, но ниже полной влагоемкости, из чего можно заключить, что на этой стадии стекания последнее происходит не во всех порах, а только в наиболее мелких, из числа способных сбрасывать воду. В первые же 20—25 дней успевают освободиться от воды более крупные поры, т. е. во второй фазе стекания мы находим в порах воду или капиллярно-

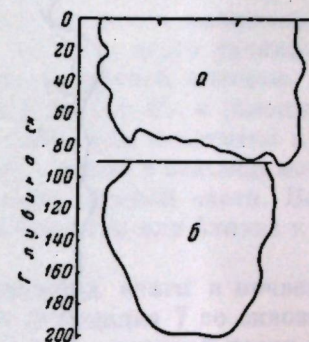


Рис. 64. Контурные смоченности после определения водопрооницаемости темноцветных почв западин

а — с поверхности, б — с глубины 90 см. Горизонтальный масштаб равен вертикальному

гравитационную, занимающую весь просвет наиболее тонких капилляров (из числа тех, по которым вода может вытекать), или сочетание капиллярно-гравитационной воды с участками гравитационной воды, обтекающей в виде «пленок» микроагрегаты, составляющие почву.

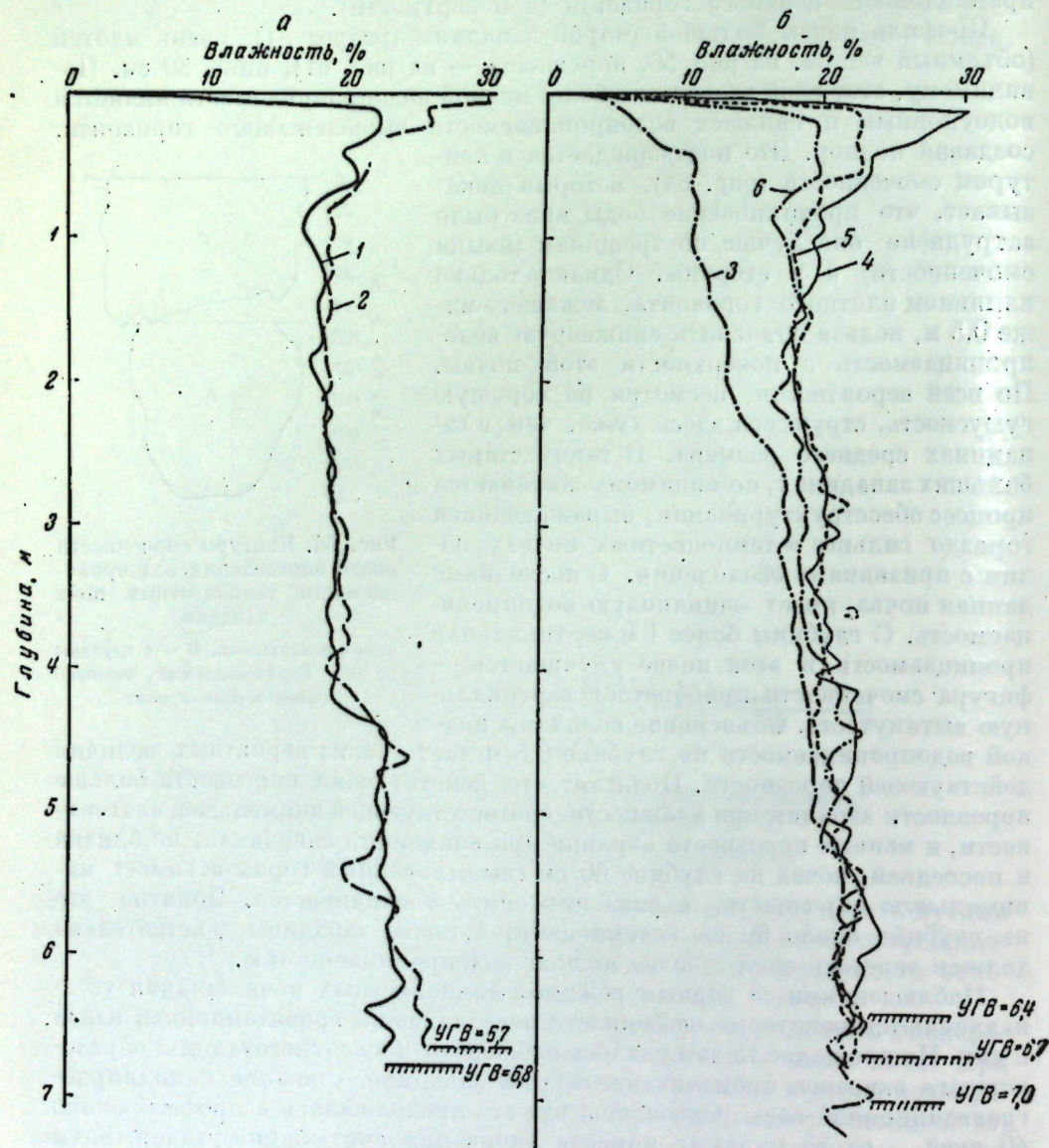


Рис. 65. Кривые распределения влажности в почвенно-грунтовой толще под темноцветными почвами западин

а — площадка 15: 1 — 19 июля 1951 г., 2 — 19 июля 1951 г.; б — площадка 7: 3 — 22 сентября 1950 г., 4 — 24 апреля 1951 г., 5 — 16 мая 1951 г., 6 — 17 августа 1951 г.

Рассмотрим кратко особенности капиллярной каймы в темноцветных почвах западин. Заметных отличий в мощности и других свойствах капиллярной каймы темноцветных почв западин от других выше рассмотренных почв нет, но для разных западин, а также разных сезонов в одной западине отмечается большое варьирование ее мощности. Капиллярная

кайма начинается на глубине 3,5—4 м от поверхности, где величина влажности колеблется около 19%. Мощность каймы варьирует между 2,5—4,0 м. Понятно, что при определении каймы в разных случаях надо принимать разные величины верхнего предела наименьшей влагоемкости, о чем выше уже говорилось. Для одних и тех же темноцветных почв мощность этой условной каймы (т. е. слоя с влажностью 19%) тоже изменяется и в тех же пределах, причем пока не удавалось ни установить причин этих изменений, ни подметить в кайме сезонную динамику.

Средняя мощность капиллярной каймы с влажностью больше 19% составляет 320 см. Величина 19% выбрана здесь не по формальному признаку единой величины влажности для измерения мощности капиллярной каймы во всех почвах, а потому, что именно с нее чаще всего начинается перегиб кривой распределения влаги в почвенно-грунтовой колонне, как это видно на рис. 65. Очевидно, четвертый метр на рис. 65, а (площадка 15 — западина со сквозным промачиванием весной) уже относится к капиллярной кайме, к верхней ее части, а пятый, шестой и седьмой метровые слои — ко второй, в данном случае довольно мощной части. Выше 3 м величина влажности равна наименьшей влагоемкости или близка к ней (18—18,5%).

На рис. 65, б изображена динамика распределения влаги в почвенно-грунтовой толще темноцветной почвы западины (площадка 7 со сквозным промачиванием весной 1951 г.). Осенью 1950 г. здесь в верхней части почвенно-грунтового профиля в пределах трехметрового слоя влажность была наиболее низкой вследствие иссушения, созданного травянистой растительностью в этот и в предыдущие годы. Капиллярная кайма здесь находится на глубине 370 см при уровне грунтовых вод 670 см, т. е. имеет мощность 300 см при отчетливой двухъярусности. После снеготаяния весной 1951 г. (к концу апреля) в верхней части профиля установилась наименьшая влагоемкость, а внизу при бурении была перехвачена стекающая гравитационная влага. Позже во всем профиле, в том числе и в капиллярной кайме, установилось равновесное состояние, при котором в пятом метровом слое (верхняя часть каймы) влаги содержится значительно больше, чем в вышележащей части профиля, поэтому мы и считаем эту нижнюю часть капиллярной каймой.

Темноцветные чернозидные почвы больших палин

Палины, как уже указывалось, представляют собой замкнутые депрессии, дно которых на 1—1,5 м ниже, чем соседняя межпалинная равнина. Нередко между палинами расположены более низкие участки межпалинной равнины, в которых преобладают светло-каштановые почвы.

Каждая палина имеет на межпалинной равнине свой водосбор, причем водосборные участки палин на высоких местах равнины довольно резко разделены водораздельными грядами с резким преобладанием на них солонцов. В период весеннего снеготаяния палины иногда получают значительное дополнительное количество талой снеговой воды за счет стока с равнины. В это время они представляют собой временные озера (рис. 66 и 67), существующие 5—15 дней, после впитывания которых под палинами наблюдается подъем грунтовых вод, образующих купола. В многоводные весны озера, образовавшиеся (в результате дружного таяния) в палинах, соединяются друг с другом по низким участкам комплексной равнины, на которых образуются таким образом широкие мелкие протоки и осуществляется сток из палины в палину, а по сериям палин — в лиманы и балки.



92

Рис. 66. Большая падьина во время весеннего паводка. 1952 г.

В такие годы поверхностные воды сбрасываются, несмотря на незначительные уклоны местности, на десятки километров. Границей наибольших разливов падин является, по предварительным наблюдениям, верхняя граница светло-каштановых почв, кольцеобразно окаймляющих темноцветные почвы падин. Темноцветные почвы падин в настоящее время далеко не всегда располагаются пятнами округлой формы, отвечающей низкой выровненной части дна падьины. Оказывается, что темноцветные почвы могут распространяться из падин в сторону межпадинных участков в тех местах, где весной в падьину происходит сток с межпадинной равнины.

Объяснить такое расположение темноцветных почв нетрудно. Естественно полагать, что именно по линии стока в местах, где периодически наблюдается глубокое промачивание, создаются условия для поселения разнотравной растительности и накопления гумуса, близкие к аналогичным условиям в самой падьине. Таким образом, можно заключить, что темноцветные почвы падин постепенно разрастаются за счет межпадинных пространств. Становится понятным и другой факт: несовпадение границ темноцветных почв с определенными высотными отметками, что приводит иногда к тому, что пятно темноцветной почвы располагается не горизонтально, а наклонно, как бы вылезая одним краем на более высокие отметки. Объяснимо также несовпадение низких мест падьины с ее центром; очевидно, распространение темноцветных почв могло идти от наиболее низких мест падьины в разные стороны по-разному.

Из приведенного видно, что темноцветная почва в пределах одной и той же падьины может быть не вполне одновозрастной и не вполне тождественной.

Падины имеют, как известно, разные размеры. При этом оказывается, что падьины небольшого размера могут содержать в нижней части профиля гипс и легкорастворимые соли и иметь сильно минерализованную грунтовую воду. Естественно предположить, что эти падьины — наиболее молодые, развивающиеся в благоприятных местах на участках, ранее занятых

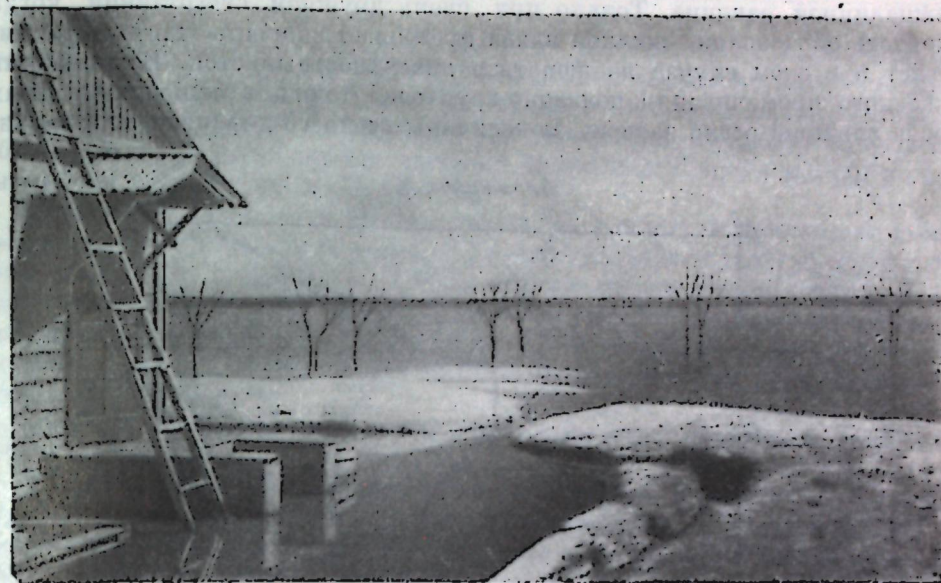


Рис. 67. Большая падьина, затопленная талыми водами. 1952 г.

межпадинным комплексом почв. То, что они образовались из последних, подтверждает, например, нахождение гипса в профиле почвы небольшой падьины с выровненным дном не в виде сплошного гипсового горизонта, а пятнами. Благоприятными местами для развития падин из межпадинного комплекса являются низкие участки его с затрудненным стоком. В центральных частях наиболее крупных падин иногда встречаются отчетливо осолоделые темноцветные почвы.

Приводимый ниже материал характеризует только темноцветные почвы днщ больших падин.

Водный режим темноцветных черноземовидных почв больших падин относится к типу промывного, к группе подтипов периодически промывных, к подтипу потускулярному. Возникновение сквозного промачивания, как это подробно выяснено одним из нас (Роде, 1952 и 1950), зависит от условий увлажнения предшествующей осени и данной весны. Обязательным условием для возникновения весеннего поверхностного стока в падьины, является влажная осень, т. е. повышенное количество осадков в октябре и особенно в ноябре. Поступившая в почву влага после замерзания придает ей водонепроницаемость, которая сохраняется до весны. Оттаивание почв здесь происходит всегда сверху, после схода снежного покрова. Поэтому после влажной осени весной межпадинная равнина может удерживать лишь то количество талых вод, которое равно емкости микрорельефа, т. е. около 30 мм (Роде, 1952). Остальное количество талых вод стекает в большие падьины и лиманы и накапливается там в отношении, равном отношению площади водосбора падьины к площади самой падьины или лимана.

Это отношение варьирует от 3.5 до 10, в среднем оно равно 7,7.

В сухую осень, когда сумма осадков за октябрь и ноябрь не превышает 30 мм, почва «уходит» под снег, сохранив свою водопроницаемость. Возможность возникновения поверхностного стока в следующую весну тем самым значительно снижается, так как талые воды впитываются на самой

межпадинной равнине. Только при очень дружном снеготаянии, когда скорость образования жидкой влаги превышает скорость инфильтрации, может и в этом случае наблюдаться поверхностный сток. Возможность сквозного промачивания почвенно-грунтовой толщи в больших падинах после влажной осени зависит от величины осеннего дефицита влажности.

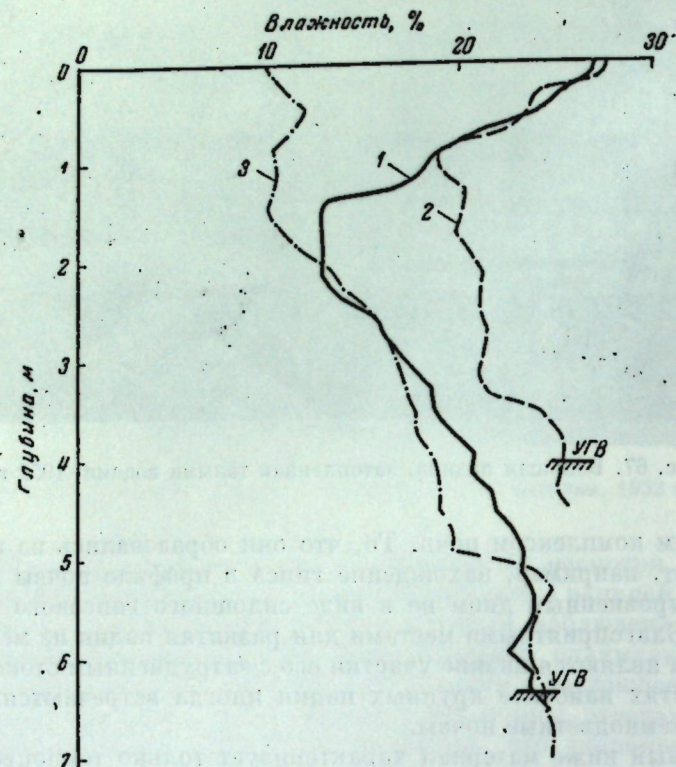


Рис. 68. Кривые распределения влажности в почвенно-грунтовой толще под темноцветными почвами большой падьи в разные сроки

1 — весной без сквозного промачивания, 2 — весной со сквозным промачиванием, 3 — осенью

Если он велик, то даже затопление падьи талыми водами не всегда вызывает сквозное промачивание. Осенний же дефицит влаги зависит от растительного покрова: его величина под черным паром близка к нулю, под жнивьем различных сельскохозяйственных культур достигает 250—300 мм, а под лесными насаждениями достигает 400—500 мм. Сквозное промачивание при влажной предшествующей осени может возникнуть, если сумма запаса влаги в снеге перед началом снеготаяния и количества осадков во время снеготаяния превысит величину дефицита, деленную на 7,7.

На рис. 68 показано распределение влаги в темноцветной почве большой падьи: весеннее в случае отсутствия сквозного промачивания, весеннее при наличии промачивания и осеннее под сомкнутым древесным насаждением.

Большие падьи в настоящее время все, почти без исключения, представляют собой пашни или залежи различного возраста. Целинных падьей, по-видимому, не осталось. Судя по старым залежам, можно думать, что

падины были покрыты разнотравно-злаковой растительностью, возможно, близкой по составу к целинной растительности западни, описанной выше.

На стационарном участке имеется несколько больших падьей, которые в момент организации стационара находились под молодыми залежками с большим количеством сорных растений. В настоящее время все эти падьи заняты древесными насаждениями.

Нами были аналитически исследованы три разреза темноцветных почв больших падьей: разрез 19 на стационарном приусадебном участке; под молодой залежью, и разрез 18 и 105 в колхозе имени Ленина (бывш. «Новая жизнь») в 5 км к югу от стационарного участка, под древесными насаждениями: первый — под четырехрядной полосой 10-летнего возраста (посадки 1940 г.), второй — под массивным насаждением 11-летнего возраста (посадки 1939 г.).

Профиль темноцветных почв больших падьей имеет следующее морфологическое строение.

Гумусовый горизонт, мощность которого может достигать 35—40 см, окрашен в темно-серый цвет, во влажном состоянии переходящий в черный. Структура в пахотном слое комковато-порошистая. После многолетнего воздействия древесной растительности структура в верхней части делается тонкослоевой и ниже переходит в слоисто-комковатую, а еще ниже — в комковато-призматическую. Призмы имеют в поперечнике около 8—10 см и отделены друг от друга тонкими вертикальными трещинами. Густо пронизан корнями. Суглинистый, в течение летнего периода по большей части сухой. От нижележащего отделяется по цвету и структуре довольно резко.

Ниже находится оглиненный горизонт, нижняя граница его проходит на глубине 70—80 см. Он имеет характерный коричневый цвет, вверху довольно темный, но несколько светлеющий книзу. В самой нижней части (в нижнем слое толщиной 2—3 см) начинает слабо вскипать с соляной кислотой. Имеет хорошо выраженную призматическую структуру. Призмы размером 4—5 см в поперечнике легко распадаются в горизонтальном направлении на параллелепипеды. Корней значительно меньше, чем в гумусовом горизонте. Много тонких пор. Встречаются узкие кротовины, выполненные материалом из гумусового горизонта; это, вероятно, ходы полевок. Тяжело-суглинистый. В нижележащий переходит быстро, но без резкой границы.

Ниже залегает иллювиально-карбонатный горизонт, нижнюю границу которого можно провести на глубине 150—200 см. Он окрашен в буровато-палевый, довольно светлый цвет. Имеет хорошо выраженную призматическую, реже — ореховато-призматическую структуру. Суглинистый. В верхних 15—20 см часто встречается мицелий или прожилки карбонатов. С глубины около 100 см встречается белоглазка в виде резко очерченных, несколько вытянутых сверху вниз белых пятнышек шириной 10 мм и длиной 20—50 мм. На глубине 150—200 см белоглазка исчезает. Этот горизонт постепенно переходит в нижележащий — материнскую породу — палевый, плотный слитый пылеватый карбонатный суглинок.

Механический состав темноцветных почв больших падьей охарактеризован данными табл. 76 и составленным на их основании рис. 69. Из этого рисунка мы видим, что заметного расчленения почвенного профиля по механическому составу не наблюдается, за исключением повышенного содержания илстой фракции на глубине около 50 см.

Это повышение в разрезе 18 (рис. 69, а) происходит главным образом за счет частиц размером 0,25—0,05 мм, а в разрезе 19 (рис. 69, б) — за счет частиц размером 0,05—0,01 мм. По своему характеру и положению

Таблица 76

Механический состав темноцветных черноземовидных почв больших палин
(в % от веса сухой бескарбонатной почвы)

Глубина взятия образца, см	Горизонт	Размеры частиц, мм					
		1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001
Разрез 19 (падина 1)							
0—10	Гумусовый	0,4	0,1	48,9	8,3	12,7	29,6
20—30	»	0,4	0,0	47,6	9,8	11,9	30,6
40—50	Выщелоченный	0,1	3,0	37,8	9,4	16,3	33,4
100—110	Карбонатный	0,1	2,4	50,0	8,0	8,6	30,9
200—210	Материнская порода	0,1	7,9	46,2	6,5	9,8	29,5
300—310	То же	0,0	13,6	38,3	8,7	12,5	26,9
400—410	»	0,0	10,0	39,9	9,8	9,5	30,8
500—510	»	0,0	9,6	46,6	7,4	8,8	27,6
600—610	»	0,0	9,4	52,6	5,7	6,3	26,0
670—680	»	0,0	12,9	49,1	5,4	6,2	26,4
Разрез 18 (корневая траншея 1)							
0—10	Гумусовый	1,4	7,3	42,1	7,9	10,6	30,7
20—30	»	0,4	11,4	38,1	6,2	10,6	33,3
40—50	Выщелоченный	0,1	5,0	35,0	6,1	9,3	44,5
100—110	Карбонатный	0,0	8,6	43,4	6,1	9,1	32,8
220—230	Материнская порода	0,0	3,5	45,7	11,9	8,2	30,7
320—330	То же	0,0	10,2	45,6	5,9	7,9	30,4
400—410	»	0,0	9,6	45,7	6,2	8,6	29,9
520—530	»	0,1	14,4	42,5	5,4	9,3	28,3
600—610	»	0,0	17,8	44,0	2,9	9,6	25,7

в почвенно-грунтовой толще этот максимум содержания илстых частиц напоминает аналогичные максимумы, встречающиеся в рассмотренных выше почвах других типов.

Солевые профили трех упомянутых выше исследованных нами разрезов темноцветных почв больших палин охарактеризованы в табл. 77 и 78 и на рис. 70—72. На рис. 72 горизонтальный масштаб взят более крупный, чем на двух других рисунках, где он такой же, как и на всех предыдущих солевых профилях. Из этих рисунков мы видим, что содержание солей в профилях темноцветных почв больших палин совершенно ничтожно: сумма катионов или анионов редко выходит за пределы 1—2 мк-экв. на 100 г почвы.

Рис. 72 показывает, что в составе солей в почве под залежью резко преобладает бикарбонат кальция, что и следует считать характерным для

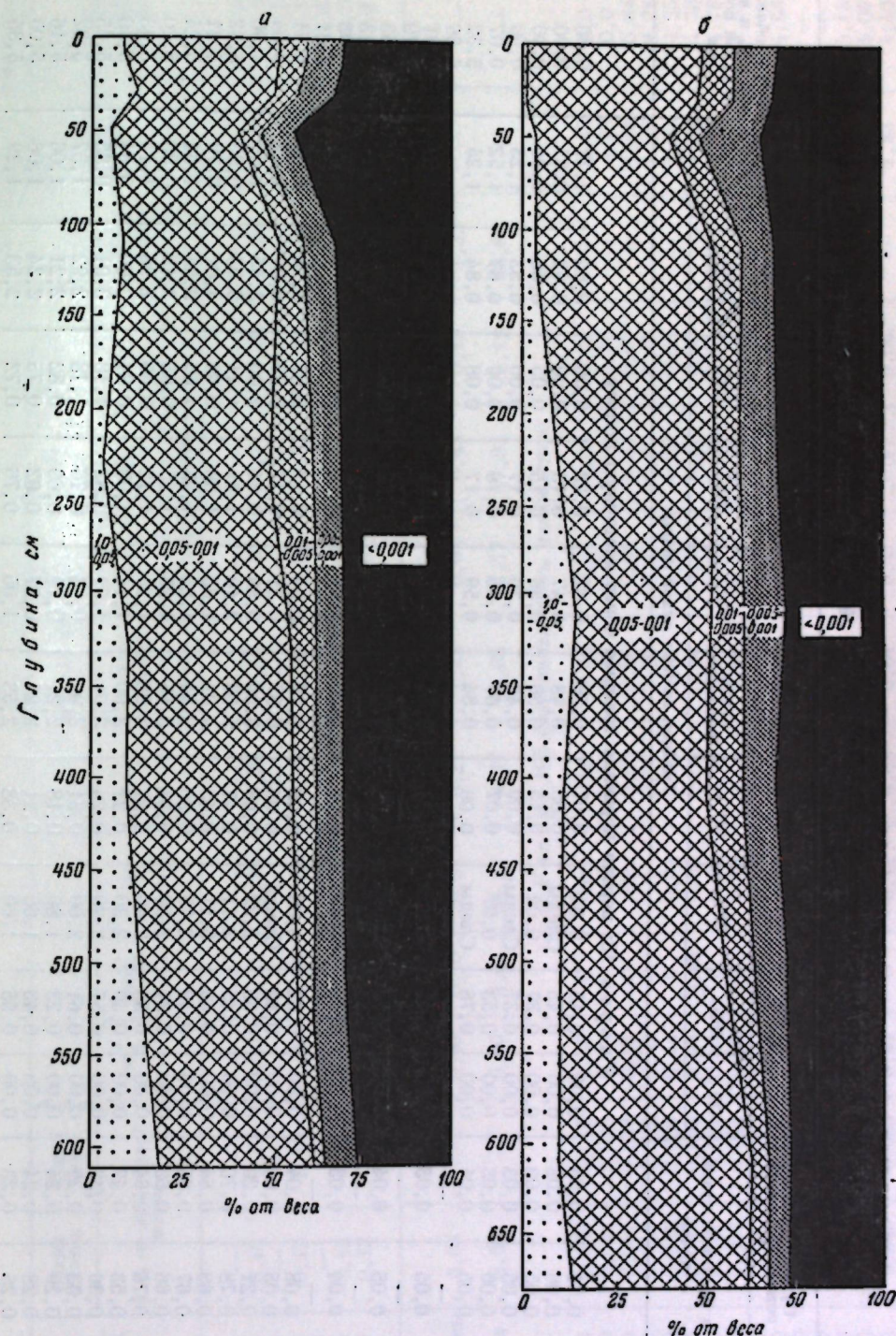


Рис. 69. Изменение по профилю механического состава темноцветных почв больших палин
а — разрез 18, б — разрез 19

Таблица 77

Состав водной вытяжки, сумма сульфатов и CO_2 карбонатов в темпоцветной черноземовидной почве большой падьи, под насаждением в колхозе имени Ленина (бывш. «Новая жизнь»)

Глубина взятия образца, см	Сухой остаток		Водная вытяжка										Сумма сульфатов	CO ₂ карбонатов в % к весу сухой почвы
	Сумма солей	в % от веса сухой почвы	CO ₃	HCO ₃	Cl'	SO ₄ '	сумма анионов	Ca''	Mg''	Na''	сумма катионов			
Разрез 18; первая корневая траншея через восточную полосу														
0—10	0,11	0,03	0,00	0,45	0,04	0,07	0,56	0,62	0,23	0,00	0,85	1,77	0,00	
10—20	0,06	0,03	0,00	0,45	Следы	0,03	0,48	0,47	0,15	0,00	0,62	0,87	0,00	
20—30	0,05	0,03	0,00	0,37	0,04	0,15	0,56	0,36	0,15	0,05	0,56	0,91	0,00	
30—40	0,05	0,03	0,00	0,37	Следы	0,09	0,46	0,36	0,17	0,00	0,53	1,25	0,00	
40—50	0,06	0,03	0,00	0,53	0,07	0,07	0,67	0,45	0,16	0,06	0,67	1,52	0,07	
50—70	0,05	0,04	0,00	0,78	Следы	0,06	0,84	0,59	0,17	0,08	0,84	1,25	3,32	
70—80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,86	
80—90	0,05	0,03	0,00	0,41	Следы	0,07	0,48	0,57	0,27	0,00	0,84	2,20	7,61	
90—100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,79	
100—110	0,05	0,04	0,00	0,78	Следы	0,03	0,81	0,57	0,22	0,02	0,81	2,12	6,53	
110—120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,13	
120—130	0,04	0,03	0,00	0,47	Следы	0,09	0,56	0,42	0,13	0,01	0,56	2,20	6,93	
130—140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,31	
140—150	0,08	0,04	0,00	0,62	0,08	0,08	0,78	0,54	0,17	0,07	0,78	1,41	6,71	
150—160	0,05	0,04	0,00	0,82	Следы	0,05	0,87	0,31	0,27	0,29	0,87	1,45	5,54	
220—230	0,21	0,20	0,00	0,65	2,22	0,68	3,55	0,86	0,64	2,05	3,55	1,08	4,90	
250—260	0,78	0,70	0,00	0,45	3,11	0,47	5,03	2,10	1,81	1,11	5,03	0,93	5,32	
260—270	0,69	0,64	0,00	0,45	3,11	0,45	4,01	1,65	1,38	0,98	4,01	0,79	5,21	
270—280	0,67	0,65	0,00	0,49	2,75	0,30	3,54	1,25	1,25	1,04	3,54	1,04	5,24	
280—290	0,66	0,65	0,00	0,31	2,50	0,34	3,15	1,25	1,25	0,65	3,15	0,95	5,20	
320—330	0,76	0,64	0,00	0,35	2,40	0,21	3,15	1,24	1,12	0,60	2,96	1,14	5,43	
330—340	0,53	0,47	0,00	0,49	2,30	0,21	3,00	1,11	1,08	0,81	3,00	0,54	5,10	
340—350	0,36	0,32	0,00	0,57	2,20	0,24	3,01	1,01	0,82	1,18	3,01	0,85	5,35	
350—360	0,32	0,29	0,00	0,61	2,00	0,31	2,92	0,98	0,76	1,18	2,92	1,37	5,32	
360—370	0,29	0,24	0,00	0,23	1,80	0,18	2,21	0,79	0,60	0,82	2,21	1,06	5,16	
400—410	0,28	0,24	0,00	0,43	1,60	0,21	2,24	0,87	0,62	0,75	2,24	1,06	5,05	
440—450	0,26	0,23	0,00	0,55	1,60	0,38	2,53	1,05	0,76	0,72	2,53	1,29	5,35	

Таблица 77 (окончание)

Глубина взятия образца, см	Водная вытяжка										Сумма сульфатов	CO ₂ карбонатов в % к весу сухой почвы	
	Сухой остаток	Сумма солей	CO ₃ ^{''}	HCO ₃ [']	Cl [']	SO ₄ ^{''}	сумма анионов	Ca ^{''}	Mg ^{''}	Na ⁺			сумма катионов
мг-экв. на 100 г сухой почвы													
450—460	—	—	—	0,31	1,76	—	0,29	2,36	1,07	0,71	0,58	—	5,41
480—490	0,16	0,12	0,00	—	—	—	—	—	—	—	—	1,77	4,58
500—510	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,14
520—530	0,12	0,10	0,00	0,55	1,18	—	0,17	1,90	0,86	0,52	0,52	1,12	1,37
540—550	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,87
560—570	0,12	0,10	0,00	0,55	1,06	—	0,26	1,87	0,86	0,55	0,46	—	4,18
600—610	0,12	0,08	0,00	0,55	0,76	—	0,26	1,57	0,81	0,51	0,25	2,02	5,37
Грунтовая вода на 100 г почвы	0,06	—	0,00	0,10	0,91	—	0,21	1,22	0,64	0,45	0,13	1,22	—
Грунтовая вода, г/л	2,60	—	0,00	4,04	36,27	—	8,37	48,68	25,57	17,92	5,19	48,68	—
Разрез 105 (массивная часть насаждения)													
0—10	0,086	0,018	0,36	0	Нер.	Нер.	Нер.	0,36	0,31	0,03	0,02	—	0,45
40—50	0,052	0,025	0,33	0	0,02	0,02	0,10	0,45	0,34	0,01	0,10	—	0,40
80—90	0,051	0,029	0,53	0	Нер.	Нер.	0,03	0,56	0,46	0,03	0,07	—	1,23
120—130	0,047	0,032	0,53	0	»	»	0,06	0,59	0,41	0,03	0,15	—	1,26
160—170	0,033	0,026	0,44	0	0,04	0,04	0,03	0,51	0,38	0,09	0,04	—	1,29
200—210	0,037	0,030	0,48	0,08	0,04	0,04	0,06	0,58	0,36	0,17	0,05	—	1,38
240—250	0,047	0,034	0,45	0	0,20	0,20	0,02	0,67	0,36	0,20	0,11	—	1,49
280—290	0,057	0,043	0,48	0	0,28	0,28	0,05	0,81	0,44	0,20	0,17	—	1,42
290—300	—	—	—	—	0,37	0,37	—	—	—	—	—	—	—
320—330	0,049	0,044	0,48	0	0,32	0,32	0,06	0,86	0,44	0,30	0,12	1,10	4,56
340—350	—	—	—	—	0,20	0,20	—	—	—	—	—	—	—
350—360	—	—	—	—	0,20	0,20	—	—	—	—	—	—	—
360—370	0,047	0,041	0,48	0	0,20	0,20	0,12	0,80	0,38	0,20	0,32	1,10	5,13
400—410	0,043	0,038	0,45	0	0,16	0,16	0,10	0,71	0,39	0,17	0,45	1,29	5,06
440—450	0,045	0,033	0,49	0	0,12	0,12	0,03	0,64	0,41	0,17	0,06	1,33	4,40
480—490	0,055	0,039	0,45	0	0,20	0,20	0,10	0,75	0,44	0,25	0,06	1,47	5,23
490—500	0,059	0,036	0,45	0	0,12	0,12	0,10	0,67	0,41	0,24	0,02	1,47	5,06

Состав водной вытяжки и CO_2 карбонатов в темноцветной черноземовидной почве большой падьины (залежь). (Разрез 19)

Глубина взятия образца, см	Сухой остаток	Сумма солей	HCO_3'	Cl'	SO_4''	Сумма анионов	Ca''	Mg''	Na^+	Сумма катионов	CO_2 кар- бонатов, в % от ве- са сухой почвы
	в % от-веса почвы		Водная вытяжка, мг-экв на 100 г сухой почвы								
0— 5	0,05	0,01	0,12	0,04	0,13	0,29	0,20	0,07	0,02	0,29	0,00
5— 10	0,05	0,01	0,22	0,02	0,06	0,30	0,20	0,06	0,04	0,30	0,00
10— 20	0,04	0,02	0,24	0,00	0,07	0,31	0,24	0,02	0,05	0,31	0,00
20— 30	0,06	0,02	0,26	0,02	0,17	0,45	1,32	0,04	0,09	0,45	0,00
30— 40	0,06	0,04	0,45	0,02	0,15	0,62	0,66	0,05	0,10	0,81	0,00
40— 50	0,05	0,03	0,33	0,02	0,13	0,48	0,33	0,05	0,10	0,48	0,00
50— 60	0,05	0,01	0,27	0,00	0,04	0,31	0,18	0,08	0,05	0,31	0,00
60— 70	0,07	0,03	0,55	0,02	0,05	0,62	0,38	0,08	0,16	0,62	0,54
70— 80	0,05	0,03	0,65	0,00	0,01	0,66	0,50	0,08	0,08	0,66	3,63
80— 90	0,10	0,03	0,60	0,00	0,01	0,61	0,48	0,02	0,11	0,61	7,56
90—100	0,10	—	0,64	0,07	0,02	0,73	0,42	0,10	0,21	0,73	8,25
140—150	0,05	0,02	0,65	0,02	0,01	0,68	0,50	0,07	0,11	0,68	7,45
190—200	0,13	0,04	0,61	0,12	0,04	0,77	0,55	0,07	0,15	0,77	—
240—250	0,07	0,03	0,70	0,00	0,00	0,70	0,48	0,03	0,18	0,70	5,04
290—300	0,05	0,02	0,67	0,00	0,00	0,67	0,60	0,02	0,05	0,67	—
320—330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,08
340—350	0,07	0,02	0,65	0,02	0,00	0,67	0,60	0,04	0,03	0,67	—
390—400	0,06	0,02	0,70	0,00	0,00	0,70	0,56	0,09	0,05	0,70	—
440—450	0,08	0,03	0,63	0,04	0,00	0,67	0,58	0,02	0,07	0,67	4,75
490—500	0,10	0,02	0,63	0,02	0,00	0,65	0,50	0,10	0,05	0,65	—
540—550	0,05	0,02	0,58	0,00	0,00	0,58	0,50	0,05	0,03	0,58	—
590—600	0,06	0,02	0,65	0,02	0,00	0,67	0,55	0,07	0,05	0,67	—
600—610	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,65
610—620	0,08	0,02	0,58	0,00	0,05	0,63	0,55	0,02	0,06	0,63	—
620—630	0,07	0,03	0,60	0,04	0,08	0,72	0,61	0,04	0,07	0,72	—

CO_2 по всем профилям не обнаружен.

темноцветных почв больших падьин. Остальные соли содержатся в этой почве в ничтожном количестве; вероятно, они находятся в биологическом круговороте, и их запас может пополняться за счет импัลверизации.

В разрезе 18 мы видим несколько иную картину. Напоминаем, что этот разрез заложен под лесной четырехрядной полосой, причем корни деревьев доходят до капиллярной каймы, верхняя граница которой в момент закладки разреза находилась в начале пятого метрового слоя. Как показал анализ, грунтовая вода под полосой минерализована довольно слабо (сухой остаток 2,60 г/л), но в ее составе резко преобладают хлориды кальция и магния. Благодаря значительному расходу влаги на транспирацию, эти соли подтянулись в почвенно-грунтовую толщу до нижней границы сухого слоя, что и вызвало образование максимума содержания хлора в третьем метровом слое. Запас солей подсчитан для разреза 105 (табл. 79). Сумма солей, переходящих в водную вытяжку, равна всего 3,7 кг/м²

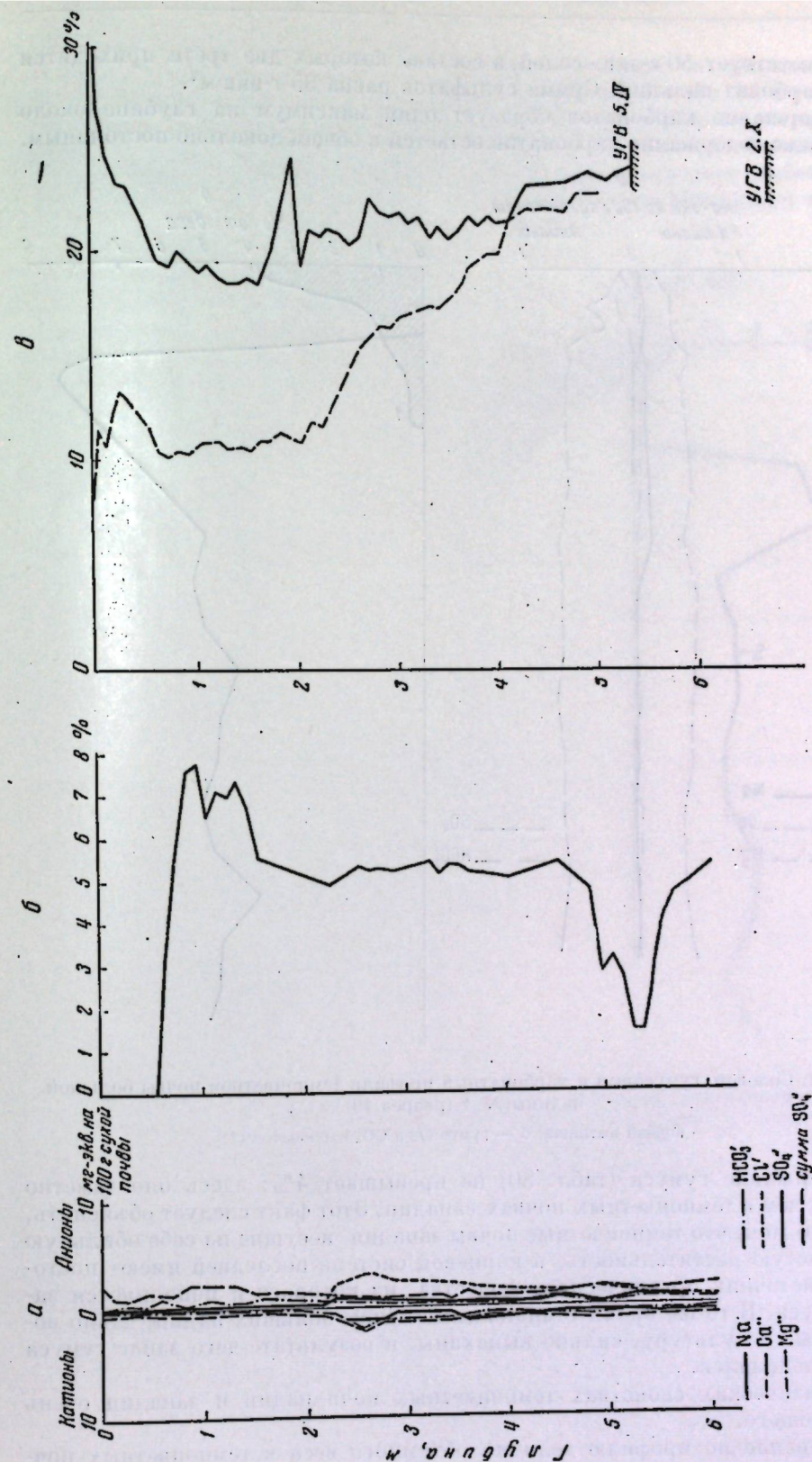


Рис. 70. Профили темноцветной почвы большой падьины (разрез 18 — под узкой лесной полосой): солевой (а), карбонатный (б) и гидрологический (в). Правая кривая — 5 апреля, левая кривая — 2 октября

и соответствует 50 г-экв. солей, в составе которых две трети приходится на бикарбонат кальция. Сумма сульфатов равна 95 г-экв/м².

Содержание карбонатов образует один максимум на глубине около 1 м. Ниже содержание карбонатов остается в общем довольно постоянным.

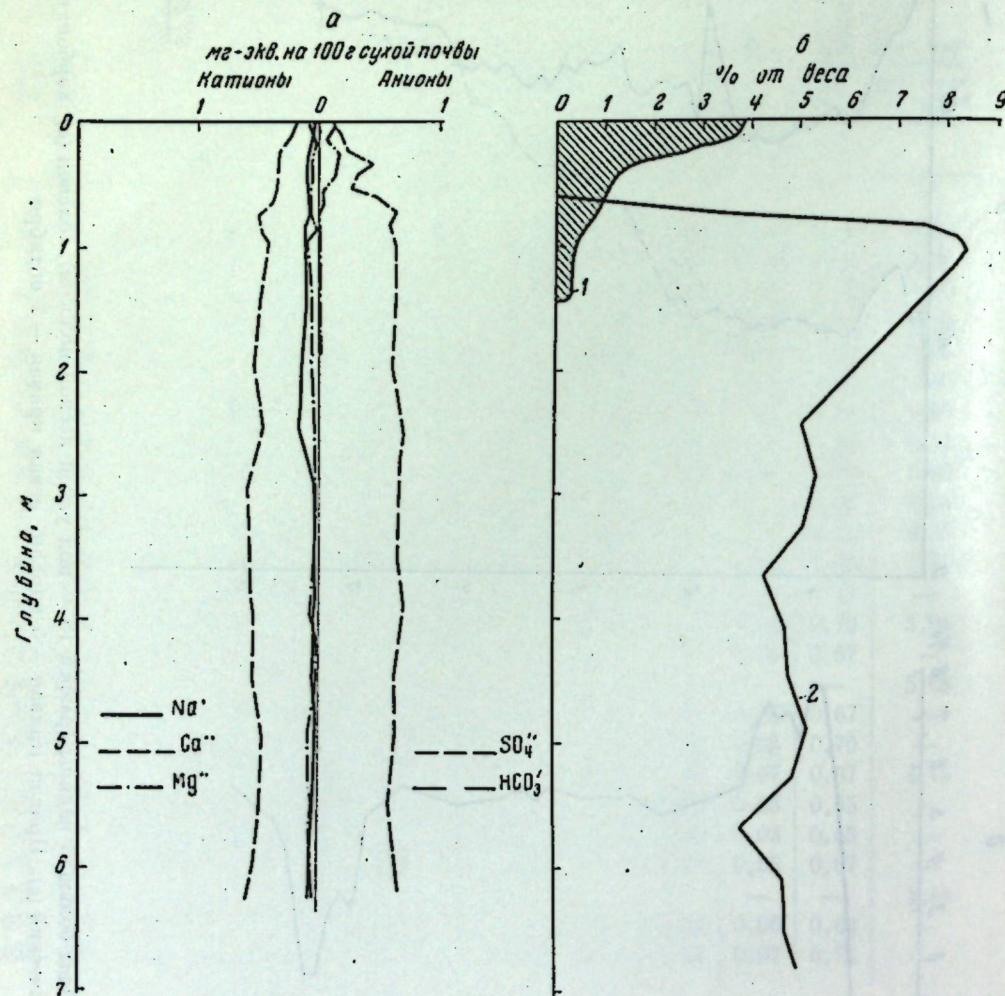


Рис. 71. Солевой, гумусовый и карбонатный профили темноцветной почвы большой падьины № 1 (разрез 19)

а — водная вытяжка, б — гумус (1) и CO₂ карбонатов (2)

Содержание гумуса (табл. 80) не превышает 4%; здесь оно заметно меньше, чем в темноцветных почвах западин. Этот факт следует объяснить, очевидно, тем, что темноцветные почвы западин, несущие на себе обильную травянистую растительность, в корневой системе последней имеют постоянный источник органического вещества, из которого и пополняется запас гумуса. В то же время темноцветные почвы больших падьин, давно вовлеченные в культуру, сильно выпаханы, в результате чего запас гумуса в них понизился.

В физических свойствах темноцветных почв падьин и западин очень много общего.

Изменение по профилю величин объемного веса в темноцветных почвах падьин отражает увеличение плотности почвы, связанное с уменьшением

книзу степени структурной переработки (особенно в гумусном горизонте), а также, может быть, и явления оглинения. В табл. 81 и на рис. 73 показано, что в почвах с наиболее сильно выраженным оглиненным горизонтом (разрез 19) отмечается небольшое повышение объемного веса по сравнению с тем же горизонтом в почве, где он выражен слабее (разрез 18). Зависимость объемного веса от влажности, как показывает табл. 82,

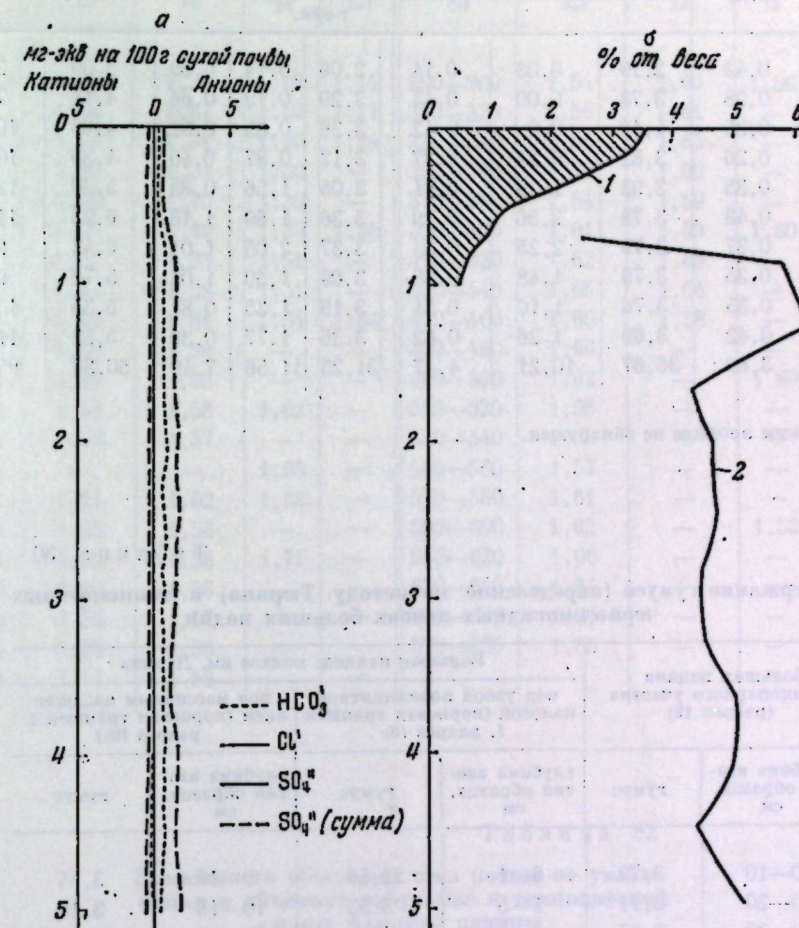


Рис. 72. Солевой, гумусовый и карбонатный профили темноцветной почвы большой падьины. Массивная часть насаждения в колхозе имени В. И. Ленина (разрез 105)

а — водная вытяжка, б — гумус (1) и CO₂ карбонатов (2)

практически отсутствует, но визуальными наблюдениями установлено набухание структурных отдельных частей, приводящее к закрыванию трещин и щелей.

Заметные изменения объемного веса при набухании отмечены лишь для верхних 30 см (пахотный слой). Сверху наблюдается заплывание почвы, взрыхленной при культивации; при этом объемный вес повысился от 1,08 до 1,17, т. е. до той же величины, которая была отмечена во всех других случаях в осеннем (неразрыхленном) верхнем горизонте почв падьин (табл. 82). Ниже произошли изменения в результате разрыхления плужной подошвы (на глубине 20 см) при увлажнении и некоторой осадке

Таблица 79

Запасы солей в темноцветной почве большой падьи
(разрез 105)

Глубина слоя, см	Сумма солей, кг/м²	HCO ₃	Cl'	SO ₄	Ca''	Mg''	Na'	Сумма на- тионовили аппонов	Сумма сульфатов
		г-экв.							
0—50	0,43	2,19	0,03	0,14	2,06	0,14	0,39	2,59	2,69
50—100	0,38	3,73	0,00	0,44	3,29	0,19	0,66	4,14	7,86
100—150	0,35	4,19	0,0	0,42	3,36	0,35	0,92	4,63	10,30
150—200	0,26	3,82	0,24	0,37	3,12	0,87	0,40	4,39	10,77
200—250	0,35	3,93	1,29	0,31	3,05	1,56	0,69	5,30	12,22
250—300	0,43	3,78	2,56	0,29	3,36	1,69	1,18	6,23	11,40
300—350	0,37	3,79	2,25	0,53	3,37	2,05	1,01	6,43	9,15
350—400	0,35	3,79	1,48	0,88	3,09	1,59	1,04	5,72	9,22
400—450	0,35	3,76	1,10	0,51	3,19	1,35	0,81	5,35	10,46
450—500	0,42	3,69	1,26	0,62	3,36	1,77	0,39	5,52	11,42
0—500	3,69	36,67	10,21	4,47	31,25	11,56	7,49	50,30	95,49

CO₃ во всем профиле не обнаружен.

