**Профессор**

**Л. П. РОЗОВ**

МЕЛИОРАТИВНОЕ

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Издание второе, исправленное и дополненное

**Под редакцией**

профессоровВ.А. **ШАУМЯНА и С. В. АСТАПОВА**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
Москва — 1956**

Книга «Мелиоративное почвоведение» состоит из двух частей. В первой из них изложены вопросы почвообразования, физических и химических свойств почв, микробиологических процессов, протекающих в почвах, которые имеют большое значение при мелиорации земель. Главное место в этой части отведено рассмотрению вопросов засоления почв в природных условиях и при неправильном орошении и осу­шении земель, а также мероприятиям по предупреждению засоления, борьбе с ними и способам мелиорации солонцов.

Во второй части книги дается мелиоративная характери­стика различных почвенных зон и отдельных мелиоративных объектов.

Подготовка рукописи ко второму изданию выполнена кандидатом биологических наук К. К. Битюковым.

Книга может служить пособием для производствснников- мелиораторов, работающих в области орошения и осушения, научных работников, а также учащихся мелиоративных вузов и факультетов.

Замечания и отзывы просьба направлять по адресу: Москва, Б-66, 1-й Басманный пер., д. 3, Сельхозгиз.

Книга проф. Л. П. Розова «Мелиоративное почвоведение» впервые была издана в 1936 г.

Большая заслуга автора состоит в том, что он, опираясь на знания в области почвоведения и мелиораций, впервые изложил основные вопросы почвоведения применительно к условиям оро­сительных и осушительных мелиораций. С этой точки зрения книга Л. П. Розова имеет большое научное и производственное значение.

Отличительной чертой второго издания книги, исправленной и дополненной автором при жизни, является стремление подчи­нить изложение вопросов об оросительных и осушительных мелио­рациях предотвращению явлений заболачивания и засоления орошаемых земель.

Л. П. Розов, в противоположность распространенной точке зрения о неизбежности засоления и заболачивания орошаемых земель, что получило отражение в первом издании, отмечает необходимость и возможность предупреждения засоления. В этой связи он пишет: «...задача рациональной организации борьбы с засолением почв заключается не столько в устранении уже имеющихся солей (это всего лишь первая и часто элементарная задача), сколько в борьбе с источниками засоления, т. е. в пре­дупреждении засоления».

В мелиоративной литературе встречаются высказывания, что при орошении речной водой возможно засоление орошаемых земель. Л. П. Розов отмечает: «Большие реки несут, как правило, пресную воду, и такая вода не может явиться источником засо­ления почв».

В книге Л. П. Розова заслуживают особого внимания исследо­вания в области учета агрегатного состава почв при определении коэффициента фильтрации, определение предельной полевой вла- гоемкости, которые позволяют более правильно вести фильтра­ционные расчеты при осушительных работах, определение полив-

ных и промывных норм с учетом динамического состояния воды в почве.

Основным свойством почвы является ее плодородие, т. е. способность производить урожай сельскохозяйственных культур. Мелиорации служат для преобразования малоплодородных и неплодородных почв в высокоплодородные. Поэтому мелиорации сами являются специальным разделом почвоведения.

Основная отличительная особенность книги «Мелиоративное почвоведение» состоит в том, что она рассматривает вопросы повы­шения плодородия почвы в связи с мелиоративными и гидротех­ническими мероприятиями, обычно затрагивающими не только почвенные горизонты, но и подстилающие их грунты и грунтовые воды.

Автор книги справедливо учитывает влияние подстилающих почву грунтов, а также грунтовых вод на плодородие мелио­рируемых почв, но неправильно в понятие почвы включает также подстилающие почву грунты и считает, что мощность почвы может достигать 20—30 м и более.

В противоположность взглядам некоторых почвоведов о шаб­лонном, почти повсеместном применении дренажных систем, в книге Л. П. Розова указывается на необходимость применения предупредительных мероприятий, дается порядок проведения промывок почв без применения дренажных систем, и лишь для засоленных земель с высоким залеганием уровня грунтовых соле­ных вод, препятствующих проведению правильных промывок, рекомендуются дренажные системы.

Автор рекомендует применять минимально необходимые про­мывные нормы и дает метод их расчета. Однако формула промыв­ной нормы требует уточнения, так как нельзя согласиться с мне­нием автора, что коэффициент дополнительного объема воды п может иметь любое положительное значение меньше и больше единицы.