Таблица 80

Содержание гумуса (определение по методу Тюрина) в темноцветных
черноземовидных почвах большой падьи

Большая падьина стационарного участка (разрез 19)		Большая падьина; колхоз им. Ленина			
		под узкой полевостратной полосой (корневая траншея 1, разрез 18)		под массивным насажде- нием (корневая траншея 2, разрез 105)	
глубина взя- тия образца, см	гумус	глубина взя- тия образца, см	гумус	глубина взя- тия образца, см	гумус
0—10	3,79	0—1	22,30	0—10	3,54
10—20	3,71	1—5	3,53	10—18	3,19
20—30	2,67	5—15	3,24	20—30	2,84
30—40	1,66	15—25	2,66	30—40	2,28
40—50	1,27	25—35	2,00	40—50	1,52
50—60	1,08	35—40	1,65	50—60	1,17
60—70	0,96	40—50	1,47	60—70	1,03
70—80	0,85	50—60	1,31	70—80	0,77
80—90	0,64	60—70	1,01	80—90	0,66
90—100	0,48	70—80	0,83	90—100	0,54
100—110	0,38	80—90	0,80		
110—120	0,32	90—100	0,66		
120—130	0,29	100—110	0,45		
130—140	0,29	110—120	0,32		
140—150	0,22	120—130	0,27		
		130—140	0,23		

Таблица 81

Объемный вес почвенно-грунтовой толщи темноцветных почв большой падьи
(в г/см³)

Глубина взятия образца, см	Разрез				Глубина взятия образца, см	Разрез			
	323	19	18	107		323	19	18	107
0—5	1,09	1,20	1,15	1,14	290—300	1,54	1,60	1,56	—
5—10	1,16	1,27	1,20	1,17	310—320	1,56	1,61	—	—
10—20	1,17	1,31	1,20	1,24	330—340	1,54	1,63	—	—
20—30	1,26	1,31	1,30	—	350—360	1,56	1,60	—	—
30—40	1,35	1,40	1,39	—	370—380	1,54	1,59	—	—
40—50	1,45	1,49	1,39	1,58	390—400	1,61	1,59	1,60	—
50—60	1,51	1,53	1,51	—	410—420	1,62	1,65	—	—
60—70	1,54	1,58	1,51	—	430—440	1,65	1,64	—	—
70—80	1,46	1,61	1,64	1,64	450—460	1,66	1,58	—	—
80—90	1,46	1,58	—	—	470—480	1,66	—	—	—
90—100	1,49	1,58	—	—	490—500	1,62	—	1,60	—
110—120	1,53	1,58	1,62	—	510—520	1,58	—	—	—
130—140	1,56	1,57	—	—	530—540	1,55	—	—	—
140—150	—	—	1,65	—	550—560	1,57	—	—	—
150—160	1,61	1,62	1,65	—	570—580	1,61	—	—	—
170—180	1,62	1,56	—	—	590—600	1,62	—	1,52	—
190—200	1,59	1,58	1,71	—	610—620	1,66	—	—	—
210—220	1,59	1,58	—	—	630—640	1,64	—	—	—
230—240	1,59	1,57	—	—	650—660	1,65	—	—	—
250—260	1,55	1,56	—	—	670—680	1,65	—	—	—
270—280	1,51	1,58	—	—					

Таблица 82

Зависимость объемного веса почвы от увлаж-
нения и объемное набухание в темноцветной
почве большой падьи
(разрез 19)

Глубина взятия об- разца, см	Объемный вес (в г/см³) почвы		Объемное набухание ° %
	сухой ОВ	при наимень- шей влагоем- кости ОВ НВ	
0—4	1,08	1,17	—7,7
14—18	1,37	1,29	+6,2
26—30	1,23	1,34	
36—40	1,44	1,45	
56—60	1,56	1,59	

$$* \frac{ОВ - ОВ_{НВ}}{ОВ_{НВ}} \cdot 100\%$$

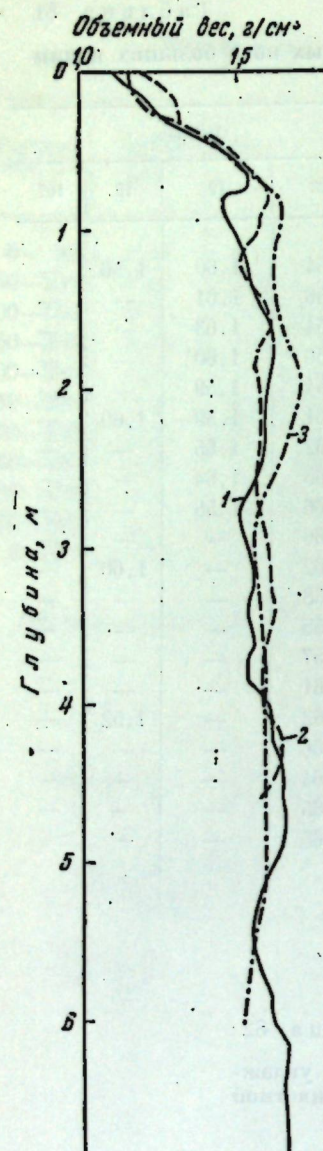


Рис. 73. Изменение по профилю объемного веса темных почв больших пастбищ

1 — разрез 323, 2 — разрез 19, 3 — разрез 18

Максимальная гигроскопичность (табл. 84) в профиле темных почв больших пастбищ (разрез 19) изменяется мало и в пределах 2,5 м равна 8—9%, за исключением оглиненного подгумусного горизонта (50—60 см), где она возрастает до 11—12%. В более выщелоченных разновидностях почв в гумусовом горизонте преобладает максимальная гигроскопичность, равная 8% (разрез 19); с уменьшением признаков выщелоченности она возрастает до 9% (разрез 18). В нижних горизонтах темных почв больших пастбищ до глубины 6 м (по данным одного разреза) она составляет 8—9%.

нижележащего слоя (30 см). Благодаря увлажнению почвы восстановился нормальный для темной почвы вертикальный ход величины объемного веса с глубиной.

Объемный вес почвенно-грунтовой толщи ниже 1,5 м слабо варьирует около среднего значения 1,60.

В изменении удельного веса по профилю темных почв пастбищ также отмечаются особенности, связанные с оглинением. Удельный вес верхнего горизонта почвы (гумусового) равен 2,64—2,65, вниз он быстро увеличивается и на глубине 40 см, т. е. в выщелоченном горизонте равен 2,73—2,74 (табл. 83). Здесь увеличение удельного веса связано, вероятно, не только с уменьшением количества органических веществ, но главным образом с обогащением этого горизонта илистыми частицами (увеличение явления «сжатия»). Ниже, с 80—90 см, удельный вес снова уменьшается до 2,70—2,72, но остается все же значительно более высоким, чем в верхнем горизонте. Здесь высокий удельный вес связан, по-видимому, с карбонатностью почвенной массы.

Величины наименьшей влагоемкости и их изменение по профилю темных почв больших пастбищ во многом напоминают значения этих величин в темных почвах западин (табл. 84). Пастбища отличаются от западин несколько большей наименьшей влагоемкостью в четвертом и пятом полуметровых слоях, которая здесь выше (примерно на 1%), чем в выщелоченной части карбонатного горизонта. Эта закономерность установлена и путем прямых экспериментальных определений наименьшей влагоемкости, и наблюдениями за водным режимом темных почв больших пастбищ. Возможно, что это связано с какими-то особенностями почвенных пор (табл. 84). К особенностям наименьшей влагоемкости следует отнести также независимость ее от вертикального набухания, что иллюстрирует рис. 74; при определении на глубине 1,5 м со снятием выщелоченного слоя уменьшения не наблюдается.

Во всем профиле выдерживается довольно устойчивое отношение влажности завядания к максимальной гигроскопичности (ВЗ : МГ), которое варьирует от 1,30 до 1,40, т. е. близко к средней универсальной величине, принятой в гидрометслужбе (1,34). Исключение представляет второй полуметровый слой разреза 18, где это отношение оказалось менее 1,20; причины этого нам не ясны.

Величина влажности завядания, пропорциональная максимальной гигроскопичности, в гумусовом горизонте равна 11—12%, в выщелоченном возрастает до 14—16%, причем максимум 16% находится на глубине 30—40 см, т. е. в нижней части гумусового горизонта, на границе его с оглиненным горизонтом. Ниже 70 см в карбонатном горизонте влажность завядания снижается до 11—10%. Именно до этой примерно величины отсасывают влагу корни травянистых и древесных растений, вследствие чего для нижних горизонтов пастбищ, как и для нижних горизонтов западин, можно принимать влажность иссушения равной влажности завядания. Верхние горизонты (гумусный и подгумусный) в отличие от западин иссушаются часто и ниже влажности завядания (табл. 85) из-за длительного отсасывания влаги корнями и физического испарения из почвы. Столь же сильно просушивается корнями и оглиненный горизонт, где влажность иссушения бывает, как правило, заметно ниже влажности завядания, определенной экспериментально.

Анализируя данные табл. 85, трудно заметить, что влажность иссушения бывает в разные годы не вполне одинаковой: в сухие годы (1950, 1951) она была ниже, во влажные (1952) выше, причем в последнем случае она заметно превышает влажность завядания. Очевидно, растительность доводит влажность сухого слоя до нижнего предела лишь в условиях острого недостатка во влаге (сухой год). Если же запасы доступной влаги имеются сверху или внизу, то растительность черпает воду преимущественно из влажных слоев, оставляя в сухом слое труднодоступную влагу, содержание которой соответствует, по-видимому, влажности от 11 до 12,5—13%.

Из табл. 85 видно, что различные растения расходуют влагу не только с разной глубины, в соответствии с глубиной распространения их корневых систем, но и с разной интенсивностью. Так, травянистая растительность оставляет в почве несколько меньше влаги, чем древесная, что,

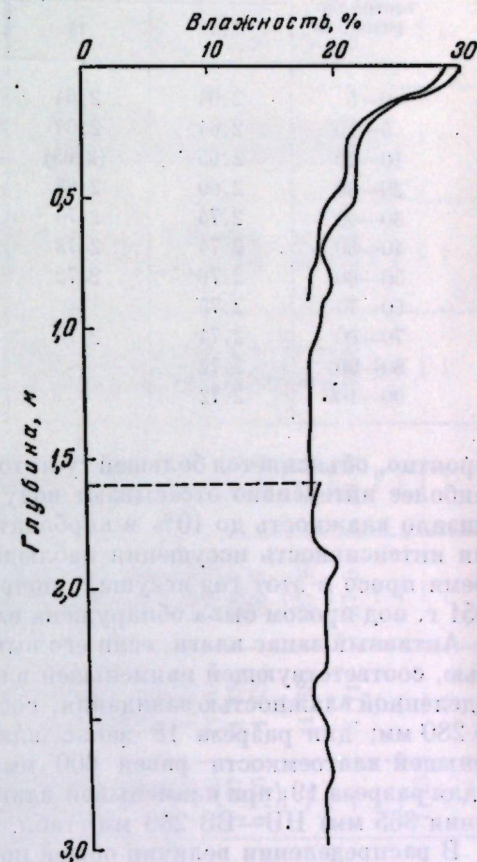


Рис. 74. Наименьшая влагоемкость темной почвы большой пастбища при определении ее с разной глубиной, со снятием выщелоченных слоев (разрез 108-П, площадка 3). Массивная часть насаждения в колхозе имени Ленина

Пунктир — глубина поверхности заливаемой площадки

Таблица 83

Удельный вес темноцветных почв больших пашин

Глубина взятия об- разца, см	Разрез		Глубина взятия об- разца, см	Разрез	
	19	18		19	18
0—5	2,64	2,64	100—110	—	2,71
5—10	2,64	2,64	110—120	2,72	2,72
10—20	2,65	(2,65)	120—130	—	—
20—30	2,69	2,68	130—140	2,72	—
30—40	2,74	2,73	140—150	—	2,69
40—50	2,74	2,73	150—160	—	2,69
50—60	2,76	2,72	160—170	2,73	—
60—70	2,75	—	170—180	—	—
70—80	2,74	2,70	180—190	2,73	—
80—90	2,72	—	190—200	—	2,70
90—100	2,72	—			

вероятно, объясняется большей густотой сосущих корней трав. Среди трав наиболее интенсивно отсасывают воду некоторые злаки; например, сорго снизило влажность до 10% в карбонатном горизонте, причем такая высокая интенсивность иссушения наблюдалась во влажный 1952 г. В то же время просо в этот год иссушило почву не так сильно, тогда как в сухом 1951 г. под просом была обнаружена влажность ниже, чем в 1952 г.

Активный запас влаги, если его вычислять по разности между влажностью, соответствующей наименьшей влагоемкости, и экспериментально определенной влажности завядания, составляет в двухметровом слое от 240 до 280 мм; для разреза 18 запас влаги в двухметровом слое при наименьшей влагоемкости равен 600 мм, при влажности завядания 360 мм и для разреза 19 (при наименьшей влагоемкости 645 мм и влажности завядания 365 мм) НВ—ВЗ 280 мм (табл. 84).

В распределении величин общей порозности по профилю темноцветных почв больших пашин (табл. 84) мы видим более или менее обычную картину: порозность постепенно уменьшается от поверхности (55%) до глубины 70—80 см (40—45%) и сохраняет ниже довольно постоянное значение с тенденцией к некоторому уменьшению на глубине около 2 м (38—40%).

В характере порозности пашин (табл. 84, 84а) отмечается ряд особенностей, в значительной степени общих с особенностями темноцветных почв западин. В отличие от последних в почвах пашин несколько меньше объем, занимаемый воздухом в пахотном слое, при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости, по сравнению со структурным гумусовым горизонтом западин. Наоборот, объем, занимаемый воздухом во втором и третьем полуметровых слоях, выше; там же резче выражен максимум порозности, занятой неактивной водой в оглиненном горизонте (слой от 40 до 60—70 см). Таким образом, по характеру порозности не обнаруживается большой разницы между почвами пашин и темноцветными почвами западин, охарактеризованными выше.

По водопроницаемости почвы пашин отличаются от почв западин более заметно. Во-первых, водопроницаемость почв пашин с поверхности оказывается одинаковой и несколько ниже, чем водопроницаемость западин (разрезы 107, 108 и 19; табл. 86). Во-вторых, профиль почвы в пределах

Таблица 84

Полная влагоемкость, наименьшая влагоемкость, максимальная гигроскопичность, влажность завядания и порозность, связанная с ними в темноцветных почвах больших пашин

Большая пащина колхоза им. Ленина															
Разрез 18. Лесная полоса															
Глубина взятия образца, см	Наименьшая влагоемкость на площадке				ВЗ: Мг	объемный вес, г/см³	порозность от объема почвы	полная влагоем- кость, % от веса почвы	Объем пор. занятый при						
	влажность завядания		макси- мальной гигроско- пичность	наименьшей вла- гоемкости					влажности завядания		макси- мальной гигроско- пичности				
	1	2		3					среднее	влагой		воздухом	влагой	воздухом	
в % от веса почвы				в % от веса почвы				в % от веса почвы				в % от веса почвы			
0-5	29	30	28	29	12	8,7	1,44	1,15	56,4	49,1	33,4	23,0	14,4	42,0	10,0
5-10	28	27	26	27	12	8,8	1,42	1,20	54,5	45,4	32,4	22,1	15,0	39,5	10,6
10-20	26	23	25	25	12	9,5	1,32	1,20	(53,0)	44,1	30,0	23,0	15,0	38,0	11,4
20-30	25	22	22	23	12	9,5	1,32	1,20	(53,0)	44,1	30,0	23,0	15,0	38,0	11,4
30-40	23	22	21	22	16	11,2	1,43	1,39	49,1	35,4	29,9	21,6	16,2	35,3	12,3
40-50	21	22	20	21	15	12,4	1,21	1,39	49,1	35,4	29,2	19,9	20,8	28,3	17,2
50-60	20	20	20	20	14	12,0	1,17	1,51	44,5	29,5	30,2	19,9	21,2	26,1	18,1
60-70	19	19	19	19	12	11,0	1,14	1,51	44,5	29,5	28,7	15,8	18,4	26,1	16,6
70-80	19	19	18	19	11	9,9	1,11	1,64	39,2	23,9	31,2	8,0	18,0	21,2	16,2
80-90	19	19	18	19	11	9,3	1,18	(1,63)	(39,7)	24,4	31,0	8,7	17,8	21,9	15,2
90-100	19	19	18	19	11	8,8	1,31	(1,63)	(39,7)	24,4	31,0	8,7	17,8	21,9	15,2
100-110	18	18	18	18	11	9,0	1,28	(1,62)	40,2	24,8	29,2	11,0	18,6	21,6	14,6
110-120	18	18	17	18	11	8,8	1,31	1,62	40,2	24,8	29,2	11,0	18,6	21,6	14,6
120-130	17	18	17	17,5	(11)	8,4	1,31	1,63	(39,5)	24,2	28,5	11,0	17,9	21,6	14,3
130-140	17	18	17	17,5	10	8,1	1,30	(1,64)	(39,5)	24,1	28,7	10,8	17,2	22,3	13,7
140-150	17	18	17	17,5	(10)	8,1	1,27	1,65	38,7	23,5	28,8	9,9	17,0	21,7	13,4
150-160	17	18	18	17,5	10	6,7	1,49	1,65	38,7	23,5	28,8	9,9	16,5	22,2	11,1
160-170	17	18	18	17,5	(10)	—	—	(1,68)	(37,8)	—	(29,5)	—	16,7	—	—
170-180	17	19	18	18	10	—	—	—	(37,8)	22,5	30,2	7,6	16,8	21,0	—
180-190	18	19	18	18,5	—	—	—	—	—	—	30,7	—	17,8	—	—
190-200	18	19	18	18,5	11	—	—	1,71	37,0	21,6	31,6	5,4	18,8	18,2	—
200-210	18	19	18	18,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210-220	18	19	18	18,5	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
220-230	18	19	18	18,5	(10)	8,4	1,23	—	—	—	—	—	—	—	—
230-240	18	19	19	18,5	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

• В скобках — данные, полученные интерполицией.

Полная влагосмкость, наименьшая влагосмкость, максимальная гигроскопичность, влажность завядания и порозность, связанная с ними, в темноцветных почвах больших надин

Разрез 19. Падина 1

Глубина взятия образца, см	IIВ	ВЗ, вес. %	МГ, вес. %	ВЗ:МГ, вес. %	ОВ	II	IIВ	Объем пор. занятый при						максимальной гигроскопичности
								в % от объема почвы	в % от веса почвы	наименьшей влагосмкости		влажности завядания		
										водой	воздухом	водой	воздухом	
в % к объему почвы														
0-5	35	44	8,0	1,38	1,18	55,2	46,8	41,3	13,9	13,0	42,2	9,5		
5-10	31	41	8,0	1,38	1,32	50,0	37,8	40,9	9,1	14,5	35,5	10,6		
10-20	28	42	8,6	1,40	1,38	48,5	35,2	38,6	9,9	16,5	32,0	11,9		
20-30	23	42	8,8	1,36	1,23	54,2	44,0	28,8	15,9	14,8	39,4	10,8		
30-40	25	16	11,1	1,44	1,44	47,4	32,9	36,0	11,4	23,0	25,4	16,0		
40-50	25	15	12,0	1,25	1,54	43,8	28,4	38,5	5,3	23,1	20,7	18,5		
50-60	23	15	11,7	1,28	1,56	43,5	27,9	35,9	7,6	23,4	20,1	18,3		
60-70	24	14	9,8	1,43	1,60	41,8	26,1	33,6	8,2	22,4	19,4	15,7		
70-80	20	12	9,2	1,30	1,59	42,0	26,4	31,8	10,2	19,1	22,9	14,6		
80-90	18	11	8,4	1,37	1,61	40,8	25,4	29,0	11,8	18,5	22,3	13,5		
90-100	18	11	8,2	1,34	1,56	42,6	27,3	28,1	14,5	17,2	25,4	12,8		
100-110	17	11	7,8	1,47	(1,57)	(42,3)	(26,9)	(26,7)	15,6	18,0	24,3	12,3		
110-120	17	10	7,9	1,27	1,58	41,9	26,5	26,9	15,0	15,6	26,1	12,5		
120-130	18	10	7,7	1,30	(1,56)	(42,6)	(27,3)	(28,1)	14,5	15,6	27,0	12,0		
130-140	19	11	7,7	1,43	1,54	43,4	28,2	29,3	14,1	16,9	26,5	11,9		
140-150	19	(11)	8,0	1,38	(1,59)	(41,6)	(26,2)	(30,2)	11,4	17,5	24,1	12,7		
150-160	19	11	8,3	1,33	(1,64)	(39,8)	(24,3)	(31,2)	8,6	18,0	21,8	13,6		
160-170	20	10	8,1	1,24	1,69	38,0	22,5	33,8	4,2	16,9	21,1	13,7		
170-180	20	11	6,9	1,60	(1,67)	(38,7)	(23,2)	(33,4)	5,3	18,4	20,3	11,5		
180-190	20	10	7,6	1,38	1,65	39,5	23,9	33,0	6,5	17,3	22,2	12,5		
190-200	20	10	7,8	1,35	(1,65)	(39,5)	(23,9)	(33,0)	6,5	17,3	22,2	12,9		
200-210	20	—	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
210-220	20	—	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
220-230	20	—	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
230-240	19	—	—	—	1,57	—	—	—	—	—	—	—		

* В скобках — данные, полученные интерполяцией.

Осенняя остаточная влажность темноцветных черноземовидных почв больших надин, создаваемая травянистой и древесной растительностью (в % от веса сухой почвы)

Глубина взятия образца, см	Осенняя влажность под древесными породами					Осенняя влажность под травянистой растительностью				
	Площадка 3. Насаж- дения посади 1940 г.			Площадка 45. Ле- сопосады посади 1940 г.		Залежь, (площадка 1)		Сейные травы		
	Площадка 3. Насаж- дения посади 1940 г.			Площадка 45. Ле- сопосады посади 1940 г.		Залежь, (площадка 1)		Сейные травы		
	1. IX 1951	5. IX 1952	3. X 1951	24. X 1952	10. VIII 1953	23. IX 1951	15. IX 1951	25. X 1952	1951 г.	1952 г.
0-5	4,2	10,3	8,4	11,0	10,6	7,1	8,5	10,3	8,0	4,9
5-10	11,0	13,6	11,4	12,0	11,7	9,8	10,2	9,2	8,3	12,7
10-20	11,9	13,7	10,6	12,5	11,7	11,0	10,2	10,0	9,1	10,0
20-30	12,2	13,1	13,3	12,5	14,9	11,8	10,4	11,3	12,5	11,4
30-40	14,3	12,7	12,8	11,1	15,1	13,5	11,3	12,6	10,3	11,7
40-50	14,9	14,4	12,2	10,7	14,3	12,5	12,7	12,0	13,2	12,9
50-60	13,9	14,3	11,6	11,2	14,6	11,6	11,4	10,9	14,1	14,4
60-70	12,2	13,3	10,4	11,1	14,2	10,5	11,3	11,0	11,7	13,0
70-80	11,6	13,1	10,1	10,7	12,6	10,4	10,9	11,2	11,4	11,6
80-90	11,4	12,5	10,4	12,1	12,4	10,4	10,3	11,9	10,6	10,8
90-100	11,4	12,6	10,3	11,1	11,7	10,8	10,0	12,4	10,5	13,2
100-110	11,3	13,1	10,8	11,5	11,9	10,8	10,4	12,4	10,4	13,0
110-120	10,8	12,0	10,0	11,2	11,8	10,7	10,5	13,6	10,5	12,5
120-130	11,1	11,8	10,9	11,6	11,5	10,4	10,2	14,6	10,9	14,1
130-140	10,9	12,6	10,5	11,4	11,7	10,2	10,1	15,3	11,4	14,3
140-150	11,1	12,9	10,6	11,5	12,1	10,2	10,1	16,6	11,7	15,7
150-160	11,4	12,9	10,4	11,1	12,5	10,2	10,1	15,8	16,1	16,6
160-170	11,2	12,5	11,0	11,5	13,3	—	10,5	17,3	16,3	17,8
170-180	11,8	12,4	11,0	11,3	13,9	11,0	10,9	17,3	17,0	17,9
180-190	11,1	12,7	11,3	11,7	14,3	12,0	11,5	17,3	17,3	17,3
190-200	11,6	12,4	11,1	12,0	14,9	13,8	13,1	17,9	17,1	17,3
200-210	11,5	12,4	10,8	11,8	14,9	14,3	13,4	18,1	17,1	17,3
210-220	11,8	13,3	11,8	12,4	15,6	15,1	13,9	18,1	17,1	17,3
220-230	11,2	13,4	11,6	12,0	16,8	15,3	14,4	18,6	17,1	17,3
230-240	11,2	13,3	12,4	15,4	17,1	16,2	14,4	18,6	17,1	17,3

двухметровой толщи оказывается по водопроницаемости более или менее однородным, чего в западинах часто не наблюдается (рис. 75). Однородность профиля по водопроницаемости определяется, очевидно, одинаковой действующей порозностью, в то время как размеры и форма пор, определяющих явление водопроницаемости в различных горизонтах профиля,

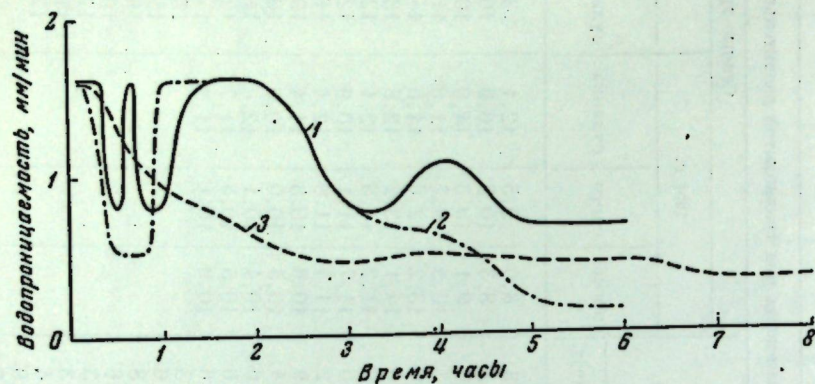


Рис. 75. Динамика водопроницаемости (кривые впитывания) темноцветных почв больших падин
1 — разрез 19 с глубины 2 м, 2 — разрез 19 с поверхности, 3 — разрез 107-II, площадка 3, с поверхности

могут быть различны: в гумусовом горизонте это поры меагрегатные и корневые, в выщелоченном подгумусовом — это главным образом корневые поры (как в солонцовом горизонте солончаковых солонцов), ниже такие же поры, но преимущественно межмикроагрегатные, свойственные карбонатному горизонту и принимающие заметное участие в фильтрационных явлениях. Со значительным количеством последних, по-видимому, связано то, что наибольшая величина водопроницаемости обнаружена в

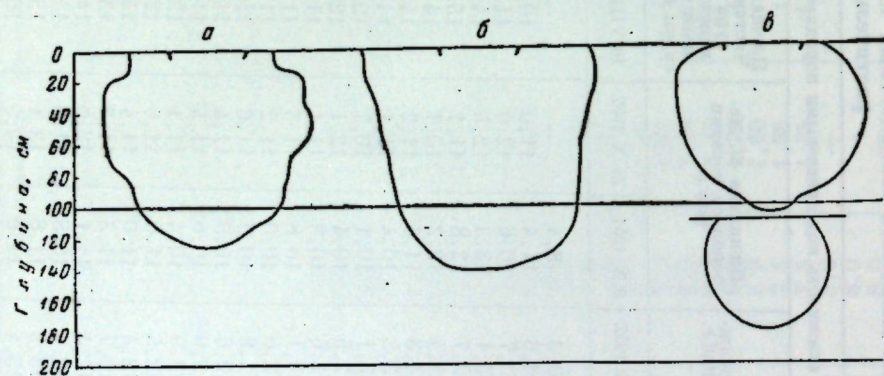


Рис. 76. Контуры смачивания темноцветных почв больших падин после определения водопроницаемости
а — разрез 107, б — разрез 108, в — разрез 19. Горизонтальный масштаб равен вертикальному

темноцветной почве большой падины не с поверхности, как, казалось бы, следовало ожидать, а с глубины 1 м, т. е. в верхней части карбонатного горизонта.

На однородность профилей почв падин указывает и одинаковая форма контуров смоченности (рис. 76): они имеют округлую форму, приближающуюся к форме шара. До глубины 1 м рассасывание идет во все стороны

Таблица 86

Водопроницаемость темноцветных почв больших падин

На глубине	Водопроницаемость (в мм/мин) после начала опыта через час. — мин.															Продолжи- тельность впитывания 100 мм, час. — мин.	Средняя водо- проницае- мость за пе- риод впитыва- ния 100 мм, мм/мин	
	5 м.	10 м.	20 м.	30 м.	40 м.	50 м.	1 ч.	1,5 ч.	2 ч.	3 ч.	4 ч.	5 ч.	6 ч.	7 ч.	8 ч.			
Темноцветная почва падин	Разрез 19																	
	С поверхности																	
	0,5 м	1,60	1,60	1,10	0,53	0,53	1,60	1,60	1,60	0,80	0,80	0,60	0,18	0,13	—	—	1—25	1,18
	1	1,60	3,20	—	0,53	—	0,40	—	1,60	0,80	0,80	0,80	0,40	0,26	—	—	1—25	1,22
2	3,20	3,20	1,60	1,20	0,80	1,60	1,60	0,80	1,60	1,07	1,07	0,66	0,66	—	—	0—56	1,79	
3	1,60	1,60	1,60	0,80	1,60	0,80	0,80	1,60	1,60	0,80	1,07	0,66	0,66	—	—	1—18	1,28	
Площадка 3 (насаждение)	Разрез 107-II																	
	С поверхности																	
	0,5 м	1,60	1,60	1,60	1,20	1,20	1,00	1,00	0,80	0,60	0,45	0,47	0,42	0,42	0,33	—	1—30	1,11
	1	1,60	1,60	1,60	1,20	1,20	1,00	1,00	0,80	0,60	0,45	0,47	0,42	0,42	0,33	—	1—30	1,11
Площадка 2 (пар)	Разрез 108-II																	
	С поверхности																	
	0,5 м	2,00	1,40	1,20	0,80	0,40	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,60	0,56	0,46	0,46	—	1—40	1,00
	1	2,00	1,40	1,20	0,80	0,40	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,60	0,56	0,46	0,46	—	1—40	1,00

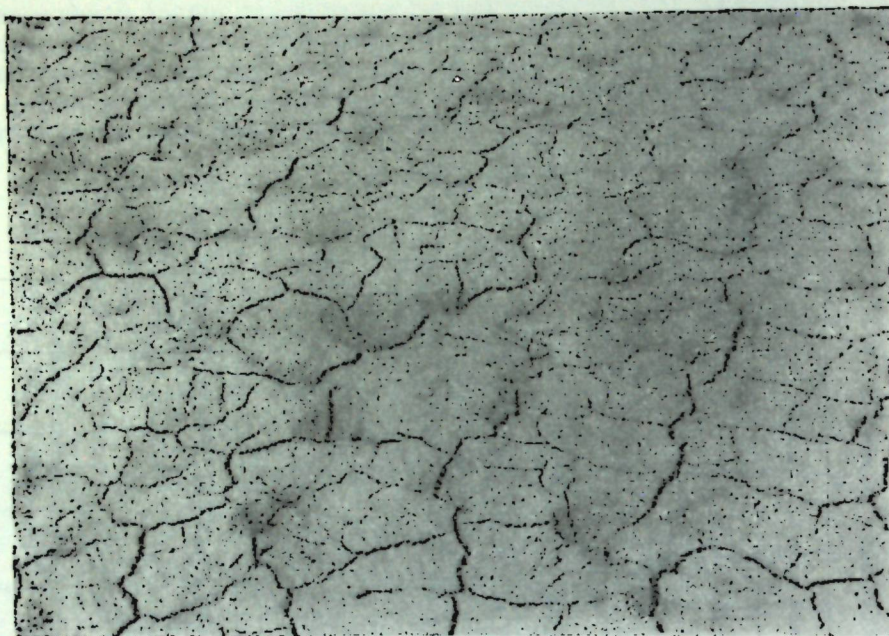


Рис. 77. Растрескивание почвенной корки на темноцветных почвах больших палин

более или менее одинаково, по достижении же водой метровой глубины (рис. 76, а) усиливается ее вертикальное проникновение, и контур смоченности в этой нижней части становится несколько вытянутым. Из рис. 76, а видно, что контур смоченности, полученный смачиванием почвы с глубины 1 м, со снятием вышележащей толщи оказывается шарообразным, т. е. здесь порозность во всех направлениях более или менее однородна и достаточно тонка (нет провала воды по крупным порам и трещинам). Таким образом, и по величине водопроницаемости и по контурам смоченности обнаруживается определенное различие в сложении верхней и нижней частей двухметрового профиля, граница между которыми проходит на глубине около 1 м, т. е. на глубине максимального содержания карбонатов.

Большая часть пахотных почв палин после весеннего снеготаяния на поверхности «раскисает» (обесструктурируется). При высыхании поверхность почвы, если она остается необработанной, образует растрескавшуюся толстую корку (рис. 77). При просыхании почвы трещины увеличиваются до 2—3 см и уходят в глубину на полметра и даже больше. Сохраняясь на необработанных участках все лето и зиму, эти трещины могут стать весной причиной ускоренной, «провальной» водопроницаемости.

О водоподъемной способности почвенно-грунтовой толщи темноцветных почв больших палин мы можем судить по наблюдениям за водным режимом этих почв полнее, чем других почв, так как здесь часто происходит сквозное промачивание, сопровождаемое подъемом грунтовых вод и последующим падением их уровня в летний сезон.

Естественно, что движение грунтовых вод сопровождается движением капиллярной каймы, и последнюю можно фиксировать на разных глубинах, определяя тем самым водоподъемную способность почвогрунта на этих глубинах. Наблюдения за влажностью дают представление также о

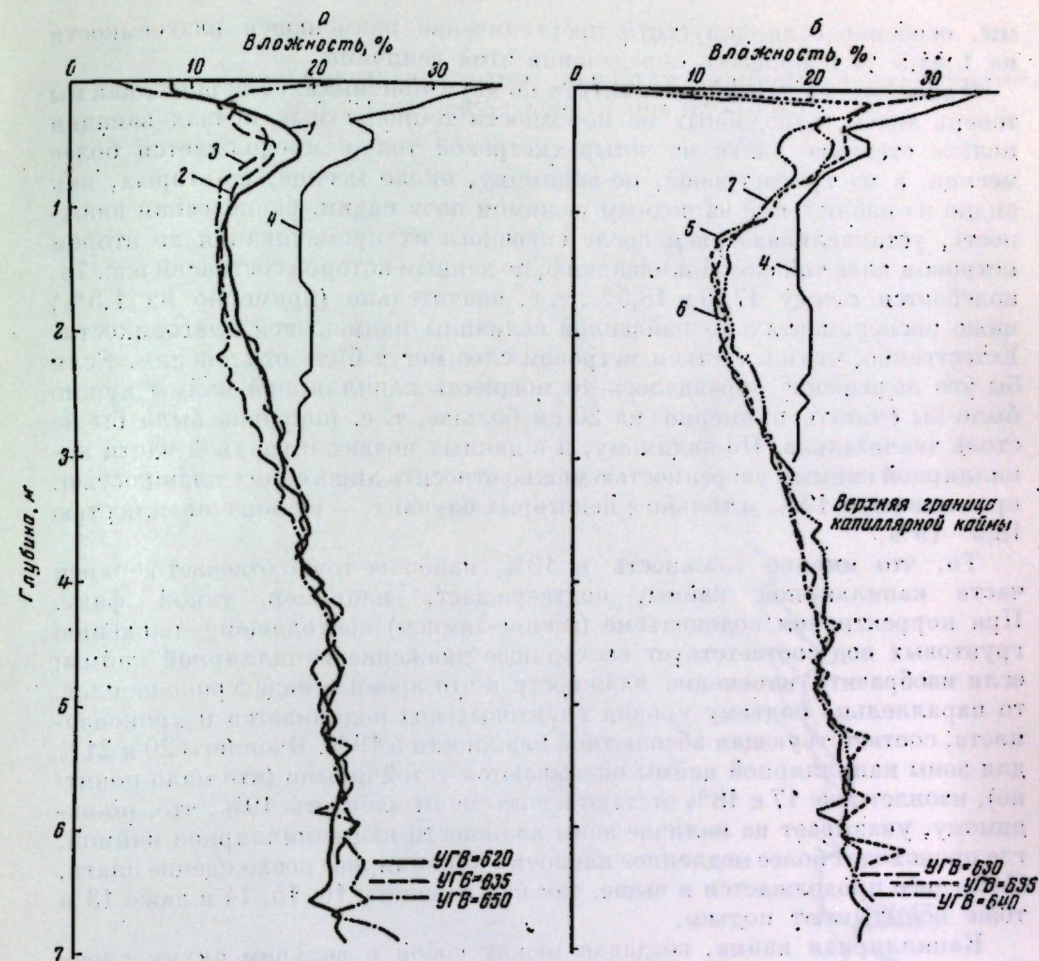


Рис. 78. Кривые распределения влажности в темноцветных почвах больших палин в разное время

а — площадка 6 в большой палине № 1, 1950 г.; б — там же, 1951 г.: 1 — 22 июля, 2 — 23 августа, 3 — 18 октября, 4 — наименьшая влагоемкость, 5 — 25 апреля, 6 — 15 июня, 7 — 21 ноября

скорости стекания гравитационной воды, скорости капиллярного подъема и пр.

Если вспомнить, что капиллярная кайма представляет собой зону той или иной мощности, где часть влаги сверх наименьшей влагоемкости удерживается вследствие капиллярного подпора, то расположение капиллярной каймы в профиле почвогрунта становится уловимым, даже в том случае, когда переход по влажности сверху к зоне капиллярной каймы происходит постепенно. Как видно из рис. 78, наименьшая влагоемкость, определенная экспериментально, совпадает по величине с почвенной влажностью (которая постепенно увеличивается книзу) на глубине около 320 см, т. е. в 300—330 см от уровня грунтовых вод. Именно эта мощность (330 см) фиксировалась визуально по резкой смене влажности, отмечаемой на ощупь и по потемнению стенки в глубоких шурфах, доведенных до грунтовой воды.

Однако полное или почти полное отсутствие перегиба на кривых влажности может вызвать сомнение в правильности определения мощности каймы.

мы, особенно если допустить преувеличение наименьшей влагоемкости на 1—1,5 % в процессе определения этой величины.

Такое сомнение может появиться по двум причинам: во-первых, как мы теперь знаем, в подобных по порозности темноцветных почвах западин полное стекание влаги из четырехметровой толщи продолжается более месяца, а из трехметровой, по-видимому, около месяца; во-вторых, как видно из наблюдений за водным режимом почв падин, равновесная влажность, устанавливающаяся после сквозного их промачивания во втором метровом слое той самой площадки 6, по данным которой составлен рис. 78, колеблется между 17,5 и 18,5%, т. е. значительно (примерно на 1,5%) ниже экспериментально найденной величины наименьшей влагоемкости. Естественно, что и в третьем метровом слое могут быть отклонения. Если бы это подозрение оправдалось, то мощность капиллярной каймы пужно было бы считать примерно на 20 см больше, т. е. поправка была бы не столь значительна. По-видимому, и в данных почвах к верхней части капиллярной каймы с уверенностью можно относить лишь слои с влажностью, превышающей 19%, и только в некоторых случаях — и слои с влажностью 18,5—19%.

То, что именно влажность в 19% наиболее точно отвечает верхней части капиллярной каймы, подтверждает, например, такой факт. При коррективном водоподъеме (осенне-зимнем) восходящему движению грунтовых вод соответствует восходящее движение капиллярной каймы; если изобразить изменение влажности в это время в виде хроноизоплет, то параллельно подъему уровня грунтовых вод поднимается и хроноизоплет, соответствующая абсолютной влажности в 19%. Изоплеты 20 и 21% для зоны капиллярной каймы оказываются устойчивыми (что мало понятно), изоплеты же 17 и 18% отстают в подъеме от изоплеты 19%, что, по-видимому, указывает на наличие зоны влажности над капиллярной каймой, где происходит более медленное пленочно-капиллярное восхождение влаги. Последнее продолжается и выше, так как изоплеты 16, 15, 14 и даже 13% тоже испытывают подъем.

Капиллярная кайма, создавая между собой и верхним сухим слоем большой градиент влажности, как бы оказывает давление снизу на эти изоплеты, выталкивая в сухой слой пленочно-капиллярную воду; при влажности 12—12,5% заметного передвижения влаги здесь не наблюдается. Весьма вероятно, что при этой влажности пленочное движение не происходит или почти не происходит, что и понятно, так как эта влажность уже близка к влажности завядания и, следовательно, должна обладать чрезвычайно малой подвижностью.

Мощность каймы, поднимающейся от уровня грунтовой воды до изоплеты 19%, оказывается в последнюю стадию водоподъема несколько меньше мощности, отмечавшейся в начале определения (250—280 см). Причиной этого является капиллярный гистерезис.

Начальный и конечный моменты водоподъема изображены на рис. 79. То, что именно 19% влаги определяют верхнюю границу капиллярной каймы, подтверждает и характер ухода капиллярной каймы вниз при десукции влаги лесом, в результате которой происходит восходящее передвижение влаги в капиллярной кайме к месту иссушения — из грунтовых вод. При этом деревья могут отсасывать воду из капиллярной каймы и слоев, примыкающих к ней сверху, настолько быстро, что они будут просушиваться почти до влажности завядания (корни, судя по раскопкам С. Н. Карандиной и С. Д. Эрперт, достигают здесь 5 м); в результате возникает резкий скачок влажности капиллярной каймы (рис. 79, августовская кривая).

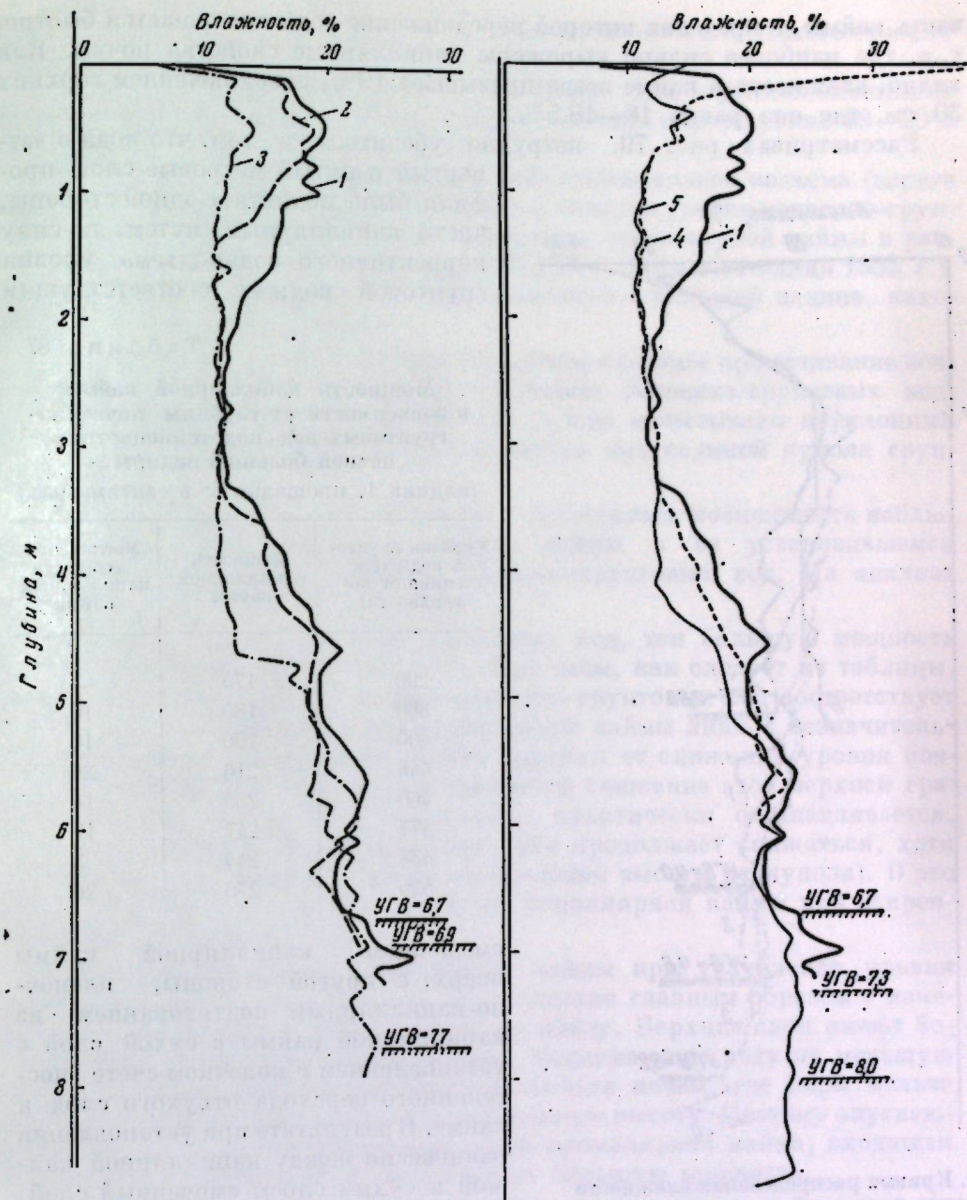


Рис. 79. Кривые распределения влажности в почвенно-грунтовой толще под темноцветными почвами больших падин, весной, осенью и в осенне-зимний период коррективного водоподъема. Массивное насаждение, площадка 3

1 — 15 мая 1951 г., 2 — 16 мая 1950 г., 3 — 17 августа 1950 г., 4 — 15 сентября 1951 г., 5 — октябрь 1951 г.

Распределение влажности в почвенном профиле под лесом в августе 1950 г., приведенное на рис. 79, не оставляет сомнения в том, что лес берет воду в данном случае непосредственно из капиллярной каймы. Мощность каймы здесь равна 3 м. Но, очевидно, в почве без насаждений мощность каймы может быть несколько больше, так как верхнюю, наименее подвижную часть каймы лес может «снимать». На рис. 79 представлена лишь та

часть каймы, в пределах которой передвижение воды совершается быстро, т. е. где наиболее сильно выражены капиллярные свойства почвы. Как видно, влажность в кайме везде превышает 19%, за исключением верхних 30 см, где она равна 18—18,5%.

Рассматривая рис. 79, нетрудно убедиться в том, что вода в четвертый и пятый метровые слои профиля была поднята, с одной стороны, чисто капиллярным путем, в силу коррективного водоподъема уровня грунтовой воды с соответствующим

смещением капиллярной каймы вверх, с другой стороны, — пленочно-капиллярным подтягиванием из капиллярной каймы в сухой слой с установлением в конечном счете постепенного перехода от сухого слоя к кайме. В результате при установлении равновесия между капиллярной каймой и сухим слоем смоченный слой, лежащий ниже сухого слоя и включающий в себя капиллярную кайму и зону перехода от нее к сухому слою, имеет мощность 330 см, т. е. ту самую мощность, которая визуальна воспринимается как капиллярная кайма. Полагая, что влажность при

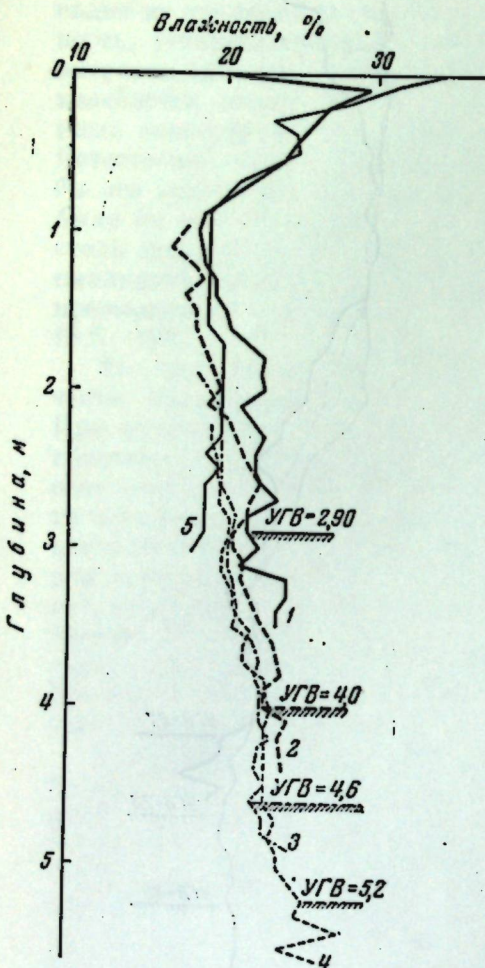


Таблица 87

Мощность капиллярной каймы в зависимости от глубины почвенно-грунтовых вод под темноцветной почвой большой падьины (падина 1, площадка 6; в сантиметрах)

Уровень грунтовой воды (расстояние от поверхности)	Мощность капиллярной каймы	Увеличение мощности капиллярной каймы
290	170	—
360	180	10
400	190	10
446	216	26
460	230	14
477	247	17
434	244	3
520	270	26

наименьшей влагоемкости на глубине около 4 м не может, по-видимому, быть меньше 18%, капиллярной каймой следует считать слой от уровня грунтовых вод до той глубины, где отмечается влажность в 18%. Этот слой в мае 1950 г. был равен 250 см (даже меньше 3 м).

Итак, можно считать, что мощность капиллярной каймы в темноцветных почвах падьин — около 3 м, когда эта кайма располагается в

нижних горизонтах почво-грунта — в пятом, шестом и седьмом метровых слоях.

Из особенностей капиллярной каймы на этих глубинах отметим ее двухъярусность; в верхней части каймы влажность обычно равна 19—20% (реже 19—21%), в нижней — 22—24%.

Остановимся на рассмотрении явлений капиллярного подъема (вернее подпора) в толще почво-грунта при разном стоянии уровня почвенно-грунтовых вод. На рис. 80 изображено положение капиллярной каймы в разные сроки — летом 1952 г. и зимой 1952/53 г. (до снеготаяния 1953 г.), наблюдавшейся на площадке 6, расположенной в большой падьине, находившейся под чистым паром.

Весной 1952 г. на этой падьине произошло сквозное промачивание почвенно-грунтовой толщи с сильным подъемом почвенно-грунтовых вод, которые в течение летне-осенне-зимнего сезона испытывали неуклонный спад вследствие растекания образовавшегося под падьинной купола грунтовых вод.

Так как спад происходил медленно, создавалась возможность наблюдать разные положения капиллярной каймы в ее установившемся состоянии по отношению к уровню почвенно-грунтовых вод. Из анализа данных рис. 80 вытекает следующее.

Чем ниже уровень почвенно-грунтовых вод, тем большую мощность имеет капиллярная кайма (табл. 87). При этом, как следует из таблицы, первоначальному падению уровня почвенно-грунтовых вод соответствует почти такое же смещение вниз капиллярной каймы лишь с незначительным отставанием снижения ее верхней границы от снижения уровня почвенно-грунтовых вод. Однако в дальнейшем снижение этой верхней границы начинает замедляться и, наконец, практически останавливается, тогда как уровень почвенно-грунтовых вод продолжает снижаться, хотя и медленнее, чем вначале (из-за уменьшения высоты их купола). В это время происходит как бы растягивание капиллярной каймы при закреплении ее верхней границы.

Увеличение мощности капиллярной каймы при углублении уровня почвенно-грунтовых вод должно быть связано главным образом с изменением размеров пор — уменьшением их кпизу. Верхние слои имеют более крупные межмикроагрегатные поры, поднимающие воду на меньшую высоту, по сравнению с нижележащими слоями почвы, где поры мельче и поэтому способны поднимать воду на большую высоту. Поэтому опускающаяся вниз за почвенно-грунтовой водой капиллярная кайма, входящая в более тонкопористые слои, приобретает большую мощность.

Быстрое опускание капиллярной каймы прекращается по достижении верхней границы ее глубины, несколько превышающей 2 м (максимум объемного веса), ниже которой почва наиболее плотна и тонкопориста. Здесь движение верхней границы капиллярной каймы прекратилось, так как уровень почвенно-грунтовых вод в 1952 г. не спустился достаточно низко для того, чтобы снова возобновилось нисходящее передвижение капиллярной каймы уже при той ее мощности, которая отвечает тонким порам нижних слоев почвенно-грунтовой толщи. Выше мы видели, что эта мощность равна 3 м. При наибольшей глубине уровня почвенно-грунтовых вод в почве площадки 6, равной 520 см, мощность каймы составляла 270 см, т. е. уже приближалась к 3 м. Если бы опускание уровня вод продолжалось и далее, то мы наблюдали бы нарастание мощности капиллярной каймы до 3 м с последующим понижением ее.

Рассмотренный нами фактический материал, характеризующий важнейшие типы почв Джаныбекского стационара, свидетельствует о том, что почвы, входящие в комплекс, свойственный межпадинной равнине, представляют собой стадии единого эволюционного ряда; что отмечал еще В. А. Ковда (1934). Сопоставление их между собой значительно облегчается тем фактом, что все они образовались из одной и той же материнской породы, весьма однородной и в глубину и по всей территории. Эта порода, как было показано выше, если и была засолена, то очень слабо, но содержала углекислый кальций в количестве около 10% (около 4,5% карбонатной CO_2). Трудно сомневаться в том, что первой стадией почвообразования здесь были луговые почвы с близким уровнем грунтовых вод. Эти почвы после спада вод хвалынского бассейна начали постепенно засоляться вследствие подъема солей с капиллярно-восходящей в процессе испарения влагой. Дальнейшая эволюция почвенного покрова происходила в условиях ландшафта со степной растительностью. По исследованиям В. И. Гричука (1954), в течение четвертичного периода в Прикаспийской низменности неоднократно происходила смена степных и лесных ландшафтов. Но начиная с конца нижнехвалынского времени растительность приобрела степной облик, который и сохраняется до настоящего времени.

Не вполне ясно происхождение солей. Поскольку покровные суглинки засолены не были и отлагались в пресноводном бассейне, постольку источник солей, поступавших в грунтовые воды, следует искать в более глубоких морских отложениях, — вероятно, хазарского бассейна. Передвижение солей из этих отложений в покровные суглинки, толща которых была насыщена влагой, происходило, очевидно, путем диффузии.

По мере понижения уровня Каспийского моря, являвшегося базисом эрозии для описываемой местности, уровень грунтовых вод понижался. Однако, принимая во внимание равнинность местности, слабое развитие эрозийной сети и тот факт, что даже наиболее глубоко врезанные долины (например, долина р. Горькой) дренируют сравнительно узкую, шириной всего лишь в несколько километров полосу, следует считать несомненным, что понижение уровня грунтовых вод шло главным образом за счет их испарения — физического и физиологического. Поскольку мощность капиллярной каймы равна примерно 3 м, постольку по меньшей мере до этой же глубины и мог понижаться ежегодно уровень грунтовых вод, причем для такого понижения достаточно, чтобы испарилось всего 200 мм влаги (разность между полной влагоемкостью трехметровой толщи суглинка и содержанием влаги в ней, отвечающем капиллярной влагоемкости при нахождении уровня грунтовых вод на глубине 3 м). Каков бы ни был климат, такой расход вполне мог быть обеспечен за счет чисто физического испарения с поверхности почвы. Наличие же солянковой растительности (а на более ранних стадиях — луговой растительности), несомненно, повышало расход влаги, причем влага расходовалась не только с поверхности, но и из всего корнеобитаемого слоя. В результате этого довольно быстро создались условия, при которых в почве к концу вегетационного периода начал создаваться такой дефицит влаги, который уже не мог быть покрыт осенне-зимне-весенними осадками, и во всяком случае значительно превышавший 200 мм. Величина этого дефицита, несомненно, зависела от климатических условий, главным образом от величины испаряемости, но также, конечно, и от видового состава и массы растительности.

Вследствие того, что летний дефицит влаги перестал покрываться осенне-зимне-весенней суммой осадков, уровень грунтовых вод хотя и продолжал еще весной подниматься, но уже перестал достигать до поверхности.

Учитывая, что первый максимум содержания гипса в солончаковых солонцах, приуроченный к середине верхнего метрового слоя, невелик и считая, что этот максимум отмечает поверхность испарения (физического и физиологического) грунтовых вод при наиболее высоком их стоянии, можно утверждать, что продолжительность этого высокого стояния, которому и соответствовала стадия солончака или сильно засоленной почвы, была довольно кратковременной.

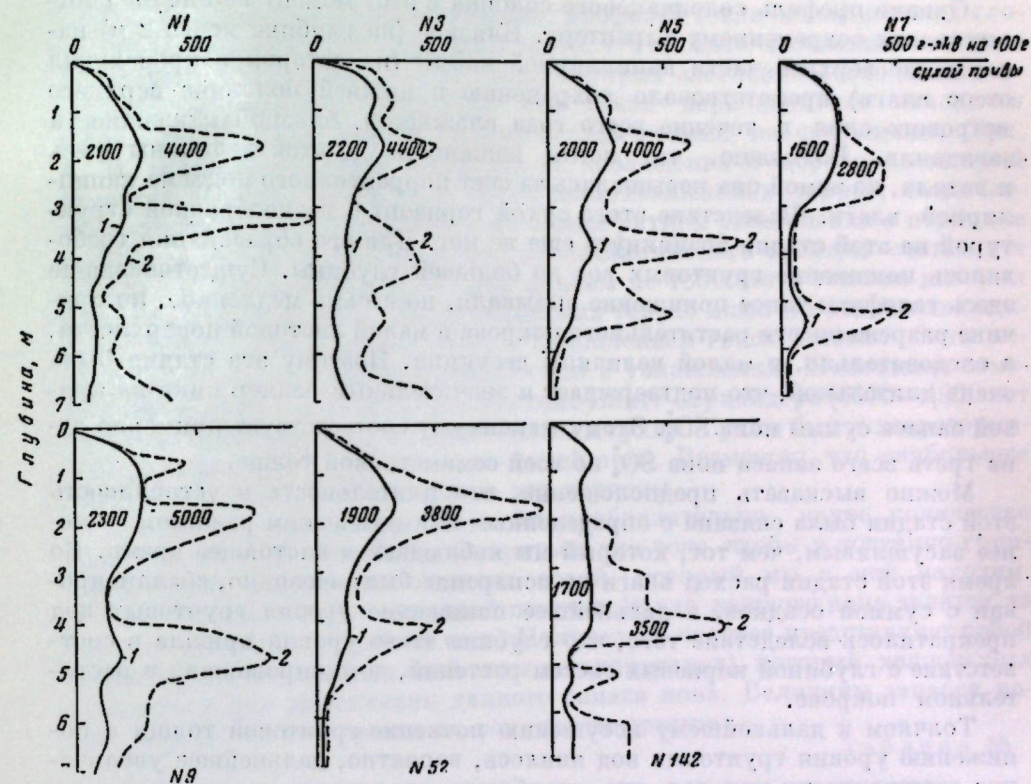


Рис. 81. Распределение в профилях солончаковых солонцов запасов легкорастворимых солей (по данным состава водных вытяжек) и суммарного запаса сульфатного иона (в г-экв ионов на 1 м^2) по полуметровым слоям

№ 7, № 52 и др. — номера разрезов; 1 — легкорастворимые соли, 2 — сульфатный ион. Цифры около кривых — суммарный запас солей и сульфатного иона в семиметровой толще

По окончании этой стадии, когда осенне-зимне-весенней суммы осадков перестало хватать для погашения дефицита влажности, создающегося в течение вегетационного периода, и для возврата уровня грунтовых вод к поверхности создались условия, при которых соли, накопившиеся в поверхностном слое, начали отмываться (главным образом весной) на некоторую глубину уже без последующего их возврата в указанный слой, начался процесс осолонцевания. Некоторое опреснение верхнего слоя почвы сделало возможным поселение новых видов растительности, свойственных почвам, содержащим соли на некоторой глубине. Эти растения с их глубокой и толерантной к солям корневой системой начали извлекать влагу из более мощной толщи почвы. Мощность последней достигла примерно 2 м. Именно на этой глубине мы находим в толще солончаковых солонцов второй, отчетливо выраженный максимум содержания гипса, значительно превосходящий по величине накопления верхний максимум (рис. 81). Очевидно, с этой глубины и происходил на данной стадии отсос корнями

основной массы влаги, сопровождающийся накоплением солей. Здесь же наиболее энергично шло и накопление гипса за счет обменных реакций между сульфатом натрия и карбонатом кальция, чему способствовала повышенная концентрация углекислоты в почвенном воздухе, обеспечивавшаяся корнями растений. На этой стадии началось образование солончаковых солонцов, солевые профили которых в обобщенном виде изображены на рис. 81.

Однако профиль солончакового солонца в этот момент не вполне соответствовал современному характеру. Близкое (на глубине менее 2 м) нахождение верхней части капиллярной каймы (из которой и происходил отсос влаги) препятствовало сохранению в нижней половине верхнего метрового слоя в течение всего года влажности, близкой к влажности завядания. Возможно, что летом влажность до этой величины здесь и падала, но зимой она повышалась за счет коррективного подъема капиллярной влаги. Вследствие этого сухой горизонт с пескообразной структурой на этой стадии возникнуть еще не мог. Для его образования требовалось понижение грунтовых вод до большей глубины. Существовавшие здесь галофиты такое понижение вызывали, но весьма медленное, по причине разреженности растительного покрова и малой листовой поверхности, а следовательно, и малой величины десукции. Поэтому эта стадия была очень длительной, что подтверждает и значительный размер пика на кривой запаса суммы иона SO_4 . Этому максимуму соответствует примерно одна треть всего запаса иона SO_4 во всей семиметровой толще.

Можно высказать предположение, что длительность и устойчивость этой стадии была связана с определенным климатическим режимом — менее засушливым, чем тот, который мы наблюдаем в настоящее время. Во время этой стадии расход влаги на испарение был, очевидно, сбалансирован с суммой осадков, а дальнейшее понижение уровня грунтовых вод прекратилось вследствие того, что глубина этого уровня пришла в соответствие с глубиной корневых систем растений, доминировавших в растительном покрове.

Толчком к дальнейшему иссушению почвенно-грунтовой толщи и понижению уровня грунтовых вод явилось, вероятно, дальнейшее увеличение засушливости климата, что неизбежно отразилось и на видовом составе растительности, которая сделалась более ксерофитной. Прогрессивное иссушение почвенно-грунтовой толщи и понижение уровня грунтовых вод на этой стадии пошло довольно быстро, о чем свидетельствует плавное убывание содержания солей в почвенно-грунтовой толще, начиная от глубины 2 м и глубже, и отсутствие хорошо выраженных максимумов содержания гипса. В составе растительности в это время появились новые виды, для которых было характерно при их толерантности к солям более глубокое распространение корневых систем. Возможно, что как раз в это время появился прутняк, корневая система которого достигает глубины 3 м.

В дальнейшем климат снова стал более устойчивым, в связи с чем установилось новое равновесие между приходом и расходом влаги и произошла новая задержка в понижении уровня грунтовых вод, которая отмечается в почвенном профиле максимумом запаса суммы иона SO_4 , приходящимся на нижнюю часть четвертого или верхнюю часть пятого метрового слоя. Этот максимум (см. рис. 81) выражен тоже очень отчетливо, а по своим размерам часто превышает максимум, наблюдаемый на глубине около 2 м.

Понижение уровня грунтовых вод резко снизило возможность поступления влаги в нижнюю часть верхнего метрового слоя, так как капиллярная кайма перестала доходить до этого уровня и передвижение влаги на-

чало совершаться лишь в пленочном состоянии, т. е. чрезвычайно медленно. Благодаря этому подсолонцовый горизонт начал сильно иссушаться и в нем возникла та пескообразная структура, которая характерна для него в настоящее время. Представляется вероятным, что возникновение этой структуры протекало не в одну фазу, т. е. что иссушение данного слоя почвы происходило с перерывами, во время которых слой увлажнялся, что, вероятно, способствовало кристаллизации сульфата натрия и его разрыхляющему влиянию на почву.

Таким образом, строение солевых профилей (наличие нескольких слоев с накоплением гипса) указывает на то, что процесс засоления почв шел не плавно, а с перерывами, во время которых засоление могло даже сменяться рассолением. Отметим, что такая периодичность находится в согласии с некоторыми палеогеографическими наблюдениями. Так, А. В. Шнитников (1954), опираясь на наблюдения Федоровича, который отмечает на Кара-Богаз-Голе шесть послехвалыинских террас, сопоставляет это число с установленным им самим ритмом увлажнения с периодом в 1850 лет. Продолжительность послехвалыинского времени составляет 12 000 лет, что соответствует семи циклам по 1850 лет в течение которых были образованы шесть послехвалыинских террас плюс последняя хвалыинская терраса. Образование слоев с накоплением гипса и может быть поставлено в связь с этой периодичностью в увлажнении. Шнитников отмечает, что атлантический период по схеме Блитт-Сернандера (6000—4000 лет до нашей эры) был в Прикаспии теплым и сухим. Сухим был и ксеротермический период (2000—1000 лет до нашей эры). Возможно, что наибольшее накопление гипса и произошло в эти периоды.

Интересно подсчитать, хотя бы приблизительно, какое количество грунтовых вод должно было испариться для того, чтобы в почвенно-грунтовой толще накопился тот запас солей, который мы в ней находим. В табл. 88—90 мы сделали такой подсчет. Запас каждого иона делится на его содержание в грунтовой воде. Полученное частное представляет собой объем воды в литрах (или слой воды в миллиметрах), который должен был испариться для накопления данного запаса иона. Величины запасов ионов, как и состав грунтовых вод, взяты средние.

Таблица 88

Химический состав грунтовых вод под солончаковыми солонцами

Разрез	Сумма солей, г/л	HCO_3'	Cl'	SO_4''	Сумма анионов	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+
		мг-экв						
1	4,2	3,2	10,1	53,2	66,5	25,1	20,8	20,6
3	4,7	3,0	31,3	42,0	76,3	31,8	16,9	27,6
5	4,6	4,3	17,4	50,2	71,9	32,9	5,0	34,0
7	5,5	3,0	26,0	56,6	85,7	27,9	7,2	50,6
9	6,6	2,8	24,2	73,5	100,5	22,8	6,7	71,0
52	5,6	2,7	44,2	45,9	92,8	46,3	14,7	31,8
Среднее	5,3	3,2	25,5	53,6	82,3	31,2	11,9	39,2

Расчет сделан отдельно для слоя 0—300 см и слоя 300—700 см. Слой 0—300 см соответствует мощности капиллярной каймы, и накопление в нем солей могло происходить очень легко, в процессе испарения капиллярно-поднимающейся влаги. Накопление солей в слое 300—700 см могло

Таблица 89

Средние величины запасов ионов солей, переходящих в водную вытяжку, суммы сульфатов в активного кальция в солончаковых солонцах (по определению в шести разрезах: 1, 3, 5, 7, 9 и 52)

Глубина слоя, см	Сумма солей кг/м²	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Сумма анио- нов	Ca	Mg	Na	Сумма сульфа- тов	«Актив- ный» Са	CO ₂ карбона- тов, г-экв., на 1 м²
		г-экв. на 1м² почвы										
0—50	8	0,7	5	17	85	108	25	13	70	141	81	2 200
50—100	15	0,0	3	35	181	219	37	29	153	268	104	
100—150	17	0,0	2	39	209	250	41	31	178	301	133	3 320
150—200	19	0,1	1	38	245	284	68	35	181	664	487	
200—250	16	0,2	2	35	202	239	53	26	160	439	290	3 410
250—300	12	0,4	2	29	149	180	31	15	134	260	142	
300—350	9	0,7	3	23	111	138	16	11	111	293	198	3 340
350—400	9	0,6	3	17	104	125	27	11	87	300	223	
400—450	9	0,2	3	12	109	124	43	13	68	343	277	3 400
450—500	7	0,2	3	7	89	99	44	10	45	302	257	
500—550	6	0,2	3	6	84	93	48	12	33	322	286	3 440
550—600	5	0,1	3	5	63	71	36	9	26	170	143	
600—650	4	0,1	2	4	52	58	30	9	19	126	104	3 420
650—700	4	0,1	2	4	46	52	29	8	15	178	161	
Сумма	140	3,6	37	271	1729	2040	528	232	1280	4107	2906	22 530

происходить либо за счет гораздо более медленного пленочного передвижения влаги, либо же вследствие десукции влаги растениями.

Вычисленные количества воды, которые должны были испариться для накопления данных запасов ионов, довольно сильно варьируют от иона к иону. Однако порядок величин во всех случаях, кроме «активного кальция», остается один и тот же — от 10 000 до 30 000 мм для всей семиметровой толщи и от 5000 до 20 000 — для слоя 0—300 см. Полного совпадения мы, конечно, ожидать не можем хотя бы уже по одному тому, что засоление периодически сменялось рассолоением, вследствие чего не мог не изменяться и состав грунтовой воды. Значительно более высокие значения получены для активного кальция: около 100 000 мм для семиметровой толщи и 42 000 мм для слоя 0—300 см. Это является дополнительным доказательством того, что засоление происходило в несколько фаз, сменявшихся фазами рассолоения, причем в периоды рассолоения легкорастворимые соли отмывались, а гипс оставался.

Полученные величины, казалось бы, позволяют примерно определить и время, необходимое для накопления этого количества солей. В настоящее время испаряемость в этом районе достигает примерно 1000 мм в год, т. е. на 700 мм превышает сумму осадков. Следовательно, сейчас, при близком залегании грунтовых вод, они испарялись бы в количестве около 700 мм в год. То количество солей, которое содержится в слое 0—300 см, могло бы накопиться за несколько лет, принимая во внимание быстроту капиллярного передвижения влаги. Для слоя 300—700 см мы пока такой прикидки сделать не можем, так как не имеем данных о величине десукции влаги хотя бы прутьяком. Однако и вывод, полученный для слоя 0—300 см, представляется мало вероятным, так как солончаковые солонцы

Таблица 90

Расчет количества воды, необходимого для накопления запасов ионов солей, содержащихся в солончаковых солонцах

Глубина слоя, см	Показатели	HCO ₃	Cl	SO ₄	Сумма анио- нов	Ca	Mg	Na	«Актив- ный» Са
0—300	Запас ионов, г-экв/м²	15	193	1 071	1 280	255	149	876	1 257
	Содержание ионов, в грунтовой воде, мг-экв/л	3,2	25,5	53,6	82,3	31,2	11,9	39,2	30,0
	Количество испарив- шейся воды, мм	4 700	7 600	20 000	15 500	8 200	12 500	22 400	41 900
300—700	Запас, г-экв/м²	22	78	658	760	273	83	404	1 649
	Содержание в грунто- вой воде, мг-экв/л	3,2	25,5	53,6	82,3	31,2	11,9	39,2	30,0
	Количество испарив- шейся воды, мм	6 900	3 100	12 300	9 200	8 700	7 000	10 300	55 000
0—700	Количество испарив- шейся воды, мм	11 600	10 700	32 300	24 700	16 900	19 500	32 700	96 900

существуют, несомненно, весьма давно. Можно думать, что концентрация грунтовых вод в процессе засоления этих почв постепенно, очень медленно нарастала, поэтому попытки сделать подсчеты, подобные только что сделанным, должны быть признаны необоснованными.

Вернемся к рассмотрению дальнейшего хода эволюции интересующих нас почв. Иссушение подсолонцового горизонта сопровождалось не только образованием пескообразной структуры, но и сильным его разрыхлением, выразившимся в понижении объемного веса. Это разрыхление, как мы знаем, имело своим следствием активное развитие микрорельефа, прежде всего — возникновение микроповышений. Подробно этот процесс был рассмотрен ранее (Роде, 1953).

Несомненно, что «вспухание» почвы в пространстве шло неравномерно, в зависимости от наличия первичного микрорельефа, густоты растительного покрова, его видового состава, положения данного участка по отношению к большим падинам и т. д.

С началом активного процесса формирования микрорельефа произошло качественное изменение и процесса почвообразования. Если до этого момента почвенный покров развивался на всей межпадинной равнине более или менее равномерно и однородно, благодаря большой выровненности ее поверхности — в сторону засоления нижних слоев почвы и осолонцевания верхних, то с началом активного развития микрорельефа направление процесса почвообразования на различных элементах микрорельефа должно было сделаться различным, вплоть до возникновения процессов, прямо противоположных друг другу по их общему характеру.

Это влияние развития микрорельефа на дифференцированное развитие процесса почвообразования начало осуществляться (и продолжает осуществляться в настоящее время) прежде всего через перераспределение поверхностных (главным образом талых) вод, что имеет своим следствием возникновение весьма различного водного режима почв на разных элементах микрорельефа. Микроповышения, по мере их развития («вспухания») начали получать все меньше и меньше влаги, вследствие чего весеннее промачивание распространялось на все меньшую и меньшую глубину, охватывая в лучшем случае лишь солонцовый горизонт. Низкая влажность

подсолонцового горизонта, поддерживаемая десугирующей деятельностью прутьяка или других растений с глубокой корневой системой, имела своим следствием возникновение значительного градиента сосущей силы, который вызывал (и продолжает вызывать в настоящее время) восходящее передвижение влаги, несущей соли из грунтовых вод к данному иссушенному горизонту. Это передвижение, а следовательно и прогрессирующее засоление, идет крайне медленно из-за низкой влагопроводности сухого слоя, но все же оно продолжается и поныне.

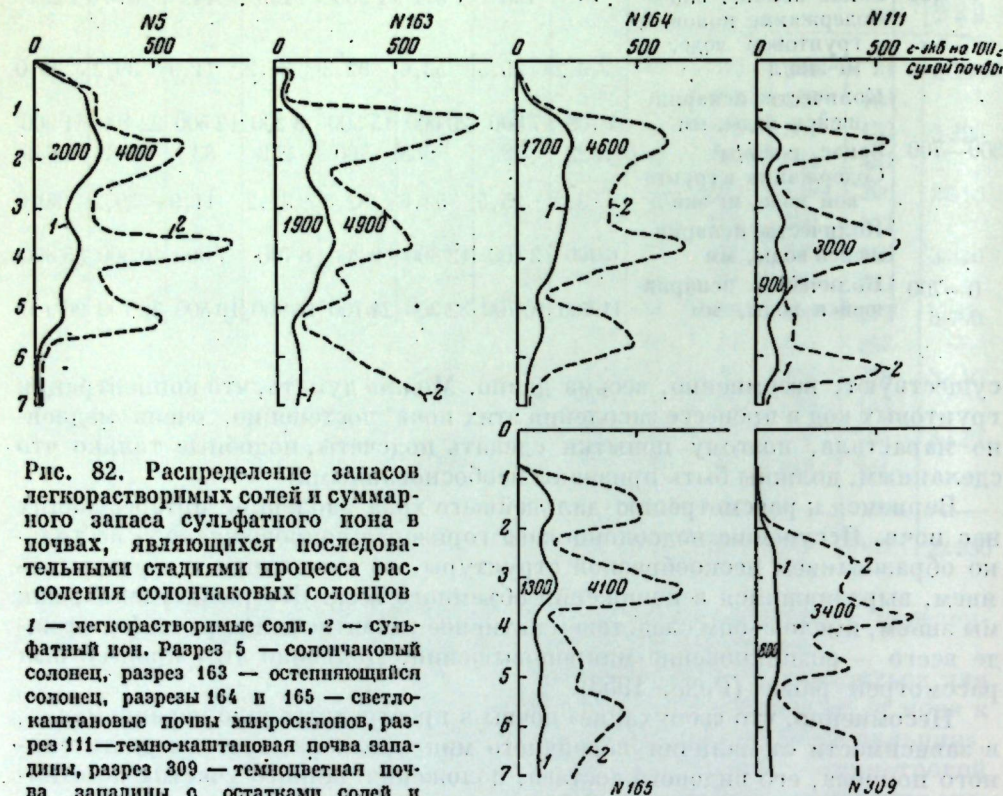


Рис. 82. Распределение запасов легкорастворимых солей и суммарного запаса сульфатного иона в почвах, являющихся последовательными стадиями процесса рассоления солончаковых солонцов 1 — легкорастворимые соли, 2 — сульфатный ион. Разрез 5 — солончаковый солонец, разрез 163 — остепняющийся солонец, разрезы 164 и 165 — светло-каштановые почвы микросклонов, разрез 111 — темно-каштановая почва западины, разрез 309 — темноцветная почва западины с остатками солей и гипса. Цифры около кривых — суммарный запас растворимых солей и сульфатного иона в семи-метровой толще

Наоборот, микропонижения рельефа начали рассоляться в силу того, что они начали получать дополнительное количество влаги за счет микроповышений. Постепенный ход этого рассоления иллюстрирует рис. 82, на котором изображено пять стадий рассоления: 1) солончаковый солонец (исходное состояние), 2) остепняющийся солонец, 3) светло-каштановая солонцеватая почва микросклона (два разреза), 4) темно-каштановая почва западины, 5) темноцветная почва западины, сохранившая в профиле гипс и соли. Шестой стадией является темноцветная почва западины, не содержащая солей и гипса, но изобразить ее солевой профиль в том же масштабе, вследствие малой выразительности величин, не представляется возможным.

На рис. 83 показано изменение объемного веса почвы по тем же стадиям, на рис. 84 — изменение содержания гумуса. В табл. 91 приведены данные, характеризующие изменение важнейших физических свойств почв по тем же стадиям.

Обращаясь к рис. 82, отметим прежде всего, что во всех шести профилях мы находим одинаковое распределение максимумов содержания гипса

Таблица 91

Важнейшие физические свойства почв

Глубина слоя, см	Солончаковые солонцы (средние данные)			Солонец остепненный (разрез 114)			Темно-каштановые почвы западины			Светло-каштановые почвы микросклонов			Темноцветные черноземовидные почвы западины (средние данные)		
	объемный вес, г/см ³	порозность при определении с бен- золом в % от объема	в % от веса	объемный вес, г/см ³	порозность в % от общей	в % от веса	объемный вес, г/см ³	порозность в % от общей	в % от веса	объемный вес, г/см ³	порозность в % от общей	в % от веса	объемный вес, г/см ³	порозность в % от общей	в % от веса
0-5	1,36	47,0	25	17,0	48,1	22	15,1	1,05	59,2	1,18	54,9	26	1,03	58,7	37
5-10	1,40	45,4	24	16,8	46,6	19	13,6	1,20	54,3	1,26	52,2	23	1,09	57,5	30
10-20	1,48	43,2	24	35,6	44,8	18	27,6	1,36	52,4	1,36	49,9	21	1,19	55,2	27
20-30	1,33	46,7	24	32,0	44,6	21	26,9	1,42	52,6	1,40	47,9	21	1,30	51,6	24
30-40	1,18	52,5	23	27,2	49,7	21	29,8	1,45	47,0	1,49	44,8	20	1,35	49,8	23
40-50	1,17	55,6	23	26,9	45,4	21	28,0	1,47	46,0	1,53	43,6	20	1,44	46,8	22
50-60	1,17	54,3	23	26,7	45,2	21	28,9	1,52	44,6	1,59	41,5	20	1,47	45,2	20
60-70	1,17	53,5	23	26,9	44,0	21	29,4	1,57	42,5	1,61	41,0	20	1,53	43,8	19
70-80	1,24	51,6	23	28,5	44,9	21	31,5	1,59	41,9	1,62	40,8	20	1,55	43,3	19
80-90	1,24	51,0	23	28,5	45,4	21	31,0	(1,62)*	—	(1,59)	—	20	1,56	43,0	18
90-100	1,29	49,3	23	29,7	45,4	21	31,0	1,64	40,0	1,55	43,5	20	1,57	42,2	18
100-110	1,44	—	23	33,2	—	21	31,0	(1,64)	—	(1,54)	—	19	1,60	—	18
110-120	1,44	45,0	22	31,7	46,2	21	31,0	(1,65)	39,8	(1,52)	45,2	19	1,62	41,0	18
120-130	(1,46)	—	22	32,1	—	21	32,5	(1,63)	—	(1,52)	—	19	1,61	—	18
130-140	(1,50)	43,4	21	31,1	—	21	32,5	1,61	41,2	1,52	44,8	19	1,60	44,3	18
140-150	(1,52)	—	21	31,5	41,6	21	33,8	(1,62)	—	(1,53)	—	20	1,60	—	18
150-160	(1,54)	42,0	20	30,4	—	21	33,8	(1,63)	40,8	(1,53)	44,6	20	1,60	41,4	18
160-170	(1,56)	—	20	30,8	—	21	33,8	(1,63)	—	(1,56)	—	20	1,62	—	18
170-180	(1,58)	40,7	20	31,2	43,1	21	33,6	(1,64)	40,2	(1,58)	43,6	20	1,62	41,3	18
180-190	(1,58)	—	20	31,6	—	21	33,6	(1,64)	—	(1,58)	—	20	1,63	—	18
190-200	1,61	40,0	20	32,2	—	21	30,5	(1,65)	40,3	(1,60)	—	20	1,64	40,1	18
Ниже 200	(1,60)	(40)	(18)	(28,8)	(40)	(18)	(28,8)	(1,60)	(40)	(1,60)	(40)	(18)	(28,8)	(40)	(18)
Итого	(1,60)	(40)	(18)	(28,8)	(40)	(18)	(28,8)	(1,60)	(40)	(1,60)	(40)	(18)	(28,8)	(40)	(18)

* В скобках — данные, полученные интерполицией.

(во втором, четвертом и шестом метровых слоях), что является одним из доказательств того, что процесс засоления в этих почвах протекал одинаково. Единственное исключение из этого — отсутствие максимума содержания гипса во втором метре в разрезе 309 — объясняется тем, что гипс из этого слоя уже выщелочен и «сполз» в верхнюю часть четвертого метрового слоя при сохранении общего запаса гипса в семиметровой толще.

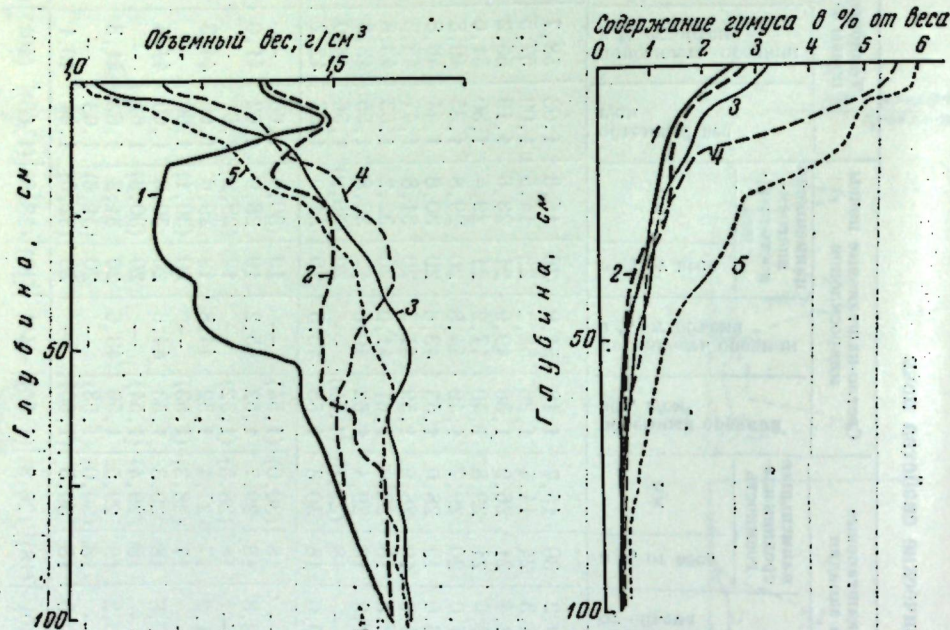


Рис. 83. Изменение величины объемного веса в профилях почв, являющихся последовательными стадиями рассоления солончаковых солонцов

1 — солончаковые солонцы (средние данные), 2 — остепняющийся солонец (разрез 163), 3 — темно-каштановые почвы мелких западин (средние данные), 4 — светло-каштановые почвы микросклонов (средние данные), 5 — светло-каштановые почвы микросклонов (средние данные), 6 — темноцветные почвы западин (средние данные)

Рис. 84. Содержание гумуса в верхнем метровом слое почв, являющихся последовательными стадиями рассоления солончаковых солонцов

1 — солончаковые солонцы (средние данные), 2 — остепняющийся солонец (разрез 163), 3 — светло-каштановые почвы микросклонов (средние данные), 4 — темно-каштановые почвы западин (разрез 111), 5 — темноцветные почвы западин (средние данные)

Одинаковый ход засоления подтверждает правильность трактовки этих шести профилей как последовательных стадий процесса рассоления одной и той же исходной засоленной почвы.

Наблюдения зоолога Джаныбекского стационара Л. Г. Динесмана (личное сообщение), дают основание полагать, что первичным толчком к рассолению солончаковых солонцов часто является деятельность сусликов, которые имеют свои жилые норы всегда на микроповышениях, занятых солончаковыми солонцами, так как в этих условиях норы сусликов свободны от угрозы затопления их поверхностными водами. При подходе нанорельефе поверхности микроповышений норы сусликов могут сделаться очагами рассоления вследствие затекания вод в эти норы, как это было показано выше (рис. 25, 26). Норы сусликов располагаются обычно в подсолонцовых горизонтах, поэтому затекая в норы влага свободно проникает в первый подсолонцовый горизонт и вызывает там растворение сульфата натрия, а затем и переупаковку частиц во всем горизонте с его

рыхлым сложением и высокой порозностью. Горизонт уплотняется и оседает, в нем образуются широкие трещины. В результате этого оседает и участок поверхности микроповышения около той точки, где произошло затекание воды. Почва переходит в стадию остепняющегося солонца. Общая масса солей в семиметровом профиле при этом остается еще прежней — около 2000 г-экв на 1 м², но одновременно смещается вниз из верхней части почвенного профиля. Верхний метровый слой почвы почти полностью рассоляется; максимум содержания солей из нижней половины второго метрового слоя смещается в четвертый метровый слой. Заметно возрастает содержание солей в нижней части шестого и в седьмом метровых слоях. Распределение гипса и тем более его общий запас в семиметровой толще остаются прежними. Объемный вес и порозность в первом подсолонцовом горизонте на этой стадии рассоления изменяются по указанным выше причинам особенно резко (рис. 83, табл. 91). Происходящая усадка вызывает появление на поверхности микроповышения небольшой вмятины, вокруг которой образуется система концентрических трещин, как это изображено на рис. 25. Эти явления наблюдались и были описаны ранее Е. Н. Ивановой и В. М. Фридландом (1954). Состав и масса растительности на этой стадии почти не изменяются (иногда появляется острец), в связи с чем не изменяется и распределение гумуса.

Появление вмятины является причиной дальнейшей концентрации поверхностных вод на данном участке и, как следствие, дальнейшего выщелачивания солей (рис. 82,). Общий запас солей во всей семиметровой толще при этом сначала остается прежним, а позднее начинает уменьшаться, что указывает на возникновение периодического, хотя, может быть, и очень редкого, сквозного промачивания почвенно-грунтовой толщи и отмывание части солей в грунтовые воды. Гипс и на этой стадии остается в своей массе неподвижным, за исключением верхнего максимума его содержания, приуроченного к середине верхнего метрового слоя (на рис. 80 этот максимум из-за его малой величины, остался неизображенным). Объемный вес подсолонцовых горизонтов (рис. 83) на этой стадии продолжает возрастать, но уже значительно медленнее. Наряду с этим и в верхней части профиля мощностью около 40 см наблюдается некоторое убывание объемного веса, что можно объяснить рыхлящим влиянием корней более обильной растительности, в составе которой появляются злаки. Соответственно увеличивается и содержание гумуса (рис. 84), но еще весьма незначительно.

По мере дальнейшего роста западины и увеличения ее водосбора увеличивается глубина промачивания почвы и оно чаще делается сквозным. Одновременно под влиянием воздействия корневой системы заканчивается переработка солонцового горизонта, который теряет свои прежние свойства и остается в профиле лишь в форме несколько уплотненного горизонта, обогащенного илстой фракцией. Развивается почва, близкая к темно-каштановой (рис. 82, разрез 111). Общий запас солей в семиметровой толще оказывается сниженным на этой стадии примерно вдвое, причем они распределяются довольно равномерно по почвенному профилю, за исключением верхнего полуметрового слоя. Содержание и распределение гипса и на этой стадии еще остается почти прежним. Объемный вес в бывшем первом подсолонцовом горизонте продолжает несколько увеличиваться, а в поверхностном слое почвы несколько снижается. Одновременно наблюдается заметное увеличение содержания гумуса в верхнем полуметровом слое (рис. 84).

В процессе дальнейшего рассоления приходит в движение и гипс (рис. 82). Максимум содержания последнего, приуроченный ко второму метро-

вому слою, исчезает, причем общий запас гипса почти не уменьшается; это указывает на то, что гипс лишь сместился в среднюю часть почвенно-грунтовой толщи. Распределение легкорастворимых солей приобретает еще более равномерный характер.

Последней стадией рассоления являются темноцветная почва западины. В ней, в верхнем метровом слое, заметно уменьшается, по сравнению с предшествующей стадией, объемный вес, в силу рыхлящего действия обильного количества корней, принадлежащих злаково-разнотравной растительной группировке. Большое количество корней вызывает значительное увеличение содержания гумуса, которое охватывает весь верхний метровый слой. Соли на этой стадии, в том числе и гипс, оказываются выщелоченными уже полностью из всей семиметровой толщи. В почвенном профиле иногда можно обнаружить каверны, оставшиеся от растворения стяжений гипса.

Грунтовые воды — их зеркало — под межпадинной равниной в настоящее время колеблется в пределах седьмого метрового слоя в среднем. Последим с обильным количеством осадков при условии сухой осени, обеспечивающей высокую водопроницаемость почв, в западинах наблюдается обильное просачивание талых вод, вызывающее подъем уровня грунтовых вод на величину до 2 м. Под западинами при этом образуются небольшие «купы» грунтовых вод, которые затем растекаются в стороны, под микроповышения. Так как общая площадь западин невелика (составляет всего около 25% площади межпадинной равнины), то такое пополнение запаса грунтовых вод в среднем вызывает повышение их уровня лишь на несколько дециметров, и он продолжает оставаться в пределах седьмого метрового слоя.

Эта глубина не является случайной величиной. Она равна сумме мощности корнеобитаемого слоя, которая в западинах достигает 320—340 см, и мощности капиллярной каймы, примерно равной этой же величине. Всякое заметное пополнение запаса грунтовых вод, которое можно наблюдать в многоводные годы и тем более в многоводные многолетние периоды, вызывая повышение уровня грунтовых вод, улучшает снабжение влагой растений, особенно в западинах, где имеются линзы пресной воды. Улучшение влагообеспеченности в условиях жаркого засушливого климата имеет своим следствием нарастание растительной массы, а следовательно и увеличение расхода влаги на транспирацию. Последнее вызывает уменьшение запаса грунтовых вод и снижение их уровня до той глубины, на которой они оказываются уже недоступными для корней растений, так как последние снова едва-едва доходят до верхней границы капиллярной каймы. Таков механизм поддержания грунтовых вод на одном и том же уровне — механизм, как видим, чисто биологический. Отметим, что суммарный расход влаги даже растительностью западин не превышает половины годовой суммы испаряемости.

Такова в общих чертах эволюция почв межпадинной равнины в процессе их рассоления — от солончакового солонца микроповышения до темноцветной почвы западины. Отметим, что изменяются и физические свойства почвы (табл. 91); в процессе рассоления несколько возрастает величина наименьшей влагоемкости в верхнем полуметровом слое и одновременно, в несколько меньшей мере, — величина влажности завядания, благодаря чему несколько увеличивается и диапазон активной влаги. В нижележащих слоях эти величины изменяются мало; иногда несколько уменьшаются.

Нарисованная нами картина эволюции почв межпадинной равнины в общем совпадает с теми представлениями об эволюции этих почв, которые

мы находим в работах предшествующих исследователей: А. Ф. Большакова и В. М. Боровского (1937), А. В. Ковды (1950), Е. Н. Ивановой и В. М. Фридланда (1954) и других; в нашей работе эволюционный ряд иллюстрирован аналитическими материалами, объективно характеризующими отдельные стадии эволюции.

Другим случаем такой же эволюции почв является их рассоление, идущее на периферии более крупных западин. Общий ход рассоления и здесь остается примерно тем же, но стадия, подобная темно-каштановой почве, здесь обычно выпадает, поэтому мы ее и не находим в микропрофиле от микроповышения к западине. Остепняющий солонец, который бывает выражен далеко не всегда хорошо, непосредственно переходит в светло-каштановую почву микросклона. В последней увеличение объемного веса во втором метровом слое бывает выражено менее отчетливо.

Все рассмотренное относилось к эволюции почв межпадинной равнины. Темноцветные почвы больших палин имеют, по-видимому, иную историю развития вследствие того, что с самого начала развития почвенного покрова они занимали понижения мезорельефа и имели водный режим, характеризовавшийся повышенным увлажнением. Эти почвы тоже проходили стадию засоления, хотя, вероятно, гораздо более слабого, чем почвы межпадинной равнины, и не сопровождавшегося накоплением гипса. В связи с этим в темноцветных почвах больших палин наблюдалось некоторое развитие процесса осолодения. Однако аналитических материалов, имеющихся в нашем распоряжении, пока еще недостаточно для освещения эволюции темноцветных почв больших палин, поэтому данный вопрос мы рассматривать здесь не будем.

ЛИТЕРАТУРА

- Большаков А. Ф. Исследования Джаныбекского стационара. Труд Комиссии по ирригации. М.—Л., 1937.
- Большаков А. Ф. Водный режим почв комплексной степи Каспийской низменности. Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева АН СССР, т. 32, 1950.
- Большаков А. Ф. и Боровский В. М. Почвы и микрорельеф Прикаспийской низменности. Сб. «Солонцы Заволжья». М., 1937.
- Буйновский М. С., Доскач А. Г., Фридланд В. М. Природа и сельское хозяйство Волго-Уральского междуречья. Ж., 1956.
- Васильев А. М. Основы современной методики и техники лабораторных определений физических свойств грунтов. Машиноиздат, 1949.
- Воскресенский М. Н. и Левина С. И. К вопросу о сжатии системы почва + вода. Сб. «Материалы по поднятию производительности сельскохозяйственных земель посредством мелиорации», вып. VIII. Л., 1938.
- Гедройц К. К. Химический анализ почв. Изд. 3-е. Сельхозгиз, 1932.
- Гричук В. И. Материалы к палеоботанической характеристике четвертичных и плиоценовых отложений северо-западной части Прикаспийской низменности. Труды Ин-та географии, т. 61, 1954.
- Иванова Е. Н. и Левина Ф. Я. Солонцовые комплексы Прикаспия. «Почвоведение», 1952, № 10.
- Иванова Е. Н. и Фридланд В. М. Почвенные комплексы сухих степей и их эволюция. Сб. «Вопросы улучшения кормовой базы в степных, полупустынных и пустынных зонах СССР». М.—Л., 1954.
- Каменицкая И. В. Естественная растительность Джаныбекского стационара. Труды комплексной экспедиции, тт. 2 и 3. М., 1952.
- Каменицкая И. В., Гордеева Т. К. и Ларио И. В. Структура и динамика естественной растительности в районе Джаныбекского стационара. Труды Ин-та леса АН СССР, т. 25, Изд-во АН СССР, 1955.
- Качинский Н. А. Методы механического и микроагрегатного анализа почв. М.—Л., 1943.
- Келлер Б. А. Определения на северной окраине Каспийской низменности и граница орошения. Труды Комиссии по ирригации, вып. 1. Изд-во АН СССР, 1933.
- Ковда В. А. Современные формы засоления почв в Заволжье. Сб. «Проблемы Волго-Каспия», вып. 1, 1934.

- Ковда В. А. Почвы Прикаспийской низменности. Изд-во АН СССР, 1950.
- Ковда В. А. и Большаков А. Ф. Водно-солевой режим Каспийской равнины. Труды Всесоюз. конф. по почвоведению и физиологии, т. 1. Саратов, 1937.
- Крюков П. А. Тригонометрическое определение суммы кальция и магния. Сб. «Современные методы химич. анализа природных вод». М., 1955.
- Крюков М. А. и Комарова Н. А. Исследование растворов почв, илов и горных пород. Докл. VI Междунаро. конгресса почвоведов (2-я комиссия). Изд-во АН СССР, 1956.
- Курганский А. В. и Базилевич Н. И. К проблеме орошения и освоения Прикаспийской низменности. «Почвоведение», 1951, № 1.
- Мозесон Д. Л. Первые итоги изучения микрорельефа комплексной степи северо-западной части Прикаспийской низменности. Труды комплексной экспедиции, т. 2, вып. 3. М., 1952.
- Мозесон Д. Л. Микрорельеф северо-западной части Прикаспийской низменности и его влияние на поверхностный сток. Труды Ин-та леса АН СССР, т. 25, 1955.
- Мозговой А. и Третьяков Т. К познанию гидрофильных коллоидов. «Коллоидный журнал», т. 1, вып. 5. М., 1935.
- Польский М. Н. и Роде А. А. Материалы к познанию водного режима почв комплексной степи северо-западной части Прикаспийской низменности. Труды комплексной экспедиции, т. 2, вып. 3. М., 1952.
- Понов И. В. Основы инженерно-геологического грунтоведения. М.—Л., 1941.
- Раковский А. В. и Полянский Г. Сжатие при адсорбции воды коллоидами. «Журнал физической химии», т. 2, 1931.
- Рашевская И. М. К вопросу о методах определения суммы сульфатов в почвах и об обволакивании гипса карбонатами. «Почвоведение», 1954, № 9.
- Родик Л. Е., Базилевич Н. И., Гаврилов К. И. и Борисова. Участок Паласовка — Владимировка. Труды комплексной экспедиции, т. 1, 1950.
- Роде А. А. Исследования Джаныбекского стационара комплексной экспедиции по вопросам ползащитного лесоразведения. «Почвоведение», 1952а, № 2.
- Роде А. А. Почвенная влага. Изд-во АН СССР, 1952б.
- Роде А. А. К вопросу об условиях влагообеспеченности древесных посадок в северо-западной части Прикаспийской низменности. Сообщения комплексной экспедиции по вопросам ползащитного лесоразведения, вып. 2. Изд-во АН СССР 1952в.
- Роде А. А. Джаныбекский стационар, его задачи и организация. Труды комплексной экспедиции, т. 2, вып. 3. Изд-во АН СССР, 1952 г.
- Роде А. А. К вопросу о происхождении микрорельефа Прикаспийской низменности. «Вопросы географии», Сб. 33. М., 1953.
- Роде А. А. Пять лет работы Джаныбекского стационара. Труды Ин-та леса АН СССР, т. 38, 1958а.
- Роде А. А. Климатические условия района Джаныбекского стационара. Сообщения Лаборатории лесоведения АН СССР № 1, 1959.
- Чапек П. В. Сжатие системы адсорбированная вода + почва. «Почвоведение», 1933, № 1.
- Шаров В. С. Природа глины и ее отношение к воде и водным растворам. Сб. «Гидрогеология и инженерная геология», № 5. М.—Л., 1940.
- Швырева А. М. Эволюция растительного покрова темноцветных западин в двухчленном комплексе. «Советская ботаника», 1939, № 2.
- Шитников А. В. Ритм Каспия в постюрме. Докл. АН СССР, 1945, т. 94, № 4.
- Вонцусов S. Y. The amount of unfree water in soils at different moisture contents. Soil Sci., II, 1921.
- Zunker F. Über das Schwinden und Quellen der Böden und ein neues Bodenuntersuchungsverfahren. «Der Kulturtechnischer», 31, 1928.

Г. П. МАКСИМЮК

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЛОНЧАКОВЫХ СОЛОНЦОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОМЫВОК¹

ВВЕДЕНИЕ

Решение Партии и Правительства о расширении посевных площадей за счет освоения целинных и залежных земель, часть которых расположена в районах с неблагоприятными почвенно-климатическими условиями, поставило перед исследователями задачу разработать приемы освоения этих земель.

Расположенный в 30 км к северу от озера Эльтон Джаныбекский стационар Почвенного института Академии наук СССР, где были проведены наши опыты, разрабатывает методы освоения целинных почв в северо-западной части Прикаспийской низменности, относящейся частично к Западно-Казахстанской и частично к Сталинградской областям.

Неблагоприятность природных условий в изучаемом районе заключается главным образом в засушливости климата и широком распространении солончаковых солонцов, доля которых в почвенном комплексе нередко превышает 50%.

Близость изучаемого района, имеющего большой фонд неосвоенных земель, к крупным промышленным центрам и обжитым районам Европейской России, а также перспектива орошения этих пространств водами Волги, придают большую актуальность разработке методов земледельческого освоения указанных почв.

До недавних пор земледелие в этом районе ограничивалось использованием встречающихся здесь так называемых больших пашин — плоских, неглубоких депрессий с незасоленными черноземовидными темноцветными почвами и пресными грунтовыми водами. В пашинах размещались посевы зерновых культур, бахчи и плодовые сады.

Подобные же депрессии, но несколько более глубокие и крупные, занятые солодами или осолоделыми почвами с мощным травяным покровом, — лиманы использовались как сенокосы. На долю пашин и лиманов приходится около 15—20% всей территории. Остальная часть территории представляет собой межпашинную равнину, использование которой вследствие мозаичности ее почвенного покрова, в котором преобладают солончаковые солонцы, требует предварительной мелиорации.

¹ Настоящая работа выполнялась под руководством проф. А. А. Роде, которому автор приносит глубокую благодарность.

В составе обменных катионов солончаковых солонцов Джаныбекского района 40—60% приходится на долю обменного натрия, а содержание легкорастворимых солей уже на глубине 20—30 см от поверхности достигает 3% от веса почвы. Поэтому мелiorация таких почв заключается в их одновременном рассолонцевании и рассолении. Оба эти мероприятия требуют больших количеств влаги. Между тем климатические условия здесь таковы, что величина испаряемости примерно в 3 раза превышает сумму атмосферных осадков. Следовательно, первой задачей Джаныбекского стационара было отыскание источника дополнительного увлажнения почв. Таким источником является накопление снега. Зимой в северо-западной части Прикаспийской низменности юго-восточные и отчасти западные ветры переносят значительные массы снега, и если на их пути создать препятствия в виде древесно-кустарниковых кулис или кулис из сорго, то можно накопить снег там, где это необходимо.

Древесно-кустарниковые кулисы в 2 раза, а иногда и больше (как это, например, наблюдалось в 1954 и 1956 гг.) повышают весеннее поступление влаги в почву за счет таяния накопленного зимой снега. Дополнительное увлажнение создается не только непосредственно в кулисе, но и в межкулисном пространстве, и тем самым обеспечивается возможность ускоренного рассоления и рассолонцевания солончаковых солонцов на этих участках.

Для успешного рассолонцевания кроме влаги необходим также кальций в любой растворимой форме в количестве, достаточном для замещения обменного натрия в поглощающем комплексе. Использование привозного гипса для рассолонцевания почв — мероприятие дорогое и не всегда доступное. В. А. Ковда и А. Ф. Большаков (1938) при исследовании солончаковых солонцов этого района нашли, что в них на глубине 35—50 см от поверхности гипс содержится в количестве, обеспечивающем рассолонцевание солончаковых солонцов. Исходя из этого, они предложили мелiorировать указанные солонцы путем вовлечения в пахотный слой гипса, имеющегося в почве, при помощи глубокой вспашки.

На Джаныбекском стационаре в 1951 г. были поставлены опыты по проверке способа мелiorации, предложенного В. А. Ковдой и А. Ф. Большаковым. На участках под древесно-кустарниковыми кулисами, многолетними травами и чистым паром проводились наблюдения над рассолонцеванием и рассолением мелiorируемых солончаковых солонцов.

Учитывая, что рассоление в природных условиях идет относительно медленно, было решено дополнительно поставить опыты по промывке солончаковых солонцов на монолитах — почвенных призмах небольшого поперечного сечения (1 м²). Опыты с монолитами давали возможность в короткий срок (1—2 года) отметить изменения, протекающие в солончаковых солонцах при дополнительном увлажнении. При постановке опытов учитывалось также то, что со временем эта часть Прикаспийской низменности будет орошена. Это обязывало тщательно изучить поведение солей с относительно близким (около 7 м) залеганием минерализованных грунтовых вод, так как при промывке солончаковых солонцов орошение может вызвать их подъем и как следствие этого — вторичное засоление почв.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Передвижение солей в почвенно-грунтовой толще связано главным образом с капиллярно-гравитационным движением влаги. Первые работы, в которых изучалось это явление, относятся к началу XX столетия (Крав-

ков, 1901; Briggs, 1902; 1904; Коссович, 1910 и др.). Этими работами было показано, что скорость капиллярного поднятия влаги, а следовательно и содержащихся в ней солей, зависит прежде всего от механического состава почвы, причем нисходящее движение имеет большую скорость, чем восходящее.

С. П. Кравков и П. С. Коссович показали также, что движение воды, не содержащей солей, происходит быстрее, чем движение воды, в которой растворены соли. Внесение в почву извести или гипса, улучшающих структурное состояние почвы, ускоряет капиллярное движение влаги и сверху вниз, и снизу вверх. Скорость передвижения отдельных ионов и особенно замедляющее действие иона натрия на капиллярное передвижение влаги получили в этих работах противоречивое освещение.

В 1933—1937 гг. в работах Ф. Цункера (Zunker, 1933), К. Терцаги (1933), А. И. Агапова (1937) была поставлена задача путем математического анализа процесса капиллярного передвижения влаги в почвах получить уравнения, отражающие зависимость этого процесса от различных факторов.

П. А. Летунов (1955), анализируя полученные этими авторами уравнения, приходит к следующим выводам:

- 1) капиллярное поднятие влаги (а следовательно, и накопление содержащихся в ней солей) происходит тем быстрее, чем ближе к поверхности залегают грунтовые воды;
- 2) скорость капиллярного поднятия тем больше, чем грубее механический состав почвы и чем ближе к поверхности залегают грунтовые воды;
- 3) во влажной почве линейная скорость капиллярного поднятия больше, чем в сухой, так как часть пор уже занята влагой;
- 4) повышение температуры ведет к увеличению скорости капиллярного поднятия, потому что уменьшается вязкость жидкости;
- 5) обогащение почвы органическим веществом ведет к уменьшению максимальной высоты и скорости капиллярного поднятия, а следовательно, и к замедлению накопления солей.