Л. П. Розов более правильно, чем другие авторы, подходит к применению дренажных систем различных типов. В частности, заслуживают внимания его рекомендации применять мелкие дрены глубиной 0,8—1,2 м и глубокие дрены в 2—3 м, устанавливая расстояния между ними, в зависимости от природных свойств почвогрунтов, от 10 до 40 м при мелком дренаже и от 100 до 600 м при глубоком. Что же касается вертикального дренажа, то автор книги справедливо считает приемлемым его лишь в таких гидро­геологических условиях, когда водоносный горизонт обладает достаточной водоотдачей, а выше его нет тяжелых глинистых водонепроницаемых слоев.

Книга не дает достаточного представления о почвообразова­тельных процессах, поэтому читателю по этим вопросам следует обращаться к специальной литературе.

В книге недостаточно подробно разработаны мероприятия по предотвращению засоления орошаемых земель: применение травосмесей, плановое водопользование, правильные поливные и оросительные нормы, повышение коэффициента полезного использования оросительной воды.

Следует отметить, что за последние 15—20 лет в результате многолетних научных исследований, производственных опытов и обобщения передового опыта колхозов, совхозов и водохозяй­ственных организаций накоплен богатый материал, доказываю­щий необходимость и возможность применения системы мероприятий, обеспечивающей устранение причин засоления и заболачивания орошаемых земель и освоение ранее засоленных земель.

Ярким примером успешного освоения орошаемых земель слу­жит совхоз «Пахта-Арал» в казахской части Голодной степи, который в условиях развитого засоления почв, путем введения севооборотов с применением многолетних трав и сокращения оросительных норм до 3—3,5 тыс. м3/га, добился освоения более 90% орошаемых земель и получения высоких средних урожаев хлопчатника 30—35 ц/га.

Система мероприятий по борьбе с засолением и заболачиванием орошаемых земель, разработанная ВНИИГиМ, предусматривает посев трав в севообороте; значительное уменьшение оросительных норм; улучшение техники самотечных поливов; полив дождева­нием и другими способами; применение оросительной сети, позво­ляющей устранить основные потери воды и создать благоприятные условия для механизации работ, особенно для своевременной механизированной послеполивной обработки культур в продоль­ном и поперечном направлениях; замена сложной сети распреде­лительных каналов распределительными трубопроводами; при­менение антифильтрационных мероприятий на каналах; оснаще­ние оросительных систем водозаборными, регулирующими, водо­мерными и другими необходимыми сооружениями.

Проведение этих мероприятий позволяет в 2—3 раза повысить коэффициент полезного использования оросительной воды, устра­нить причины, порождающие заболачивание и вызываемое им засоление почв. На этом фоне правильные промывки позволят успешно освоить ранее засоленные почвы.

В этой системе мероприятий дренаж применяется в тех слу­чаях, когда осваиваются засоленные земли, требующие больших промывных норм при высоком залегании уровня грунтовых соле­ных вод. Для таких условий ВНИИГиМ разработал новый тип дренажной системы, которая состоит из глубоких (2—3 м) кол­лекторов (дрен), располагаемых за пределами поливных участков и не препятствующих механизации работ; временных открытых дрен или закрытых трубчатых дрен, располагаемых в пределах поливных участков; кротовых, щелевых и других почвенных дрен, располагаемых между временными и закрытыми дренами.

Такая система дренажа, как показали опыты ВНИИГиМ, АзНИИГиМ, САНИИРИ и СоюзНИХИ, создает условия для

быстрого рассоления и освоения засоленных земель при сравни­тельно небольших затратах средств.

Книга «Мелиоративное почвоведение» состоит из двух основ­ных частей. В первой из них изложены вопросы почвообразования, физических и химических свойств почв, микробиологических процессов в почве, которые имеют большое значение при мелиора­ции земель. Наиболее подробно рассматриваются засоление почв в природных условиях и при неправильном орошении и осуше­нии земель, мероприятия по предупреждению засоления почв и борьбе с ним путем промывок засоленных почв, а также способы мелиорации солонцов.

Во второй части книги изложены материалы по мелиоратив­ной характеристике различных почвенных зон. В этой части автор дает типы почвообразования и классификацию почв, харак­теристику почв подзолисто-болотной зоны и Колхидской низмен­ности, где преимущественно распространяются осушительные ме­лиорации. Далее рассматриваются зоны степного солонцового и солончакового почвообразования, где преобладающее значе­ние принадлежит оросительным мелиорациям.

В книге привлечено большое количество материалов по мелио­рации в нашей стране и за рубежом. Широко использованы ре­зультаты опытных исследований как самого автора, так и поч­венно-мелиоративной лаборатории ВНИИГиМ.

Книга может служить пособием для производственников- мелиораторов, работающих в области орошения и осушения, работников мелиоративной науки, а также учащихся мелиоратив­ных вузов и факультетов сельскохозяйственных высших учебных заведений.

Второе издание книги Л. П. Розова «Мелиоративное почво­ведение» при подготовке к печати просматривалось отдельными работниками Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации, в стенах которого автор работал с начала организации института и где он создал свой труд.

Проф. В. А. Шаумян Проф. С. В. Астапов

**введение**

Основоположник научного почвоведения В. В. Докучаев показал (1878 г.), что почва есть особое самостоятельное естественно-историческое тело, представляющее собой «днев­ные», или наружные, горизонты горных пород (все равно каких), естественно измененные совместным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов живых и мертвых.

Это определение явилось основой для развития учения о поч­вах как самостоятельной научной дисциплины — почвоведения.

В мелиоративном почвоведении мы будем называть «почвой» всю свиту рыхлых слоев земной коры от поверхности земли, вклю­чая и первый постоянный горизонт грунтовых вод. В случае залегания рыхлых пород на трещиноватых водопроницаемых твер­дых породах горизонт грунтовой воды может отсутствовать, и тогда нижней границей почвы будет эта твердая порода. Таким образом, мощность почвы может достигать 20—30 и более мет­ров [[1]](#footnote-1).

Такое определение понятия о почве обусловливается: 1) естественными свойствами самой почвы и 2) основными задачами народнохозяйственного использования почв.

Естественные свойства любой почвы всегда характеризуются расчлененностью ее вертикального профиля на ряд слоев, или горизонтов. Исследование таких слоев устанавливает, что свойства каждого из них теснейшим образом связаны со свойствами всех других слоев, лежащих как выше, так и ниже его. Практически эта генетическая связь всегда охватывает всю вышеназванную свиту слоев, включая и грунтовую воду. Следовательно, свойства любого из слоев почвы не могут быть поняты вне связи их со свой­ствами всей свиты слоев как единого целого.

С народнохозяйственной точки зрения почва является основ­ным и всеобщим средством производства и одновременно про­дуктом труда. Это значение почвы определяется ее основным свойством — плодородием (В. Р. Вильямс). Плодородие почвы есть свойство не статическое, а динамическое, определяющееся всей суммой физико-химических и биологических процессов, которые протекают в ней.

Задачей агротехнических и мелиоративных воздействий на почву является такое регулирование почвенно-динамических процессов, такая переделка природных почв, которая обеспечила бы в них уровень эффективного плодородия, вполне удовлетво­ряющий нашим народнохозяйственным требованиям.

Решить эту задачу в мелиоративной практике для каких-либо отдельных слоев почвы (например, пахотного), не считаясь со свойствами всей свиты слоев, нельзя в силу указанной выше генетической связи их между собой.

В условиях мелиораций недоучет свойств глубоких горизонтов почвы и свойств грунтовой воды не только затрудняет получение надлежащего положительного эффекта от мелиораций, но часто приводит и к резко отрицательным последствиям (недоосушка или пересушка при осушении, вторичное заболачивание и засоление при орошении и пр.).

Вся свита почвенных горизонтов есть единая, непрерывно изменяющаяся динамическая система. Познание почвы вне этой динамики невозможно.

ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ, ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

*ГЛАВА* 1

ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ **ВЫВЕТРИВАНИЕ [[2]](#footnote-2)**

Под выветриванием следует понимать такие процессы измене­ния твердых горных пород и минералов, которые приводят к об­разованию рыхлых пород того же или иного химического состава.

Процессы, которые изменяют физическое состояние породы, но не затрагивают химического ее состава, носят название физи­ческого выветривания. Процессы, которые, кроме того, вызывают изменения и в химическом составе первоначального материала, носят название процессов химического выветривания.