С. И. Тюремнов в 1928 г. на примере изучения засоления почв южного участка Джафарханской опытной станции подтвердил выводы, полученные Кравковым о закономерностях миграции солей.

В 30-х годах появились работы Б. Б. Полюнова и его учеников (1930, 1932), в которых опытным путем устанавливается, что при восходящем капиллярном движении влаги, в котором одновременно присутствуют соли Na_2CO_3 , Na_2SO_4 и NaCl , медленнее всего движется Na_2CO_3 и быстрее всего NaCl . Разница в движении Na_2CO_3 , Na_2SO_4 и NaCl наиболее резко проявляется в зоне пленочного состояния раствора. Ион хлора всегда движется быстрее, чем сульфатный ион.

Из полученных при постановке опытов данных Полюнов сделал ряд выводов, объясняющих генезис засоленных почв. Он первый указал на связь сезонных передвижений солей с характером водного режима, а также на тесную связь солевого профиля почвы с водным режимом. Им также было показано значение отношения $\text{Cl}^-:\text{SO}_4^{2-}$, служащего показателем направленности процесса в сторону засоления или рассоления. Опыты с изучением скорости распространения раствора от его свободной поверхности позволили Полюнову сделать еще один важный вывод о том, что грунтовые воды, залегающие на глубине 6—7 м от поверхности почвы, не участвуют в почвообразовательном процессе, а воды, залегающие на глубине 4—5 м, формируют солевой профиль почвы за счет передвижения солей с капиллярными токами влаги. Опыты с суглинками дали Полюнову возможность вскрыть причину противоречивых представлений о замедляю-

щем действия ионов натрия (работы С. П. Кравкова, Л. С. Бриггса, П. С. Коссовича), заключающуюся в недоучете явлений физико-химического поглощения, и подтвердить правильность положения о том, что кальций ускоряет капиллярное передвижение влаги.

П. А. Летунов, И. Ф. Муzychuk и А. В. Лашкина (1942) подтвердили выводы Полюнова о более быстром движении иона хлора по сравнению с сульфатным ионом. Опыты с испарением и без испарения позволили им установить наличие диффузного передвижения солей, составляющего часть общего передвижения солей и, по их наблюдениям, протекающего в 4 раза медленнее капиллярного. Важным был также вывод о том, что диффузное передвижение солей может не совпасть с движением влаги.

А. Ф. Лебедев (1930), устанавливая закономерности передвижения влаги разных категорий, нашел, что если влажность почвы не превышает максимальную гигроскопичность, то движения жидкой влаги, а следовательно, и растворенных в ней солей, не происходит. Лебедев показал также, что соли движутся от слоев с большей концентрацией к слоям с меньшей концентрацией, причем направление движения солей может и не совпадать с направлением движения влаги (диффузное передвижение).

С. И. Долгов и З. И. Каменева (1937) экспериментально исследовали диффузное передвижение хлористых и сернокислых солей в карбонатных суглинках при разной влажности почв. Интервал изучаемой влажности составлял от 6 до 26%. В этих опытах снова было подтверждено установленное Полюновым положение, что ион хлора движется быстрее сульфатного иона; это наблюдалось при всех степенях увлажнения. Снижение влажности замедляет диффузное передвижение солей, но оно не прекращается и при влажности, равной 6%. Максимальная гигроскопичность почвы, с которой работали указанные авторы, была равна 6,9%. Причину более быстрого передвижения иона хлора Долгов и Каменева видят в более высокой растворимости хлористых солей, а также в том, что радиус гидратированного сульфатного иона в 1,4 раза больше (по Эйкену) радиуса иона хлора. Долгов и Каменева подтвердили наблюдения А. В. Трофимова (1927) о том, что часть гигроскопической воды растворяет соли, внесенные в почву.

Из более поздних работ по этому вопросу можно упомянуть исследования Маршалла и Герра (Marshall, Gurr, 1954), наблюдавших передвижение влаги и хлоридов при влажности, близкой к влажности завядания. Таким образом, исследования Долгова, Трофимова и других не подтвердили вывода Лебедева о прекращении передвижения влаги и солей при влажности, равной максимальной гигроскопичности.

Интересуясь влиянием и глубиной распространения внесенных в почву удобрений, диффузное передвижение солей изучали В. А. Чернов (1935—1937), Н. А. Комарова (1937) и др. Чернов первый показал, что диффузия ионов NO_3^- и Cl^- подчиняется закону Фика. Он также показал, что при постоянных температуре и влажности коэффициент диффузии этих ионов постоянен и зависит от механического состава почвы — он выше в песчаной и ниже в глинистой почве. С увеличением влажности коэффициент диффузии иона хлора линейно возрастает (испытываемый им интервал влажности 15,5—36%). Комарова, ставя опыты с диффузным передвижением анионов из смеси солей $\text{KNO}_3 + \text{KH}_2\text{PO}_4$, нашла, что диффузия анионов в этом случае протекает медленнее, чем тогда, когда эти соли взяты отдельно. В песке диффузное передвижение анионов NO_3^- и PO_4^{3-} протекает согласно закону Фика, в черноземах же вследствие поглощения данных ионов эта закономерность нарушается. Коэффициент диффузии зависит от концентрации ионов в растворе.

Зонасрабуде и Гокнал (Sonasrabude a. Goknal, 1934) в своих работах подтвердили ранее полученные выводы, что диффузное передвижение, направленное вниз, имеет большую скорость, чем в том случае, когда оно направлено вверх. Ставя опыты с диффузным передвижением иона хлора из растворов, содержащих CaCl_2 , BaCl_2 и NaCl , они нашли, что это передвижение наибольшее, когда в растворе находится CaCl_2 , и наименьшее при BaCl_2 . Раствор NaCl занимал промежуточное положение.

Обобщая все предыдущие работы и собственный экспериментальный материал, В. Р. Волобуев (1948) предложил классификацию движения солей в почвах. Он различает два основных вида движения солей: активное и пассивное. В первое он включает растворение, положительную и отрицательную адсорбцию, диффузию, во второе — молекулярное рассасывание, капиллярное рассасывание, перемещение с фильтрационными токами воды и выщелачивание солей промыванием. При промывках обе формы движения играют важную роль. На первых стадиях промывок, в момент наибольшего увлажнения, происходит пассивное передвижение солей, которое затем сменяется их активным передвижением.

В работах В. С. Богдана (1900), Н. А. Димо (1907, 1913), П. А. Летунова (1942, 1955), Л. П. Розова (1936), В. А. Ковды (1936, 1941, 1946, 1947, 1950), Н. А. Беседнова (1954), В. С. Малыгина (1939), Н. А. Качинского (1937), И. С. Рабочева (1947, 1949, 1954), В. Р. Волобуева (1941, 1948) и многих других авторов ставятся и решаются вопросы, касающиеся поведения солей при промывках, необходимой агротехники, дренажного устройства и т. д.

Закономерности, наблюдаемые при промывке засоленных почв, освещаются в работах Волобуева (1948). В целом процесс промывки заключается в растворении избытка солей и в удалении солевого раствора из промываемого слоя почвы. По Волобуеву, наиболее важным в процессе промывки является вывод растворов, обогащенных солями, что он и ставит в основу классификации промывок.

В его классификации выделено четыре основных типа промывок, из которых важными для нас являются первые два:

1) так называемое осаживание солей (термин, введенный Качинским, 1937), когда солевой запас в почвенно-грунтовой толще не уменьшается, а лишь перераспределяется по профилю;

2) вымывание солей в грунтовые воды и уменьшение запаса солей в почвенно-грунтовой толще при неизменности солевого баланса территории.

В первом типе промывок в свою очередь может быть два случая: а) соли выщелочены в «капиллярную водоемкость» в зоне поверхностного иссушения, б) соли выщелочены в «глубинную водоемкость». В первом случае возможно обратное восходящее передвижение выщелоченных солей.

Механизм перемещения солей по первому типу заключается в том, что почва получает такое количество влаги, которое насыщает ее выше естественной влажности, до предельной полевой влагоемкости¹, что вызывает лишь перераспределение солей в почвенном профиле.

Механизм перемещения солей при промывках второго типа требует насыщения почвы влагой до полной влагоемкости, что вызывает выщелачивание солей в грунтовые воды.

Выщелачивание солей зависит от многих факторов; наиболее важными из них являются механический состав почвы и состав солей.

Волобуев (1948) подчеркивает, что солеотдача наиболее затруднена

¹ Коссович (1910) применяет термин «наименьшая влагоемкость».

при тяжелом механическом составе вследствие затрудненной диффузии солей и микропор глинистых агрегатов. Ковда (1938), а затем Беседнов (1954) рекомендуют применение термокоагуляции¹ для почв тяжелого механического состава, с тем, чтобы при промывке смывать соли с поверхностей трещин. Существует ряд данных, показывающих зависимость солеотдачи от состава солей. Как лабораторные, так и полевые исследования показали, что количество выщелачиваемых солей при промывке зависит от их растворимости (Тарасов, 1929; Малыгин, 1939, и др.). В ряде работ отмечается, что промывки способствуют повышению щелочности, в том числе обусловленной и нормальными карбонатами. Причина этого явления пока недостаточно ясна. К. К. Гедройц, Л. П. Розов, Н. В. Орловский, В. С. Малыгин, А. А. Шотин считают, что повышение щелочности при промывках вызвано физико-химическими реакциями обмена. С. Я. Сушко видит причину повышения щелочности в реакциях обмена в самом почвенном растворе (реакция Танатара-Гильгарда). Большую роль в повышении щелочности отводят гидролизу магнезиальных солей С. Я. Сушко, Н. И. Усов, В. С. Малыгин и А. Н. Розанов. В. А. Ковда (1946) считает причиной повышения щелочности гидролиз и диссоциацию ранее негидролизированных и недиссоциированных соединений щелочных и щелочно-земельных металлов.

Розову (1936) принадлежит идея промывать засоленные почвы не только до полного рассоления, но и до рассолонцевания. Он подтвердил вывод, полученный Кравковым, о важности величины соотношения в почве солей щелочных и щелочно-земельных металлов. Его опыты по промывке засоленных почв позволили ему установить, что осолонцевание в процессе рассоления почв сульфатного засоления, по данным водных вытяжек, наступает при соотношении $\text{Na} : \text{Ca} = 18 : 1$, а в почвах хлоридного засоления — при соотношении $\text{Na} : \text{Ca} = 9 : 1$. И. Н. Антипов-Каратаев в своей работе с другими авторами (1953) считает, что при 10-кратном преобладании натрия над кальцием образуются почвы со слабыми солонцеватыми свойствами и что для образования солонца из солончака количество натриевых солей должно составлять 90% от общего содержания солей. В более ранних работах Антипова-Каратаева (1935), Ивановой (1933) считалось, что для образования солонца достаточно четырехкратного преобладания натрия над кальцием.

Келли, Броун и Либиг (Kelley, Brown, Liebig, 1940) показали, что, когда в водных вытяжках отношение $\text{Na} : \text{Ca} < 2$, натрия поглощается мало. По мере расширения этого отношения поглощение натрия пропорционально увеличивается. Они считали также, что при насыщенности почв кальцием натрия поглощается слабее, чем в том случае, когда почва насыщена магнием. Роль магния в развитии солонцовых процессов рассматривалась в работах Розанова (1939, 1955), Антипова-Каратаева с соавторами (1953), и др. Опытным путем Антипов-Каратаев установил, что осолонцевание ведет к накоплению магния. Причину этого автор видит в более затрудненном по сравнению с кальцием выходе иона магния из поглощающего комплекса и в меньшей растворимости гидрата окиси магния. Им же отмечено, что если в составе обменных оснований суммарная доля натрия и магния достигает 38%, причем на долю натрия приходится 10—14%, то осолонцевания не происходит. Когда же сумма натрия и магния превышает 50%, причем доля натрия остается та же, что и в первом случае, развитие солонцеватости наблюдается. В целом же роль магния в процессе осолонцевания пока неясна.

¹ Подсушивание почв до обезвоживания коллоидов.

Данные о влиянии промывок на состав обменных оснований мы встречаем у Усова (1934), Ковды и Большакова (1938), Антипова-Каратаева с другими авторами (1953), и др. Все исследователи отмечают, что при промывках в составе обменных оснований (если в почве имеется или в нее внесен гипс или другие кальцийсодержащие соединения) происходит интенсивное замещение в поглощающем комплексе натрия на кальций.

По вопросу о соотношении между количеством воды, поступившей в почву при промывке, и количеством выщелоченных этой водой солей мы находим данные в работах П. А. Летунова, И. Ф. Музычук и А. В. Лапшиной (1942), Л. П. Розова (1936, 1937), С. В. Зонна (1937), С. В. Астапова (1943), В. Р. Волобуева (1948), В. В. Спенглер (1950), А. Н. Костякова (1951), И. Н. Антипова-Каратаева с соавторами (1953).

Летунов и Музычук отметили, что при промывке засоленных почв для удаления солей требуется во много раз больше воды, чем это соответствует их растворимости. В процессе промывки получают два различные по содержанию солей слоя почвы: верхний, с малым содержанием солей, через который проходит большое количество пресной воды, и нижний, в котором накапливаются соли, выщелоченные из верхнего горизонта. По мнению авторов, это создает возможность обратного возвращения солей. Особенно велика роль натрия в замедлении скорости фильтрации вследствие увеличения солонцеватости почвенной массы. Уменьшение скорости фильтрации приводит к тому, что диффузный поток поднимает в верхние горизонты в 60—120 раз больше солей, чем при нормальной скорости фильтрации. Нормальной скоростью фильтрации указанные выше авторы считают скорость 0,0003 см³/сек.

В работе П. А. Летунова, И. Ф. Музычук и А. В. Лапшиной (1942) приводятся данные, показывающие, как влияют разные соотношения натрия и кальция на скорость фильтрации и выщелачивание иона хлора при промывках (опыты в трубках) с тяжелым суглинком:

	Скорость фильтрации, см ³ /сек.	Количество выщелоченно- го Cl, в % от первоначаль- ного содер- жания
Тяжелый суглинок + 75% CaCl ₂ + 25% NaCl	0,0000035	70,1
» » + 50% CaCl ₂ + 50% NaCl	0,0000005	61,9
» » + 25% CaCl ₂ + 75% NaCl	0,0000003	47,8

Астапов (1943), отмечая это же явление, видит его причину в том, что в капиллярной среде скорость движения воды неравномерна — в крупных капиллярах она выше, чем в мелких. Эта неравномерность сохраняется и в пределах самого капилляра, так как у стенок его вода движется во много раз медленнее, чем в центре. Вследствие этого рассоление у стенок капилляров (пор) происходит главным образом за счет диффузии, что и замедляет выщелачивание солей. Интересны опыты Г. М. Меерсона (1936), показавшего, что наибольшее выщелачивание солей происходит в первую промывку, когда соли смываются с поверхности агрегатов. Механизм выщелачивания солей из влажной почвы он представляет себе как совершающийся крайне медленно диффузный обмен между комочками почвы и окружающей его пленкой воды. Из этого он делает вывод о медленном выщелачивании солей из влажной почвы.

В. В. Спенглер (1950) в своих опытах брала три промывные нормы: первая из них соответствовала одной, вторая — двум и третья — трем предельным влагоемкостям. Промывался 50-сантиметровый слой почвы. Пер-

вые две нормы вызвали выщелачивание солей из 20-сантиметрового слоя: и только третьей нормой ион хлора был выщелочен из 40-сантиметрового слоя. Во всех случаях наблюдалось увеличение содержания солей в нижележащих горизонтах. Это дало автору основание считать, что замедление скорости выщелачивания солей связано с тем, что через глубже лежащие слои фильтруются растворы, концентрация которых выше концентрации почвенного раствора промываемого слоя. Это снижает эффективность промывок нижележащих слоев и создает угрозу для обратного возвращения иона хлора в верхние промытые горизонты. Спенглер считает, что возвращение выщелоченных хлоридов происходит так же быстро, как и само выщелачивание.

Таким образом, рядом исследователей выяснено, что передвижение солей в почвенно-грунтовой толще в основном связано с капиллярно-гравитационными токами влаги. Диффузное передвижение солей, составляющее часть общего движения, совершается значительно медленнее и может не совпадать с движением влаги. В передвижении солей в почвенном профиле роль диффузии невелика, но в почвах, насыщенных натрием, она увеличивается вследствие снижения коэффициента фильтрации. Нижняя граница влажности, при которой может происходить движение и растворение солей, лежит ниже максимальной гигроскопичности, что доказано опытами С. И. Долгова, А. В. Трофимова и др. Ион натрия оказывает замедляющее действие на передвижение солей, ион кальция — ускоряющее.

ИЗМЕНЕНИЕ СОЛЕВОГО ПРОФИЛЯ СОЛОНЧАКОВЫХ СОЛОНЦОВ ПРИ ПРОМЫВКАХ

Исследованиями А. Ф. Большакова и В. А. Ковды (1938), И. Н. Антипова-Каратаева с соавторами (1953) было показано, что солончаковые солонцы могут быть мелiorированы путем вовлечения в пахотный слой гипса, имеющегося в их подсолонцовом горизонте.

Опыты, заложенные А. Ф. Большаковым в 1935—1937 гг. и учтенные им в 1950 г. (Большаков, 1952), отчетливо показали возможность рассоления солончаковых солонцов. Однако вопросы поведения солей в процессе промывки, скорость и очередность их выщелачивания, возможность развития вторичного засоления при рассолении солончаковых солонцов, а также вторичного засоления были освещены недостаточно. Выяснение этих вопросов и составило содержание наших опытов, проводившихся в 1952—1954 гг.

Задачей опытов 1952 г. было определение скорости и закономерностей передвижения солей при промывке в условиях отсутствия испарения и бокового оттока промывных вод. После того как закономерности передвижения солей при промывке солонцов в этих условиях были выяснены, возникла вторая задача: выяснить, с какой скоростью и с какой глубины могут вновь подниматься ранее отмытые соли при наличии испарения и при разном состоянии поверхности (плотное и рыхлое).

Опыты для решения этой задачи были заложены в 1953 г.

В 1952 и 1953 гг. были также заложены опыты, имевшие своей целью выяснить влияние растительности на восходящее передвижение солей. Таким образом, всего было поставлено три опыта:

- 1) по передвижению солей при промывке солончаковых солонцов при отсутствии испарения;
- 2) по влиянию физического испарения на обратное, восходящее передвижение солей, выщелоченных на разную глубину, при разном состоянии поверхности почвы (плотное и рыхлое);

3) по совместному влиянию физического испарения и десукции растительностью на обратное, восходящее передвижение солей, отмытых на разную глубину.

Все опыты велись на монолитах, оставшихся *in situ*, но имевших боковую изоляцию либо из цемента (опыты 1952 г.), либо из пергамина (опыты 1953 г.). Изоляция была применена с целью исключить боковое растекание влаги, что давало возможность подсчитать баланс влаги и солей.

ПЕРЕДВИЖЕНИЕ СОЛЕЙ ПРИ ПРОМЫВКАХ В ЦЕЛИННЫХ И МЕЛИОРИРОВАННЫХ СОЛОНЧАКОВЫХ СОЛОНЦАХ, В МОНОЛИТАХ, БЕЗ ИСПАРЕНИЯ (ПЕРВЫЙ ОПЫТ)

Первые опыты по этой теме были поставлены в 1951 г. Н. С. Орешкиной (1955). Ее работа и была продолжена нами в 1952—1954 гг.

Для закладки опыта был выбран солонцовый контур с возможно более ровной поверхностью. Морфологическое строение солонца было следующим:

- 0—4 (5) см. Надсолонцовый горизонт, светло-серый с легким палевым оттенком, суглинистый, пористый. Выламывается плоскими глыбками, которые легко раздавливаются в порошок. Пронизан мелкими корнями. От нижележащего горизонта отделяется резко.
- 4 (5)—20 см. Солонцовый горизонт, темно-серовато-шоколадного цвета, суглинистый, неправильной ореховидно-призматической структуры. В нижней части горизонта появляются выцветы солей в виде грязно-желтых прожилок и пятен. С HCl вскипает. От нижележащего горизонта отделяется резко.
- 20—75 см. Первый подсолонцовый горизонт, розовато-бурый, суглинистый, бесструктурный. При легком прикосновении пожа осыпается, как песок. Скопления солей в виде пятен, прожилок. С HCl вскипает. Без резкой границы переходит в следующий — второй подсолонцовый горизонт.
- 75—100 см. Палево-бурый, суглинистый, ореховато-призматической, слегка творожистой структуры, выраженной неотчетливо. Книзу горизонта структура переходит в глыбисто-призматическую.

Распределение солей в солончаковом солонце характеризуют данные табл. 1.

Большаков (1937) выделяет в профиле солончакового солонца четыре зоны:

- I — охватывает надсолонцовый и солонцовый горизонты, отличается низким содержанием солей, в сумме не превышающем 4—6 мг-экв на 100 г сухой почвы;
- II — охватывает первый подсолонцовый засоленный, второй подсолонцовый засоленный горизонты и верхнюю часть гипсоносного засоленного горизонта; оканчивается на глубине около 2 м; это зона максимального содержания солей (до 3% от веса почвы);
- III — переходная зона; характеризуется постепенным убыванием содержания солей; охватывает часть гипсового засоленного горизонта и переходный горизонт; простирается от 2 до 6 м;
- IV — зона с небольшим постоянным содержанием солей, равным содержанию их в грунтовой воде, пропитывающей почвенную массу.

По нашему мнению, более правильно делить солонцовый горизонт по крайней мере на две части: верхнюю и нижнюю, так как они резко различаются по содержанию солей, и высказанное А. Ф. Большаковым положение о низком содержании солей относится лишь к верхней части солонцо-

Таблица 1

Распределение солей в целинном солончаковом солонце
(по данным водных вытяжек: монолит 1)

Глубина взятия образ- ца, см	Сухой ос- таток	Сумма солей	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Na ⁺ / Ca ⁺⁺
	%		мг-экв. на 100 г сухой почвы							
0—5	0,08	0,04	Нет	0,64	0,05	—	Следы	—	0,69	0,7
5—10	0,12	0,10	0,32	1,17	0,30	—	»	—	1,87	1,9
10—20	0,52	0,41	0,41	1,12	1,92	3,06	0,03	Следы	6,48	21,6
20—30	2,56	2,47	0,05	0,34	4,83	31,71	11,50	3,12	22,31	2,0
30—40	2,78	2,72	Нет	0,23	5,89	34,48	12,28	4,63	23,69	2,0
40—50	2,75	2,70	0,05	0,23	6,78	33,40	10,29	4,75	25,42	2,4
50—60	2,84	2,80	Нет	0,23	7,71	34,10	10,07	5,04	26,93	2,6
60—70	2,54	2,48	0,05	0,23	6,75	30,17	8,21	4,66	24,33	3,0
70—80	2,17	2,12	0,05	0,28	7,12	24,54	3,81	3,73	24,75	6,4
80—90	2,31	2,21	0,05	0,26	7,55	25,56	3,81	4,25	25,36	6,7
90—100	2,15	2,11	0,05	0,32	7,98	23,47	2,35	3,58	25,89	10,8

вого горизонта. Это подтверждает приведенный в табл. 2 состав водных вытяжек из разных слоев надсолонцового и солонцового горизонтов.

Солонцы в монолитах, исследовавшихся в 1952 г., изолировались с боков бетонными стенками толщиной 10 см, которые выступали над поверхностью почвы на 8—10 см (рис. 1). Наличие бортиков у каждой призмы позволяло вести полив под напором до 5—7 см водного столба.

Таблица 2

Состав водных вытяжек из различных слоев надсолонцового и солонцового горизонтов

Глубина взятия образца, см	Горизонт	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
		мг-экв. на 100 г сухой почвы						
0—4	Надсолонцовый	Нет	0,60	0,12	0,11	0,45	Следы	0,38
4—8	»	0,04	0,81	0,06	0,04	0,19	»	0,72
8—13	Солонцовый	0,37	1,76	0,20	Следы	0,21	0,05	1,70
13—18	»	0,76	2,37	0,94	0,21	0,10	0,05	3,36
18—22	»	0,53	2,09	1,75	2,93	0,30	0,05	6,42
22—26	»	0,04	0,65	2,96	20,21	1,62	0,26	21,94
26—30	Первый подсолон- цовый засоленный	Нет	0,48	4,01	41,31	4,10	2,98	38,72
30—35	»	»	0,32	5,18	59,26	10,54	5,72	48,50

В 1952 г. было заложено четыре монолита (1, 2, 3, и 13-й), из них монолит-1 оставался без обработки с естественной растительностью, а в монолитах 2, 3 и 13 почва была перекопана с тщательным перемешиванием на глубину 50 см (имитация плантажной вспашки). При этом монолиты 1, 2 и 13-й имели глубину 1 м, а монолит 3 — глубину 2 м.

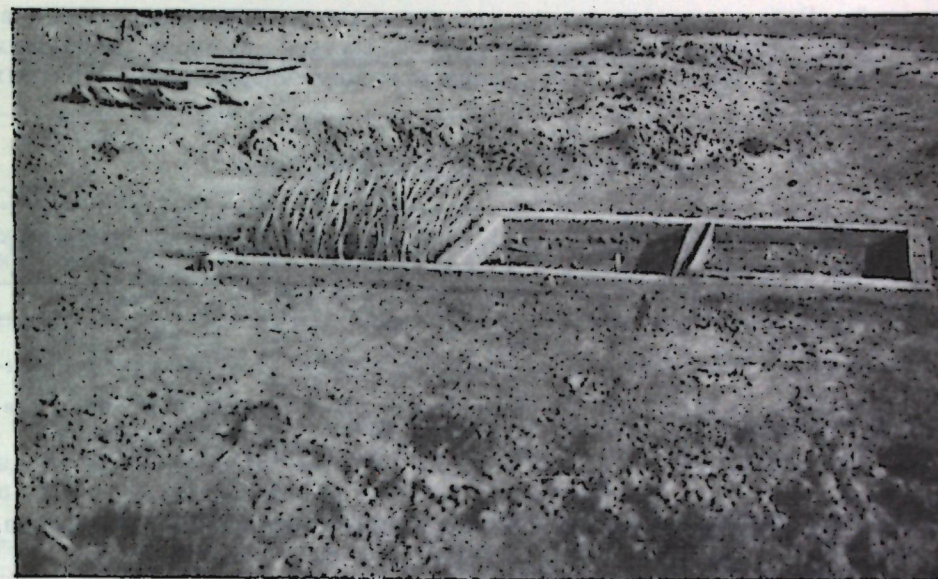


Рис. 1. Общий вид монолитов в 1952 г. Фото А. А. Роде

В течение лета на каждом монолите было проведено пять поливов. Монолиты 1 и 2 получили в общей сложности по 500 мм (по 100 мм за каждый полив), монолит 3 получил 1250 мм (по 250 мм за каждый полив); о поливе монолита 13 мы скажем дальше.

После каждого полива монолиты тщательно закрывались брезентами и деревянными щитами на 15 дней, чтобы исключить испарение. Наблюдения показали, что этого срока достаточно для установления в профиле почвы влажности, приближающейся к величине наименьшей влагоемкости. Через 15 дней после каждого полива брались образцы почвы для определения солей и влажности буром Измаильского с пятикратным контролем. Скважины на поверхности монолитов располагались так, чтобы при каждом взятии образцов охватывалась по возможности вся исследуемая площадь монолита. Схема расположения скважин показана на рис. 2. Цифры на схеме соответствуют последовательным срокам взятия образцов (1 — скважины первого срока, 2 — скважины второго срока и т. д.).

1	2	3	4	5
3	4	5	1	2
5	1	2	3	4
2	3	4	5	1
4	5	1	2	3

Рис. 2. Схема расположения скважин на монолите

После взятия образцов скважины тщательно забивали глиной, не содержащей легкорастворимых солей. Образцы брались из каждого 10-сантиметрового слоя (с глубины 0—5, 5—10, 10—20, 20—30 см и т. д.).

Пять образцов, взятые из каждого слоя, смешивали, и полученный образец поступал в анализ. Образец, предварительно высушенный до воздушно-сухого состояния, растертый и пропущенный через сито с отверстиями в 1 мм, служил для приготовления водной вытяжки и почвенного раствора, для определения суммы сернокислых солей и поглощенных ос-

нований. Вода, применявшаяся при промывке солончаковых солонцов, была почти пресной, гидрокарбонатного состава, с очень небольшим содержанием сернокислых солей и еще меньшим содержанием хлористых солей (табл. 3).

Таблица 3

Солевой состав поливных вод (CO_3 — нет)

Место взятия воды	Сухой оста- ток	Сум- ма солей	HCO ₃ [']	Cl [']	SO ₄ ["]	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	HCO ₃ [']	Cl [']	SO ₄ ["]	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
	%		г/л						мг-экв.					
Чапаевские пруды	0,076	0,065	0,058	0,004	0,010	0,020	0,002	Сле- ды	0,95	0,10	0,22	1,00	0,17	Сле- ды
Вода из водокачки с ж. д. ст. Джаныбек	0,172	0,154	0,110	0,005	0,045	0,036	0,012	"	1,80	0,15	0,94	1,80	1,00	Сле- ды

Рассмотрим результаты промывок целинного солончакового солонца. Монолит 1.

О равномерности смачивания и продолжительности впитывания влаги в почвенном профиле целинного солончакового солонца можно судить по данным, приведенным в табл. 4.

Таблица 4

Распределение влаги в профиле целинного солончакового солонца до и после первой промывки (в % к весу сухой почвы)

Глубина взятия образца, см	До промывки			После первой промывки					
	скв. 1	скв. 2	среднее	скв. 1	скв. 2	скв. 3	скв. 4	скв. 5	среднее
0—5	—	16,3	16,3	19,4	20,7	22,3	21,6	22,9	21,6
5—10	20,3	19,9	20,1	26,7	22,0	24,8	15,5	24,0	22,6
10—20	19,2	19,3	19,3	26,4	27,3	20,8	29,9	18,9	24,7
20—30	18,7	17,9	18,3	17,5	22,6	18,4	20,8	18,3	19,5
30—40	16,1	14,4	15,2	20,1	20,3	16,7	18,4	16,8	18,5
40—50	13,3	16,2	14,8	18,1	20,6	14,6	19,6	15,8	17,7
50—60	13,6	13,8	13,7	18,6	22,4	17,2	22,5	13,5	19,1
60—70	14,0	13,2	13,6	17,1	22,3	16,0	22,4	11,9	17,9
70—80	14,4	13,7	14,0	17,8	22,1	16,0	22,4	12,4	18,1
80—90	14,5	14,8	14,7	17,6	20,7	14,1	21,1	16,9	18,6
90—100	15,7	16,7	16,2	17,7	20,2	13,6	19,8	14,9	17,2

Из данных видно, что после первой промывки целинного солончакового солонца (монолит 1) наблюдалось крайне неравномерное промачивание почвы. Причиной этой неравномерности была трещиноватость целинного солонца. Первые порции поливных вод быстро проникали по трещинам, вызывая неравномерное увлажнение. Но затем трещины вследствие набухания закрылись, и общая продолжительность впитывания первой порции воды (100 мм) на монолите 1 была значительно ниже, чем на монолитах 2 и 3, которые были перекопаны на 50 см (табл. 5).

Таблица 5

Продолжительность впитывания воды на монолитах при последовательных промывках

	Монолит 1					Монолит 2					Монолит 3				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
№ промывки	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Количество воды, данное при поливе, мм	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	250	250	250	250	250
Продолжительность впитывания, часы	14,67	35,0	31,0	31,5	33,0	2,17	7,25	5,25	6,0	9,25	2,83	3,0	6,0	19,75	20,25

При дальнейших промывках время впитывания увеличилось почти вдвое. Замедление впитывания можно объяснить дальнейшим набуханием почвы, главным образом солонцового горизонта.

В мелнированных солонцах (монолиты 2 и 3) скорость впитывания была значительно выше, особенно при первой промывке. При дальнейших промывках она также снизилась, но не столь значительно. Более высокую начальную скорость впитывания на этих монолитах можно объяснить коагулирующим влиянием на почвенную массу солей, вовлеченных в верхний 50-сантиметровый слой, и повышенной рыхлостью этого слоя. Соответственно падение скорости впитывания в дальнейшем вызывалось уплотнением почвы при выщелачивании из нее солей.

Следует, однако, отметить, что солончаковые солонцы Джаныбекского стационара в общем характеризуются довольно большой скоростью фильтрации, что обусловлено присутствием в солонцовом горизонте солей. Этим они отличаются от типичных степных солонцов.

Изменение запасов влаги в целинном солонце (монолит 1) в процессе промывок характеризуют данные табл. 6. В ней для каждой промывки после графы, содержащей величины послойных запасов влаги, идут две графы, в которых указано количество воды, профильтровавшейся в процессе данной промывки через тот или иной 10-сантиметровый слой. Эти количества даны в миллиметрах водного слоя и в величинах, кратных величине запаса влаги в данном слое, соответствующего величине его наименьшей влагоемкости.

Расчет влаги производился таким образом. На поверхность монолита при промывке было дано 100 мм. Запас влаги до промывки в слое 0—5-см составлял 11,6 мм. После промывки запас влаги в этом слое повысился до 14,4 мм. Следовательно, в слой 0—5-см поступило дополнительно $14,4 - 11,6 = 2,8$ мм. Остальные 97,2 мм ($100 - 2,8$ мм) просочились в нижележащие слои. Запас влаги в слое 0—5 см, соответствующий наименьшей влагоемкости, равен 18,1 мм. Разделив 97,2 на 18,1, получим 5,4. Таким образом, при промывке через этот слой профильтровалось количество влаги, в 5,4 раза превышающее его наименьшую влагоемкость. Для нижележащих слоев расчет велся так же, но поступившее в них количество влаги бралось равным 100 мм за вычетом влаги, задержавшейся в вышележащих слоях.

Как уже отмечалось, вода, поступившая при первой промывке, не вся удержалась в метровом слое, часть ее ушла глубже (вероятно, по трещинам). Из 100 мм после первой промывки в метровом слое задержалось только 44,7 мм. Последующие промывки более равномерно промачивали почвенную толщу, но влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости,

Таблица 6

Изменение послонных запасов влаги при промывке целинного солончакового солонца (Монолит 1)

Глубина взятия образца, см	Объемный вес, г/см ³	Запас влаги, соответствующий наименьшей влажности почвы, мм	Запас влаги, мм	После первой промывки		После второй промывки		После третьей промывки		После четвертой промывки		После пятой промывки	
				запас влаги, мм	через данный слой профиль-травалось влаги	запас влаги, мм	через данный слой профиль-травалось влаги	запас влаги, мм	через данный слой профиль-травалось влаги	запас влаги, мм	через данный слой профиль-травалось влаги	запас влаги, мм	через данный слой профиль-травалось влаги
				мм	НВ вспышки кратных	мм	НВ вспышки кратных	мм	НВ вспышки кратных	мм	НВ вспышки кратных	мм	НВ вспышки кратных
0-5	1,43	18,1	11,6	14,4	97	5,4	5,4	18,0	100	16,7	100	19,3	100
5-10	1,29	18,3	12,9	14,6	95	5,2	5,1	16,8	100	17,2	100	19,0	100
10-20	1,49	37,3	28,7	37,4	87	2,3	2,4	38,0	100	38,0	100	37,3	100
20-30	1,38	33,7	25,3	27,0	85	2,5	2,5	34,8	99	34,8	100	32,6	100
30-40	1,16	26,6	17,6	21,5	81	3,1	3,0	27,0	98	27,0	100	26,3	100
40-50	1,13	26,7	16,7	20,1	78	2,9	2,8	28,7	95	28,3	100	25,5	100
0-50		160,7	112,8	135,0				163,3		162,0		160,0	
50-60	1,17	29,0	16,0	22,3	73	2,5	2,4	27,8	94	30,2	98	27,7	100
60-70	1,17	31,8	15,9	21,0	66	2,2	1,9	29,2	94	31,6	95	32,1	100
70-80	1,30	35,1	18,2	23,6	61	1,8	1,5	32,8	93	34,6	93	35,5	100
80-90	1,34	37,5	19,6	24,0	57	1,6	1,2	34,6	97	39,3	89	35,7	100
90-100	1,41	38,4	22,8	23,3	55	1,5	0,8	38,8	89	36,8	89	40,0	100
50-100		171,8	92,5	115,2				163,2		172,5		171,0	
0-100		332,5	205,3	250,2				326,5		334,5		331,0	

во всем метровом слое установилась лишь после третьей промывки (табл. 6). Следовательно, только после третьей промывки все 100 мм прошли через метровый слой.

Изменение содержания солей в процессе промывки целинного солончакового солонца на основании анализа водных вытяжек изображено на рис. 3. Содержание HCO_3^- отчетливо увеличивалось вплоть до третьей промывки, причем наиболее заметное увеличение наблюдалось в солонцовом горизонте. В более глубоких слоях (с 20—25 см) отмечается менее заметное увеличение содержания HCO_3^- .

К концу промывок содержание HCO_3^- уменьшилось во всем наблюдаемом профиле, за исключением солонцового горизонта, где оно стало несколько выше исходного.

Содержание CO_3^{2-} в целинном солончаковом солонце и до промывки, и в процессе промывки невелико.

Повышение щелочности при промывке солонцов отмечено многими авторами (Розов, 1936; Малыгин, 1939; Ковда, 1946 и др.). Ковда показал, что это явление водными вытяжками не всегда обнаруживается вследствие того, что во время приготовления водной вытяжки растворяется гипс, оказывающий нейтрализующее влияние на карбонаты и бикарбонаты щелочей. Не считая причины повышения щелочности при промывке вполне ясными, Ковда объясняет это явление диссоциацией и гидролизом карбонатов щелочей и щелочных земель, находившихся в почве до промывки в недиссоциированном и негидролизованном состоянии.

Ион хлора прогрессивно и довольно равномерно выщелачивается. Уже после четвертой промывки во всем метровом слое остается лишь ничтожное количество этого иона.

По-иному ведет себя сульфатный ион (рис. 3). В надсолонцовом горизонте и верхней части солонцового горизонта первоначальное содержание SO_4^{2-} и других анионов невелико. В нижней части солонцового горизонта (слой 10—20 см) содержание его равно 3 мг-экв на 100 г сухой почвы, максимум же его содержания приурочен к первому подсолонцовому горизонту (слой 20—70 см), где оно колеблется в пределах 30—35 мг-экв на 100 г сухой почвы.

Первый полив выщелачивает некоторое количество сульфатного иона из первого подсолонцового горизонта, вследствие чего максимум содержания SO_4^{2-} смещается в нижнюю часть метрового слоя и, вероятно, глубже. Каждый последующий полив выносит некоторое количество SO_4^{2-} из всего метрового слоя, и после пяти промывок количество сульфатного иона, переходящего в водную вытяжку, уменьшается примерно вдвое против первоначальной его величины.

Табл. 7 иллюстрирует изменение содержания сульфатов в целинном солончаковом солонце при его промывке.

Из таблицы отчетливо видно, что при промывке выщелачиваются главным образом сульфаты натрия и магния. Их содержание было найдено путем вычитания содержания воднорастворимого кальция из общего содержания сульфатов, переходящих в водную вытяжку. После пяти промывок остается примерно одна четвертая часть от исходного содержания.

Совсем иначе при промывках ведет себя «активный кальций». Содержание его в метровом слое в процессе промывки снижается незначительно,

1 Вычисляя таким образом сумму сульфатов натрия и магния до промывок, мы заведомо допускаем неточность, так как в эту сумму входят также хлориды этих ионов. К концу промывок, когда хлориды полностью выщелочены, остаются только сульфаты натрия и магния.

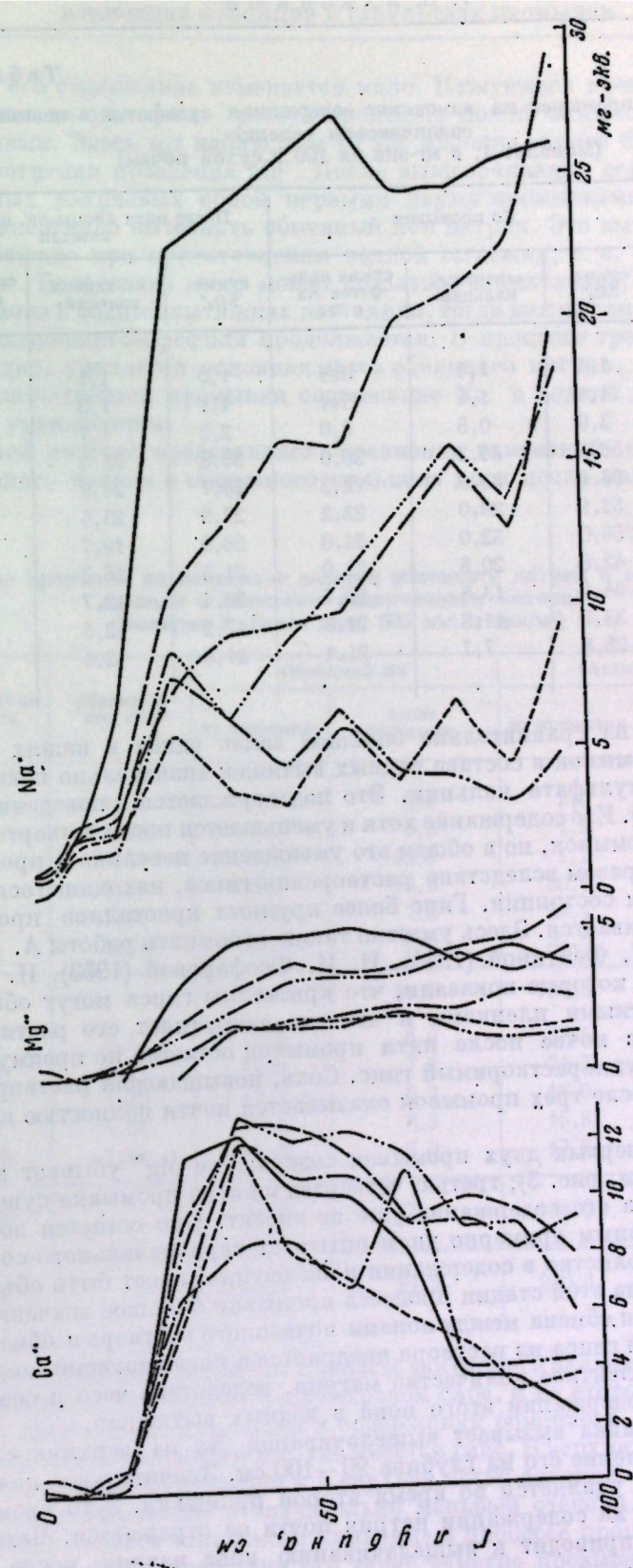
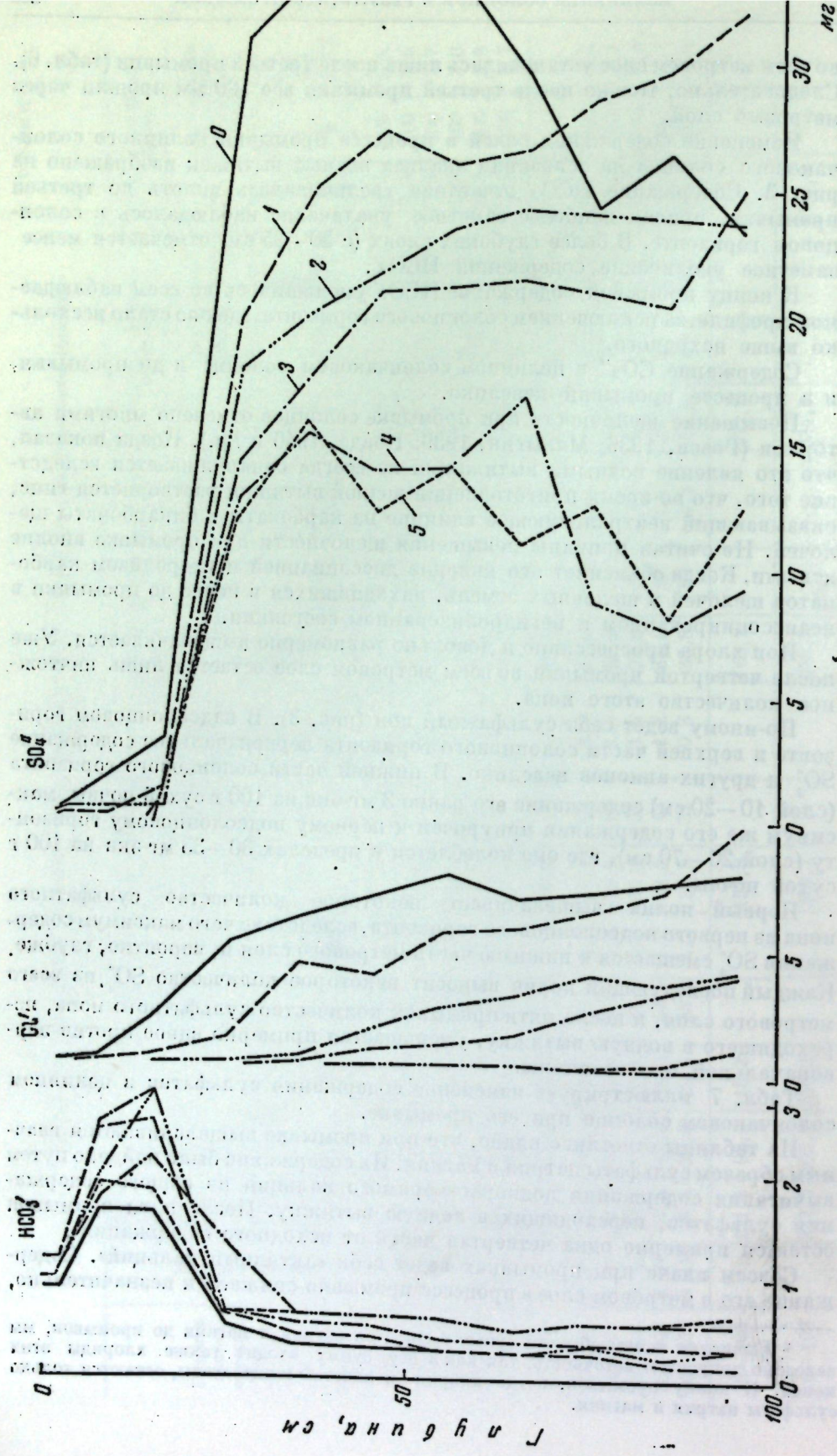


Рис. 3. Изменение содержания HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{++} , Mg^{++} и Na^+ при последовательных промывках целинного солончакового солонца. Монолит 1

0 — исходное содержание ионов, 1 — после первой промывки, 2 — после второй, 3 — после третьей, 4 — после четвертой, 5 — после пятой промывки

Таблица 7

Влияние промывок на изменение содержания сульфатов в целинном солончаковом солонце
(Монолит 1; в мг-экв на 100 г сухой почвы)

Глубина взятия образца, см	До промывки			После пяти промывок, по 100 мм каждый		
	сумма SO_4^{2-}	«активный кальций»	сумма сульфатов Na и Mg	сумма SO_4^{2-}	«активный кальций»	сумма сульфатов Na и Mg
0—5	1,4	1,4	Нет	1,0	1,1	Нет
5—10	1,4	1,4	Нет	1,1	1,0	0,1
10—20	3,9	0,8	3,0	2,2	1,7	0,4
20—30	56,5	36,3	20,0	30,8	25,4	5,4
30—40	56,1	33,9	22,2	28,7	23,9	4,8
40—50	52,1	29,0	23,2	27,9	23,6	4,4
50—60	56,0	32,0	24,0	26,9	19,7	7,2
60—70	42,8	20,8	22,0	21,5	16,2	5,2
70—80	34,6	13,8	20,7	20,4	12,7	7,7
80—90	33,5	11,8	21,8	17,2	12,5	4,7
90—100	28,8	7,7	21,1	21,3	12,5	8,2

что указывает на сравнительно большой запас гипса в наших почвах. После пяти промывок в составе водных вытяжек значительно повышается удельный вес сульфата кальция. Это подтверждается и поведением иона кальция (рис. 3). Его содержание хотя и уменьшается после четвертой и особенно пятой промывок, но в общем это уменьшение невелико и происходит оно главным образом вследствие растворения гипса, находящегося в почве в рассеянном состоянии. Гипс более крупных кристаллов промывкой почти не затрагивается. Здесь уместно также вспомнить работы А. В. Николаева и Е. И. Фейгиной (1944), И. И. Феофаровой (1953), И. М. Рашевской (1954), которые показали, что кристаллы гипса могут обволакиваться карбонатными пленками и что это затрудняет его растворение. Возможно, что в почве после пяти промывок остается по преимуществу именно этот, труднорастворимый гипс. Соль, повышающая растворимость гипса (NaCl), после трех промывок оказывается почти полностью выщелоченной.

В процессе первых двух промывок содержание Mg^{2+} убывает во всем метровом слое (см. рис. 3); третья, четвертая и пятая промывки существенных изменений в его содержание уже не вносят. Оно остается довольно постоянным, равным примерно двум пятым от первоначального содержания. Такое постоянство в содержании иона магния может быть объяснено только тем, что на этой стадии процесса промывки большое значение приобретают реакции обмена между ионами почвенного раствора и обменными ионами. Кальций гипса из раствора внедряется в поглощающий комплекс, вытесняя эквивалентное количество магния, вследствие чего и создается постоянство в содержании этого иона в водных вытяжках.

Первая промывка вызывает выщелачивание Na^+ из верхних слоев и некоторое накопление его на глубине 90—100 см. Значительное количество солей натрия удаляется во время второй промывки, в то время как третья промывка на содержании натрия почти не отражается. Четвертая промывка снова приводит к выщелачиванию иона натрия; после пятой

промывки его содержание изменяется мало. Кажущееся прекращение выщелачивания натрия после третьей промывки можно объяснить обменными реакциями. Здесь мы наблюдаем то же явление, какое было отмечено при рассмотрении поведения Mg^{2+} . После выщелачивания основной массы растворимых натриевых солей первыми двумя промывками ион кальция начинает энергично вытеснять обменный ион натрия. Это вытеснение наиболее выражено при приготовлении водной вытяжки, т. е. при большом разведении. Вследствие этого может создаться впечатление, что содержание этого иона в водных вытяжках постоянно, тогда как на самом деле вынос солей из почвенного профиля продолжается. В процессе третьей промывки, очевидно, удаляется основная масса обменного натрия. В результате этого после четвертой промывки содержание Na^+ в водной вытяжке значительно уменьшается.

Большой интерес представляет сравнение изменений величин запасов обменного натрия и «активного кальция» до и после пяти промывок.

Таблица 8

Влияние промывок на изменение запасов обменного натрия и «активного» кальция в целинном солончаковом солонце
(Монолит 1. Всего дано 500 мм; г-экв/м²)

Глубина взятия образца, см	Объемный вес, г/см ³	Обменный Na^+		«Активный» Ca^{2+}	
		до промывки	после промывки	до промывки	после промывки
0—5	1,43	2,6	2,9	2,0	1,5
5—10	1,29	9,3	8,3	1,8	1,3
10—20	1,49	20,1	12,8	1,2	2,6
20—30	1,38	15,5	10,5	50,1	35,0
30—40	1,16	10,4	7,6	39,4	27,6
40—50	1,13	13,7	8,0	32,8	26,7
0—50		71,6	50,1	127,3	94,7
50—60	1,17	17,9	8,9	37,5	23,1
60—70	1,17	16,9	7,2	24,3	19,0
70—80	1,30	17,7	6,2	18,0	16,5
80—90	1,34	15,8	6,9	15,8	16,7
90—100	1,41	14,0	7,9	17,7	16,7
50—100		82,3	37,1	113,3	92,0
0—100		153,9	87,2	240,6	186,7

Данные табл. 8 показывают, что запасы «активного кальция» превышают запасы обменного и в первом полуметровом слое, и во втором. В процессе промывки наибольшие изменения в содержании обменного натрия происходят в подсолонцовом горизонте, где имеется гипс. В верхних слоях почвы, т. е. в надсолонцовом горизонте и в верхней части солонцового горизонта, эти изменения выражены в значительно меньшей степени.

Изменение запасов «активного кальция» в процессе промывки не столь значительно, и после промывки его запас заметно превышает запасы об-

менного натрия. Это дает основание полагать, что рассоление не будет сопровождаться вторичным осолонцеванием.

Резюмируя сказанное, можно отметить, что с наибольшей легкостью при промывках выщелачивался ион хлора. Количество его в метровом слое целинного солонца не превышало 0,2 мг-экв (пять промывок, каждая по 100 мм).