Физическое выветривание. Агентами физического выветривания являются: колебания температуры, замерзающая вода, кристал­лизующиеся из растворов соли, движущаяся вода и ветер.

Механизм действия колебаний температуры состоит в следую­щем. Отдельные минералы, слагающие горные породы, обладают неодинаковым термическим коэффициентом сжатия и расширения, поэтому при нагревании породы днем и охлаждении ее ночью получаются разрывы и трещины между минералами, приводящие к нарушению целостности породы. В образовавшиеся трещины попадает вода, которая при замерзании расширяет их и разрушает породу. Такой же эффект производят выкристаллизовавшиеся соли, особенно когда кристаллизация идет с большим количеством частиц воды, как это, например, наблюдается при кристаллиза­ции глауберовой соли Ка2304 . ЮН20.

Явления выветривания под влиянием замерзания и кристал­лизации солей наблюдаются, между прочим, на бетонных поверх­ностях сооружений и очень ярко на откосах каналов, особенно сбросных, заложенных в засоленных почвах. Измельчение породы под влиянием названных факторов, повидимому, не идет дальше образования зерен диаметром 0,1 мм. Дальнейшее измельчение

происходит уже под влиянием движущейся воды и ветра, вызы­вающих чисто механическое истирание частиц. Таким путем могут образоваться элементы любых степеней измельчения, вплоть до ультрамикроскопических, коллоидальных, размеров, а вся масса продуктов выветривания становится системой полидиспер- сной.

Химическое выветривание. Мы рассмотрим общие схемы хими­ческого выветривания только отдельных минералов, так как выветривание сложных горных пород протекает, в основном, по тому же типу.

Агентами химического выветривания являются кислород воз­духа, вода, углекислота (С02) и, кроме того, органические (гуму­совые) и минеральные кислоты. Различают следующие типы вывет­ривания: окисление, карбонизация, гидратация и каолинизация.

Действие кислорода воздуха проявляется в окислении соот­ветствующих соединений. Примером может служить цикл превра­щения пирита РеБа, осуществляющийся по следующей схеме;

РеБа + 70 + Н20 = РеБО\* + Н2504 (окисление). Получающаяся серная кислота, действуя на окружаю­щие породы, превращается в сернокислые соли кальция, магния, натрия, а сернокислое железо под влиянием углекислоты и воды претерпевает дальнейшие превращения по следующей схеме:

РеБО, + Н20 + С02 = РеС03 + Н2504;

карбонизация углекислое

железо

РеС03 + Н20 = Ре (ОН)2 + С02

гидрат

закиси

ИЛИ Же железа

2Ре С03 + ЗН20 + О = 2Ре (ОН)8 + 2С02

гидратация гидрат окиси

железа

Эта схема выветривания, помимо общего своего распростране­ния, имеет место в осушительной практике. Заболоченные почвы иногда богаты пиритом. Сам по себе он нерастворим в воде и потому не оказывает влияния на растительность. При осушении таких почв к пириту получают доступ кислород и угле­кислота воздуха и он выветривается. При этом все первые про­дукты выветривания (Н2304, РеЭ04 и РеС03) являются ядови­тыми для растений и только конечные продукты (гидраты), как нерастворимые в воде, для растений безвредны.

В связи с этим осушение и неосторожная глубокая вспашка почв, содержащих пирит, дают иногда в первый год отрицательный эффект, исчезающий в дальнейшем по мере окисления и выщелачи­вания вредных продуктов выветривания.

Выветривание кальцитов (известняков) протекает по следую­щей схеме:

СаС03 + Н20 + С02 = Са (НС08)3.

Получающийся бикарбонат кальция растворяется в воде й уносится с нею. Такое выветривание носит название карбони­зации. Оно широко развито в природе. В течение геологических периодов за счет этого процесса растворения исчезают громадные толщи известняков, и на месте их остаются лишь продукты, за­грязнявшие их, в виде карбонатных глин, носящих название мергелей.

Так называемая «устранимая» жесткость воды определяется главным образом бикарбонатом кальция, образующимся в этом процессе выветривания.

Все процессы перемещения карбонатов кальция в почвах, вынос их в дренаж, действие известкования осуществляются по этой схеме. Указанный процесс имеет место и при разрушении бетона.