При этой же промывной норме значительное выщелачивание ионов SO_4 , Mg^{++} и Na^+ наблюдалось только при первых трех промывках, к концу промывок оно замедлялось.

Для SO_4 (а равным образом и для Ca^{++}) это замедление объясняется тем, что в почве остается только сравнительно трудно растворимый сульфат кальция. Для натрия и магния, связанных с сульфатным ионом, такое замедление является кажущимся, так как выщелачивание этих ионов продолжается, но их содержание в водной вытяжке уменьшается медленно. Причина этого замедления — развитие обменных реакций и замещение ионом кальция из растворяющегося гипса обменных ионов натрия и магния, которые и переходят в водную вытяжку.

Изменение абсолютных запасов легкорастворимых солей в процессе промывки отражено в табл. 9. Общий запас солей в метровом слое почвы до промывки был равен 26 кг/м². Первая промывка вызвала незначительное уменьшение общего содержания запасов — до 23 кг/м². Это объясняется тем, что при первой промывке часть воды стекла по трещинам, корневым ходам и ходам землероев, вода же, задержавшаяся в верхнем метровом слое почвы (44,7 мм), вызвала лишь перераспределение солей в его пределах.

После пятой промывки запас легкорастворимых солей в метровом слое снизился до 10 кг/м², т. е. стал равным двум пятым первоначального запаса. При этом состав солей резко изменился в сторону преобладания в нем солей кальция.

Все изложенное выше основано на данных анализа водных вытяжек. Наряду с этим также было важно установить состав почвенных растворов и их изменение в процессе промывок. Почвенные растворы являются наиболее подвижной составной частью почвы и непосредственно влияют на рост и развитие растений.

Выделение почвенных растворов осуществлялось нами по методу П. А. Крюкова (1947) с применением гидравлического пресса. Так как получить почвенный раствор из верхних горизонтов целинного солончакового солонца с их естественной низкой влажностью оказалось невозможным, мы прибегли к искусственному увлажнению. Образцы почвы высушивали до воздушно-сухого состояния, размельчали и пропускали через сито с ячейками в 1 мм. Затем определенную навеску почвы увлажняли дистиллированной водой до влажности, равной 25% от веса почвы, т. е. близкой к наименьшей влагоемкости.

Отжимание почвенных растворов даже при такой оптимальной влажности шло очень медленно. Почвенные растворы получались мутными и в количестве, не достаточном для анализа. Применение песчаных «фитилей», предложенных П. И. Шаврыгиным, значительно облегчило получение почвенного раствора. Песчаный фитиль делали так. На дно собранной пресформы ставили стеклянную трубочку диаметром 1 см. Вокруг трубочки укладывали увлажненную почву и слегка уминали ее деревянной лопаткой. После того как вся почва, взятая в анализ, была уложена, в трубочку насыпали промытый, просушенный и прокаленный кварцевый песок таким расчетом, чтобы его поверхность была чуть ниже поверхности уложенной почвы. Затем трубочку вынимали, фитиль закрывали сверху

Таблица 9

Изменение запасов ионов солей в процессе промывок
(по данным водных вытяжек) Монолит 1

Глубина взятия образца	До про- мывок	Промывки					До про- мывок	Промывки					До промывок	После пятой промывок	
		1-я	2-я	3-я	4-я	5-я		1-я	2-я	3-я	4-я	5-я			
Сумма солей, кг/м²															
0-50	10,8	7,5	4,9	5,7	3,3	4,7	41,8	42,4	40,8	35,4	30,1	31,0	127,2	94,7	
50-100	15,2	15,8	11,8	12,1	5,5	5,7	54,8	60,9	59,6	58,9	37,2	29,1	106,4	93,0	
0-100	26,0	23,3	16,7	17,8	8,8	10,4	96,6	103,3	100,4	94,3	67,3	60,1	233,6	187,7	
Cl⁻ г-экв/м²															
0-50	24,2	9,7	2,4	1,3	0,2	0,1	15,1	11,1	9,1	5,3	4,0	4,2	—	—	
50-100	47,6	40,3	22,0	16,0	1,1	2,4	27,0	27,7	23,8	14,8	9,5	10,1	—	—	
0-100	71,8	50,0	24,4	17,3	1,3	2,5	42,1	38,8	32,9	20,1	13,5	14,3	—	—	
Na⁺ г-экв/м²															
0-50	126,1	90,7	74,2	70,0	52,5	49,6	98,3	53,8	34,1	36,3	25,9	20,5	71,7	50,0	
50-100	174,4	186,5	154,0	144,7	70,8	74,3	142,3	139,0	91,5	89,5	28,2	38,7	82,3	37,1	
0-100	300,5	277,2	228,2	214,7	123,3	123,9	240,6	192,8	125,6	125,8	54,1	59,2	154,0	87,1	
Обменный Na⁺															
0-50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	71,7	50,0	
50-100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	82,3	37,1	
0-100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	154,0	87,1	

Сумма солей, кг/м²

Cl^- г-экв/м²

Na^+ г-экв/м²

Mg^{++} г-экв/м²

Na^+ г-экв/м²

Ca^{++} г-экв/м²

«активный» Ca^{++} г-экв/м²

небольшим количеством почвы, вкладывали поршень и затем уже помещали пресформу под гидравлический пресс.

Расчеты полученных данных велись с учетом всей влаги, имевшейся в почвенном образце перед отжиманием почвенного раствора. Пересчет с учетом связанной влаги, содержание которой равно максимальной гигроскопичности обессоленного образца, дал явно заниженные величины. Из этого можно сделать вывод, что содержание связанной влаги ниже величины максимальной гигроскопичности.

Для того чтобы определить количество связанной влаги, а также показать допустимость расчетов на всю влагу, мы поставили следующий опыт. Образец с высоким содержанием солей увлажняли до наименьшей влагоемкости и помещали в пресформу. После выделения почвенного раствора образец высушивали, снова увлажняли и снова отпрессовывали. Операция с образцом была повторена пять раз. Полученные результаты представлены в табл. 10.

Таблица 10

Концентрация отдельных ионов почвенных растворов, выделенных повторно из одного и того же образца (почва — солончаковый солонец)

Глубина взятия об- разца, см	Повтор- ность опыта	Влажность, %		CO ₃ [']	HCO ₃ [']	Cl [']	SO ₄ [']	Ca ^{''}	Mg ^{''}	Na [']
		началь- ная	конечная	мг-экв/л						
50—60	I	23,6	10,6	Нет	8,4	315,2	659,5	27,1	165,0	791,0
	II	25,8	10,8	2,0	7,0	105,5	346,6	25,2	72,0	363,9
	III	26,3	11,5	1,0	5,0	34,2	227,5	22,4	36,8	198,5
	IV	25,8	11,5	Нет	3,5	12,1	181,7	24,6	22,2	150,5
	V	25,0	8,8	»	3,0	5,0	108,9	24,6	18,3	74,0

Для вычисления количества связанной влаги мы могли использовать только ион хлора, так как SO₄['] при наличии гипса переходит в раствор не полностью, а катионы Ca^{''}, Mg^{''} и Na['] могут переходить в раствор из обменного состояния.

Количество связанной воды вычислялось следующим образом. Обозначим через x — содержание Cl['] в мг-экв. на 1 кг сухой почвы, а через Q — количество связанной воды на то же количество сухой почвы. Пользуясь данными табл. 10, мы видим, что в 1 кг почвы после первого увлажнения содержалось 236 см³ воды. Очевидно, что концентрация хлор-иона в почвенном растворе была равна:

$$Cl = \frac{x}{236 - Q} \text{ мг-экв/1 см}^3.$$

Зная, что эта концентрация равна 315 мг-экв/л (т. е. 0,315 мг-экв/1 см³), можно написать:

$$\frac{x}{236 - Q} = 0,315,$$

откуда

$$x = 74 - 0,315 Q. \quad (1)$$

Отпрессовыванием из почвы было удалено $236 - 106 = 130 \text{ см}^3$ раствора, в которых содержалось $130 \cdot 0,315 = 40,9 \approx 41 \text{ мг-экв Cl}'$; следовательно, в образце осталось $x - 41 \text{ мг-экв Cl}'$.

Далее находим, что после второго увлажнения

$$Cl = \frac{x - 41}{258 - Q} = 0,105,$$

откуда

$$x = 68 - 0,105 Q. \quad (2)$$

Получим еще два уравнения:

$$x = 66 - 0,034 Q; \quad (3)$$

$$x = 64 - 0,012 Q. \quad (4)$$

Результаты пятого увлажнения мы отбросили вследствие слишком малой величины найденной концентрации иона хлора.

Мы получили четыре уравнения с двумя неизвестными. Решая систему уравнений (1) и (2), (2) и (3), (3) и (4), получим:

$$Q = 28; x = 65$$

$$(1) \text{ и } (2) \quad Q = 28; x = 65;$$

$$(2) \text{ и } (3) \quad Q = 28; x = 65;$$

$$(3) \text{ и } (4) \quad Q = 91; x = 63.$$

Непосредственным определением установлено, что содержание Cl['] в водной вытяжке равно 63 мг-экв на 1 кг сухой почвы.

Таким образом, три первых уравнения дают одинаковые величины Q . Содержание связанной воды оказывается равным 2,8% от веса сухой почвы. Четвертое уравнение дает значительно большую величину. Это объясняется тем, что после четвертого увлажнения раствор настолько разбавился, что количество связанной влаги значительно возросло.

Для того чтобы ответить на вопрос: сохраняется ли однородность почвенных растворов в процессе их выделения из почвы, был поставлен следующий опыт: увлажненный образец почвы помещался в пресформу, и из него отжимался раствор; при этом каждые последовательно получаемые 5 мл раствора анализировались отдельно. Влажность исходного образца была равна 24,9%, после отжатия — 12,1%.

Содержание HCO₃['], Cl['] и SO₄['] в последовательных фракциях почвенного раствора (в мг-экв/л) изменялось таким образом:

№ фракции	HCO ₃ [']	Cl [']	SO ₄ [']
1	18,4	0,4	10,3
2	20,8	0,4	10,1
3	22,8	0,4	9,1

Из этих данных видно, что концентрация HCO₃['] несколько повышалась, в то время как концентрация Cl['] оставалась постоянной, а концентрация SO₄['] изменялась ничтожно.

Н. А. Комарова (1955) в своих опытах наибольшую неоднородность почвенного раствора получила при малых степенях увлажнения. Ею же было найдено, что для разных ионов почвенного раствора неоднородность наступает не одновременно — для иона хлора раньше, чем для ионов кальция и магния.

В наших опытах почвенные растворы выделялись при высоком увлажнении, что позволяло надеяться получить их более или менее однородными. Полученные данные подтверждают наше предположение. Определение HCO_3^- в образцах с нарушенным газовым составом всегда будет более или менее неточным. Состав почвенных растворов и его изменение характеризуют графики рис. 4. До промывки концентрация раствора в надсолонцовом горизонте и верхней части солонцового горизонта была равна 1,9—3,2 г/л, в нижней части солонцового горизонта общая концентрация раствора составляла 19 г/л, в верхней части первого подсолонцового горизонта — 47 г/л, далее, в пределах 1 м, она слегка варьировала — от 50 до 60 г/л. Нормальные карбонаты в почвенном растворе отсутствуют, а концентрация бикарбонатов невелика — всего 6—14 мг-экв/л; максимум концентрации HCO_3^- приходится на верхнюю часть солонцового горизонта. Концентрация всех остальных ионов также невелика в надсолонцовом горизонте и верхней части солонцового горизонта, но книзу она быстро возрастает. Так, концентрация Cl^- на глубине 50—60 см достигает 320 мг-экв/л; ниже, в пределах метрового слоя, она почти не изменяется. Концентрация SO_4^{2-} в первом подсолонцовом горизонте колеблется около 600 мг-экв.

Несколько медленнее нарастает концентрация иона магния, но во втором полуметровом слое она достигает 120—140 мг-экв/л (в четыре раза превышая концентрацию иона кальция). Очень однообразна по профилю и невелика концентрация иона кальция: в первом подсолонцовом горизонте, т. е. в горизонте скопления солей и гипса, она равняется 30—35 мг-экв/л, что лишь немногим превышает концентрацию насыщенного раствора гипса, которая при температуре 18° равна 29,8 мг-экв/л.

Высокая растворимость солей натрия и его большое содержание в почвах создают высокую концентрацию Na^+ в почвенном растворе. Она быстро возрастает вниз по почвенному профилю: от 12—30 мг-экв в верхних слоях до 700 мг-экв на глубине 50—60 м. Глубже, в пределах метрового слоя, концентрация иона натрия существенно не изменяется.

Таким образом, в составе почвенного раствора целинного солончакового солонца первое место по концентрации занимает сульфат натрия, который составляет около четырех пятых всего содержания солей; примерно две трети общего содержания анионов приходится на SO_4^{2-} и одна треть — на ион хлора.

В процессе промывок наблюдается уменьшение концентрации HCO_3^- , но после второй и третьей промывок в составе почвенных растворов появляется ион CO_3^{2-} , который исчезает после четвертой промывки. Повышение щелочности в почвенных растворах при промывке отмечали К. И. Гедройц (1928), Л. П. Розов (1936), В. С. Малыгин (1939), В. А. Ковда (1946), П. И. Шаврыгин (1948) и др.

Стремясь объяснить это явление, авторы сходятся на том, что содержание щелочности в почвенных растворах повышается тогда, когда из почвы выщелочена основная масса растворимых солей, но некоторая их часть еще осталась.

При дальнейшей промывке, когда основным компонентом почвенных растворов становятся соли кальция, щелочность снижается. В почвах сульфатного засоления повышение щелочности выражено более заметно, чем в почвах хлоридно-сульфатного засоления. Л. П. Розов (1936), наблюдавший в лабораторных опытах повышение щелочности при промывке солончаковых почв, нашел, что образование соды — вторичный процесс. Для его возникновения требуется значительное снижение

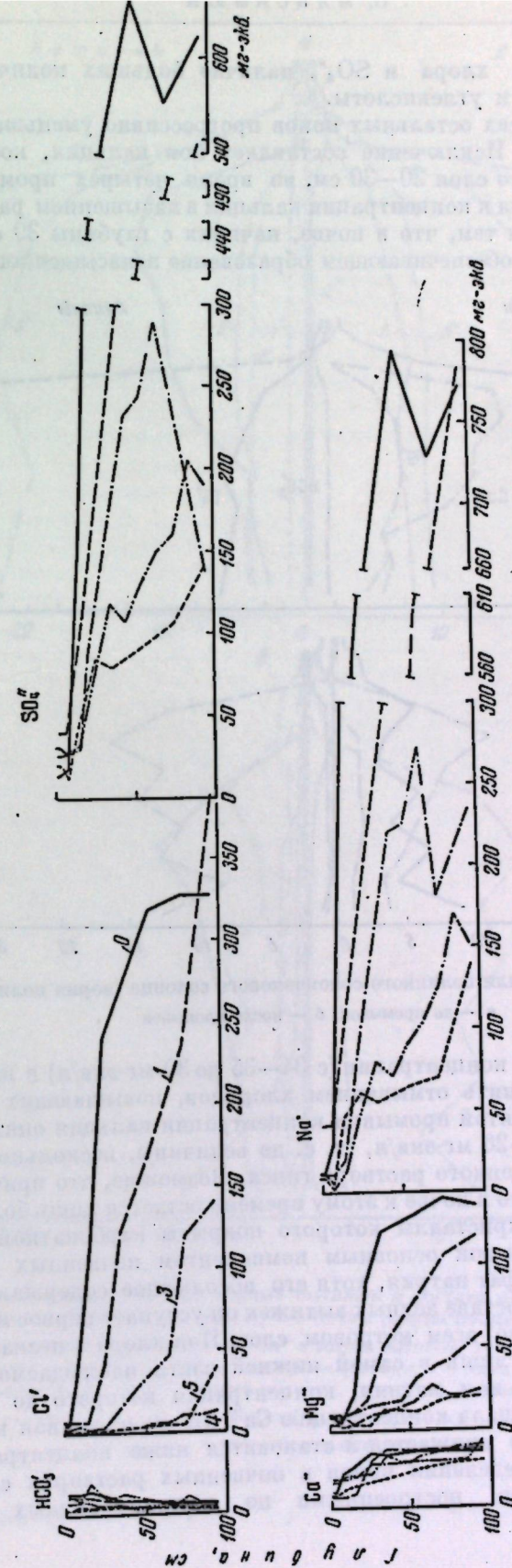


Рис. 4. Изменение концентрации ионов почвенного раствора при последовательных промывках целинного солончакового солонца. Монолит 1

0 — исходное содержание ионов, 1 — после первой промывки, 3 — после третьей, 4 — после четвертой, 5 — после пятой

концентраций иона хлора и SO_4^{2-} , наличие больших количеств воды, карбоната кальция и углекислоты.

Концентрация всех остальных ионов прогрессивно уменьшается после каждой промывки. Исключение составляет ион кальция, концентрация которого, начиная со слоя 20—30 см, во время четырех промывок изменяется мало и близка к концентрации кальция в насыщенном растворе гипса. Это объясняется тем, что в почве, начиная с глубины 30 см, имеется гипс в количестве, обеспечивающем образование перенасыщенного раствора.

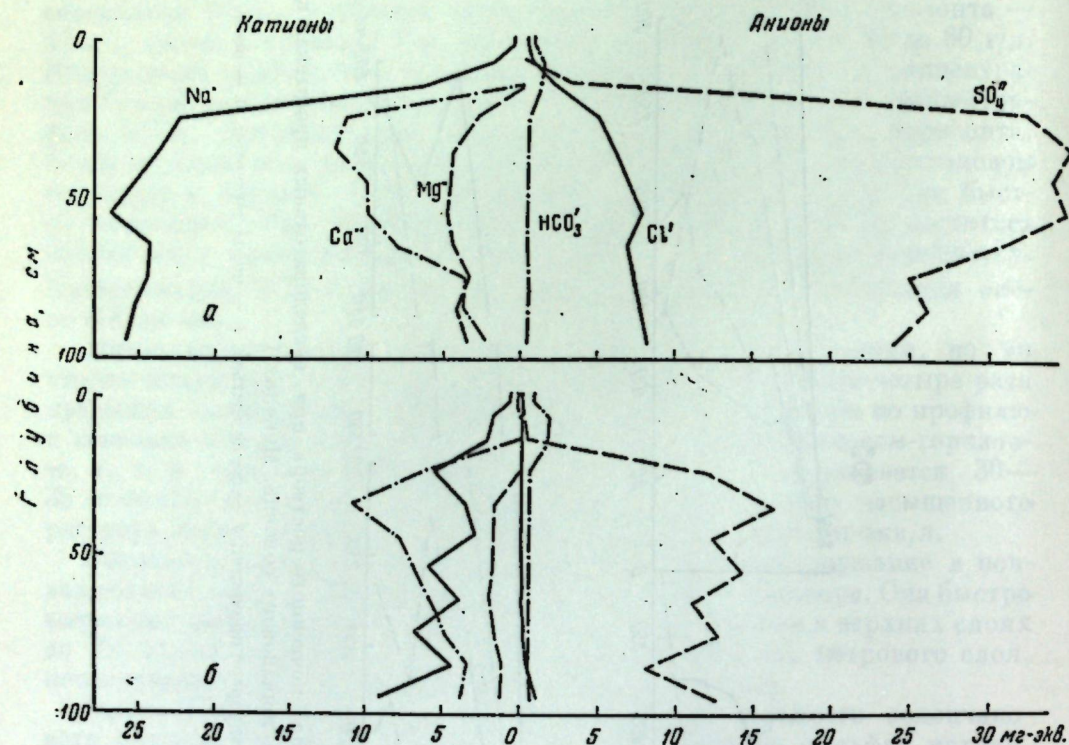


Рис. 5. Солевые профили целинного солончакового солонца (норма полива 500 мм)
а — до промывок, б — после промывок

Некоторое снижение концентрации (с 34—35 до 30 мг-экв/л) в начале промывок можно объяснить отмытием хлоридов, повышающих растворимость гипса. После пятой промывки концентрация кальция опять немного снижается — до 23—26 мг-экв/л, т. е. до величины, несколько меньшей концентрации насыщенного раствора гипса. Возможно, что причина этого заключается в том, что в почве к этому времени остается лишь более трудно растворимый гипс, кристаллы которого покрыты карбонатной пленкой.

После пяти промывок основным компонентом почвенных растворов все же остается сульфат натрия, хотя его абсолютное содержание уменьшается в 4 раза, и в составе водных вытяжек он уступает первое место сульфату кальция почти во всем метровом слое. Ион хлора в незначительном количестве остается лишь в самой нижней части наблюдаемого слоя.

Иначе ведет себя ион магния, концентрация которого до промывки почти в 4 раза превышала концентрацию Ca^{2+} . После промывок концентрация Mg^{2+} значительно снижается и становится ниже концентрации Ca^{2+} . Если рисунки распределения ионов в почвенных растворах сравнить с соевыми профилями, построенными по составу водных вытяжек

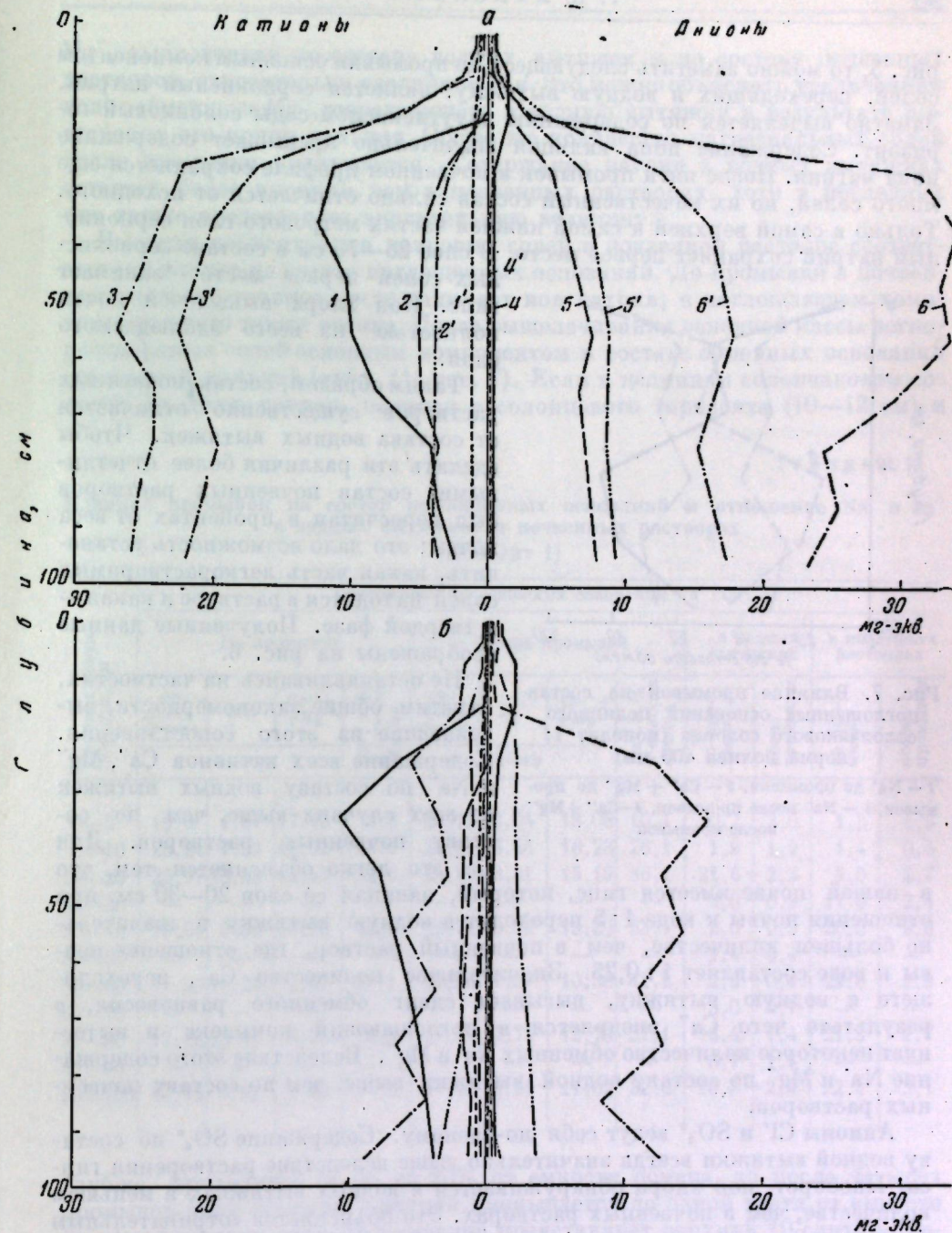


Рис. 6. Сопоставление состава водных вытяжек и состава почвенных растворов, пересчитанных на 100 г сухой почвы (норма полива 500 мм)
а — до промывок, б — после промывок: 1 — Ca^{2+} в водной вытяжке, 1' — Ca^{2+} в почвенном растворе, 2 — Mg^{2+} в водной вытяжке, 2' — Mg^{2+} в почвенном растворе, 3 — Na^{+} в водной вытяжке, 3' — Na^{+} в почвенном растворе, 4 — HCO_3^{-} в водной вытяжке, 4' — HCO_3^{-} в почвенном растворе, 5 — Cl^{-} в водной вытяжке, 5' — Cl^{-} в почвенном растворе, 6 — SO_4^{2-} в водной вытяжке, 6' — SO_4^{2-} в почвенном растворе

рис. 5, то можно заметить следующее. До промывки основным компонентом солей, переходящих в водную вытяжку, является сернокислый натрий. Заметно выделяется по содержанию двууглекислой соды солонцовый горизонт. Содержание иона кальция значительно превышает содержание иона магния. После пяти промывок в почвенном профиле сохраняется еще много солей, но их качественный состав сильно отличается от исходного. Только в самой верхней и самой нижней частях метрового слоя сернокислый натрий сохраняет первое место. В слое 25—70 см в составе сернокислых солей первое место занимает гипс. Ион хлора выщелочен почти полностью из всего наблюдаемого слоя.

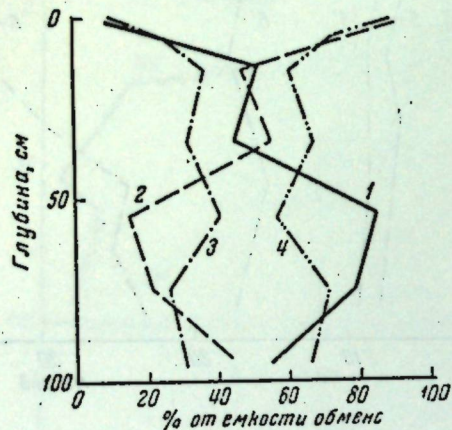


Рис. 7. Влияние промывок на состав поглощенных оснований целинного солончакового солонца (монолит 1; норма полива 400 мм)

1 — Na^+ до промывки, 2 — $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ до промывки, 3 — Na^+ после промывки, 4 — $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ после промывки

Таким образом, состав почвенных растворов существенно отличается от состава водных вытяжек. Чтобы сделать эти различия более отчетливыми, состав почвенных растворов был пересчитан в процентах от веса почвы; это дало возможность установить, какая часть легкорастворимых солей находится в растворе и какая — в твердой фазе. Полученные данные изображены на рис. 6.

Не останавливаясь на частности, отметим общие закономерности, вытекающие из этого сопоставления. Содержание всех катионов Ca^{++} , Mg^{++} и Na^+ по составу водных вытяжек во всех случаях выше, чем по составу почвенных растворов. Для Ca^{++} это легко объясняется тем, что

в нашей почве имеется гипс, который, начиная со слоя 20—30 см, при отношении почвы к воде 1:5 переходит в водную вытяжку в значительно большем количестве, чем в почвенный раствор, где отношение почвы к воде составляет 1:0,25. Значительное количество Ca^{++} , переходящего в водную вытяжку, вызывает сдвиг обменного равновесия, в результате чего Ca^{++} внедряется в поглощающий комплекс и вытесняет некоторое количество обменных Na^+ и Mg^{++} . Вследствие этого содержание Na^+ и Mg^{++} по составу водной вытяжки выше, чем по составу почвенных растворов.

Анионы Cl^- и SO_4^{--} ведут себя по-разному. Содержание SO_4^{--} по составу водной вытяжки всегда значительно выше вследствие растворения гипса. Наоборот, ион хлора обнаруживается в водных вытяжках в меньшем количестве, чем в почвенных растворах. Это объясняется «отрицательным поглощением» иона хлора почвой, которое было обнаружено А. В. Трофимовым (1925—1927).

Само собой разумеется, что «отрицательно поглощаются» и остальные ионы, которые тоже не растворяются в связанной воде. Однако для них оно не улавливается, так как перекрывается другими явлениями, рассмотренными выше.

После промывки наблюдаются некоторые изменения. Соотношение между содержанием Ca^{++} и SO_4^{--} по составу водных вытяжек и по составу почвенных растворов существенно не изменяется, что зависит от той же причины — от сохранения в почве избытка гипса. Разница в содержании

Mg^{++} , вычисленная по составу водных вытяжек и по составу почвенных растворов, относительно увеличивается. Это можно объяснить увеличением доли обменного Mg^{++} , переходящего в водную вытяжку в результате вытеснения его ионом кальция. Общее же количество магниевых солей после промывки уменьшается. Содержание натрия в водных вытяжках остается более высоким, чем в почвенных растворах, хотя в последних оно также представляет значительную величину.

Высокая концентрация натровых солей в почвенном растворе соответственно влияет на состав поглощенных оснований. До промывки в почвенном растворе главное место занимает ион натрия; в поглощающем комплексе доля его также велика. После выщелачивания основной массы легкорастворимых солей основным компонентом в составе обменных оснований становится кальций (табл. 11, рис. 7). Если в целинном солончаковом солонце на долю натрия, начиная с солонцового горизонта (10—12 см) и

Таблица 11

Влияние промывок на состав поглощенных оснований и отношение Na^+ и Ca^{++} в водных вытяжках и почвенных растворах (Монолит 1)

Глубина вытяжки образца, см	Содержание поглощенных оснований $\text{Na}^+ : \text{Ca}^{++}$											
	До промывки				После промывки				в водных вытяжках		в почвенных растворах	
	ем-кость обмена	Na^+	$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$	Na^+ в % к емкости обмена	ем-кость обмена	Na^+	$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$	Na^+ в % к емкости обмена	до промывки	после промывки	до промывки	после промывки
	мг-экв.				мг-экв.							
0—5	19,0	1,87	17,13	9,8	20,12	2,04	18,08	10,1	0,7	3,0	1,3	1,5
5—10	25,24	7,22	18,02	28,6	24,67	6,44	18,23	26,1	1,9	1,9	1,4	0,5
10—20	25,97	13,52	12,45	52,0	23,80	8,61	15,19	36,1	21,6	2,2	8,0	2,7
20—30	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	0,9	17,0	2,4
30—40	19,96	9,00	10,96	45,1	19,72	6,52	13,20	33,1	2,0	0,3	20,0	2,8
40—50	—	—	—	—	—	—	—	—	2,4	0,4	—	—
50—60	17,93	15,26	1,67	85,1	17,95	7,57	10,38	42,2	2,6	0,4	22,6	2,3
60—70	—	—	—	—	—	—	—	—	3,0	0,7	—	—
70—80	17,16	13,61	3,55	79,3	17,47	4,74	12,73	27,1	6,4	1,4	21,3	2,7
80—90	—	—	—	—	—	—	—	—	6,7	1,3	—	—
90—100	17,73	9,91	7,82	55,9	17,19	5,61	11,52	32,6	10,8	2,4	22,5	5,1

глубже, приходится от 50 до 80% от емкости обмена, то после четырех промывок доля обменного натрия уменьшается до одной трети от емкости во всем метровом слое. Исключение представляет верхний 10-сантиметровый слой, где доля натрия изменяется мало, она была невелика и до промывки. Высокое содержание обменного натрия (от 26 до 42% от емкости) в слое 10—100 см после промывки указывает на то, что 400 мм воды еще недостаточно, чтобы рассолонцевать эту почву, но запас гипса должен обеспечить завершение этого процесса при дальнейших промывках. До промывки в надсолонцовом горизонте отношение обменных $\text{Na}^+ : \text{Ca}^{++}$ невелико: оно колеблется в пределах от 0,1 до 0,4. Это отношение значительно возрастает в солонцовом горизонте, где оно больше единицы. Наиболее значительных размеров оно достигает в первом подсолонцовом

горизонте: там оно равно 4—9. После промывки в надсолонцовом горизонте указанное отношение остается прежним, в солонцовом горизонте уменьшается наполовину, а в первом подсолонцовом горизонте — в 10 раз; во всем метровом слое оно становится меньше единицы.

Большой интерес представляют также данные, показывающие отношение $\text{Na}^+:\text{Ca}^{++}$ в почвенных растворах (табл. 11). До промывки оно было велико — достигало тех пределов, которые, по исследованиям Л. П. Розова (1936), И. Н. Антипова-Каратаева с соавторами (1953) и др., обеспечивало внедрение Na^+ в поглощающий комплекс при сульфатном засолении почв (равно 18—20 по Л. П. Розову и 10—20 по И. А. Антипову-Каратаеву). После промывок это отношение возросло на ничтожную величину в самом верхнем надсолонцовом горизонте; во всей остальной части профиля оно резко снизилось — до 2—3, т. е. до величины, которая, по мнению указанных выше авторов, уже не опасна с точки зрения возможности осолонцевания.

Монолит 2

Опыт в монолите 2 отличается от опыта в монолите 1 тем, что монолит 2 был перекопан на 50 см с тщательным перемешиванием перекопанного слоя. Испарение на этом монолите, как и на предыдущем, было исключено.

В течение лета этот монолит получил тоже пять промывок, по 100 мм каждая. Промывки были начаты в мае и закончены в сентябре. Через 15 дней после каждой промывки брались образцы для химического анализа и определения влажности.

Впитывание воды на этом монолите вследствие перекопки верхнего слоя шло более равномерно (табл. 12). Первая промывка (нормой 100 мм) пропитала весь метровый слой, причем в нем удержалось 84,7 мм влаги. Последующие промывки не внесли существенных изменений в содержание и распределение влаги в этом слое.

Глубокое перекапывание изменило распределение легкорастворимых солей и гипса в верхнем 50-сантиметровом слое почвы. Исходное содержание солей по данным водных вытяжек и последующее его изменение при промывке изображено на рис. 8.

Ион CO_3^{--} не был обнаружен ни в исходных образцах, ни в процессе промывки.

Содержание HCO_3^- оказалось довольно однородным по всему почвенному профилю; в процессе промывки оно существенно не изменялось.

Ион хлора после двух первых промывок обнаруживается лишь в нижней части метрового слоя, а после третьей промывки выщелачивается полностью.

Сульфатный ион и в этом опыте выщелачивается медленнее, чем Cl^- . После пяти промывок его содержание уменьшилось примерно вдвое; при этом большая потеря SO_4^{--} наблюдалась из верхнего, перекопанного полуметрового слоя. Наиболее энергичное выщелачивание SO_4^{--} вызывалось второй промывкой, после чего оно замедлялось. Это объясняется, как уже отмечалось выше, наличием гипса, обуславливающего появление в вытяжках сульфатов натрия и магния за счет обменных реакций. Из монолита 2 выщелачивание сульфатов шло более энергично, чем из монолита 1.

После пяти промывок содержание растворимых сульфатов в этом монолите снизилось в 7—11 раз в верхнем полуметровом слое. Оно значительно уменьшилось и во втором полуметровом слое. Здесь, в отличие от

Таблица 12
Изменение послерыховых запасов влаги при промывке мелиорированного солонца (Монолит 2)

Глубина взятия образца	Объемный вес, г/см ³	Запас влаги по профилю, мм	После первой промывки			После второй промывки			После третьей промывки			После четвертой промывки			После пятой промывки		
			запас влаги, мм	через данный слой профильтровалось влаги, мм	величин, кратных НВ	запас влаги, мм	через данный слой профильтровалось влаги, мм	величин, кратных НВ	запас влаги, мм	через данный слой профильтровалось влаги, мм	величин, кратных НВ	запас влаги, мм	через данный слой профильтровалось влаги, мм	величин, кратных НВ	запас влаги, мм	через данный слой профильтровалось влаги, мм	величин, кратных НВ
0—5	1,30	11,6	17,3	94	5,7	16,5	100	6,0	16,6	100	6,0	15,3	100	6,0	16,5	100	6,0
5—10	1,30	13,1	15,5	92	5,8	16,1	99	6,3	15,1	100	6,3	15,2	100	6,3	16,0	99	6,3
10—20	1,30	28,5	34,9	86	2,8	31,3	99	3,2	31,2	100	3,2	25,9	100	3,2	30,0	95	3,1
20—30	1,30	25,3	33,1	78	2,5	31,6	99	3,2	31,3	100	3,2	28,2	100	3,2	29,4	94	3,5
30—40	1,30	17,7	28,8	67	2,1	30,9	97	3,1	31,2	100	3,2	27,1	100	3,1	32,5	89	2,8
40—50	1,30	18,2	29,1	56	1,8	30,2	96	3,1	32,2	98	3,2	27,9	100	3,2	29,9	87	2,8
0—50		114,4	158,7			156,6			157,6			139,6			154,3		
50—60	1,17	16,0	25,7	46	1,6	29,9	92	3,2	29,1	100	3,4	24,9	100	3,5	26,5	85	2,9
60—70	1,17	15,9	24,9	37	1,2	29,2	88	2,9	30,7	96	3,2	28,2	100	3,3	29,1	84	2,8
70—80	1,30	18,2	28,6	27	0,8	32,4	84	2,5	35,0	94	2,8	30,7	100	2,9	33,8	81	2,4
80—90	1,34	19,6	27,0	19	0,6	33,1	78	2,3	34,3	93	2,7	32,8	100	2,9	34,6	79	2,3
90—100	1,41	22,8	26,9	15	0,4	33,6	71	2,2	35,2	91	2,7	34,4	100	2,9	32,9	79	2,3
50—100		92,5	133,1			158,2			164,3			151,0			156,9		
0—100		206,9	291,8			314,8			321,9			290,6			311,2		

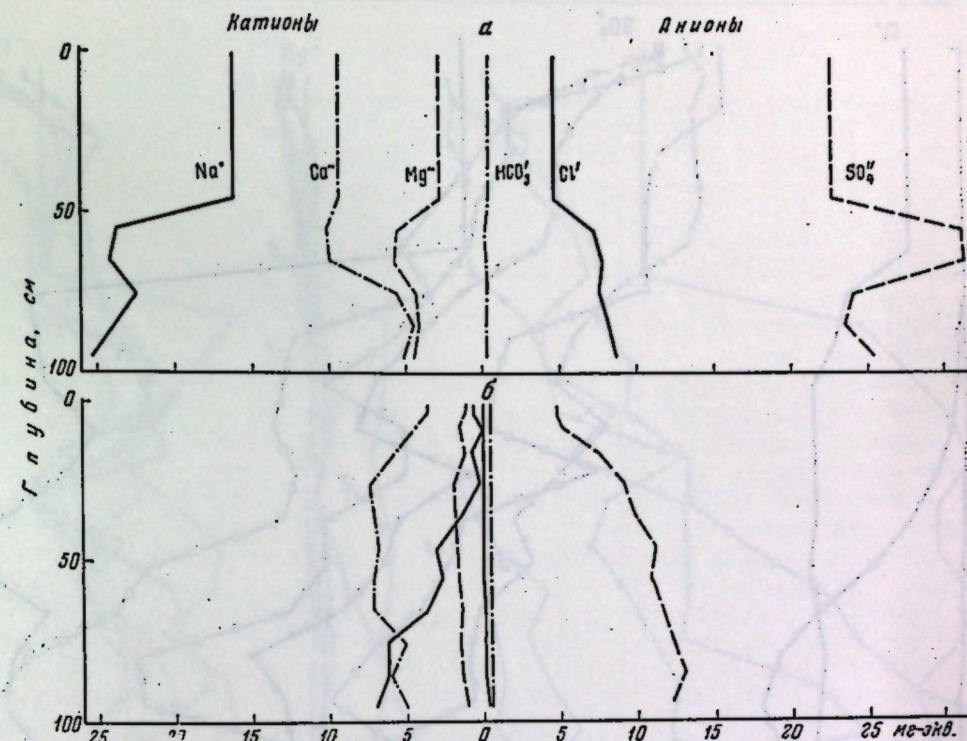
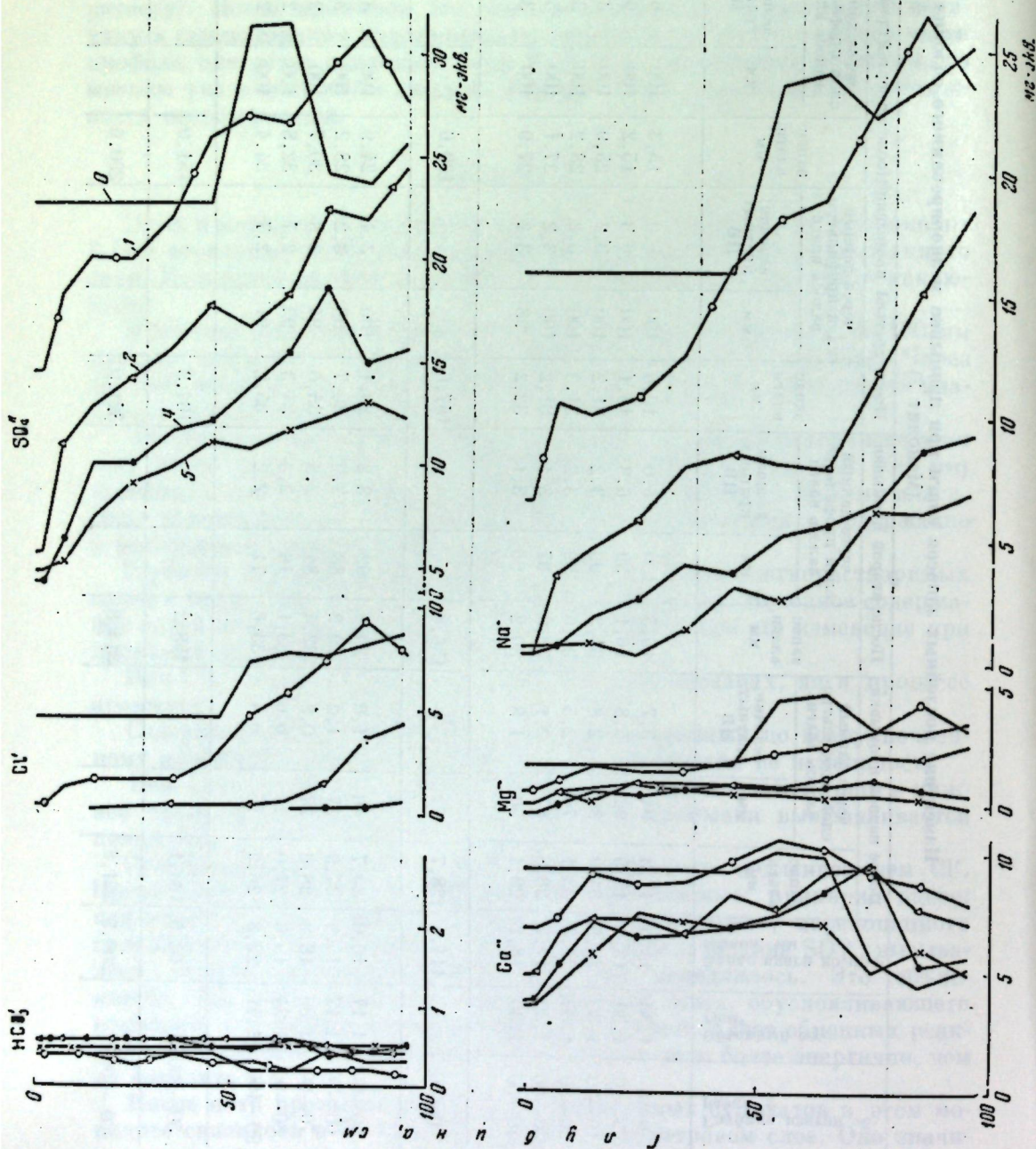


Таблица 13

Влияние промывок на содержание различных сульфатов в плантажированном солонце (монолит 2; в мг-экв на 100 г сухой почвы)

Глубина взятия образца, см	До промывок			После пяти промывок		
	сумма SO_4^{2-}	«активный» кальций	сумма сульфатов натрия и магния	сумма SO_4^{2-}	«активный» кальций	сумма сульфатов натрия и магния
0—5	38,5	24,7	13,7	8,2	7,0	1,2
5—10	38,5	24,7	13,7	10,1	9,4	0,7
10—20	38,5	24,7	13,7	11,4	9,9	1,5
20—30	38,5	24,7	13,7	16,3	14,7	1,6
30—40	38,5	24,7	13,7	16,6	13,9	2,7
40—50	53,5	39,8	13,7	19,4	15,1	4,3
50—60	48,9	27,4	21,5	24,8	21,0	3,7
60—70	47,5	25,7	21,8	22,0	18,4	4,6
70—80	35,6	16,8	18,8	23,1	14,9	7,2
80—90	32,5	23,1	19,4	27,3	20,3	7,0
90—100	Не определялось		20,6	23,3	16,1	7,2

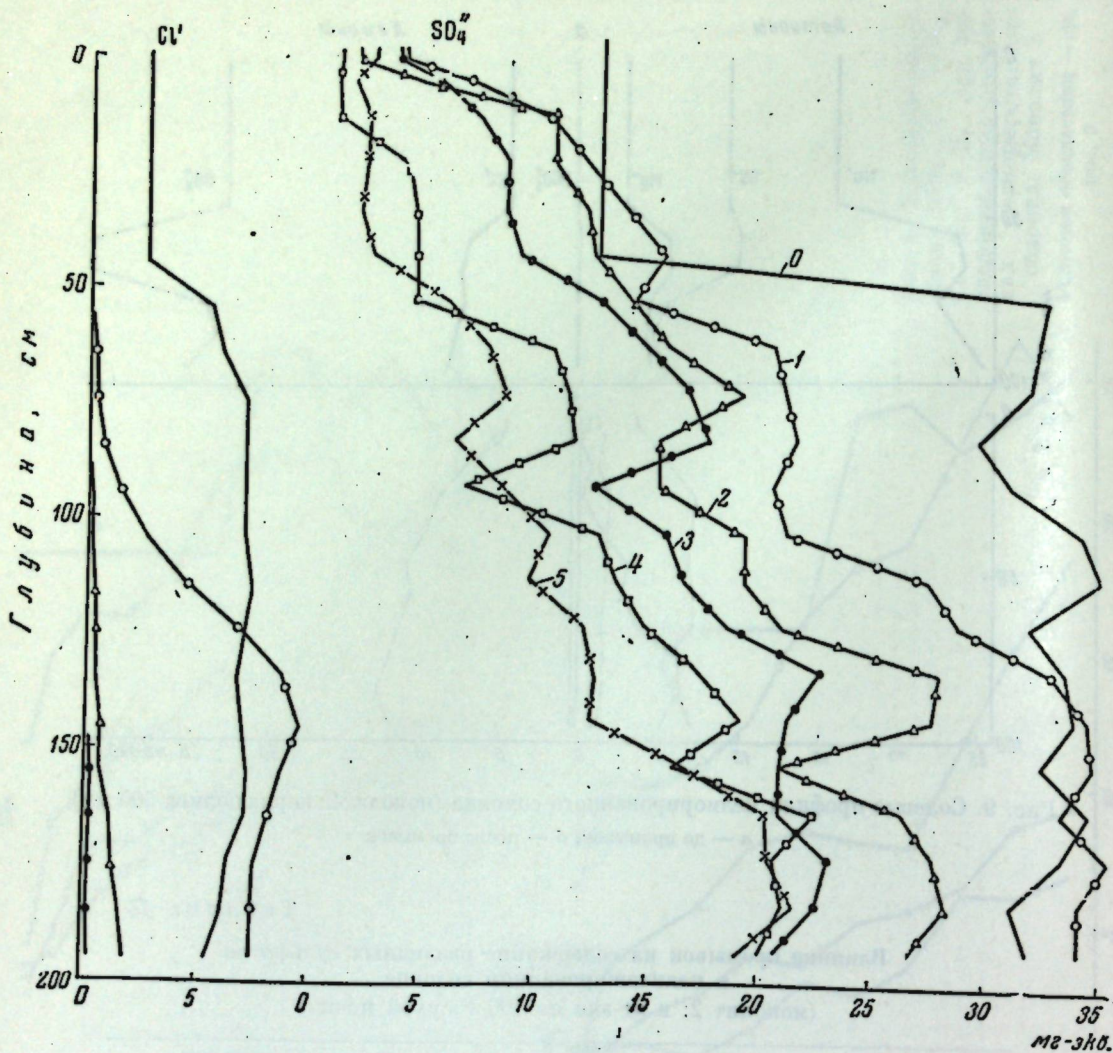
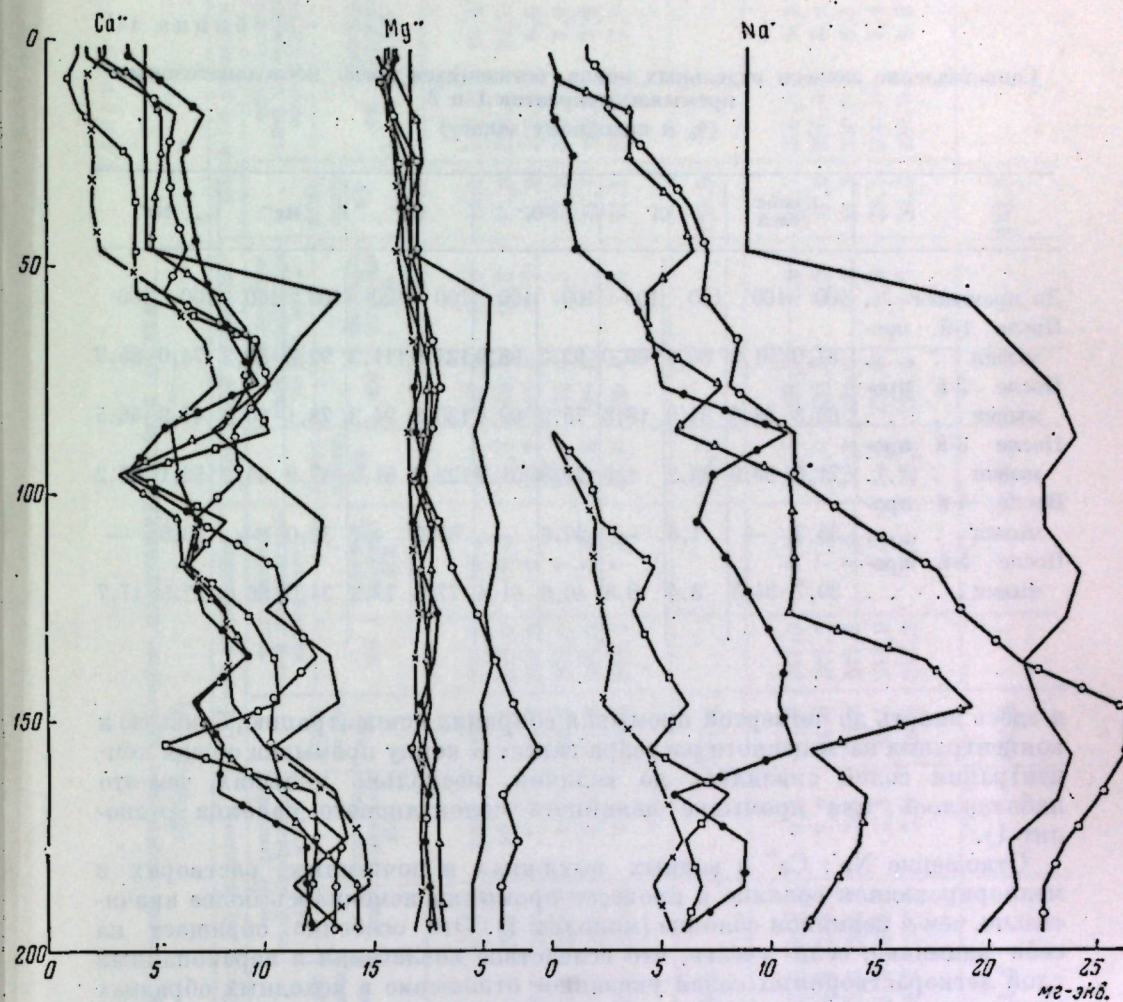


Рис. 10. Изменение содержания Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+ при
Условные обозначения

целинного солонца (монолит 1), в 2—3 раза уменьшилось содержание «активного кальция» по сравнению с исходным, особенно в первом полуметровом слое (табл. 13). Более энергичное выщелачивание сульфатов связано с тем, что вовлечение гипса в перекопанный слой способствовало повышению водопроницаемости почвы и более равномерному ее промыванию, а также усилению обменных реакций между катионами почвенного раствора и поглощенными катионами.