Общая схема выветривания силикатов, которые представляют соли кремневой кислоты, существующей в двух формах: метакрем- невой и ортокремневой кислоты, может быть выражена следующим образом:

4 (Шё¥е) ЭЮ4 + 5С02 + 2НаО = М?С03 + 4РеС03 71-

оливин

+ 28Ю, + Н1Мг,81,0в'Н10.

серпентин

Общий результат выветривания, называемого гидратацией, при­водит, с одной стороны, к образованию углекислых солей и окиси кремния (кварца), с другой — к возникновению кислой соли маг­ния — серпентина. Последний, продолжая выветриваться далее, последовательно отделяет новые порции углекислого магния и БЮ2 **и в** конце концов окончательно распадается на эти простые соли и окислы.

Алюмосиликатами называют соли кремнеалюмовой кислоты состава Н2А128ц08. Схема выветривания алюмосиликатов выра­жается следующим образом:

К2А12&6016 + С02 + 2Н20 = К2С03 + 4 ЭЮ2 + Н2А1281208 • Н20.

полевой шпат каолинит

В результате мы имеем простые соли в виде карбоната (в дан­ном случае карбоната калия — поташа) и кварца, а с другой стороны, кремнеалюмовую кислоту, или каолинит. Поэтому и самый процесс носит название каолинизации. Каолинит (или као­лин) в условиях поверхности земной коры устойчив по отношению к обычным агентам выветривания и подвергается окончательному распаду на гидраты окиси алюминия и кремнезема только под влиянием некоторых микроорганизмов и, как предполагают, некоторых кислых соединений почвенного гумуса (креновая кислота).

Установлено, что фактически при выветривании алюмосиликатов полу­чается ряд продуктов, характеризующихся различным соотношением А1203 и 8102, а именно:

монтмориллонитовая кислота А1203-58Ю2-ЗН20 пирофиллитовая » А1203-48Ю2-ЗН20

галлоизитовая » А1203-28Ю2\*ЗН20

аллофановая » А1203-8Ю2-ЗН20

гидраты латеритов А1203-ЗН20

Нужно иметь в виду, что в природной обстановке общее направ­ление выветривания изменяется в зависимости от тех условий, в частности климатических, при которых оно протекает. Так, например, в холодном поясе идет по преимуществу физическое выветривание, тогда как процесс каолинизации выражен слабо. В умеренном поясе, наоборот, каолинизация является господ­ствующим процессом, и глины здесь накапливаются. В условиях жаркого климата процесс не останавливается на стадии каоли­низации, но каолиновое ядро распадается с образованием гидра­тов глинозема, которые здесь (совместно с гидратами железа) и накапливаются.

И. Д. Седлецкий намечает следующую сокращенную схему типов коры

|  |  |
| --- | --- |
| **выветривания:** | |
| **Типы коры выветривания** | **Руководящие глинистые минералы** |
| **Насыщенная сиаллит- ная**  **Ненасыщенная сиал- литная Аллитная** | **Монтмориллонит, кварц, серицит, байделит, му­сковит, гедройцит и др.**  **Каолинит, кварц, накрит, диккит, пирофиллит, галлоизит и др.**  **Гидраргилит, галлоизит, гематит и др.** |

Итак, рассмотренные процессы выветривания приводят к по­следовательному измельчению породы и упрощению ее химиче­ского состава. Однако это только одна сторона процесса: парал­лельно возникают новые свойства продуктов выветривания, обусловливающие укрупнение их и усложнение химического состава и свойств. Развитие этих новых свойств обязано возникно­вению коллоидных форм вещества.

Коллоиды. Широко известно, что одни вещества легко обра­зуют кристаллы (кристаллоиды), другие же не кристаллизуются (коллоиды).

Примером первых могут служить сахар, поваренная соль; примером вторых — клей, желатина, белки и др.

Основные различия свойств водных растворов тел кристаллических и кол­лоидных выражаются в следующем: 1) растворы кристаллоидов прозрачны, тогда как растворы коллоидов обычно в той или иной мере мутны; 2) раствор кристаллоида совершенно однороден; в коллоидном растворе, наоборот, с помощью микроскопа или ультрамикроскопа всегда можно установить на~ лйЧйб взвешенных твердых элементов; 3) кристалле идный раствор фильт­руется через любой фильтр без всяких изменений, коллоидный же раствор при подборе соответствующего фильтра всегда может быть разделен на твер­дую и жидкую составные части; 4) кристаллоидные растворы диффундируют, при любом длительном стоянии не изменяют своей концентрации, на разных уровнях от поверхности они не расслаиваются, тогда как в коллоидном растворе происходит медленное, но неуклонное оседание твердых частичек и соответственно концентрация раствора становится различной в верхнем и нижнем слое; 5) при выпаривании кристаллоидного раствора происходит повышение концентрации, а затем выпадение кристаллов; в этот момент существуют, следовательцо, две фазы; твердая — кристалл и жидкая — раствор. Такого разделения на две фазы при выпаривании коллоидного рас­твора не происходит; здесь последовательное повышение концентрации приводит к превращению всего раствора в студнеобразную массу, которая постепенно и обычно с большим трудом отдает воду. Известно, с каким трудом усыхает, например, раствор клея или желатины.

Соответственно наличию существенных отличительных свойств коллоид­ных растворов, к ним применяются и особые терминологические обозначения, а именно:

1) коллоид в жидком, растворенном состоянии называют «золь», в состоя­нии же твердом или студнеобразном обозначают как «гель»; 2) **коллоид** может быть получен в различных растворителях и соответственно этому называют, например, гидрозолямии гидрогелямисистемы, состоящие из коллоида и воды, алкозолямии алкогелямисистемы, состоящие из коллоида и алкоголя, и т. д.; 3) свойства коллоидной системы существенно зависят как от самого твердого вещества, так и от растворителя, и потому к таким системам не при­меняют термин «раствор», а называют их вообще «дисперсными системами», в которых растворитель называется «дисперсной средой», а растворенное ве­щество «дисперсной фазой».Часто дисперсные системы называют «псевдорас­творами» в отличие от «истинных растворов» кристаллоидов.

На основании перечисленных «здесь существенных различий Франческо Сельми в 1846 г., а затем Грэм в 1861 г. предложили различать два принци­пиально различных класса тел, именно — класс коллоидов и класс кри­сталлоидов.

Однако дальнейшие широкие исследования дали возможность получить некоторые из коллоидных веществ в кристаллической форме, а с другой сто­роны, громадное количество типичных кристаллоидов получить в коллоидной форме. Не только железо, алюминий, кремний, сера, золото, медь и т. д. издавна уже легко получаются в коллоидном состоянии, но даже такой кри­сталлоид, как поваренная соль, оказывается, может дать коллоидный раствор в бензоле.

В настоящее время нельзя говорить о существовании раз­личных классов тел, а признается наличие двух форм состояния тел, именно — состояния коллоидного и состояния кристаллоид- ново; причем, повидимому, все тела природы могут быть и в том и в другом состоянии при соответствующих подходящих усло­виях.

Современные исследования строения коллоидных частичек методом рентгеноструктурного анализа показывают, что весьма многие (если не все) коллоидные частички оказываются кристал­лическими.

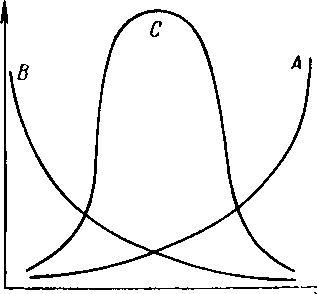
Различие коллоидного и кристаллоидного состояния тел состоит в степени раздробленности, или в степени дисперсности вещества. Очевидно, что степени раздробления могут изменяться непрерывно и бесконечно от отдельной молекулы и до частиц лю-

Только молекулярные растворы и представляют собой так называемые истинные, или кристаллоидные, растворы.

**бой крупности. Однако этот непрерывный ряд условно разделяют на следующие три группы частиц:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Грубые дисперсии** | **Коллоиды** | **Молекулярные растворы** |
| **Крупнее 0,1 или 0,0001 мм, не фильтруются, не­прозрачны** | **От 0,1 (х до 1 тр, или между 0,0001—0,000001 мм, фильтруются через обычные фильтры, не диффундируют и не диализируют. Частицы видимы в ультрамикроскоп** | **От 1 до 0,1** тр **(молеку­лы Н-=0,1 тр, невидимы в уль­трамикроскоп, диффунди­руют и диализируют)** |

Соответственно фактической непрерывности изменения вели­чины частиц можно ожидать непрерывности изменения и других