Поведение Ca^{2+} в мелиорированном солонце (монолит 2, рис. 8) аналогично поведению этого иона в целинном солонце (монолит 1). Отличие наблюдается только в верхней части почвенного профиля по причине, указанной выше. После пяти промывок содержание Ca^{2+} несколько снизилось, особенно в верхней части почвенного профиля. Первая промывка вызвала некоторое перераспределение Mg^{2+} в профиле почвы; вторая промывка выщелочила его в заметном количестве из всего метрового слоя; третья, четвертая и пятая промывки не вызвали существенных изменений в содержании Mg^{2+} , вследствие причин, упомянутых выше.



последовательных промывках мелиорированного солонца (монолит 3)
ли п — см. рис. 3

В отличие от целинного солонца (монолит 1) в мелиорированном солонце (монолит 2) выщелачивание Na^+ шло энергичнее, и после пяти промывок в верхнем 30-сантиметровом слое содержание его снизилось до десятых долей мг-экв.

В составе солей ион натрия в результате промывки занял подчиненное значение; на первое место вышел Ca^{2+} , что наглядно видно из рис. 9.

Различия в изменении запасов отдельных ионов в процессе промывок в целинном и мелиорированных солонцах, монолиты 1 и 2, состояло в том, что вплоть до третьей промывки из мелиорированного солонца соли выщелачивались быстрее. К концу промывок эти различия сгладились (табл. 14).

Общий запас солей в мелиорированном солонце (монолит 2) снизился до 34% от исходного, в целинном солонце (монолит 1) — до 40%.

В процессе промывки в почвенных растворах наблюдалось прогрессивное снижение концентраций всех ионов, за исключением Ca^{2+} , который

Таблица 14

Сопоставление запасов отдельных ионов, остающихся после последовательных промывок монолитов 1 и 2
(% к исходному запасу)

	Сумма солей		Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
До промывки . . .	100	100	100	100	100	100	100
После 1-й промывки	87,0	91,9	69,6	69,0	92,2	98,9	134,9
После 2-й промывки	63,3	58,5	34,0	18,3	75,5	69,4	130,8
После 3-й промывки	71,0	39,6	24,2	1,6	70,8	51,9	122,7
После 4-й промывки	35,3	—	1,8	—	40,6	—	87,2
После 5-й промывки	39,7	34,3	3,4	0,8	40,6	41,4	77,8

и здесь вплоть до четвертой промывки сохранял концентрацию, близкую к концентрации насыщенного раствора гипса. К концу промывки общая концентрация солей снизилась до величин, несколько меньших, чем это наблюдалось при промывке целинного солончакового солонца (монолит 1).

Отношение Na⁺: Ca⁺⁺ в водных вытяжках и почвенных растворах в мелиорированном солонце в процессе промывки изменилось более значительно, чем в целинном солонце (монолит 1). Это особенно обращает на себя внимание, если учесть, что вследствие вовлечения в перекопанный слой легкорастворимых солей указанное отношение в исходных образцах выше, чем в целинном солонце. Очевидно, перекопка способствует более равномерному и быстрому впитыванию влаги в почву, а следовательно процесс выщелачивания здесь протекает активнее и при меньших затратах влаги.

Пересчет концентраций ионов в почвенном растворе на 100 г почвы, сделанный для мелиорированного солонца (монолит 2), показал те же закономерности, которые были отмечены для целинного солонца (монолит 1).

Монолит 3

Рассмотрим результат опыта с монолитом 3, глубина которого была равна 2 м, площадь 1 м².

Монолит был заложен на том же солонцовом пятне, что и монолиты 1 и 2. Подобно монолиту 2, он был перекопан на глубину 50 см. В течение лета на нем было проведено пять промывок на 250 мм каждая.

Промывки начались в мае и закончились в сентябре. Как и на предыдущих двух монолитах, испарение исключалось. В монолите 3 изучалось передвижение солей, вызываемое промывками в двухметровом слое. Скорость впитывания влаги на этом монолите была высокой. Вода с самого начала

Таблица 15

Изменение послонных запасов влаги при промывке плантажированного солонца (Монолит 3)

	Объемный вес, г/см ³	После 1-й промывки	После 2-й промывки	После 3-й промывки	После 4-й промывки	После 5-й промывки
		запас влаги, мм	запас влаги, мм	запас влаги, мм	запас влаги, мм	запас влаги, мм
Глубина пятна, см	После 1-й промывки	После 2-й промывки	После 3-й промывки	После 4-й промывки	После 5-й промывки	После 5-й промывки
0-5	1,28	8,3	14,1	12,7	15,1	15,3
5-10	1,28	9,4	14,8	14,4	15,3	15,8
10-20	1,28	20,3	30,3	29,8	30,7	31,8
20-30	1,28	18,5	30,1	29,3	32,1	32,8
30-40	1,28	15,1	30,8	27,6	30,8	31,7
40-50	1,28	18,0	31,5	30,9	31,0	31,5
0-50		89,6	151,6	144,4	155,0	158,9
50-60	1,09	12,5	25,8	24,7	26,4	28,7
60-70	1,15	13,6	30,4	26,8	31,0	31,6
70-80	1,14	16,5	29,6	23,8	30,8	31,2
80-90	1,19	16,4	31,8	28,1	34,5	33,5
90-100	1,28	17,9	33,9	29,4	35,6	37,5
50-100		76,9	151,2	132,8	158,3	162,5

Таблица 15 (окончание)

Глубина взятия образца, см	После 1-й промывки			После 2-й промывки			После 3-й промывки			После 4-й промывки			После 5-й промывки		
	Объемный вес, г/см ³	Запас влаги, мм	через данный слой профильтровалось влаги, мм	запас влаги, мм	величин, кратных ПВ	запас влаги, мм	через данный слой профильтровалось влаги, мм	запас влаги, мм	величин, кратных ПВ	запас влаги, мм	через данный слой профильтровалось влаги, мм	запас влаги, мм	через данный слой профильтровалось влаги, мм	запас влаги, мм	величин, кратных ПВ
100—110	1,35	19,8	33,6	98,5	2,6	35,3	242,2	6,4	247,3	6,5	37,1	214,4	5,6	39,0	250,0
110—120	1,46	21,7	37,1	83,2	2,1	36,9	242,2	6,1	247,3	6,2	39,9	207,3	5,2	39,9	250,0
120—130	1,53	23,3	36,7	68,8	1,7	37,0	241,9	6,1	247,3	6,3	39,7	202,9	5,1	39,3	250,0
130—140	1,57	24,5	35,2	56,1	1,48	35,5	241,6	6,4	247,3	6,5	37,7	197,6	5,2	38,3	250,0
140—150	1,68	25,7	38,8	43,0	1,1	38,3	241,6	6,2	247,3	6,1	38,5	194,9	5,0	39,4	250,0
100—150		115,0	181,4			183,0			169,3		192,9			195,9	
150—160		28,2	37,6	33,7	0,9	35,3	241,6	6,4	247,3	6,5	38,5	190,1	5,0	37,2	250,0
160—170	1,66	26,7	32,2	26,3	0,7	34,3	239,4	6,3	247,3	6,3	38,6	185,3	4,9	36,8	250,0
170—180	1,68	26,7	32,8	19,2	0,5	32,7	239,4	6,7	247,3	6,9	35,5	180,8	5,1	35,7	250,0
180—190	1,54	26,0	31,9	12,3	0,4	34,9	236,4	7,2	247,3	7,5	32,4	180,4	5,5	33,4	250,0
190—200	1,71	26,1	32,8	4,6	0,1	32,7	236,4	6,8	247,3	7,1	35,6	174,7	5,0	34,2	250,0
150—200		133,7	167,3			169,9			160,4		180,6			177,3	
0—100		166,5	302,8			302,8			277,2		313,3			321,4	
100—200		248,7	348,7			352,9			329,7		373,5			373,2	
0—200		415,2	651,0			655,7			606,9		686,8			694,6	

Таблица 16
Влияние промывок на изменение содержания сульфатов в плантажированном солонце
(Монолит 3; в мг-экв. на 100 г сухой почвы)

Глубина взятия образца, см	До промывок				После пяти промывок			
	сумма SO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻ , переходящий в водную вытяжку при отношении 1:5	«активный» кальций	сумма сульфатов Na ⁺ и Mg ⁺⁺	сумма SO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻ , переходящий в водную вытяжку при отношении 1:5	«активный» кальций	сумма сульфатов Na ⁺ и Mg ⁺⁺
0—5	20,22	12,32	7,90	7,74	3,80	2,12	1,68	0
5—10	20,22	12,32	7,90	7,74	3,20	1,18	2,02	—
10—20	20,22	12,32	7,90	7,74	3,80	1,87	1,93	0
20—30	20,22	12,32	7,90	7,74	3,55	1,81	1,74	0
30—40	20,22	12,32	7,90	7,74	3,55	1,64	1,91	0
40—50	20,22	12,32	7,90	7,74	5,55	2,25	3,30	0
50—60	56,73	12,22	24,51	18,90	10,27	5,64	4,63	0,11
60—70	61,14	31,88	29,26	20,22	10,68	7,54	3,14	0,29
70—80	65,53	31,55	34,03	21,32	11,03	8,41	2,62	0,54
80—90	61,44	29,27	32,17	21,65	11,33	6,15	4,18	0,50
90—100	56,57	30,85	25,72	20,78	13,64	8,35	5,29	2,20
100—110	60,83	34,02	26,81	21,33	19,85	10,45	9,40	3,39
110—120	75,20	34,78	40,42	22,40	21,06	9,60	11,46	3,27
120—130	71,38	31,69	39,69	21,56	21,06	12,12	8,94	3,91
130—140	57,89	33,26	24,63	20,27	28,21	12,68	15,53	4,30
140—150	67,40	33,71	33,69	20,26	25,34	12,43	12,91	3,87
150—160	75,49	32,31	43,18	21,77	44,15	16,42	27,73	6,23
160—170	70,23	34,40	35,83	21,10	70,18	20,22	49,96	7,10
170—180	75,80	33,24	42,56	19,48	86,19	22,44	63,75	7,93
180—190	70,23	30,98	39,25	19,68	68,61	21,55	47,06	6,70
190—200	68,37	31,82	36,55	18,34	63,61	19,08	44,53	7,10

впитывалась равномерно, и уже после первой промывки (250 мм) вся двухметровая толща оказалась промоченной; запас влаги достиг 650 мм, что соответствовало наименьшей влагоемкости (табл. 15). После третьей промывки запас влаги уменьшился до 611,4 мм, но после четвертой и пятой промывок он достиг 690 мм, т. е. превысил наименьшую влагоемкость. Можно предположить, что в это время фильтрация несколько замедлилась, вследствие чего при определении влажности через 15 дней после промывки в монолите оставалось некоторое количество гравитационной влаги. На это указывает и тот факт, что повышенные величины влажности относятся главным образом ко второму метровому слою, из которого гравитационная влага не успела стечь. Не исключена, однако, возможность, что в процессе промачивания и промывания почвенной толщи изменились микроагрегатный состав и сложение почвы, вызвавшие изменение величины наименьшей влагоемкости.

Изменение состава водных вытяжек показано на рис. 10, а; как видно, в процессе промывки в монолите 3 быстрее всего выщелачивался Cl⁻. После трех промывок (750 мм) весь двухметровый слой освободился от Cl⁻. Медленнее, как и в предыдущих двух монолитах, выщелачивался SO₄²⁻, что объясняется уже известными нам причинами. Но большая промывная норма привела к тому, что к концу промывки в верхнем метровом слое содержание легкорастворимых сульфатов снизилось до нуля; оно значительно уменьшилось и во втором метровом слое (табл. 16).

Запасы отдельных ионов солей, остающихся в плантакированном солонце после каждой из пяти промывок, по 250 мм каждая (Монолит 3)

Таблица 17

Глубина слоя, см	До про- мывок	№ последовательных промывок					До про- мывок	№ последовательных промывок					До про- мывок	После пяти промывок
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		

0-50	7,0	5,2	3,4	2,8	1,7	1,2	29,3	33,9	30,4	40,4	49,0	13,9	96,0	32,8
50-100	15,2	9,5	6,6	5,8	4,1	3,2	61,5	50,3	44,1	40,9	43,1	37,9	232,0	62,5
100-150	20,6	18,2	11,1	10,7	9,1	6,4	93,7	78,6	55,9	56,3	69,5	58,9	344,9	148,0
150-200	21,7	23,6	15,9	14,6	11,4	12,0	104,8	103,3	99,3	86,9	95,9	108,4	430,7	493,5

0-200	64,5	56,5	37,0	33,9	26,3	22,8	289,3	266,1	229,7	224,5	227,5	219,5	1103,6	736,8
-------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------

0-50	15,2	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	10,2	10,6	9,9	6,6	7,1	6,2		
50-100	36,8	2,9	0,3	0,0	0,2	0,0	29,2	14,3	13,0	11,1	12,7	9,9		
100-150	52,4	44,2	2,6	0,2	0,2	0,0	39,9	38,5	17,6	18,2	18,5	13,9		
150-200	53,7	69,1	10,8	1,0	0,3	0,0	40,6	52,9	24,3	20,9	19,7	18,3		

0-200	158,1	116,4	13,9	1,2	0,9	0,0	119,9	116,3	64,8	56,8	58,0	48,3		
-------	-------	-------	------	-----	-----	-----	-------	-------	------	------	------	------	--	--

0-50	78,8	71,1	60,3	47,5	16,9	11,8	57,6	29,4	25,4	5,1	0,0	0,0	79,8	8,8
50-100	182,1	113,8	120,4	86,2	51,5	42,4	129,0	54,4	67,6	37,3	2,3	1,3	—	—
100-150	253,1	220,6	189,7	143,1	118,6	87,5	173,4	151,8	123,3	72,0	34,3	17,9	—	—
150-200	273,2	287,2	217,2	214,8	159,8	167,3	182,4	201,3	108,2	110,9	48,1	43,8	—	—

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	225,3	84,7	63,0	—	—
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	---	---

0-200	787,2	692,7	587,6	491,6	346,8	309,0	542,4	436,9	324,5	
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--

Обращает на себя внимание увеличение содержания «активного кальция» в слое 160—200 см. Возможно, что это связано с повышением растворимости друз гипса, размываемых токами воды. В отличие от рассмотренных выше монолитов, здесь происходит значительное выщелачивание Са⁺⁺ из верхнего полуметрового слоя. В нижних слоях этого не наблюдается.

Первые две промывки понизили содержание Mg⁺⁺, но после третьей промывки содержание его оставалось постоянным. С этим явлением мы уже встречались ранее.

Выщелачивание Na⁺ большими промывными нормами шло с большой интенсивностью, и к концу промывок 80-сантиметровый слой полностью освободился от солей натрия.

В более глубоких слоях Na⁺ осталась примерно одна четвертая часть его первоначального содержания.

Общий ход процесса выщелачивания солей в двухметровом монолите удобно проследить по данным табл. 17, где приведены запасы общего количества солей (в кг/м²) и отдельных ионов (в г-экв) по полуметровым слоям на площади 1 м².

Напомним, что после первой промывки запас влаги в двухметровом слое увеличился на 235 мм (табл. 15), что лишь немногим меньше количества воды, поданного на поверхность монолита. Можно было ожидать, что эта влага вызовет лишь перемещение солей внутри двухметрового слоя и почти не вынесет их за его пределы. Однако после первой промывки общий запас солей уменьшился на 8 кг/м²; заметно уменьшились также запасы Cl⁻, Na⁺ и SO₄²⁻ и немного — запасы Са⁺⁺ и Mg⁺⁺. Следовательно, хотя после первой промывки влажность почвы была несколько ниже наименьшей влагоемкости, часть влаги все же ушла за пределы двухметрового слоя и вынесла некоторое количество солей. Следующая промывка существенно не изменила запаса влаги в солонце. Таким образом, первая промывка вызвала как бы выталкивание в нижние слои почвенного раствора, хотя влажность почвы не достигала наименьшей влагоемкости во всем двухметровом слое. Это наблюдение важно для понимания общих законов передвижения влаги в почве.

Вторая промывка значительно уменьшила общий запас солей в почве, в том числе и запас Cl⁻, несколько менее уменьшила запасы SO₄²⁻, Na⁺ и Mg⁺⁺ и совсем немного — запас Са⁺⁺. Это легко объясняется тем, что первая промывка насытила влагой двухметровый слой, а вторая сместила образовавшийся раствор вниз, вместе с которым переместилась и значительная часть легко растворимых солей. После третьей промывки содержание SO₄²⁻ и Na⁺ снизилось на столько же, на сколько и после второй промывки — примерно на 100 г-экв. В то же время запасы Са⁺⁺ и Mg⁺⁺ снизились незначительно.

Запас Са⁺⁺ с этого момента и до конца промывок оставался, как и в монолитах 1 и 2, практически постоянным.

Незначительное изменение запасов Mg⁺⁺ может быть объяснено знакомым уже нам вытеснением обменного Mg⁺⁺ ионом кальция.

После четвертой промывки запасы SO₄²⁻ и Na⁺ снова существенно снизились и при этом абсолютно более сильно, чем после предшествующих промывок (на 150 г-экв. вместо 100 г-экв., наблюдаемых ранее). При этом верхний полуметровый слой совсем освободился от солей натрия. Очевидно, что и запас обменного натрия оказался исчерпанным, так как в противном случае Na⁺ должен был бы появиться в водной вытяжке в результате обмена.

Таблица 18

Изменение запасов ионов солей, остающихся в плантажированных солонцах при последовательных промывках разными нормами (Промывался слой 0—100 см)

№ последовательных промывок	№ монолита	Количество воды, данной при промывке, мм	Осталось (в % к исходному запасу)					
			сумма солей	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
1	2	100	91,9	69,0	98,9	111,3	89,3	85,9
2	2	100	58,5	18,3	69,4	94,3	60,8	46,5
3	2	100	39,6	1,6	51,9	81,5	44,2	26,2
4	2	100	—	—	—	—	—	—
5	2	100	34,3	0,8	41,4	73,3	36,0	17,7
1	3	250	64,1	6,0	70,8	92,7	63,1	45,0
2	3	250	45,8	1,0	69,3	82,0	58,0	34,5
3	3	250	48,0	0	51,2	89,0	44,9	22,7
4	3	250	30,9	0	26,2	68,4	50,0	1,2
5	3	250	22,2	0	20,7	57,0	38,2	0,7
—	2	500	34,3	0,8	41,4	73,3	36,0	17,7
—	3	500	45,8	1,0	69,3	82,0	58,0	34,5

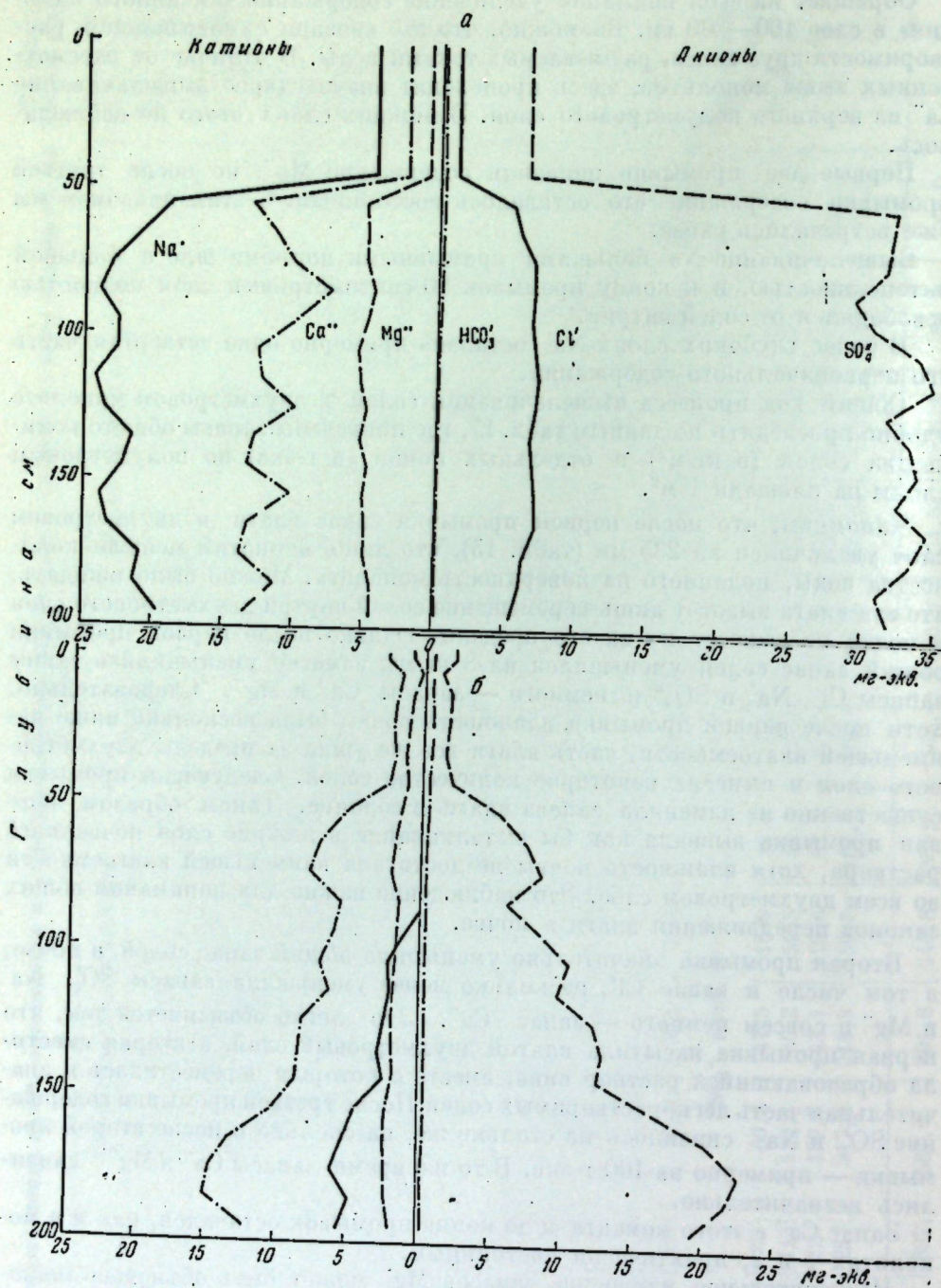


Рис. 11. Солевые профили мелiorированного солонча (монолит 3; норма полива 1250 мм)
а—до промывки; б—после промывки

В то же время запас Mg^{++} оставался практически неизменным, и составлял около 58 г-экв., что указывало на продолжающееся вытеснение обменного магния кальцием. После пятой промывки наблюдалось дальнейшее снижение общего запаса солей при почти неизменном запасе

кальция. По-видимому, процесс освобождения двухметрового слоя от легкорастворимых солей подходил к концу.

Дальнейшие порции промывных вод выщелачивали гипс, способствуя одновременно обменным реакциям и удалению обменных натрия и магния, причем натрия в первую очередь.

После промывки нормой 1250 мм солевой профиль мелiorированного солонча претерпел значительные изменения, что хорошо видно на рис. 11. В составе катионов во всем двухметровом слое на первое место вышел Ca^{++} ; содержание Na^{+} стало ничтожным.

Данные табл. 18 показывают, какое влияние оказывают разные промывные нормы на выщелачивание легкорастворимых солей в мелiorированных солонцах. Как и следовало ожидать, большие промывные нормы выщелачивают и большее количество легкорастворимых солей (монолит 3). После пяти промывок в мелiorированном солонце монолита 3 осталось от исходного содержания 22,2 кг/м² солей, а в монолите 2 — 34,3 кг/м². Но если сравнить количество солей, выщелоченных пятью

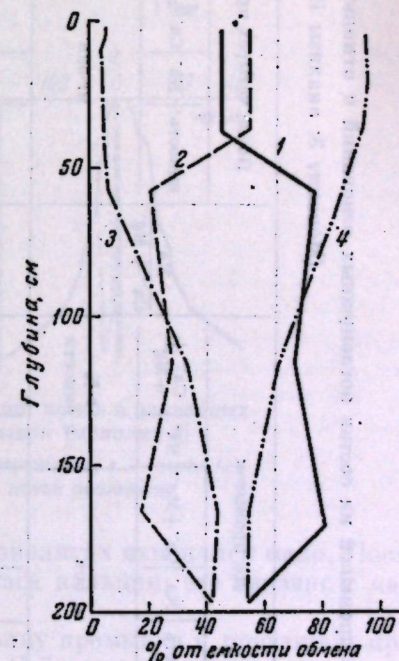


Рис. 12. Влияние глубины вспашки и промывной нормы (1000 мм) на состав поглощенных оснований (монолит 3)

Условные обозначения — см. рис. 7

Влияние промывок на состав поглощенных оснований и отношение $\text{Na}^+ : \text{Ca}^{++}$ в водных вытяжках и почвенных растворах
(Монолит 3; анализы И. М. Рашевской)

Глубина взятия образца, см	До промывок						После четырех промывок (1000 мм)						$\text{Na}^+ : \text{Ca}^{++}$			
	емкость			$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$			емкость			$\text{Na}^+ : \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$			$\text{Na}^+ : \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$		в почвенных растворах	
	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	$\text{Na}^+ + \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$	до промывок	после промывок	после промывок
0—5	23,0	10,3	12,7	45,1	54,9	0,8	22,5	1,4	21,1	6,0	94,0	0,06	Нет	2,0	7,0	0,5
5—10	23,0	10,3	12,7	45,1	54,9	0,8	21,8	0,9	20,9	4,2	95,8	0,04	»	2,0	7,0	0,8
10—20	23,0	10,3	12,7	45,1	54,9	0,8	24,0	0,9	23,1	3,8	96,2	0,04	»	2,0	7,0	0,5
30—40	23,0	10,3	12,7	45,1	54,9	0,8	21,9	1,3	20,6	5,8	94,2	0,06	»	2,0	7,0	0,5
50—60	17,3	13,3	4,0	77,0	23,0	3,3	21,6	1,6	20,0	7,3	92,7	0,07	»	1,4	18,0	0,8
110—120	18,1	13,0	5,1	71,7	28,2	2,5	17,3	6,0	11,3	34,9	65,1	0,5	0,3	2,0	17,0	1,9
160—170	18,1	14,6	3,5	80,8	19,2	4,2	16,6	7,4	9,2	44,7	55,3	0,8	0,4	1,7	18,8	3,4
190—200	18,0	10,5	7,5	58,2	41,8	1,4	17,5	7,7	9,8	43,9	56,1	0,8	0,4	1,9	20,0	6,3

последовательными промывками, по 100 мм каждая (монолит 2), и двумя последовательными промывками, по 250 мм каждая (табл. 17), то окажется, что из метрового слоя монолита 2 солей выщелачивалось больше. Запас кальция до тех пор, пока не были выщелочены легкорастворимые соли

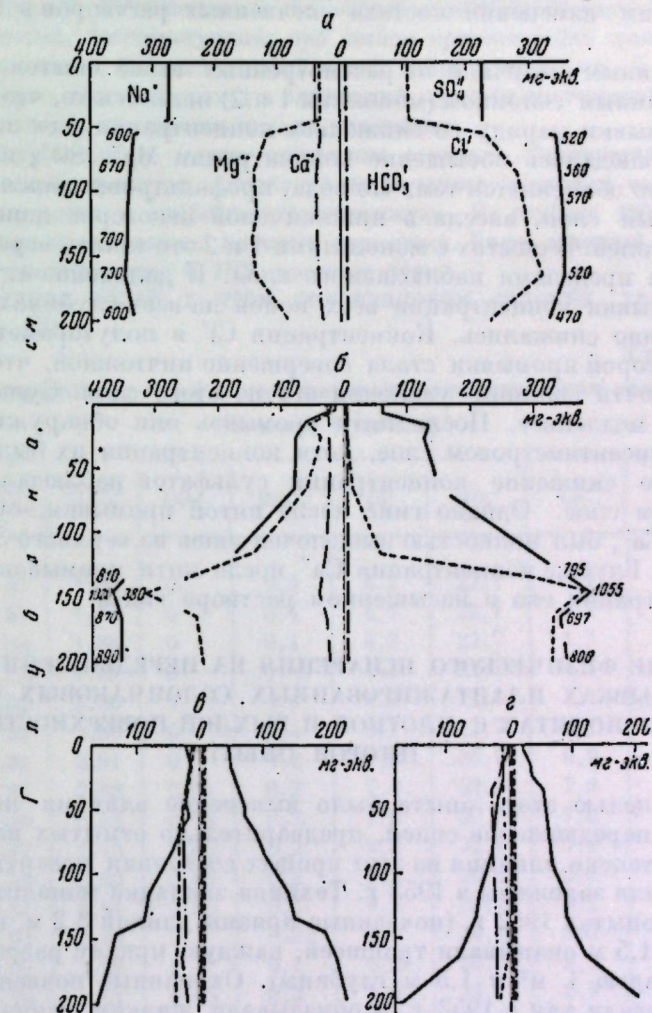


Рис. 13. Изменение концентрации ионов в почвенных растворах в процессе промывок (монолит 3)

а — до промывок, б — после первой промывки, в — после четвертой промывки, г — после пятой промывки

(первые три промывки), во всех трех монолитах изменялся мало. После трех промывок началось уменьшение запаса кальция; это связано с частичным выщелачиванием его солей.

Но и при большой поливной норме к концу промывки в почвенном профиле еще остается достаточное количество Ca^{++} , вполне гарантирующее рассолонцевание солончаковых солонцов. Подтверждение сказанному мы находим в изменении состава обменных оснований. Обратимся к табл. 19 и рис. 12, где приведены эти изменения.

Приведенные данные показывают, что после четырех промывок, по 250 мм каждая, в верхнем полуметровом слое и даже несколько глубже обменный

натрий почти полностью замещался кальцием. Следовательно, гипс, вовлеченный в пахотный горизонт, свое назначение выполнил. Во втором метровом слое сохранились значительные количества обменного натрия, однако гипса там остается еще больше.

Рассмотрим изменения состава почвенных растворов в монолите 3 (рис. 13.)

Существенным отличием от рассмотренных выше опытов с целинным мелiorированным солонцом (монолиты 1 и 2) является то, что здесь после первой промывки наряду со снижением концентрации всех ионов в верхнем слое наблюдалось повышение концентрации Mg^{++} , SO_4^{--} и Na^+ в нижнем слое. Это объясняется тем, что вода, профильтровавшаяся через верхний метровый слой, внесла в нижний слой некоторое дополнительное количество солей. В опытах с монолитами 1 и 2 это также, вероятно, произошло, но за пределами наблюдаемого слоя. В дальнейшем, начиная со второй промывки концентрации всех ионов на всех глубинах в монолите 3 прогрессивно снижались. Концентрация Cl^- в полуметровом слое уже после второй промывки стала совершенно ничтожной, что свидетельствует о почти полном удалении его из этого слоя. Сульфаты выщелачивались медленнее. После пяти промывок они обнаруживались и в верхнем пятисантиметровом слое, хотя концентрация их была невысока. Значительное снижение концентрации сульфатов наблюдалось во всем двухметровом слое. Однако гипс после пятой промывки, судя по концентрации Ca^{++} , был полностью выщелочен лишь из верхнего 30-сантиметрового слоя. Глубже концентрация Ca^{++} после пяти промывок была близка к концентрации его в насыщенном растворе гипса.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ИСПАРЕНИЯ НА ПЕРЕДВИЖЕНИЕ СОЛЕЙ ПРИ ПРОМЫВКАХ ПЛАНТАЖИРОВАННЫХ СОЛОНЧАКОВЫХ СОЛОНЦОВ В МОНОЛИТАХ С ПЛОТНОЙ И РЫХЛОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ (ВТОРОЙ ОПЫТ)

Главной целью этого опыта было выяснение влияния испарения на восходящее передвижение солей, предварительно отмытых на различную глубину, и степени влияния на этот процесс состояния поверхности почвы.

Опыты были заложены в 1953 г. Техника закладки монолитов была та же, что и в опытах 1952 г. (почвенные призмы длиной 3,2 м, шириной 1 м и глубиной 1,5 м окапывали траншеей, каждую призму разрезали на три части площадью 1 м² и 1,5 м глубины). Окопанные почвенные призмы не бетонировали как в 1952 г., а обмазывали жидким глиняным тестом, не содержащим солей, после чего на мокрую глину накладывали пергамин, швы которого проклеивали расплавленным битумом. Траншею вокруг призмы засыпали землей с тщательной трамбовкой при смачивании. После засыпания траншеи цели, делящие призму на три монолита, заливали расплавленным битумом. Затем в каждом монолите верхний 50-сантиметровый слой перекапывали.

Все три призмы (т. е. все девять монолитов) были заложены в пределах одного и того же солонцового пятна. Морфологическое строение этого солонца следующее:

0—7 см Надсолонцовый горизонт, светло-серый с палевым оттенком, суглинистый, чешуйчатой структуры, пористый. Пронизан мелкими корнями и ходами корней. Структурные отдельности легко раздавливаются в порошок. С HCl вскипает с 5 см. От нижележащего горизонта отделяется резко.

7—22 см Солонцовый горизонт, серовато-коричневый, суглинистый, неправильной ореховидно-призматической структуры. В нижней части горизонта выцветы солей. С HCl вскипает. От нижележащего горизонта отделяется резко.

22—84 см Первый подсолонцовый засоленный горизонт, розовато-бурый, суглинистый, бесструктурный; при легком прикосновении пожом осыпается, как песок. Скопления солей в виде пятен и прожилок. С HCl вскипает бурно. Сухой. Переход в следующий горизонт неотчетливый, без резкой границы, обнаруживается по уплотнению.

85—150 см Буроватый с легким оливковым оттенком. Суглинистый, призматической структуры. Структура неотчетливая, в нижней части горизонта переходит в глыбисто-призматическую. На глубине 130 см проходит горизонт скопления крупных друз гипса. Более влажный, чем предыдущие горизонты. С HCl вскипает бурно.

Распределение солей в этом солончаковом солонце характеризуют данные табл. 20.

Таблица 20

Распределение солей в мелiorированном солончаковом солонце (Монолит 4, мг-экв)

Глубина взятия об- разца, см	Сухой остаток	Сумма солей	CO_3^{--}	HCO_3^{--}	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+
0—5	1,93	1,88	0	0,4	4,7	22,7	4,7	2,4	20,7
5—10	1,93	1,88	0	0,4	4,7	22,7	4,7	2,4	20,7
10—20	1,93	1,88	0	0,4	4,7	22,7	4,7	2,4	20,7
20—30	1,93	1,88	0	0,4	4,7	22,7	4,7	2,4	20,7
30—40	1,93	1,88	0	0,4	4,7	22,7	4,7	2,4	20,7
40—50	1,93	1,88	0	0,4	4,7	22,7	4,7	2,4	20,7
50—60	2,84	2,81	0	0,2	7,0	34,9	9,8	5,5	26,7
60—70	2,80	2,68	0,05	0,2	7,4	32,6	7,6	5,2	27,3
70—80	2,46	2,53	0,05	0,2	7,9	30,0	7,0	5,0	26,1
80—90	2,67	2,73	0,05	0,2	8,2	32,7	7,0	5,8	28,3
90—100	2,55	2,59	0,05	0,2	9,3	29,5	5,5	5,3	28,5
100—110	2,87	2,81	0,05	0,2	9,4	32,7	6,2	5,3	30,9
110—120	2,93	2,89	0	0,2	9,1	34,2	8,2	5,7	29,6
120—130	3,02	2,98	0	0,1	9,2	35,5	9,3	5,8	29,7
130—140	2,76	2,91	0,05	0,2	8,9	34,7	9,3	5,7	28,8
140—150	2,47	2,35	0,05	0,1	8,6	26,8	5,9	4,1	25,5

В опыте были приняты три поливные нормы — 150, 250 и 350 мм, которые давались одновременно в начале опыта. Разные поливные нормы применялись с целью вызвать отмывку солей на различную глубину.

После промывки все монолиты тщательно закрывали. Первые образцы для определения солей и влажности, как и в первом опыте, брали через 15 дней буром Измаильского с пятикратной повторностью. Схема расположения скважины была та же, что и в первом опыте (рис. 2). Буровые скважины после отбора проб тщательно забивали влажной почвой, не содержащей солей.

После 15 дней монолиты открыли и оставили открытыми на все лето. Так как задачей этого опыта были наблюдения над восходящим передвижением солей при испарении и выяснение влияния на этот процесс рыхления поверхности почвы, то монолиты были парные (один имел плотную

поверхность, другой — рыхлую). Таких монолитов было шесть — 4, 5, 6, 7, 8 и 9. Монолиты 4, 6 и 8 имели плотную поверхность, 5, 7 и 9 — рыхлую.

Поливные нормы были следующие:

№ монолита	Поверхность	Норма полива, в мм
4	Плотная	150
5	Рыхлая	150
6	Плотная	250
7	Рыхлая	250
8	Плотная	350
9	Рыхлая	350

Таблица 21

Влияние испарения на изменение послойных запасов влаги в монолитах с плотной и рыхлой поверхностью (в мм водного столба)

№ монолита, вид поверхности, норма полива	Глубина слоя, см	Запас влаги				Расход влаги	Запас влаги	
		до промывки	через 15 дней после промывки	10.VIII	15.IX		Май	Сентябрь
4, плотная, 150 мм	0—50	80	153	132	123	30	118	103
	50—100	84	134	121	119	15	115	118
	100—150	108	118	125	123	5	120	123
	0—150	272	405	378	365	50	353	344
6, плотная, 250 мм	0—50	80	159	136	120	39	121	Не определялось
	50—100	84	153	137	132	21	123	
	100—150	108	156	142	149	7	138	
	0—150	272	468	415	401	67	382	
8, плотная, 350 мм	0—50	80	149	127	119	30	122	Не определялось
	50—100	84	176	152	144	32	138	
	100—150	108	164	153	148	16	137	
	0—150	272	489	432	411	78	397	
5, рыхлая, 150 мм	0—50	80	150	139	128	22	124	112
	50—100	84	133	122	119	14	112	114
	100—150	108	117	122	122	0	117	123
	0—150	272	400	383	369	36	353	349
7, рыхлая, 250 мм	0—50	80	156	144	127	29	132	Не определялось
	50—100	84	161	140	132	29	126	
	100—150	108	156	145	150	6	138	
	0—150	272	473	429	409	64	396	
9, рыхлая, 350 мм	0—50	80	150	135	127	23	129	Не определялось
	50—100	84	171	156	148	23	138	
	100—150	108	168	155	147	21	135	
	0—150	272	489	446	422	67	402	

Чтобы устранить возникающее при поливе уплотнение, нечетные монолиты, после того как они были открыты, перекапывали во влажном состоянии на глубину 25 см с последующим тщательным рыхлением граблями. В дальнейшем поверхность сохранилась рыхлой в течение всего опыта. Время от времени монолиты перекапывали на ту же глубину с последующим рыхлением.

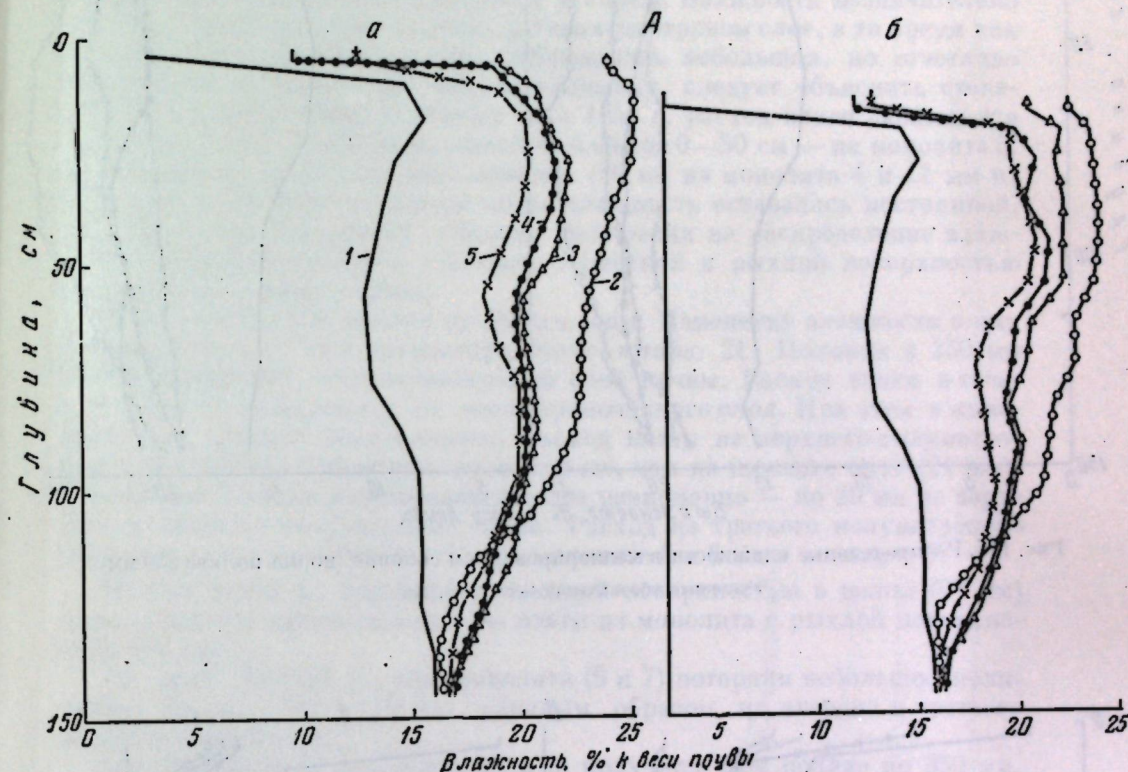


Рис. 14а. Распределение влажности в мелкорированном солонце (норма полива 150 мм)
а — плотная поверхность, б — рыхлая поверхность; 1 — исходная влажность, 2 — влажность через 15 дней после полива, 3 — через 1,5 мес., 4 — через 2,5 мес., 5 — через год

Рассмотрим результаты опыта (табл. 21).

Влага при поливе в количестве 150 мм промочила почвенную толщу монолитов 4 и 5 на глубину 120—130 см. При определении влажности спустя 2,5 мес. после начала испарения оказалось, что влага терялась из всего промоченного слоя, причем в нижней части профиля в слое 110—150 см наблюдалось небольшое увеличение влажности. Причиной этого было стекание жидкой влаги, что подтверждает и повышение содержания солей в этом слое.

Из слоя 0—110 см терялось значительное количество влаги вследствие испарения в течение первых 2,5 мес., в дальнейшем потери влаги были невелики; это продолжалось вплоть до мая 1954 г. Запас влаги в монолитах 4 и 5 изменялся различно, но разница была невелика. За лето 1953 г. потеря влаги из слоя 0—100 см составила: на монолите 4—45 мм, на монолите 5—36 мм. Следовательно, рыхление поверхности почвы уменьшило испарение. Влага на испарение из слоя 0—60 см расходовалась довольно равномерно, постепенно затухая книзу.

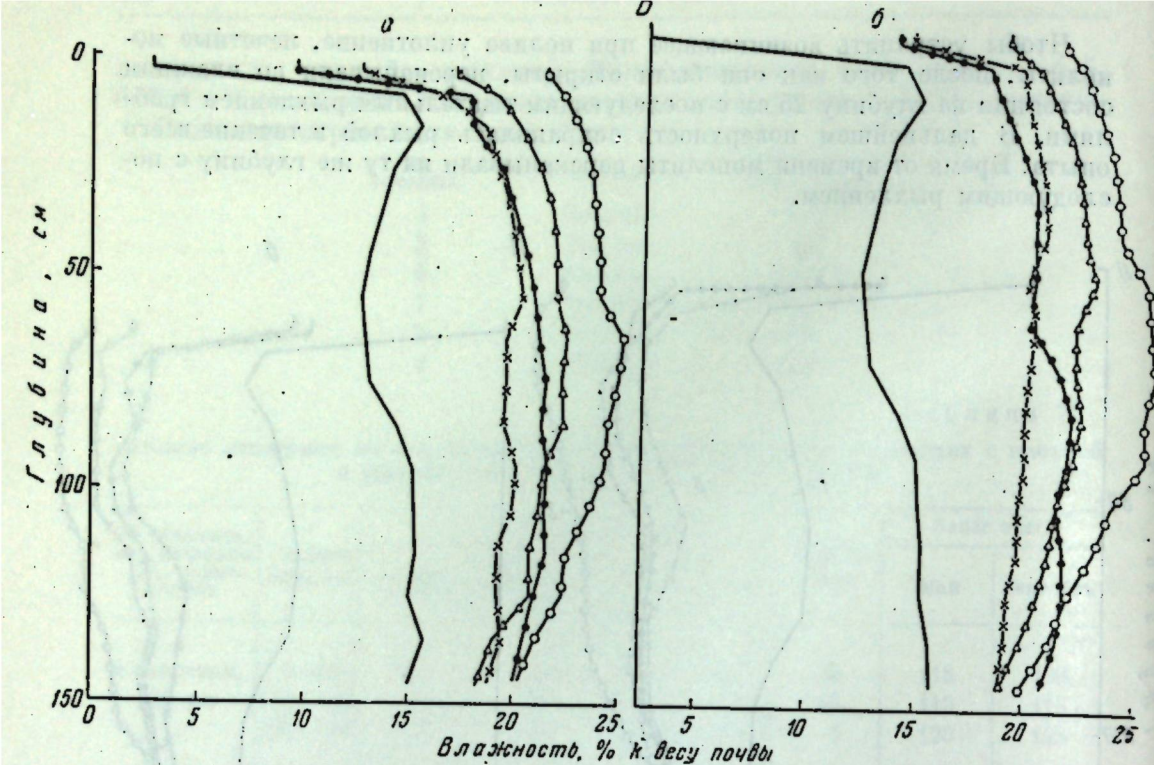


Рис. 14б. Распределение влажности в мелпористом солонце (норма полива 250 мм)
Условные обозначения — см. рис. 14а

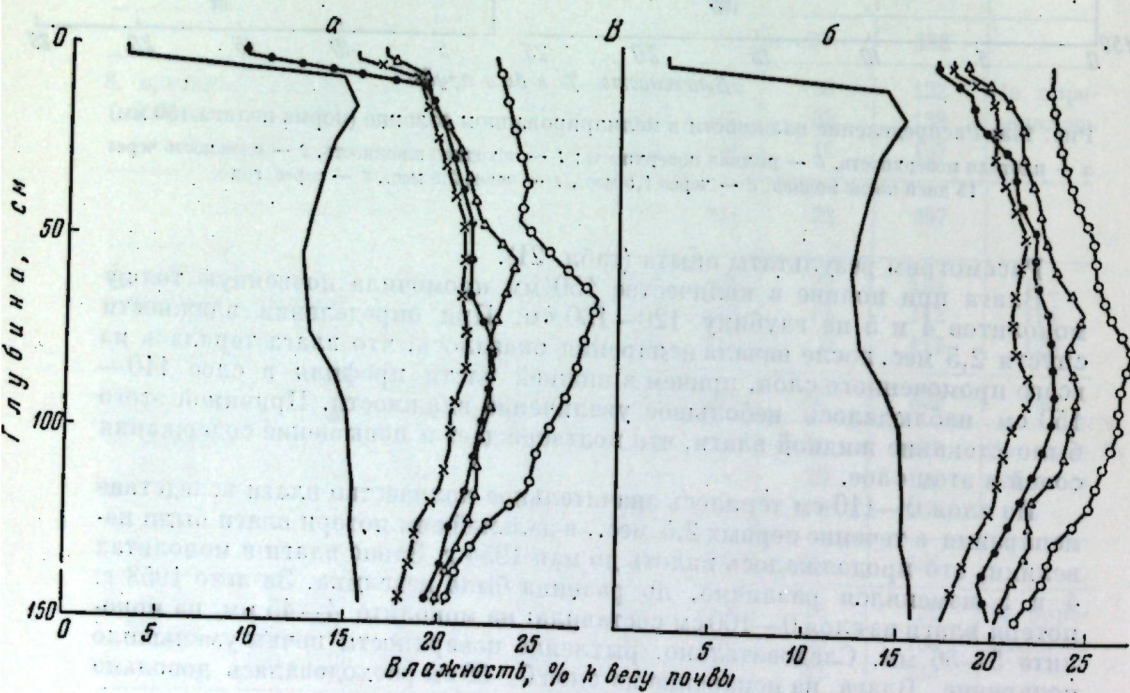


Рис. 14в. Распределение влажности в мелпористом солонце (норма полива 350 мм)
Условные обозначения — см. рис. 14а

Исключение составил верхний 10-сантиметровый слой, который был иссушен особенно сильно.

На зиму 1953/54 г. монолиты были тщательно закрыты пергаментом и засыпаны почвой, чтобы исключить поступление в них влаги осенних и зимних осадков. Весною монолиты были открыты и из них были взяты образцы для определения влажности и солей. Влажность незначительно возросла только в самом верхнем, пятисантиметровом слое, в то время как во всем полуметровом слое наблюдалась небольшая, но отчетливо выраженная потеря влаги, что, по-видимому, следует объяснить стеканием ее в нижние слои. В течение лета 1954 г. расход влаги наблюдался в пределах слоя 0—30 см из монолита 4 и слоя 0—50 см — из монолита 5. Но в целом этот расход был невелик (15 мм из монолита 4 и 12 мм из монолита 5). В более глубоких слоях влажность оставалась постоянной. Рис. 14а — 14в показывает влияние испарения на распределение влажности в мелпористых солонцах с плотной и рыхлой поверхностью при разных нормах полива.

Монолиты 6 и 7 получили по 250 мм воды. Изменение влажности в них показано на рис. 14 и охарактеризовано в табл. 21. Поливом в 250 мм был промочен весь полуметровый слой почвы. Расход влаги в течение 1953 г. наблюдался из всего промоченного слоя. При этом в монолите 6 (с плотной поверхностью) расход влаги из верхнего полуметрового слоя (39 мм) был почти вдвое больше, чем из нижнего слоя (21 мм). В монолите 7 влага расходовалась более равномерно — по 29 мм из верхнего и нижнего полуметровых слоев. Расход из третьего полуметрового слоя был почти одинаковым: 7 мм в монолите 6 и 6 мм в монолите 7.

Потеря влаги из монолита с плотной поверхностью в целом (67 мм) лишь немногим превысила потерю влаги из монолита с рыхлой поверхностью (64 мм).

За зиму 1953/54 г. оба монолита (6 и 7) потеряли небольшое количество влаги — 20 и 18 мм, главным образом из второго и третьего полуметровых слоев.

Последняя пара монолитов (8 и 9) получила при поливе по 350 мм. Был промочен весь полуметровый наблюдаемый слой; и часть влаги, вероятно, просочилась за его пределы. Здесь, как и в предыдущей паре монолитов, летом 1953 г. влага терялась главным образом из верхнего метрового слоя. Общая потеря влаги составила: 78 мм в монолите 8 и 67 мм в монолите 9, т. е. в этих монолитах влаги было потеряно немного больше, чем из монолитов 6 и 7.

Таким образом, и здесь рыхление поверхности снизило потерю влаги на испарение, в результате чего в монолите 9 увеличились потери влаги на стекание из третьего полуметрового слоя. За зиму 1953/54 г. эти монолиты потеряли некоторое количество влаги, а именно: монолит 8—15 мм, монолит 9—20 мм.

Из приведенных данных видно, что влага на испарение теряется главным образом из верхнего метрового слоя. Из слоя 100—150 см потери происходят лишь при условии сквозного промачивания всего полуметрового слоя. Расход влаги из слоя 0—50 см составляет 20—40 мм и от величины промывной нормы не зависит. Величина расхода из слоя 50—100 см зависит от того, был ли этот слой промочен насквозь или нет. В монолитах 6—9, где этот слой был промочен насквозь, расход был равен 20—30 мм. Суммарный расход влаги из слоя 0—100 см, в среднем равный примерно 60 мм (при условии сквозного промачивания метрового слоя), обуславливается передвижением подвешенной влаги. Рыхление поверхности почвы снижает расход влаги из слоя 0—50 см на 3—11 мм.

Рассмотрим поведение солей. Изменение их содержания в монолитах 4 и 5 изображено графически на рис. 15—17.

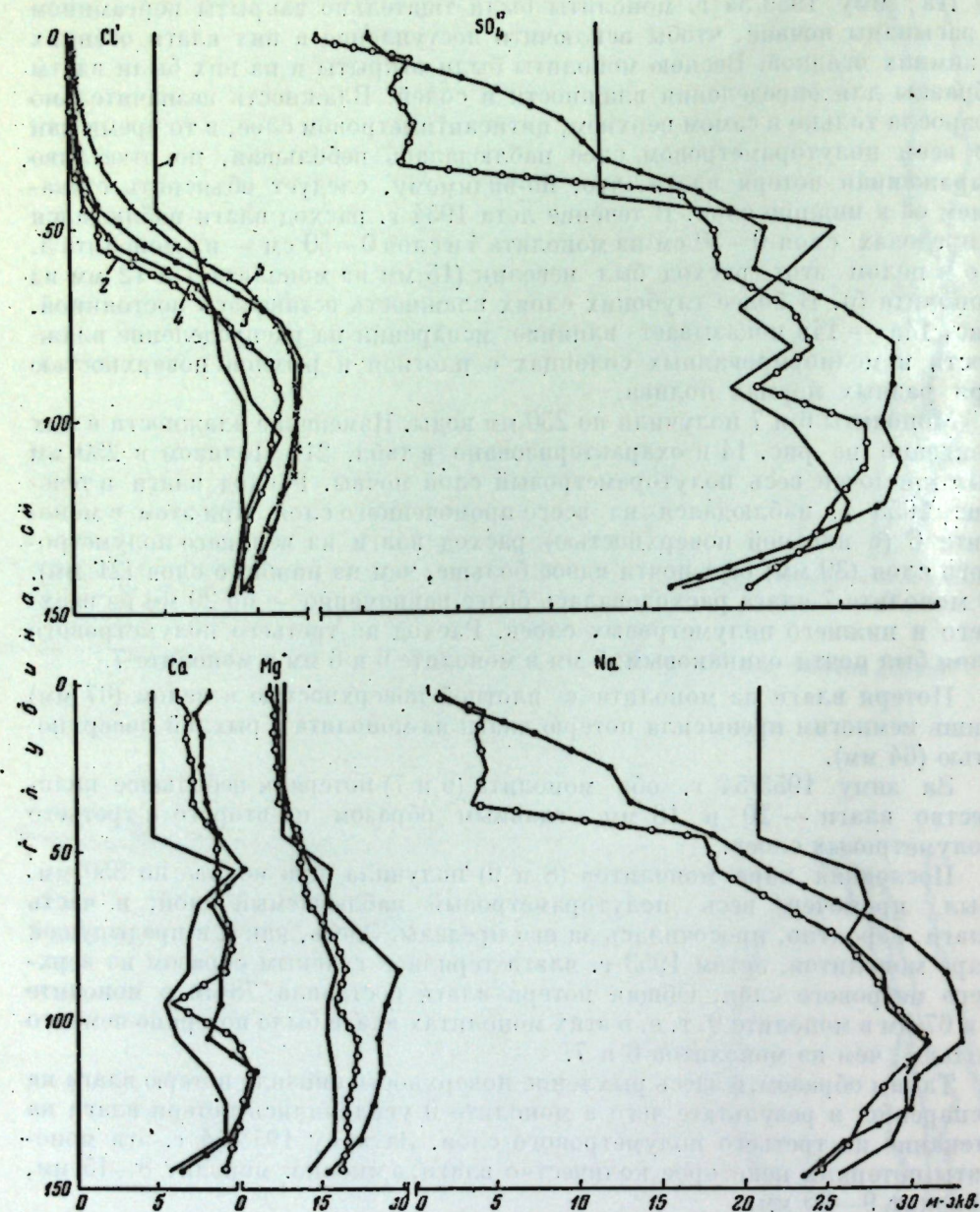


Рис. 15. Влияние испарения на передвижение Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+ (монолит 4, поверхность плотная; норма полива 150 мм)

1 — содержание ионов до промывки, 2 — через 15 дней после полива, 3 — через полтора месяца, 4 — через 2,5 мес., 5 — через год

Глубина выщелачивания Cl^- после промывки нормой 150 мм равна 40—50 см. В слое 75—160 см наблюдается некоторое увеличение содержания Cl^- в результате его вымывания из вышележащих слоев.

После того как монолиты были открыты, началось заметное восходящее передвижение иона хлора, выраженное более или менее одинаково в

обоих монолитах. Очевидно, отмеченная выше потеря влаги происходила вследствие испарения и сопровождалась ее восходящим передвижением к поверхности монолитов. Влага увлекала с собой соли, в том числе и Cl^- .

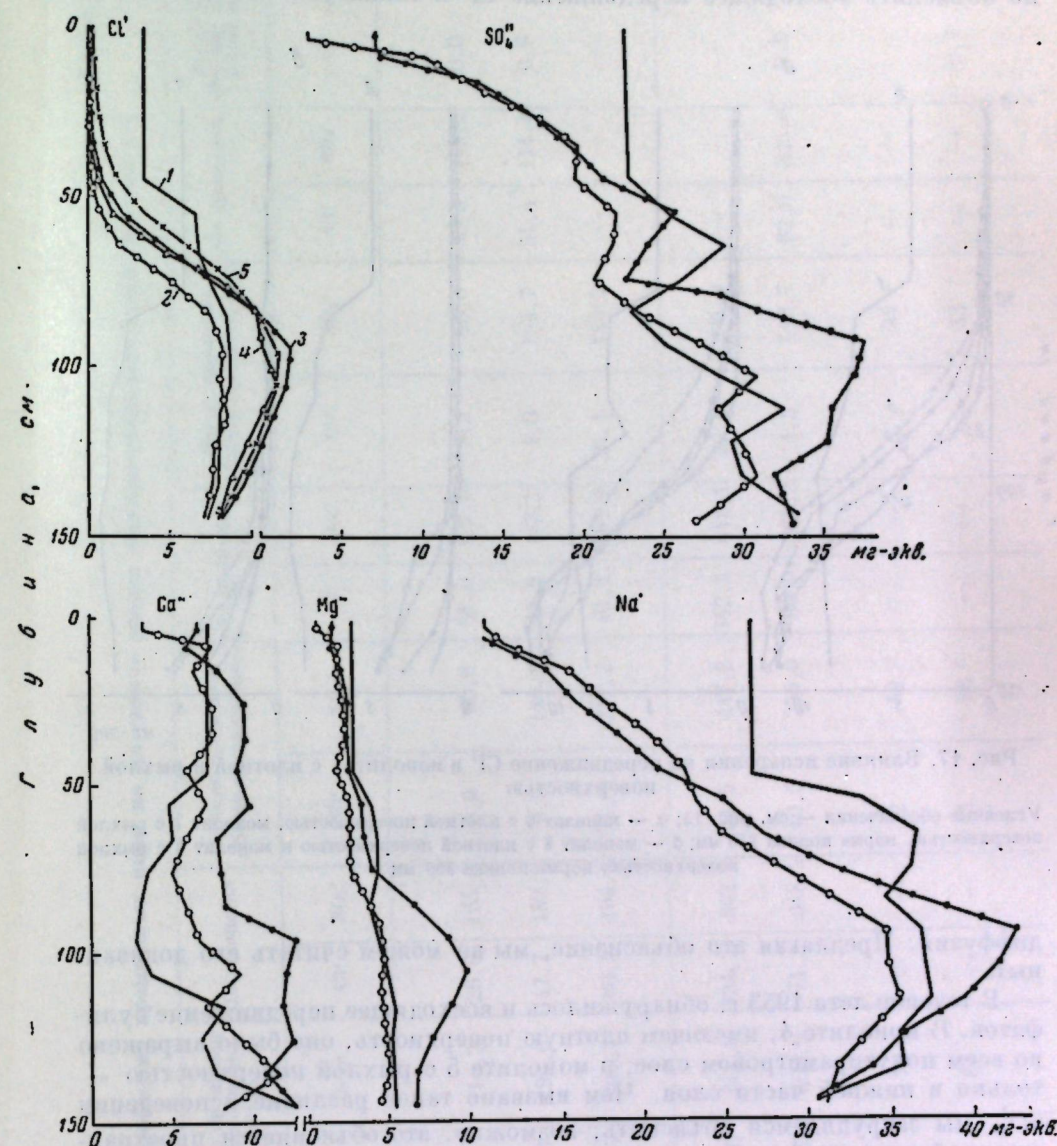


Рис. 16. Влияние испарения на передвижение Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+ (монолит 5, поверхность рыхлая; норма полива 150 мм)

Условные обозначения — см. рис. 15

Восходящее передвижение Cl^- происходило и зимой. Оно наблюдалось и в монолитах 6 и 7, что объяснить труднее. Дело в том, что, как мы уже видели, в этих монолитах продолжалась потеря влаги и зимой почти из всей полутораметровой толщи. Эта потеря происходила, по-видимому, за счет стекания, так как никакого накопления влаги в верхних слоях мы не на-

ходим. Испарение из закрытых монолитов тоже было исключено. Следовательно, зимой восходящее передвижение Cl' шло навстречу нисходящему стеканию влаги. Единственным механизмом, при помощи которого можно объяснить восходящее передвижение Cl' в таких условиях, является

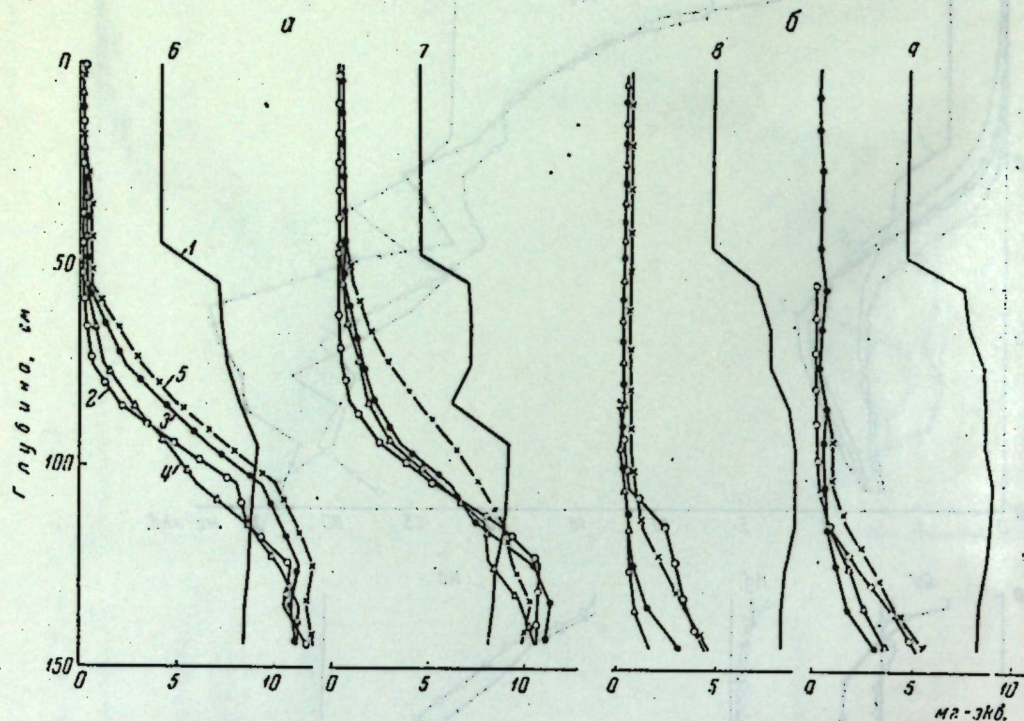


Рис. 17. Влияние испарения на передвижение Cl' в монолитах с плотной и рыхлой поверхностью

Условные обозначения — см. рис. 15; а — монолит 6 с плотной поверхностью, монолит 7 с рыхлой поверхностью, норма полива 250 мм; б — монолит 8 с плотной поверхностью и монолит 9 с рыхлой поверхностью; норма полива 350 мм

диффузия. Предлагая это объяснение, мы не можем считать его доказанным.

В течение лета 1953 г. обнаружилось и восходящее передвижение сульфатов. В монолите 4, имеющем плотную поверхность, оно было выражено во всем полутораметровом слое; в монолите 5 с рыхлой поверхностью — только в нижней части слоя. Чем вызвано такое различие в поведении SO_4 , мы затрудняемся объяснить; возможно, это объясняется пространственной пестротой распределения сульфатов различной растворимости. Очень неотчетливым является поведение Ca^{++} , что, по-видимому, связано с присутствием гипса и участием его в обменных реакциях. Кривые распределения Mg^{++} свидетельствуют об увеличении его содержания в течение лета 1953 г. в слое 50—150 см. Однако настаивать на том, что это увеличение связано с восходящим передвижением данного иона, мы не решаемся, так как на содержание его могли влиять растворение гипса и связанные с этим обменные реакции.

Поведение Na^+ мало чем отличается от поведения SO_4 . В обоих монолитах увеличилось содержание Na^+ , обусловленное его восходящим передвижением, а отчасти, может быть, и обменными реакциями.

Таблица 22

Влияние дробления промывных норм на изменение запаса легкорастворимых солей (в г-экв/м²)

Глубина слоя, см	До промывки		После промывки (150 мм одновре- менно)		До промывки		После промывки (250 мм одновре- менно)		До промывки		После промывки (350 мм одновре- менно)		До промывки		После промывки (350 мм дана дробно по 100 мм каждый)	
	Cl'	SO_4	Cl'	SO_4	Cl'	SO_4	Cl'	SO_4	Cl'	SO_4	Cl'	SO_4	Cl'	SO_4	Cl'	SO_4
0—50	32,0	452,0	4,5	110,3	26,6	165,6	0,6	85,9	31,0	137,0	0,5	46,0	30,6	149,2	0,0	55,4
50—100	49,1	195,8	46,0	190,6	47,7	182,9	9,9	144,1	49,9	143,2	1,0	102,7	51,4	174,4	0,6	77,3
100—150	63,7	230,5	68,5	260,7	60,4	194,1	71,0	217,2	61,4	161,9	21,1	146,2	—	—	—	—
0—150	144,8	578,3	119,0	561,6	134,7	542,6	81,5	447,2	142,3	442,1	22,6	294,9	—	—	—	—
0—100	81,1	347,8	50,5	300,9	74,3	348,5	10,5	230,0	80,9	280,2	1,5	148,7	82,0	323,6	0,6	132,7
Остаток солей в % к исход- ному запасу; в полуметровом слое	—	—	14	72	—	—	2	52	—	—	2	34	—	—	—	—
в метром слое	—	—	64	87	—	—	15	66	—	—	2	53	—	—	0,7	41

При промывной норме 250 мм воды (монолиты 6 и 7) выщелачивание Cl^- распространилось на 120 см, причем верхний слой в 60 см был отмыт от хлора полностью.

В слое 120—150 см наблюдалось некоторое увеличение содержания Cl^- в результате выщелачивания его из верхних слоев. В процессе испарения и здесь в обоих монолитах наблюдалось восходящее передвижение иона хлора — в слое 60—130 см при плотной поверхности и в слое 60—110 см при рыхлой поверхности.

При поливе 350 мм воды (монолиты 8 и 9) Cl^- был выщелочен полностью из метрового слоя.

В течение всего 1953 г. дальнейшее восходящее передвижение Cl^- не наблюдалось. Наоборот содержание его в слое 100—150 см несколько уменьшилось, что может быть объяснено продолжавшимся стеканием гравитационной влаги.

В распределении SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+ по профилю почвы в течение опыта каких-либо закономерных изменений не наблюдалось.

Путем сопоставления результатов опытов 1952 и 1953 гг. мы смогли рассмотреть вопрос о влиянии дробления промывной нормы на скорость выщелачивания солей, которого мы уже касались при рассмотрении изменения запасов солей в монолитах 2 и 3. Этот вопрос имеет существенное значение. Л. П. Розов (1936), В. Р. Волобуев (1941), И. С. Рабочев (1954), В. С. Малыгин (1939) и другие показали, что дробление промывной нормы повышает эффект выщелачивания солей. Для сравнения были взяты монолит 2, на котором промывная норма давалась дробно, и монолиты 4, 6 и 8, где промывная норма давалась в один прием. Данные водных вытяжек для этих четырех монолитов, вычисленные в грамм-эквивалентах на 1 м², приведены в табл. 22.

Как видно, дробные промывки по 100 мм выщелачивают большее количество солей, чем одна промывка в 350 мм, и еще больше, чем одна промывка в 250 мм.

Таблица 23

Солевой состав выцветов, собранных с поверхностей монолитов
(Время промывки июнь 1953 г.; время взятия образцов — сентябрь 1954 г.;
мг-экв на 100 г сухой почвы)

Поверх- ность	Сухой остаток	Сумма солей	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+ (по разности)
Плотная	0,320	0,289	0	0,71	0,15	3,71	3,39	0,44	1,04
Рыхлая	0,403	0,384	0	0,71	0,05	5,05	4,86	0,16	0,79
Плотная	0,148	0,119	0	0,71	0,05	1,49	1,17	0,20	0,34
Рыхлая	0,169	0,142	0	0,71	0,05	1,49	1,77	Следы	0,48
Плотная	0,075	0,073	0	0,86	0,05	0,37	1,08	»	0,25
Рыхлая	0,088	0,089	0	0,86	0,05	0,42	1,03	»	0,30

В 1954 г. (через два года после промывки) на поверхности монолитов, которые оставались открытыми, появились солевые выцветы, наиболее отчетливо выраженные на монолитах, получивших по 150 мм воды. Анализ выцветов (табл. 23) показал, что эти выцветы состоят преимущественно из гипса. Значительно меньше в них содержания сульфатов натрия и магния, а хлориды отсутствуют полностью.

СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ИСПАРЕНИЯ И ДЕСУКЦИИ РАСТЕНИЙ НА ПЕРЕДВИЖЕНИЕ СОЛЕЙ ПРИ ПРОМЫВКАХ ПЛАНТАЖИРОВАННЫХ СОЛОНЧАКОВЫХ СОЛОНЦОВ (ТРЕТИЙ ОПЫТ)

Рассмотренные выше опыты велись без участия растительности. Чтобы выяснить влияние десукции на передвижение солей при промывке, в 1952 и в 1953 гг. были заложены специальные монолиты с посевом суданской травы. Площадь монолитов была равна 1 м², все они имели боковую бетонную или пергаминовую изоляцию; верхний 50-сантиметровый слой был перекопан. В 1952 г. на одном из таких монолитов (№ 13) после плантажа и первого полива, равного 100 мм, была выращена суданская трава. Этот монолит получил за лето 1952 г. пять поливов, в сумме составивших 630 мм.

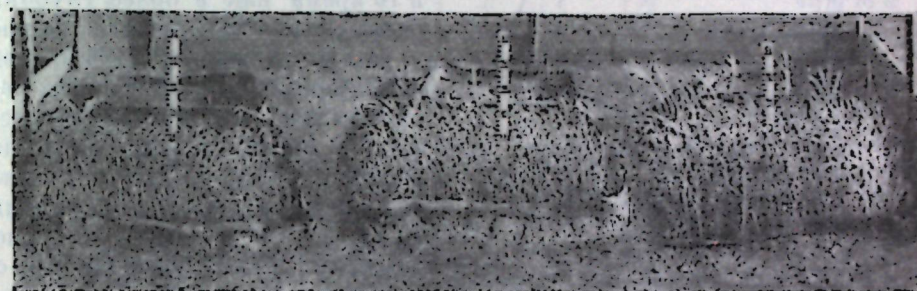


Рис. 18. Общий вид монолитов с суданской травой
Слева — полив 150 мм, в центре — 250 мм, справа — 350 мм

В 1953 г. монолитов с посевом суданской травы было три (№ 10, 11 и 12); они были политы один раз; монолит 10 получил 150 мм, монолит 11 — 250 мм, монолит 12 — 350 мм.

Как и в ранее рассмотренных опытах, все монолиты во избежание потерь влаги на испарение после полива, были тщательно закрыты. Через 15 дней их открыли и посеяли на них суданскую траву.

В первые дни после появления всходов (на пятый день после посева) ежедневно давались небольшие дополнительные поливы по 3—4 мм, пока растения не укоренились. Всего дополнительно каждый монолит получил по 38 мм воды. С поливами вносилось также удобрение — азотнокислый аммоний из расчета 1 г на литр. Во всех трех случаях (монолиты 1953 г.) влажность почвы определялась три раза: через 15 дней после полива, в августе и в сентябре. На монолите 10, получившем при промывке 150 мм воды, суданская трава развивалась плохо (рис. 18). Поливом в 150 мм почва была промочена на 120 см. В слое 0—150 см создавался запас влаги в 391 мм (табл. 24). Потеря влаги из этого монолита наблюдалась в июне и июле. Начиная с августа, влажность в монолите 10 больше не изменялась, что объясняется прекращением к этому времени вегетации растений.

Верхний 50-сантиметровый слой в течение вегетации был иссушен полностью до влажности завядания¹, а слой 0—5 см — еще более. Полученная при помощи расчетов влажность завядания, равная примерно 11%, оказалась равной остаточной влажности, многократно наблюдавшейся.

¹ Величина влажности завядания определялась умножением величины максимальной гигроскопичности обессоленного образца на коэффициент 1,35.

ся в других почвах солонцового комплекса осенью; можно считать, что эта величина достаточно точно характеризует содержание весьма трудно доступной влаги. Общая мощность иссушенного слоя достигла 1,5 м, т. е. иссушение распространилось на весь промоченный слой и даже несколько глубже.

Почти все корни были сосредоточены в верхнем 60-сантиметровом слое (рис. 19). Основная их масса содержится в слое 0—40 см, который и был

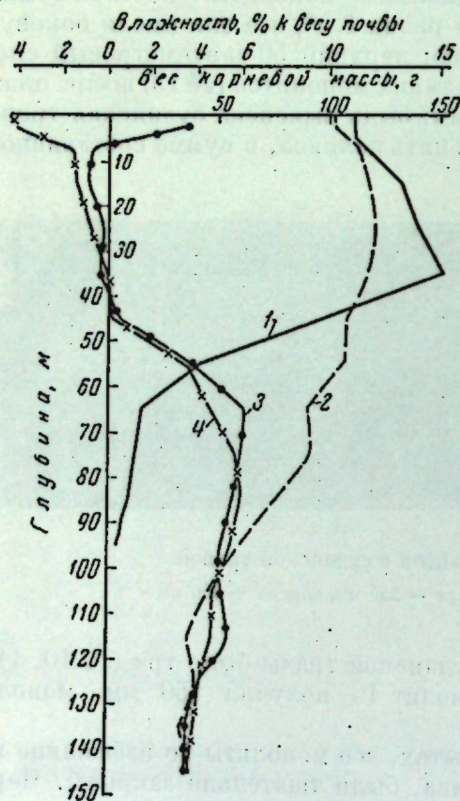


Рис. 19. Распределение массы корней и доступной влаги в солонце под травой (монолит 10; норма полива 150 мм)

1 — масса корней; 2 — влажность через 15 дней после проливки; 3 — через 1,5 мес.; 4 — через 2,5 мес.

нища хлоридов передвинулась вверх за время опыта на 20 см. Наблюдалось также отчетливо выраженное восходящее передвижение SO_4 и Na^+ , главным образом в слое 40—80 см, из которого, как уже отмечалось, влага подтягивалась в верхние слои. Передвижение других ионов дало нечетливую картину.

Монолит 11 получил полив в 250 мм, который промочил весь полутораметровый слой. Запас влаги в этом слое достиг 475 мм, что примерно соответствует величине наименьшей влагоемкости (табл. 25). В отличие от монолита 10, здесь расход влаги на десукцию наблюдался и в сентябре. Растения развивались лучше, чем на монолите 10 (рис. 18); они выбросили метелки, но урожая семян не дали.

иссушен до влажности завядания. Максимум содержания корней приходится на слой 30—40 см; выше их несколько меньше. Это объясняется, вероятно, тем, что поверхностный слой (с более высокой температурой) иссушился быстрее, в то время как в более глубоких слоях влага сохранялась дольше.

А. И. Швыряева (1940), ведя наблюдения в Джаныбекском районе, нашла, что максимум содержания массы корней целинной растительности на солончаковых солонцах находится на глубине 15 см от поверхности. В нашем опыте на глубину более 60—100 см проникло лишь небольшое количество корней суданки, хотя слой почвы 60—100 см потерял заметное количество влаги. Можно полагать, что расход влаги из этого слоя происходил частично путем подтягивания ее в слой 0—60 см.

Рассмотрим передвижение солей в этом монолите (рис. 20). Ион хлора в результате полива был выщелочен из верхнего 50-сантиметрового слоя почти полностью. К августу (через полтора месяца после начала наблюдений) хлориды несколько подтянулись вверх; такое же передвижение, но более ясно выраженное, наблюдалось и в сентябре. В целом верхняя граница

Таблица 24
Влияние испарения и десукции на изменение постоянных запасов влаги в мелкоризованном солонце (монолит 10; полив 150 мм)

Глубина взятия об- разца, см	До полива			После полива 26.VI			10.VIII			15.IX		
	Запас влаги, мм			Запас влаги, мм			Запас влаги, мм			Запас влаги, мм		
	объемный вес, г/см ³	при влаж- ности за- выдания		объемный вес, г/см ³	при влаж- ности за- выдания		объемный вес, г/см ³	при влаж- ности за- выдания		объемный вес, г/см ³	при влаж- ности за- выдания	
		общий	доступ- ной		общий	доступ- ной		общий	доступ- ной		общий	доступ- ной
0—5	1,34	1,8	—5,5	1,36	14,3	7,4	9,9	7,4	+2,5	5,9	7,4	—1,5
5—10	1,34	9,8	2,5	1,46	16,1	8,0	7,4	8,0	0,6	6,7	8,0	—1,3
10—20	1,34	20,6	6,0	1,50	33,9	16,4	14,9	16,4	—1,5	14,9	16,4	—1,5
20—30	1,34	18,9	4,3	1,51	34,7	16,5	16,0	16,5	—0,5	15,4	16,5	—1,1
30—40	1,34	18,1	3,5	1,49	33,8	16,2	15,7	16,2	—0,5	16,2	16,2	0
40—50	1,34	17,4	2,8	1,47	32,3	16,0	16,6	16,0	—0,6	17,6	16,0	+1,6
50—60	1,21	86,6	13,6	1,21	105,1	80,5	80,5	80,5	—1,2	76,7	80,5	—3,8
60—70	1,17	15,4	2,3	1,17	26,1	13,1	17,7	13,1	+4,6	17,4	13,1	+4,3
70—80	1,23	15,0	2,2	1,17	24,2	12,8	19,4	12,8	6,6	18,3	12,8	5,5
80—90	1,23	16,0	2,7	1,23	24,2	13,3	19,4	13,3	—6,1	20,3	13,3	7,0
90—100	1,23	17,6	3,7	1,23	23,2	13,9	20,9	13,9	7,0	21,2	13,9	7,3
100—110	1,30	19,6	4,5	1,30	23,0	15,1	22,8	15,1	7,7	22,2	15,1	7,1
110—120	1,30	83,6	15,4	1,30	120,7	68,2	100,2	68,2	+32,0	99,4	68,2	31,2
120—130	1,35	19,8	4,8	1,35	20,8	15,0	21,6	15,0	6,6	21,2	15,0	6,2
130—140	1,43	20,8	5,9	1,35	20,0	14,9	21,6	14,9	6,7	21,3	14,9	6,4
140—150	1,47	21,5	6,5	1,43	21,2	15,6	21,5	15,6	5,9	21,5	15,6	5,9
150—160	1,47	23,1	6,5	1,47	21,6	16,6	21,8	16,6	5,2	22,3	16,6	5,7
160—170	1,50	22,7	6,5	1,50	21,9	16,2	22,1	16,2	5,9	21,8	16,2	5,6
170—180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180—190	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
190—200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200—210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
210—220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
220—230	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
230—240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
240—250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250—260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
260—270	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
270—280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
280—290	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
290—300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300—310	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
310—320	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
320—330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
330—340	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
340—350	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
350—360	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
360—370	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
370—380	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
380—390	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
390—400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
400—410	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
410—420	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
420—430	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
430—440	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
440—450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
450—460	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
460—470	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
470—480	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
480—490	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
490—500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500—510	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
510—520	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
520—530	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
530—540	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
540—550	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
550—560	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
560—570	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
570—580	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
580—590	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
590—600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
600—610	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
610—620	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
620—630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
630—640	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
640—650	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
650—660	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
660—670	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
670—680	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
680—690	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
690—700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
700—710	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
710—720	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
720—730	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
730—740	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
740—750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
750—760	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
760—770	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
770—780	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
780—790	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
790—800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
800—810	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
810—820	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
820—830	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
830—840	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
840—850	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
850—860	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
860—870	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
870—880	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
880—890	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
890—900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
900—910	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
910—920	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
920—930	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
930—940	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
940—950	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
950—960	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
960—970	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
970—980	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
980—990	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
990—1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Глубина об- раба, см	До промывки				После промывки 27.VI				11.VIII				16.IX			
	Запас влаги, мм		Запас влаги, мм		Запас влаги, мм		Запас влаги, мм		Запас влаги, мм		Запас влаги, мм		Запас влаги, мм		Запас влаги, мм	
	общий	при влаж- ности за- вядания	общий	при влаж- ности за- вядания	общий	при влаж- ности за- вядания	общий	при влаж- ности за- вядания	общий	при влаж- ности за- вядания	общий	при влаж- ности за- вядания	общий	при влаж- ности за- вядания	общий	при влаж- ности за- вядания
объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³	объемный вес, г/см³
0-50	1,34	1,8	7,3	-5,5	1,36	7,4	7,4	8,5	7,4	1,1	6,1	7,4	1,1	6,1	7,4	8,7
5-10	1,34	9,8	7,3	+2,5	1,46	8,0	8,0	7,8	8,0	0,2	6,9	8,0	0,2	6,9	8,0	9,3
10-20	1,34	20,6	14,6	6,0	1,50	16,4	16,4	16,7	16,4	+0,3	15,7	16,4	+0,3	15,7	16,4	18,2
20-30	1,34	18,9	14,6	4,3	1,51	16,5	16,5	17,9	16,5	1,4	16,9	16,5	1,4	16,9	16,5	18,2
30-40	1,34	18,1	14,6	3,5	1,49	16,2	16,2	19,0	16,2	2,8	16,8	16,2	2,8	16,8	16,2	18,6
40-50	1,34	17,4	14,6	2,8	1,47	16,0	16,0	23,0	16,0	7,0	17,6	16,0	7,0	17,6	16,0	18,7
0-50		86,6	73,0	+13,6	172,2	80,5	80,5	92,9	80,5	12,4	80,0	80,5	12,4	80,0	80,5	91,7
50-60	1,21	15,4	13,1	2,3	1,21	13,1	13,1	22,0	13,1	8,9	14,9	13,1	8,9	14,9	13,1	13,7
60-70	1,17	15,0	12,8	2,2	1,17	12,8	12,8	24,9	12,8	12,1	16,0	12,8	12,1	16,0	12,8	12,4
70-80	1,23	16,0	13,3	2,7	1,23	13,3	13,3	26,1	13,3	12,8	21,0	13,3	12,8	21,0	13,3	10,9
80-90	1,23	17,6	13,9	3,7	1,23	13,9	13,9	26,0	13,9	12,1	23,3	13,9	12,1	23,3	13,9	7,6
90-100	1,30	19,6	15,1	4,5	1,30	15,1	15,1	27,3	15,1	12,2	25,2	15,1	12,2	25,2	15,1	6,1
50-100		83,6	68,2	15,4	151,1	68,2	68,2	126,3	68,2	58,1	100,4	68,2	58,1	100,4	68,2	50,7
100-110	1,30	19,8	15,0	4,8	1,30	15,0	15,0	26,7	15,0	11,7	25,0	15,0	11,7	25,0	15,0	5,6
110-120	1,35	20,8	14,9	5,9	1,35	14,9	14,9	26,9	14,9	12,0	26,0	14,9	12,0	26,0	14,9	4,5
120-130	1,43	21,5	15,6	5,9	1,43	15,6	15,6	28,1	15,6	12,5	26,6	15,6	12,5	26,6	15,6	4,1
130-140	1,47	23,1	16,6	6,5	1,47	16,6	16,6	28,9	16,6	12,3	27,2	16,6	12,3	27,2	16,6	4,1
140-150	1,50	22,7	16,2	6,5	1,50	16,2	16,2	29,7	16,2	13,5	26,3	16,2	13,5	26,3	16,2	3,4
100-150		107,9	78,3	29,6	151,8	78,3	78,3	140,3	78,3	62,0	131,1	78,3	62,0	131,1	78,3	21,7
0-150		278,1	219,5	58,6	475,1	227,0	227,0	359,5	227,0	132,5	311,5	227,0	132,5	311,5	227,0	164,1

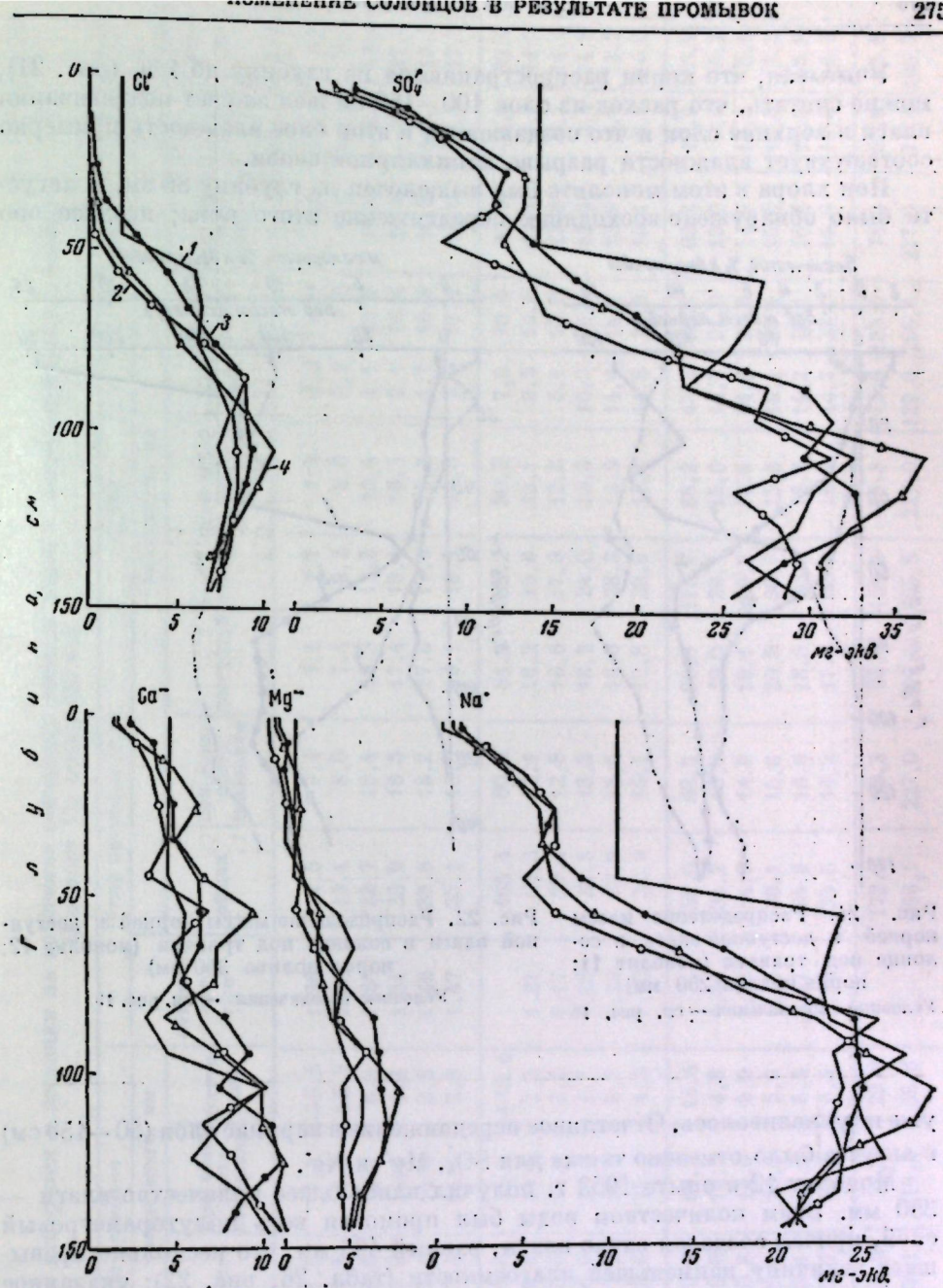


Рис. 20. Влияние испарения и десукции растений на перемещение Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+ в мелнированном солонце (монолит 10; норма полива 150 мм)
1 — до промывки; 2 — через 15 дней после промывки; 3 — через 1,5 мес.; 4 — через 2,5 мес.

Запас влаги уменьшился во всем полутораметровом слое. Исушение до влажности завядания и здесь распространилось на глубину около 40 см. Величины расхода из каждого 10-сантиметрового слоя, в пределах слоя 0—50 см, составляют около 18 мм, что соответствует запасу доступной влаги. В слое 50—100 см величина расхода влаги с глубиной быстро уменьшалась. Расход влаги из третьего полуметрового слоя с глубиной изменяется мало и равняется примерно 4 мм на 10-сантиметровый слой.

Учитывая, что корни распространяются на глубину до 1 м (рис. 21), можно считать, что расход из слоя 100—150 см шел за счет подтягивания влаги в верхние слои и что создавшаяся в этом слое влажность примерно соответствует влажности разрыва капиллярной связи.

Ион хлора в этом монолите был выщелочен на глубину 80 см. В августе было обнаружено восходящее передвижение этого иона; позднее оно

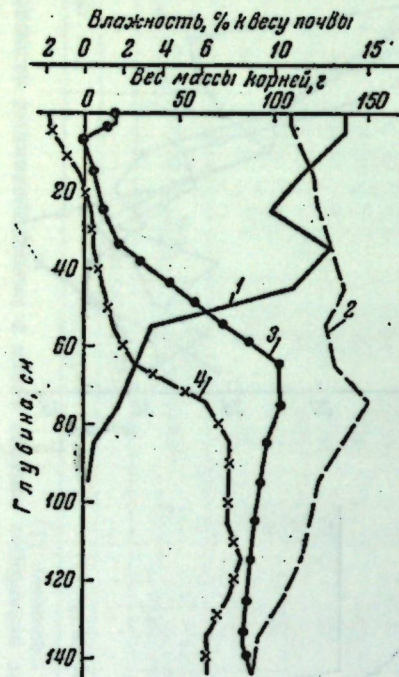


Рис. 21. Распределение массы корней и доступной влаги в солонце под травами (монолит 11; норма полива 250 мм)

Условные обозначения — см. рис. 19

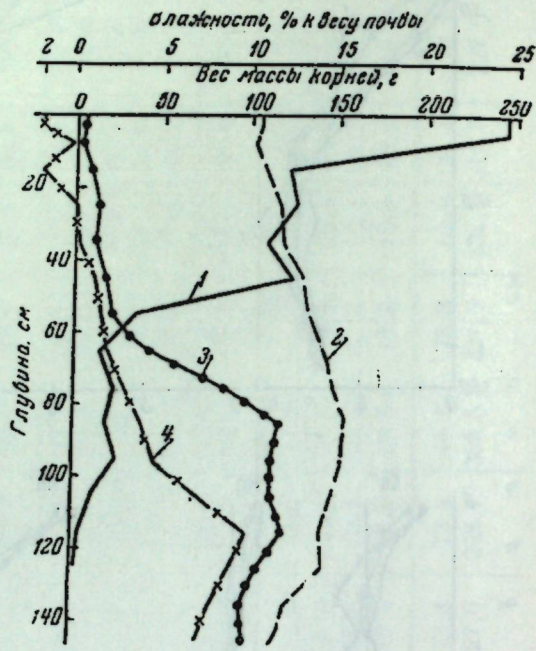


Рис. 22. Распределение массы корней и доступной влаги в солонце под травами (монолит 12; норма полива 350 мм)

Условные обозначения — см. рис. 19

уже не улавливалось. Отчетливое передвижение в верхние слои (50—150 см) в августе было отмечено также для SO_4 , Mg^{++} и Na^+ .

Монолит 12 в опыте 1953 г. получил наибольшее количество влаги — 350 мм. Этим количеством воды был промочен весь полуметровый слой, причем создан запас влаги, равный 496 мм, что несколько превышает величину наименьшей влагоемкости (табл. 26, рис. 22); указанное превышение охватило большой слой (80—150 см).

Растения на монолите 12 развивались нормально до полного созревания. Расход влаги на испарение и десукцию происходил и в августе, и в сентябре. Процессом иссушения была охвачена вся 150-сантиметровая толща монолита. Однако максимальное иссушение до влажности завядания охватило и здесь лишь верхний 40-сантиметровый слой, хотя основная масса корней распространялась до глубины 60 см. Необходимо отметить, что поскольку в слое 80—150 см в начале опыта имелось некоторое количество гравитационной влаги (сверх количества, соответствующего наименьшей влагоемкости), постольку часть расхода должна быть объяснена просачиванием влаги вглубь, так как корни не могли быстро

Таблица 26

Влияние испарений и десукции на изменение последних запасов влаги в мелпорированном солонце (Монолит 12; полив 350 мм)

Глубина вглубь образца, см	До проливки				После проливки 28.VI				12.VIII				17.IX				Расход влаги, мм					
	объемный вес, г/см³	запас влаги, мм		общий	объемный вес, г/см³	общий	доступной	при влажности завядания	общий	при влажности завядания	доступной	общий	при влажности завядания	общий	доступной							
		при влажности завядания	общий													при влажности завядания		общий	при влажности завядания	общий	при влажности завядания	общий
0—50	1,34	1,8	7,3	1,36	14,5	7,4	7,1	7,7	7,4	0,3	6,0	7,4	—1,4	8,5								
5—10	1,34	9,8	7,3	1,46	15,4	8,0	7,4	8,2	8,0	0,2	7,0	8,0	—1,0	8,4								
10—20	1,34	20,6	14,6	1,50	32,7	16,4	16,3	17,5	16,4	1,1	13,3	16,4	—3,1	19,4								
20—30	1,34	18,9	14,6	1,51	33,9	16,5	17,4	18,4	16,5	2,1	16,3	16,5	—0,1	17,5								
30—40	1,34	18,1	14,6	1,49	33,8	16,2	17,6	17,9	16,2	1,7	16,3	16,2	+0,1	17,5								
40—50	1,34	17,4	14,6	1,47	35,1	16,0	19,1	18,5	16,0	2,5	17,4	16,0	1,4	17,7								
0—50		86,6	73,0		165,4	80,5	84,9	88,2	80,5	7,9	76,4	80,5	—4,1	89,0								
50—60	1,21	15,4	13,1	1,21	29,3	13,1	16,2	15,6	13,1	2,5	14,8	13,1	1,7	14,5								
60—70	1,17	15,0	12,8	1,17	29,4	12,8	16,6	17,9	12,8	5,1	15,0	12,8	2,2	14,4								
70—80	1,23	16,0	13,3	1,23	31,5	13,3	18,2	24,0	13,3	10,7	16,7	13,3	3,4	14,8								
80—90	1,23	17,6	13,9	1,23	32,9	13,9	19,0	28,3	13,9	14,4	18,7	13,9	4,8	13,2								
90—100	1,30	19,6	15,1	1,30	34,9	15,1	19,8	29,9	15,1	14,8	20,9	15,1	5,8	14,0								
50—100		83,6	68,2		158,0	68,2	89,8	115,7	68,2	47,5	86,1	68,2	17,9	70,9								
100—110	1,30	19,8	15,0	1,30	34,2	15,0	19,2	29,7	15,0	14,7	24,0	15,0	9,0	10,2								
110—120	1,35	20,8	14,9	1,35	34,0	14,9	19,1	29,8	14,9	14,9	28,4	14,9	13,5	5,6								
120—130	1,43	21,5	15,6	1,43	36,1	15,6	20,5	30,7	15,6	15,1	28,4	15,6	12,8	7,7								
130—140	1,47	23,1	16,6	1,47	34,9	16,6	18,3	30,8	16,6	14,2	28,1	16,6	11,5	5,8								
140—150	1,50	22,7	16,2	1,50	33,5	16,2	17,3	30,9	16,2	14,7	27,0	16,0	10,8	6,5								
100—150		107,9	78,3		172,7	78,3	94,4	151,9	78,3	73,6	135,9	78,3	57,6	35,8								
0—150		278,1	219,5		496,1	227,0	269,1	355,8	227,0	129,0	298,4	227,0	71,4	195,7								

достичь этого слоя и отсосать имевшийся в нем избыток гравитационной влаги.

Поведение легкорастворимых солей в этом монолите характеризуется более глубоким выщелачиванием их. После промывки Cl' был почти полностью выщелочен из слоя 0—130 см (рис. 23). В августе и особенно в сентябре наблюдалось небольшое восходящее передвижение Cl' в пределах слоя 110—150 см, вызванное, очевидно, подтягиванием влаги из нижележащих слоев. Передвижение остальных ионов было неотчетливым.

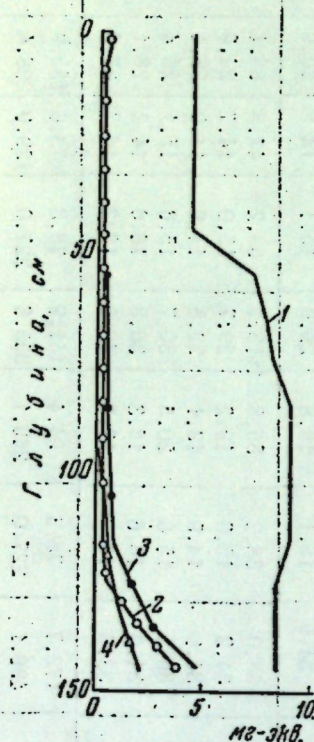


Рис. 23. Влияние испарения и десукции растений на передвижение Cl' (монолит 12; норма полива 350 мм).
Условные обозначения — см. рис. 20

Нижний максимум соответствует глубине выщелачивания основной массы солей в результате промывки; второй максимум расположен непосредственно под слоем наибольшего содержания корней и связан с их деятельностью. Накопление сульфата натрия на этой глубине произошло, очевидно, благодаря тому, что здесь солевой раствор, подтягивающийся снизу, перехватывался корнями, которые, усваивая влагу, оставляли соли в почве.

Восходящее передвижение Cl' , также происходило, но оно было менее выражено вследствие того, что в составе почвенных растворов его гораздо меньше.

Так как нормы полива для монолитов 10, 11 и 12 были различны, и урожай растительной массы на них оказался неодинаковым: на монолите 10 вес сырой массы равнялся 300 г, сухой 133 г, на монолите 11 — сырой 450 г, сухой 210 г, на монолите 12 — сырой 730 г, сухой 308 г.

Для определения продуктивности расхода влаги мы сделали следующий расчет. Было принято условно, что физическое испарение на монолитах с травой составило 50% от величины испарения на монолитах без травы (с плотной поверхностью). Кроме того, для монолита 12 мы ввели поправку на просачивание гравитационной влаги вглубь, приняв ее

Чтобы выяснить, каким фактором определяется строение корневых систем и глубина распространения корней, мы построили графики, на которых на солевые профили наложено распределение по почвенному профилю корневых масс (рис. 24). Развитие основной массы корней во всех трех монолитах (10, 11 и 12) связано со слоем, подвергнутом плантажу (50 см). Соли, выщелоченные на ту или иную глубину от поверхности, влияют на развитие растений и глубину распространения корневых систем. Так, в монолите 10 общая глубина проникновения корней была равна 85 см; в монолите 11, получившем 250 мм воды, глубина проникновения корней равнялась 95 см; в монолите 12, получившем 350 мм воды, в отличие от рассмотренных выше монолитов общая глубина проникновения корней достигает 125 см.

В опытах с суданской травой было интересным поведение SO_4 и Na (рис. 24). Содержание этих ионов в монолитах 11 и 12 к концу лета дало два максимума: нижний максимум располагался на глубине 120—140 см, верхний — на глубине 50—60 см от поверхности. Нижний максимум соответствует глубине выщелачивания основной массы солей в результате промывки; второй максимум расположен непосредственно под слоем наибольшего содержания корней и связан с их деятельностью. Накопление

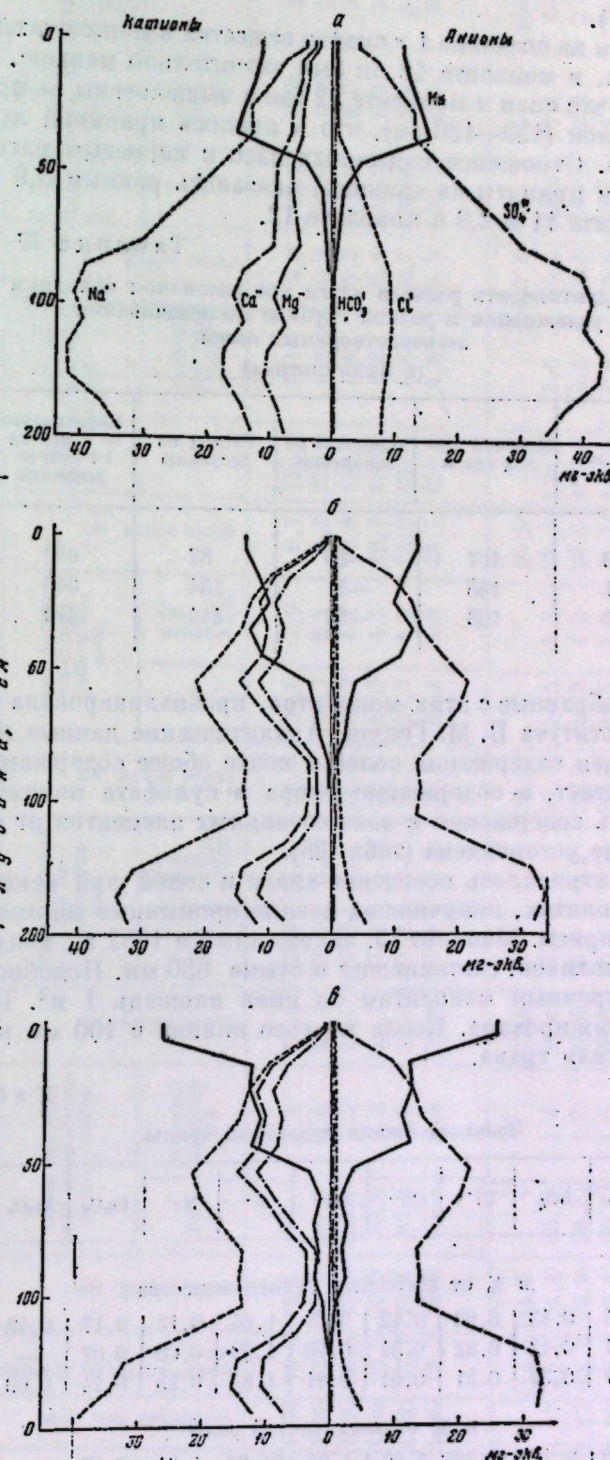


Рис. 24. Солевые профили солонцов и распределение в них корней
а — монолит 10, б — монолит 11, в — монолит 12; M_k — масса корней

равной 50% от избыточного против наименьшей влагоемкости количества влаги (табл. 27).

Расход влаги на создание 1 г сухого вещества в монолитах 10 и 11 был почти одинаков, в монолите 12 он был значительно меньше. Это можно объяснить тем, что соли в монолите 12 были выщелочены за пределы корнеобитаемого слоя (120—130 см), что и явилось причиной лучшего развития растений. Отношение надземных масс к корневым массам (корневые массы были приняты за единицу) оказалось равным 5,9 в монолите 10, 3,3 в монолите 11 и 2,9 в монолите 12.

Таблица 27

Продуктивность расхода влаги при различном исходном увлажнении и разной глубине выщелачивания легкорастворимых солей (в миллиметрах)

Монолит	Валовой расход влаги	Поправка на испарение	Расход на десукцию	Израсходовано влаги на 1 г сухого вещества
10	107	—20	87	650
11	165	—31	134	640
12	198	—54	144	470

Растения, собранные с этих монолитов, проанализировала сотрудница Почвенного института Б. М. Голуш. Аналитические данные показывают, что с понижением содержания солей в почве общее содержание золы несколько возрастает, а содержание хлора и сульфата понижается. Четкая зависимость содержания в золе остальных элементов от содержания солей в почве не установлена (табл. 28).

Выше рассматривалось поведение влаги и солей при испарении и десукции на монолитах, получивших разные промывные нормы, по дававшиеся в один прием. Монолит 13, заложенный в 1952 г., получил в течение лета пять поливов, составивших в сумме 630 мм. Подобно трем только что рассмотренным монолитам он имел площадь 1 м². Поверхность его была плантажирована. После первого полива в 100 мм на нем была посеяна суданская трава.

Таблица 28

Зольный состав суданской травы

Монолит	Зола чистая	SiO ₂	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Сумма
в % от абсолютно сухого вещества												
10	7,47	3,14	0,43	0,93	0,42	0,09	1,64	0,12	0,17	0,48	0,31	7,70
11	7,54	2,91	0,43	0,62	0,31	0,46	1,99	0,08	0,07	—	0,61	7,48
12	8,77	4,17	0,37	0,51	0,51	0,41	1,83	0,25	0,14	0,09	0,41	8,69
в % от веса чистой золы												
10	7,47	42,03	5,76	12,48	5,62	1,20	21,95	1,61	2,27	—	4,15	—
11	7,54	38,59	5,70	8,22	4,11	6,10	26,39	1,06	0,92	—	8,10	99,19
12	8,77	47,54	4,21	5,81	5,81	4,67	20,86	2,85	1,50	1,03	4,68	98,66

Таблица 29

Влияние испарения и десукции на изменение постоянных запасов влаги в мелнированном солонце (монолит 13)

Глубина влияния образца, см	Объемный вес, г/см ³	Запас влаги до промывки, мм	После 1-й промывки		После 2-й промывки		После 3-й промывки		После 4-й промывки		После 5-й промывки		Запас влаги при наименьшей влагоемкости, мм
			через данный слой профильтровалась влага	величин. кратных НВ	через данный слой профильтровалась влага	величин. кратных НВ	через данный слой профильтровалась влага	величин. кратных НВ	через данный слой профильтровалась влага	величин. кратных НВ	через данный слой профильтровалась влага	величин. кратных НВ	
0—5	1,30	11,1	108,0	6,5	13,3	97,8	5,9	13,3	130,0	7,9	150,0	9,1	16,5
5—10	1,30	11,6	107,2	6,8	11,2	97,8	6,2	13,5	127,7	8,1	150,0	9,6	15,7
10—20	1,30	13,1	106,1	3,4	26,6	97,8	3,2	22,1	127,7	4,1	150,0	4,8	30,8
20—30	1,30	28,5	99,5	3,2	26,7	97,8	3,2	23,1	127,7	4,1	150,0	4,8	30,8
30—40	1,30	25,3	87,8	2,8	29,6	97,8	3,1	25,2	127,7	4,1	150,0	4,8	31,5
40—50	1,30	18,2	77,5	2,5	28,1	97,8	3,2	28,7	127,1	4,1	150,0	4,8	30,8
0—50	1,17	114,4	68,7	2,4	135,5	97,5	3,4	125,9	124,3	4,4	150,0	5,6	156,1
50—60	1,17	16,0	58,7	1,7	25,1	95,0	3,2	27,9	124,3	4,2	150,0	5,1	28,5
60—70	1,17	15,9	50,8	1,5	28,5	90,8	2,7	28,3	124,3	3,7	149,5	4,4	29,7
70—80	1,30	18,2	44,9	1,3	30,3	86,1	2,5	30,6	122,2	3,6	149,5	4,4	33,7
80—90	1,34	19,6	40,3	1,2	30,2	82,2	2,4	32,4	120,5	3,5	149,5	4,4	34,0
90—100	1,41	22,8	27,4	—	31,3	—	—	33,0	—	—	—	—	33,9
50—100	—	92,5	129,7	—	145,4	—	—	152,2	—	—	—	—	159,8
0—100	—	206,9	274,2	—	280,9	—	—	278,1	—	—	—	—	315,9

Первоначальная скорость впитывания влаги в этом монолите при первом поливе оказалась высокой, примерно такой же, как и во втором монолите (см. табл. 5). При следующих поливах она удерживалась на высоком уровне. Это можно объяснить наличием корней и сильным иссушением верхних слоев почвы, приводящим к образованию трещин.

Скорость впитывания воды на плаштажированном солончаковом солонце при посеве суданской травы (монолит 13) указана ниже:

№ полива	1	2	3	4	5
Норма полива, м . . .	100	100	130	150	150
Время впитывания, часы	2,75	4,33	4,83	5,25	2,91

Запасы влаги в первом полуметровом слое в течение всего опыта были несколько меньше наименьшей влагоемкости, а во втором полуметровом слое были близки к этой величине (табл. 29).

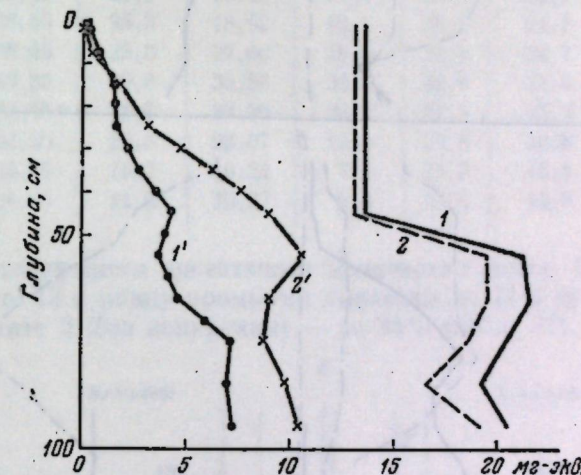


Рис. 26. Влияние испарения и десукции растений на изменение суммы сульфатов Na и Mg.
1 — монолит 2 до промывки, 1' — после промывки;
2 — монолит 13 до промывки, 2' — после промывки

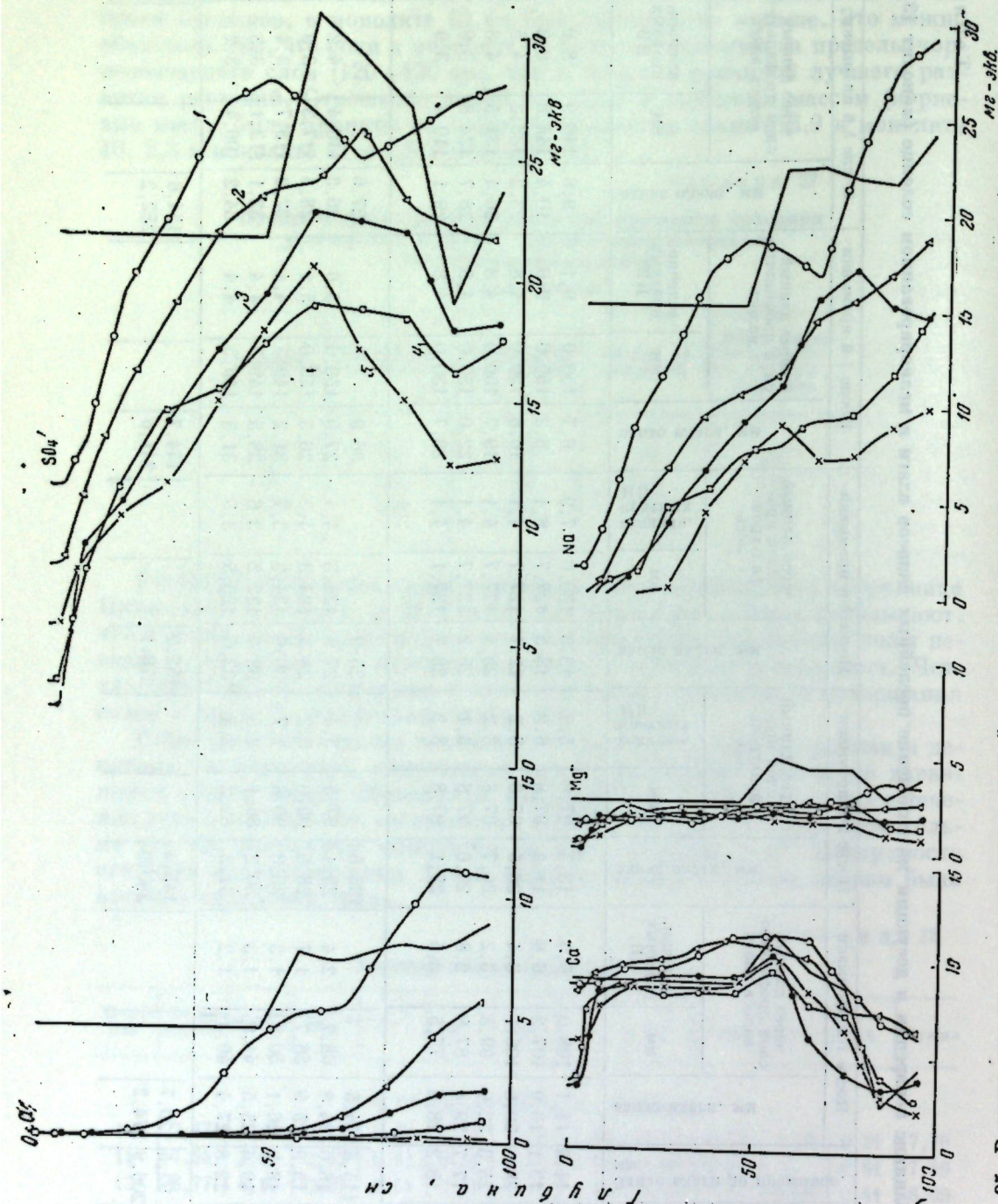
Прогрессивное иссушение верхнего полуметрового слоя наблюдалось с начала опыта вплоть до августа (когда был дан четвертый полив). В сентябре запас влаги несколько повысился вследствие прекращения роста растений. Как же изменялось в почвенном профиле распределение солей при дробной промывке и при наличии испарения и десукции?

Испарение и десукция не препятствовали прогрессивному выщелачиванию Cl' (рис. 25). После пяти поливов его содержание во всем метровом слое стало ничтожным (0,1—0,2 мг-экв); основная масса Cl' была выщелочена вторым поливом, когда растения еще не достигли своего максимального развития.

Выщелачивание SO_4 шло медленнее, но и оно имело прогрессивный характер. Вместе с тем наличие растений, расходуя значительное количество влаги, сильно замедлило вынос сульфатов. Особенно четко это видно при сравнении поведения сульфатов магния и натрия в опыте без испарения и в опыте с испарением и десукцией.

Исходные содержания Na_2SO_4 и $MgSO_4$ были довольно близкими. После промывок наблюдалась заметная разница в их содержании, особенно

Рис. 25. Влияние испарения и десукции растений на перемещение Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , Cl^- и SO_4^{--} в мелнированном солонце при последовательных промывках (монолит 13)



в слое 50—60 см, расположенном под слоем с максимальным содержанием корней. На этой глубине содержание сульфатов дает пик на кривой, относящейся к монолиту 13 (рис. 26).
Посмотрим, как вел себя «активный кальций» при промывках на этом монолите.

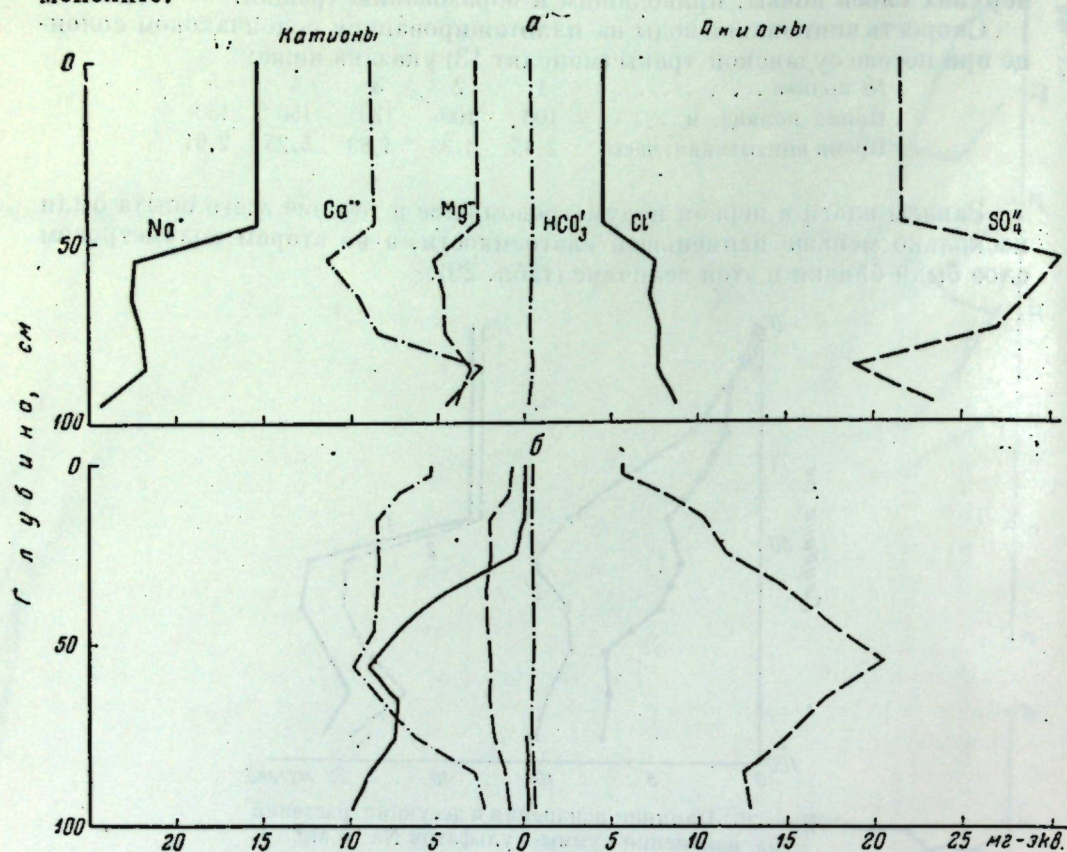


Рис. 27. Солевые профили мелиорированного солончака под травой (норма полива 630 мм)
а — до промывок, б — после промывок

Во втором монолите при отсутствии испарения через верхние слои почвы проходило больше влаги, чем через монолит 13, где влага верхних слоев перехватывалась корнями растений. Это отразилось на содержании «активного кальция» (табл. 30). При наличии испарения и десукции содержание его уменьшилось, но не так значительно, как при их отсутствии.

Мало изменилось содержание Ca^{++} , определяемое в водных вытяжках (рис. 27), и содержание Mg^{++} ; после первого полива наблюдалось некоторое выщелачивание Mg^{++} из второго полуметрового слоя. Дальнейшие поливы не изменили содержания Mg^{++} . Содержание Na^+ наиболее заметно снижалось после второго полива; это можно объяснить тем, что к тому времени растения еще не расходовали больших количеств влаги. В дальнейшем содержание Na^+ уменьшилось медленно. В целом после промывки в солевом профиле под травами наступили изменения, но они были выражены не так резко, как в мелиорированном солончаке, в опыте без испарения (монолит 2) (см. рис. 29). Медленное выщелачивание Na^+ дало основание опасаться, что при промывке под травами будет происходить вторичное осолонцевание. Однако опыт показал, что этого не происходит, так

Таблица 30
Влияние испарения и десукции на изменение суммы сульфатов и «активного кальция» в мелиорированных солончаках (в г-экв на 1 м²)

Глубина взятия образца, см	Монолит 13				Монолит 2			
	До промывок		После промывок (дано 630 мм) воды		До промывок		После промывок (дано 500 мм воды)	
	сумма SO_4^{--}	«активный кальций»	сумма SO_4^{--}	«активный кальций»	сумма SO_4^{--}	«активный кальций»	сумма SO_4^{--}	«активный кальций»
0—5	38,45	25,3	26,39	26,3	38,5	24,7	8,2	7,0
5—10	38,45	25,3	12,78	16,4	38,5	24,7	10,1	9,4
10—20	38,45	24,3	18,51	16,8	38,5	24,7	11,4	9,7
20—30	38,45	25,3	20,46	17,4	38,5	24,7	16,3	14,7
30—40	38,45	25,3	18,52	12,1	38,5	24,7	16,6	13,9
40—50	38,45	25,3	27,66	18,6	38,5	24,7	19,4	15,1
50—60	49,35	29,6	34,36	23,7	48,9	27,4	24,8	21,1
60—70	51,48	31,7	29,20	20,2	47,5	25,7	23,0	18,4
70—80	42,50	23,8	22,07	13,3	35,6	16,8	22,1	14,9
80—90	32,79	16,2	16,24	7,6	35,5	13,1	27,3	20,3
90—100	31,26	12,0	15,87	5,4	33,0	14,0	23,8	16,6

как в почве содержится достаточное количество гипса. Общий запас солей в монолите 13 к концу промывки снизился до 47% от исходного запаса, а в монолите 2 (без испарения) — до 34% (табл. 31). Таким образом,

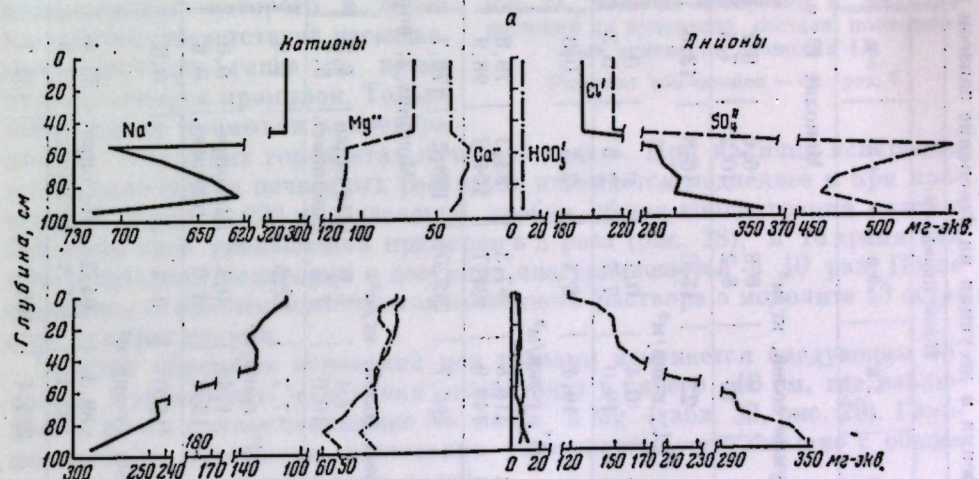


Рис. 28. Влияние испарения и десукции растений на изменение состава почвенных растворов (монолит 13)
а — до промывок, б — после промывок

при дробных промывках испарение и десукция, как и следовало ожидать, замедляют выщелачивание солей. После пяти промывок запас SO_4^{--} в метровом слое монолита 13 был равен 179 г-экв/м², в то время, как в монолите 2 он равнялся 133 г-экв/м². Исходные запасы сульфатного иона у обоих монолитов близкие.

Таблица 31

Влияние испарения и десукции на изменение запасов ионов солей в процессе промывок мелиорированного солонча

Глубина слоя, см	До промывки	После промывки					До промывки	После промывки					До промывки	После промывки
		г-экв/м²						г-экв/м²						
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й		

Монолит 13; норма полива 630 мм													
Сумма солей, кг/м²													
0-50	12	11	9	6,8	6,6	6,1	56,5	63,3	64,4	53,5	49,6	53,2	«Активный кальций»
50-100	15	15	13	8,2	10,2	7,4	45,6	55,6	52,6	34,3	47,2	36,8	164,6
0-100	27	26	22	15,0	16,8	13,5	102,1	118,9	117,0	87,8	96,8	90,0	141,2
Cl', г-экв/м²													
0-50	29,2	7,5	0,4	0,7	0	0	17,9	12,5	14,9	12,0	12,6	12,5	305,8
0-100	50,7	53,3	19,0	7,7	2,5	0,3	27,6	20,9	17,3	13,8	13,0	10,2	112,1
SO₄, г-экв/м²													
0-50	79,9	60,8	19,4	8,4	2,5	0,3	45,5	33,4	32,2	25,8	25,6	22,7	86,4
0-100	142,3	143,3	116,8	87,3	83,3	79,8	99,4	77,6	41,1	26,8	29,4	16,1	198,5
50-100	165,5	171,8	149,9	131,7	104,9	98,9	144,7	149,7	100,7	94,9	85,0	55,1	29,0
0-100	307,8	315,1	266,7	219,0	188,2	178,7	244,1	227,3	141,8	121,7	114,4	71,2	64,4
Монолит 2; норма полива 500 мм													
Сумма солей, кг/м²													
0-50	11,7	10,7	7,1	5,0	Не опре- делялась	4,2	6,01	56,6	45,8	41,4	Не опре- делялся	40,8	«Активный кальций»
50-100	15,3	15,6	10,6	7,5	—	5,7	44,3	59,6	52,8	43,7	—	35,8	193,2
0-100	27,0	26,3	17,7	12,5	—	9,9	104,4	116,2	98,6	85,1	—	76,6	146,7
Cl', г-экв/м²													
0-50	30,6	10,5	1,4	0,1	Не опре- делялась	0,0	17,6	16,2	11,6	9,8	Не опре- делялся	9,4	339,9
50-100	51,4	45,8	13,6	1,3	—	0,6	30,5	26,8	17,7	11,5	—	7,7	206,1
0-100	82,0	56,3	15,0	1,4	—	0,6	48,1	43,0	29,3	21,3	—	17,1	193,2
SO₄, г-экв/м²													
0-50	149,2	137,0	89,3	64,2	Не опре- делялась	55,4	104,3	76,9	38,3	16,9	Не опре- делялся	8,5	Обмен Na⁺, г-экв/м²
50-100	174,4	183,0	135,1	101,1	—	77,3	152,9	143,9	81,3	50,4	—	37,0	Не опре- делялся
0-100	323,6	320,0	224,4	165,3	—	132,7	257,2	220,8	117,6	67,3	—	45,5	—

То же можно сказать и о других ионах, за исключением Cl', который был полностью выщелочен из обоих монолитов.

Запас обменного натрия был меньше запаса «активного кальция». В процессе промывки это отношение, особенно в первом полуметровом слое, увеличилось, и после промывки «активного кальция» осталось больше, чем обменного натрия.

Рассмотрим, как изменяется при промывках состав почвенных растворов в монолите 13. В процессе его промывки концентрации Cl', SO₄ и Na' оставались более высокими, чем при отсутствии испарения и десукции, особенно в нижней части профиля. После второй промывки и в этом монолите, начиная с глубины 30—40 см, появился CO₃ и несколько увеличилась концентрация HCO₃. Увеличение этих ионов распространилось на глубину до 80 см. Ниже концентрация HCO₃ стала меньше, чем до промывки.

Концентрации ионов Cl', Mg'', SO₄ и Na' остаются более высокими по сравнению с концентрацией их в монолите 2, где испарение и десукция отсутствовали. Эта разница особенно усиливается к концу промывок.

Исключение составляет Ca'', концентрация которого в обоих монолитах соответствует насыщенному раствору гипса во время первых четырех промывок. Только после пятой промывки концентрация Ca'' в верхних горизонтах начинает падать. При наличии испарения и десукции состав почвенных растворов изменяется медленнее и при промывной норме в 630 мм, даваемой дробно, общая концентрация солей в метровом слое уменьшается примерно в 2 раза (рис. 28), в то время как при отсутствии испарения и десукции она уменьшается в 10 раз. После промывок основным компонентом почвенного раствора в монолите 13 остается сульфат натрия.

Состав обменных оснований под травами изменяется следующим образом. Наибольшие изменения происходят в слое 0—10 см, где наблюдается почти полное замещение Na' на Ca'' и Mg'' (табл. 32, рис. 29). Глубже степень замещения постепенно уменьшается, что связано с общим замедлением выщелачивания солей.

В заключение, с целью показать, как идет выщелачивание Cl' и SO₄ при разных поливных нормах при отсутствии испарения и десукции и при наличии их, приводим табл. 33. Исходные концентрации Cl' и SO₄, как видно, были близки. Под влиянием испарения и десукции снижение концентраций этих ионов сильно замедлялось. Особенно медленно снижалась концентрация SO₄. Однако довольно высокая концентрация в почвенном растворе Cl' и особенно SO₄ не мешала нормальному развитию суданской травы. Урожай на монолите 13 составил 800 г сырой (310 г сухой) массы.

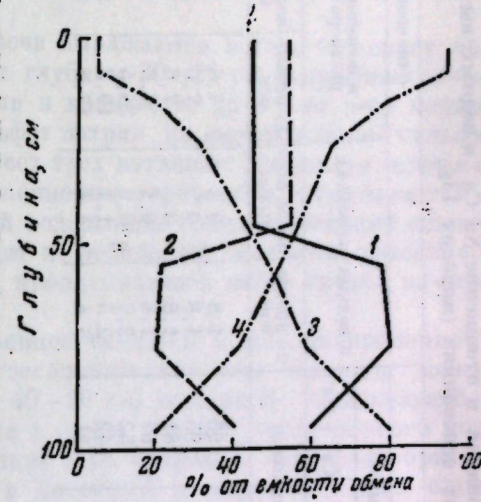


Рис. 29. Влияние испарения и десукции растений на изменение состава поглощенных оснований (монолит 13)

Условные обозначения — см. рис. 7

Влияние испарения и десукции на состав поглощенных оснований и отношение $\text{Na}^+:\text{Ca}^{++}$ в водных вытяжках, почвенных растворах и поглощенных основаниях (монолит 13)

Глубина пахотн. см	Поглощенные основания										Отношение											
	До промывок					После промывок					в водных вытяжках		в почвенных растворах		в поглощенных основаниях							
	емкость обмена	Са ⁺⁺	Na ⁺	Са ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	емкость обмена	Са ⁺⁺	Na ⁺	Са ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	емкость обмена	Са ⁺⁺							Na ⁺	Са ⁺⁺ + Mg ⁺⁺				
											(мг-экв. в % от емкости)					(мг-экв. в % от емкости)						
											(мг-экв. в % от емкости)					(мг-экв. в % от емкости)					до промывок	после промывок
0-5	16,0	7,2	45,5	54,5	14,1	0,8	5	95	1,8	0	7,6	15,1	0,8	0,05								
5-10	16,0	7,2	45,5	54,5	15,7	0,8	5	95	1,8	0	7,6	10,0	0,8	0,05								
10-20	16,0	7,2	45,5	54,5	16,3	3,1	49	81	1,8	0	7,6	11,1	0,8	0,2								
20-30	16,0	7,2	45,5	54,5	16,9	5,6	33	67	1,8	0,1	7,6	10,3	0,8	0,5								
30-40	15,6	12,2	77,7	22,3	14,6	6,9	48	52	2,0	0,9	24,5	6,7	3,5	0,9								
50-60	13,2	10,6	80,0	20,0	12,2	7,1	58	42	2,5	1,1	19,2	10,3	4,0	1,3								
70-80	12,6	7,7	61,1	38,9	11,8	9,3	79	21	5,4	4,1	17,5	10,7	1,5	3,8								
90-100																						

Отношение

в водных вытяжках

растворах

до промывки

после промывки

до промывки

после промывки

до промывки

после промывки

до промывки

после промывки

до промывки

после промывки

Таблица 33

Концентрации Cl^- и SO_4^{--} в почвенных растворах после промывки мелиорированных солонцов (в мг-экв./л)

Глубина пахотн. см	Монолит 3 (испарение)						Монолит 2 (испарение)						Монолит 13 (испарение и десукция)					
	До промывки			После пяти промывок (1250 мм воды)			До промывки			После пяти промывок (500 мм воды)			До промывки			После пяти промывок (630 мм воды)		
	сухой остаток	Cl^-	SO_4^{--}	сухой остаток	Cl^-	SO_4^{--}	сухой остаток	Cl^-	SO_4^{--}	сухой остаток	Cl^-	SO_4^{--}	сухой остаток	Cl^-	SO_4^{--}	сухой остаток	Cl^-	SO_4^{--}
	(мг-экв. в % от емкости)			(мг-экв. в % от емкости)			(мг-экв. в % от емкости)			(мг-экв. в % от емкости)			(мг-экв. в % от емкости)			(мг-экв. в % от емкости)		
0-5	32,2	199,0	326,3	2,3	1,0	20,8	36,2	200,8	345,9	3,2	2,1	40,7	27,6	192,9	213,8	27,6	7,6	15,1
10-20	32,2	199,0	326,3	2,7	1,0	30,9	36,2	200,8	345,9	4,7	2,1	62,8	27,6	192,9	213,8	10,0	7,6	10,0
30-40	32,2	199,0	326,3	4,1	1,0	51,4	36,2	200,8	345,9	5,7	2,1	73,7	27,6	192,9	213,8	11,1	7,6	11,1
50-60	53,9	228,3	517,9	Не определялось	Не определялось	Не определялось	56,5	290,9	558,6	6,2	2,1	87,1	55,3	286,9	550,2	10,3	7,6	10,3
60-70	Не определялось	Не определялось	Не определялось	Не определялось	Не определялось	Не определялось	57,1	307,1	565,6	7,1	3,1	91,7	53,0	290,9	507,3	6,7	24,5	6,7
70-80	59,9	292,9	673,0	5,0	1,0	66,2	59,2	321,2	569,4	8,5	5,1	114,8	51,1	303,0	573,7	10,3	19,2	10,3
90-100				6,1	1,0	82,7	72,9	403,9	718,1	9,4	10,2	123,5	58,0	355,5	510,6	17,5	17,5	17,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе изложены результаты опытов по промывке солончаковых солонцов, проведенных в 1952—1954 гг. на Джаныбекском стационаре АН СССР.

Солончаковые солонцы, широко распространенные в северо-западной части Прикаспийской низменности (в пределах территории, выделяемой В. А. Ковда под названием озерно-лиманной депрессии), составляют основной компонент почвенного покрова опытных участков Джаныбекского стационара.

Солончаковые свойства этих почв выражаются в том, что сразу под солонцовым горизонтом, начиная с глубины 30—35 см, в профиле почвы содержатся легкорастворимые соли в количестве до 3% от веса почвы. Среди этих солей преобладает сульфат натрия, но имеются также сульфаты кальция и магния, и хлориды всех трех катионов. Максимум содержания солей, начинающийся под солонцовым горизонтом, охватывает 1—1,5-метровую толщу, ниже которой содержание солей постепенно снижается и на глубине около 6 м доходит до небольшой величины, равной содержанию солей в грунтовой воде, пропитывающей массу грунта на этой глубине.

Мелиорация солончаковых солонцов сводится к их одновременному рассолонцеванию и рассолению. Рассолонцевание этих солонцов может быть осуществлено глубокой (на 40—50 см) вспашкой, вовлекающей в пахотный слой гипс, содержащийся в самой верхней части первого подсолонцового горизонта. В результате этой операции легкорастворимые соли оказываются вовлеченными в пахотный и корнеобитаемый слой. Удаление солей из этого слоя, т. е. рассоление почвы осуществляется при помощи промывки.

Опыты, описанные в настоящей работе, проводились с целью выяснить закономерности передвижения солей в профиле солончаковых солонцов при промывке и влияние на это передвижение физического испарения влаги и десукции. Передвижение солей изучалось путем послойного определения общего содержания солей при помощи водных вытяжек, а также путем определения состава почвенных растворов и состава поглощенных оснований.

Опыты велись в полевых условиях, на монолитах — почвенных призмах с боковой изоляцией. Из полученных данных можно сделать следующие выводы.

1. Скорость фильтрации солончаковых солонцов Джаныбекского стационара, в том числе и целинных, значительно выше, чем типичных степных солонцов.

2. При промывке целинных солончаковых солонцов на первых стадиях наблюдается весьма неравномерное промачивание почвенного профиля, обусловленное трещиноватостью целинных солонцов.

3. Глубокая вспашка и вовлечение гипса в пахотный слой повышают скорость фильтрации примерно в 4 раза по сравнению с фильтрацией целинных солонцов. В процессе промывки скорость фильтрации замедляется, что объясняется набуханием почвы, смыканием трещин и уплотнением подсолонцового горизонта при выщелачивании из него легкорастворимых солей. Скорость фильтрации снижается на мелиорированных солонцах, и на целинных, причем на мелиорированных она выше.

4. Промывные воды, фильтруясь через почвенную толщу, вытесняют часть почвенного раствора. Насыщение почвы влагой до наименьшей влагоемкости способствует растворению солей микроструктурных отдель-

постей. При каждой последующей промывке вытесняются новые порции почвенного раствора. Чем больше воды проходит через данный почвенный слой, тем большее количество солей выщелачивается из почвы. Однако даже после того, как через данный слой почвы профильтруется влага в количестве, в 80 раз превышающем величину, соответствующую наименьшей влагоемкости, в почве остаются соли. Их состав изменяется в сторону относительного увеличения содержания солей кальция.

5. Первые промывки в 100 и 250 мм вызывают лишь перераспределение солей в пределах 1—2 м. Две следующие промывки тем же количеством воды обеспечивают, при отсутствии испарения, полное выщелачивание хлоридов из тех же слоев (одно- и двухметровых).

Сульфаты имеют разную скорость выщелачивания. Наиболее быстро выщелачиваются сульфаты натрия и магния, хотя все же медленнее, чем хлориды. Только пять промывок, по 250 мм каждая, обеспечивают полное отмывание сульфатов натрия и магния из верхнего полуметрового слоя. Сульфат кальция выщелачивается медленнее; после пяти промывок (по 250 мм каждая) его содержание в первом полуметровом слое снижается в 8—10 раз по сравнению с исходным содержанием.

6. Зависимость между количеством промывной воды и выщелоченных солей непропорциональна. Так, при норме в 1250 мм, при отсутствии испарения из верхнего метрового слоя, выщелачивается 78% от исходного запаса солей, а при норме в 500 мм — 68%. Это связано с тем, что после выщелачивания основной массы растворимых солей натрия и магния наступает кажущееся постоянство в их содержании. Оно создается за счет обменных реакций между кальцием гипса, содержащимся в почвенном растворе, и обменными катионами Na^+ и Mg^{2+} .

7. Плантаж (глубокая вспашка), способствуя лучшему впитыванию влаги, ускоряет выщелачивание солей и при этом требуются меньшие дозы промывной воды. Вовлечение гипса в пахотный слой способствует насыщению почвенного раствора солями кальция. Гипс и добавочное увлажнение могут обеспечить полное рассоление и мелиорированных солончаковых солонцов без вторичного осолонцевания. При промывке нормой в 1250 мм, при отсутствии испарения, содержание натрия в слое 0—80 см в составе обменных катионов снижается до 4—5% от емкости, в то время как до промывки оно было равно 50%. Повышение щелочности при промывке — явление временное.

8. Состав почвенных растворов целинных солонцов дифференцирован по профилю. Наименьшую концентрацию почвенные растворы имеют в надсолонцовом горизонте и в верхней части солонцового горизонта, наибольшую — в первом подсолонцовом горизонте, где она достигает 50—60 г/л. Основной компонент почвенных растворов — сернокислый натрий.

Плантаж нивелирует концентрацию почвенных растворов в плантажированном слое. Промывка ведет к значительному снижению концентраций всех ионов. Наиболее устойчива концентрация Ca^{2+} , которая и в процессе промывки остается равной 30—34 мг-экв/л, что примерно соответствует концентрации Ca^{2+} в насыщенном растворе гипса. К концу промывки (норма 500 мм) концентрация почвенного раствора снижается примерно в 10 раз, причем относительная роль солей кальция возрастает.

9. Применение дробных промывок ускоряет выщелачивание солей.

10. Отношение $\text{Na}^+ : \text{Ca}^{2+}$ в солончаковых солонцах Джаныбекского стационара составляет: по данным водных вытяжек 2—8 и по данным почвенных растворов 20—22. Наличие больших запасов гипса, превышающих запасы обменного натрия, обеспечивает в процессе промыв-

ки изменение этого отношения в пользу кальция; это дает уверенность в том, что рассоление не будет сопровождаться осолонцеванием.

11. Рыхление поверхности почвы снижает расход влаги на испарение, особенно в момент наибольшего насыщения почвы влагой. В среднем эта разница равна 3—12 мм и происходит за счет потери подвешенной влаги из верхнего метрового слоя. При наличии испарения наблюдается восходящее передвижение Cl^- , SO_4^{2-} и Na^+ . Наиболее сильно оно выражено, когда соли выщелочены на глубину не более 70—80 см от поверхности. Посевы суданской травы не усиливают восходящего передвижения указанных ионов при этой глубине выщелачивания.

12. Наличие испарения и десукции замедляет выщелачивание солей. При одинаковой промывной норме концентрация почвенных растворов под травами снижается вдвое, в то время как при отсутствии испарения и десукции она снижается в 10 раз.

13. На формирование корневой системы суданской травы влияют глубина вспашки и наличие доступной влаги. Соли имеют подчиненное значение, но при их более глубокой выщелоченности развитие растений протекает более нормально.

14. Влияние содержащихся в почве солей на состав золь растений при разной глубине выщелачивания солей отчетливо выражено только в отношении иона хлора.

15. Для промывки солончаковых солонцов при освоении больших площадей вследствие равнинности рельефа, большого количества солей и сравнительно близкого залегания грунтовых вод (7 м) потребуется устройство дренажной сети.

ЛИТЕРАТУРА

- Агапов А. И. Теория капиллярных явлений в почве. Труды лабор. физики почв Физ.-агрон. ин-та, вып. 2, 1937.
- Антипов-Каратаев И. И., Пак К. П., Филиппова В. И. и Самбур Г. Н. Мелиорация солонцов в СССР. Изд-во АН СССР, 1953.
- Антипов-Каратаев И. И., Филиппова В. И. и Комарова Н. А. Исследования по влиянию орошения на солевой состав и физико-химические свойства почв. Труды Комиссии по ирригации, вып. 4. Изд-во АН СССР, 1935.
- Астапов С. В. Промывка засоленных земель. Сельхозгиз, 1943.
- Беседнов Н. А. Опыт промывки и освоения тяжелых сульфатных солончаков. «Почвоведение», 1954, № 10.
- Богдан В. С. Отчет Валуйской сельскохозяйственной опытной станции (Новоузенский уезд Самарской губернии) за 1895—1896 гг. СПб., 1900.
- Большаков А. Ф. О режиме хлоридов и сульфатов в почвах Центральной части Каспийской низменности. Труды Комиссии по ирригации, сб. 10. Изд-во АН СССР, 1937.
- Большаков А. Ф. Исследования Джаныбекского стационара. Труды Комиссии по ирригации, сб. 10. Изд-во АН СССР, 1937а.
- Большаков А. Ф. Пути мелиорации комплексных почв северо-западной части Прикаспийской низменности. Сообщения комплексной экспедиции по вопросам полесозащитного лесоразведения. Изд-во АН СССР, 1952.
- Большаков А. Ф. и Боровский В. М. Почвы и микрорельеф Каспийской низменности. Сб. «Солончи Заволжья», вып. 7. Изд-во АН СССР, 1937.
- Волобуев В. Р. О некоторых вопросах теории промывок засоленных почв. «Почвоведение», 1941, № 5.
- Волобуев В. Р. Промывка засоленных почв. Баку. Изд-во Азернешр, 1948.
- Гедройц К. К. Засоленные почвы и их улучшение. «Журнал опытной агрономии», т. XVIII, 1917.
- Гедройц К. К. Солончи, их происхождение, свойства и мелиорация. Труды Новосовской сельскохозяйственной опытной станции, вып. 46, 1928.
- Гедройц К. К. Коллоидальная химия в вопросах почвоведения. Избранные сочинения, т. I. Сельхозгиз, 1955.

- Гедройц К. К. Учение о поглотительной способности почв. Избранные сочинения, т. 1. Сельхозгиз, 1955а.
- Горбунов Н. И. Поглотительная способность почв и ее природа. Сельхозгиз, 1948.
- Горбунов Н. И. и Цурюпа И. Г. Обменная адсорбция катионов при различных соотношениях раствора к твердой фазе. «Почвоведение», 1945, № 7.
- Димон Н. А. Главнейшие типы засоления почв и грунтов на территории России. Ежегодник отдела земельных улучшений, ч. 1. СПб., 1913.
- Димон Н. А. и Келлер Б. А. В области полупустыни. Изд. Саратовского губ. земства. Почв. лабор. 1907.
- Долгов С. И. и Каменева З. И. Диффузное передвижение NaCl и Na_2SO_4 в карбонатном суглинке. Труды ВИАУА, вып. 18, 1937.
- Зонин С. В. О типах рассоления при орошении. Труды комиссии по ирригации, вып. 9. Изд-во АН СССР, 1937.
- Иванова Е. Н. Материалы к изучению поглотительной способности почв. Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева АН СССР, т. 8, вып. 8, 1933.
- Качинский Н. А. Почвенно-мелиоративный очерк равнины Богаз в Азербайджане. Труды Научно-исслед. ин-та почвоведения МГУ, 1937.
- Кизилова А. А. Почвенные растворы солончаков Мугано-Сальянской степи и мелиорированных почв Северной Мугани. Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева АН СССР, т. 47, 1955.
- Ковда В. А. Солончаки и солонцы. Изд-во АН СССР, 1936.
- Ковда В. А. О мелиорации солонцов с помощью термической дегидратации их коллоидов. «Коллоидный журнал», 1938, т. 4, вып. 1.
- Ковда В. А. Вопросы засоления и рассоления почв Каспийской низменности в связи с ее ирригацией. «Почвоведение», 1941, № 5.
- Ковда В. А. Происхождение и режим засоленных почв, т. I и II. Изд-во АН СССР, 1946, 1947.
- Ковда В. А. Процессы современного соленакопления в почвах. Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева АН СССР, т. 25, 1947а.
- Ковда В. А. Почвы Прикаспийской низменности (северо-западной части). Изд-во АН СССР, 1950.
- Ковда В. А. и Большаков А. Ф. О мелиорации солонцов Каспийской низменности методом плантажа. Проблемы советского почвоведения, сб. 6, 1938.
- Ковда В. А., Егоров В. В., Морозов А. Т., Лебедев Ю. П. и др. Закономерности процессов соленакопления в пустынях Арало-Каспийской низменности. Вопросы происхождения засоленных почв и их мелиорации. Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева АН СССР, т. 14, 1954.
- Ковда В. А., Шаврыгин П. И. и Гевельсон Т. А. Динамика щелочности в почвенных растворах при поливах. «Почвоведение», 1944, № 2—3.
- Комарова Н. А. О диффузии солей в почвах. «Проблемы советского почвоведения», сб. 4, 1937.
- Комарова Н. А. Вытеснение почвенных растворов методом замещения жидкостями и использование метода в почвенных исследованиях. Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева АН СССР, т. LI, 1955.
- Коссович П. С. Водные свойства почвы. «Журнал опытной агрономии», 1904, т. 5, кн. 3.
- Коссович П. С. О водоподъемной способности грунтов. Дневник XII съезда русских естествоиспытателей и врачей, 1910.
- Костяков А. Н. Основы мелиорации. Сельхозгиз, 1951.
- Кравков С. П. Опыты над движением в почве воды и растворов солей. «Почвоведение», 1901, № 1.
- Крюков П. А. Метод отделения жидкой фазы от твердой с помощью давления прессы. Современные методы исследования физико-химических свойств почв. т. IV, вып. 2, Изд-во АН СССР, 1947.
- Лебедев А. Ф. О движении солей в почвах, имеющих влажность различных категорий. Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева АН СССР, вып. 3—4, 1930.
- Летунов П. А. Некоторые закономерности передвижения воды и солей в орошаемых почвах и значение травопольной системы земледелия в борьбе с засолением почв. В кн.: «Вопросы освоения земель Средней Азии», 1955.
- Летунов П. А., Музычук И. Ф. и Ланшина А. В. Передвижение солей с капиллярно подвешенной водой. Сб. «Памяти В. Р. Вильямса», 1942.
- Малигин В. С. Глубокий закрытый дренаж. СОЮЗНИХИ, Ташкент, 1939.
- Меерсон Г. М. Влияние агрегатного состояния почвы на эффективность промывок засоленных земель. «Химизация соц. земледелия», № 2—3, 1936.
- Музычук И. Ф. Скорость вымывания солей в зависимости от фильтрационных свойств почвы. Сб. авторефератов научно-исслед. работ ВИАУА за 1932—1934 гг. М., 1936.
- Николаев А. В. и Фейгина Е. И. О пленкообразовании на поверхности гипса. Сб. «Защитные пленки на солях». Изд-во АН СССР, 1944.
- Орешкина И. С. Опыт промывки солончакового солонца. Труды Ин-та леса АН СССР, т. 25, 1955.
- Орловский Н. В. Естественные факторы плодородия каштановой солонцеватой почвы (в связи с влиянием орошения), вып. 4. Уральск, 1930.
- Полынов В. В. Изменения растворов солей при их перемещениях в почве. «Природа», 1932, № 8.
- Полынов В. В. и Филосов Б. И. Об изменении растворов при капиллярном поднятии их в почвах и грунтах. Известия науч. мелиорат. ин-та, вып. XXI, А, 1930.
- Рабочев И. С. Промывка засоленных земель. Туркмения, 1947.
- Рабочев И. С. Влияние гипсовых прослоев в почвах Голодной степи на эффективность промывки солончаков. «Почвоведение», 1949, № 7.
- Рабочев И. С. Мелиорация засоленных земель. Труды 6 сессии АН Туркменской ССР. Ашхабад, 1954.
- Рашевская И. М. К вопросу о методах определения суммы сульфатов в почвах и об обволакивании гипса карбонатами. «Почвоведение», 1954, № 9.
- Роде А. А. Почвенная влага. Изд-во АН СССР, 1952.
- Роде А. А. К вопросу об условиях влагообеспеченности древесных насаждений в северо-западной части Прикаспийской низменности. Сообщения комплексной экспедиции по вопросам полезащитного лесоразведения, вып. 2, 1952а.
- Роде А. А. Климатические условия Джаныбекского стационара. Сообщения Лаборатории лесоведения АН СССР, вып. 1, 1959.
- Розанов А. Н. Материалы к вопросу о засоленных почвах Средней Азии и Казахстана. М., Ташкент, 1939.
- Розанов А. Н. Фазы, стадии и типы вторичного засоления почв при орошении. Проблемы советского почвоведения, сб. 14, 1946.
- Розанов А. Н. Новые данные по генезису и мелиорации солонцов СССР. «Почвоведение», 1955, № 11.
- Розов Л. П. Мелиоративное почвоведение. Сельхозгиз, 1936.
- Розов Л. П. Солонцы и засоление в Заволжье. В кн. «Материалы изысканий, исследований и проектирования ирригации Заволжья», вып. 7, 1937.
- Спенглер В. В. Выщелачивание солей при промывке засоленных почв. «Гидротехника и мелиорация», 1950, № 11.
- Справочник по растворимости солевых систем, т. I и II. Л., Госхимиздат, 1954.
- Сухко С. Я. Солевой режим почв и почвенно-грунтовых вод в связи с орошением. Всесоюз. научно-исслед. ин-т удобр. и агропочвоведения им. К. К. Гедройца. Л., 1933.
- Тарасов Д. И. Можно ли характеризовать степень осолонения почв и грунтов показателями водной вытяжки. «Почвоведение», 1929, № 3—4.
- Терцаги К. Строительная механика грунта на основе его физических свойств. Перев. с нем. Госстройиздат, 1933.
- Трофимов А. В. К познанию невидимой части почвенного раствора. Отрицательная адсорбция электролитов. «Научно-агрономич. журнал», 1925, № 10.
- Трофимов А. В. О пленочной влаге в почве. «Научно-агрономич. журнал», 1927, № 9.
- Тюрменов С. И. Почвенно-грунтовые условия южного участка Джафарханской опытной станции и его засоление. М., 1928.
- Усов Н. И. Опыт мелиорирования химическими средствами при орошении солонцеватых и солончаковых почв юга каштановой зоны. Ученые зап. Саратовск. гос. ун-та им. Н. Г. Чернышевского, т. XII, вып. 2, Саратов, 1934.
- Усов Н. И. Роль поглощенного магния в образовании солонцовых свойств почвы. Труды конф. по почвоведению и физиологии культурных растений, т. II. Изд-во АН СССР, 1937.
- Усов Н. И. Генезис и мелиорация почв Каспийской низменности. Саратов, 1940.
- Федоров В. В. Коренная мелиорация засоленных и заболоченных земель. Труды 6-й сессии АН Туркменской ССР. Ашхабад, 1954.
- Феофанова И. И. Псевдоморфоз кальцита по гипсу. Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева АН СССР, т. 34.
- Чернов В. А. О диффузии ионов NO_3 и Cl в почвах. Техника внесения удобрений. МВИЦА, вып. 7, 1935.
- Чернов В. А. Диффузия анионов в почвах. Труды конф. по почвоведению и физиологии культурных растений, т. I, 1937.
- Шаврыгин П. И. Почвенные растворы в засоленных почвах. «Почвоведение», 1948, № 12.

- Швырляева А. И. Основные закономерности распределения и развития растительного покрова комплексной полупустыни (Диссертация). Ботанич. Ин-т МГУ, 1940.
- Шошин А. А. К изучению передвижения солей в почвах. Известия Донского ин-та сельск. хоз-ва и мелиорации (в Новочеркасске), т. IX, 1929.
- Briggs, L. S. a. Lapham, M. Influence of dissolved salts on the capillary rise of soil water. Bureau of soils Department of agriculture. U. S. Washington D. S. Bull. 19, 1902.
- Briggs, L. S. Lapham. Study of capilarity of soils US. Department of agric. Bull. N 19, 1904.
- Gardner R. Some soil properties related to the sodium salt problem in irrigated soils. U. S. Department of agric. Techn. Bull., N 102, 1945.
- Sonabuddhe D. L. a. Gokhal D. Ind. journal agr. science, vol. 4, 1934.
- Kelly W. R. Влияние разведения на воднорастворимые поглощенные основания щелочных почв и его отношение к солеустойчивости растений. Soil sci., N 5, 1939.
- Kelly W. R. A. general discussion of the chemical and physical property of alcal soils. First Int. Congress of Soil Science, v. 1928.
- Kelly W. R., Brown S. M. a. Liebig G. F. Jr. Chemical effects of saline irrigation water on soils, vol. 49, February, N 2, 1940.
- Marchall T. S., Gurr C. G. Movement of water and chlorides in relatively dry soil. Soil sci., N 2, 1954.
- Trietz G. Солонцы великой венгерской равнины. «Журн. опытной агрономии», т. XIII, 1912.
- West E. S. a. Howard A. Movement of salts in isolated soil columns. «Austrian Journal of agricultural research», v. 4, N 1, 1953.
- Zunker F. Die Durchlassigkeit des Bodens Ueber die Ursachen von Crundwassers-tands — Schwankungen, v. B, T. B. Croningen, 1933.

СОДЕРЖАНИЕ

А. А. Роде и М. Н. Польский. Почвы Джаныбекского стационара, их морфологическое строение, механический и химический состав и физические свойства	3
Местоположение стационара и природные условия его расположения	5
Почвы Джаныбекского стационара и условия их образования	11
Условия почвообразования	11
Почвы	15
Солончаковые солонцы	21
Столбчатые солончаковые солонцы	82
Остепняющиеся солонцы	86
Светло-каштановые почвы	104
Почвы западин, относящиеся к типу каштановых	123
Почвы типа каштановых, занимающие склоны к большим падинам	136
Темноцветные черноземовидные почвы западин	140
Темноцветные черноземовидные почвы больших падин	171
Заключение	201
Литература	213
Г. П. Максимиук. Изменение химического состава и физико-химических свойств солончаковых солонцов в результате промывок	215
Введение	215
Литературный обзор	216
Изменение солевого профиля солончаковых солонцов при промывках	222
Передвижение солей при промывках в целинных и мелиорированных солончаковых солонцах, в монолитах, без испарения (первый опыт)	223
Влияние физического испарения на передвижение солей при промывках плантажированных солончаковых солонцов в монолитах с плотной и рыхлой поверхностью (второй опыт)	260
Совместное влияние физического испарения и десукции растений на передвижение солей при промывках плантажированных солончаковых солонцов (третий опыт)	271
Заключение	289
Литература	291

Труды Почвенного института, т. 56
Почвы полупустыни Северо-Западного Прикаспия
и вопросы их мелиорации

Утверждено к печати
Почвенным институтом им. В. В. Докучаева
Академии наук СССР

Редактор издательства В. Н. Тихомиров
Технический редактор О.М. Гуськова

РИСО АН СССР 4-31-В. Сдано в набор 6/VIII 1960 г. Подписано
к печати 10/XII-1960 г. Формат 70×108¹/₁₆. 18,5 печ. л. + 1 вкл.; 25,35 усл.
печ. л. 25,1 уч.-изд. л. Тираж 1600 экз.
Т-13810. Изд. № 4077. Тип. вак. № 960.

Цена 1 р. 77 к.

Издательство Академии наук СССР.
Москва, Б-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография Издательства АН СССР.
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

ИСПРАВЛЕНИЯ И ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
5	5 св.	юго-востоку	юго-западу
28	7 св.	подсолонцеватого	подсолонцового
44	8 св.	второго подсолонцового го- ризонта	второй подсолонцовый гори- зонт
56	Рис. 15 б	Глубина, м	Глубина в полуметрах
74	9 св.	сжатие почвы	сжатие влаги
113	Подпись к рис. 36, послед- няя строка	и склонов	и светлокаштановых почв склонов
138	7 св.	светлее	светлее в
143	Табл. 61, гр. 1 справа, 9 св.	55,4	35,4
173	18 св.	черновидные	черноземовидные
213	11 св.	Остепняющий	Остепняющийся