свойств дисперсной системы. В ряде случаев это, действи­тельно, так и есть. Напри­мер, степень неоднородности раствора, его гетерогенность, непрерывно уменьшается от грубых дисперсий к молеку­лярным растворам. В таком •же направлении изменяется, очевидно, скорость оседания частиц и ряд других свойств (по типу кривой А на рис. 1). В обратном направлении, в сторону увеличения от гру­бых дисперсий к молекуляр- Размер частиц ным, изменяются такие **СВОЙ-**

Свойства

Рис. 1. Кривая проявления коллоид- ^тва> КаК С1^0С0®Н0СТЬ к ДИФ~ ных свойств при разных степенях дис- **фузии, устойчивость раствора** персности веществ (Наумов). **ВО времени и т.** д. **(рис. 1,**

кривая Б). Однако оказы­вается, что имеет место большой ряд других свойств, которые из­меняются не по закону непрерывного убывания или возрастания, а совершенно иначе, именно таким образом, что в наименьшей сте­пени свойство выражено на обоих концах ряда, т. е. у грубых дис­персий и в молекулярных растворах, а наибольшей степени своего выражения оно достигает в середине, в области коллоидных степе­ней раздробления. К таким свойствам относится, например, способ­ность к набуханию, коагуляции, адсорбционная способность и др. Наличие этого последнего закона изменения свойств вещества, выраженного на рисунке 1 линией С, и обязывает выделять кол­лоидные дисперсии в особую группу и самостоятельно изучать их характерные специфические свойства.

**Суммарная и удельная поверхность.** Основным свойством коллоидных дисперсий является наличие у них громадной суммарной и удельной поверхности. Увеличение поверхности единицы объема тела при его последовательном измельчении иллюстрируется таблицей Оствальда (табл. 1).

**Таблица 1**

Изменение суммарной и удельной поверхности тела при его измельчении

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Длина стороны куба** | **Число кубов** | **Суммарная поверх­ность** | **Удельная**  **поверхность** |
| **1 СМ** | **1** | **6 см2** | **6** |
| **1 мм** | **103** | **60 »** | **6 • 10** |
| **0,1 мм** | **10е** | **600 »** | **6 • 102** |
| **0,01 »** | **10°** | **6 000 »** | **6 • 10\*** |
| **1 р** | **1012** | **6 м2** | **6 • 104** |
| **0,1 (I** | **1015** | **60 »** | **6 • 105** |
| **0,01 [л** | **1018** | **600 »** | **6 • 10е** |
| **1,0 Ш(Л** | **1021** | **6 000 »** | **6 • 107** |

Удельной поверхностью (и) называют поверхность (8), отне­сенную к объему (7). Например, для куба с длиной ребра а имеем:

тт ^ **6д2** 6

*и~ Г~~*

а для шара с радиусом г:

р 4и:г2 -3 3

и ~у 4тг Г3 у-

**Свободная поверхностная энергия.** Зна­чение величины поверхности тела заключается в том, что всякая частица, находясь в плоскости раздела двух фаз, например, жид­кой и газообразной или твердой и жидкой, всегда обладает неко­торым запасом так называемой свободной поверхностной энергии. Это положение иллюстрируется следующей диаграммой П. А. Ребиндера (рис. 2).

На ней показана вода (жидкая фаза), над поверхностью кото­рой находится насыщенный пар (газообразная фаза).

Каждая молекула а, находящаяся внутри жидкости, испытывает на себе действие соседних молекул в равной степени со всех сторон, и потому моле­кулярные силы этой молекулы оказываются все насыщенными. Если мы пред­ставим себе ту же молекулу, но расположенную на самой поверхности воды, то очевидно, что молекулярные силы притяжения, действующие на эту моле­кулу со стороны воды (вниз) и со стороны пара (вверх), не равны: так как молекулы пара находятся в чрезвычайно рассеянном состоянии, то действие их будет значительно меньшим. Соответственно этому молекулярные силы рассматриваемой (в, с) частицы воды в нижней части будут как бы вполне насыщены, тогда как в верхней части не насыщены, и, следовательно, молекула в целом будет обладать некоторым запасом свободной поверхно­стной энергии. Эта свободная энергия определяет собой так называемое по­верхностное натяжение жидкостей, что в свою очередь обусловливает собствен­

ную форму их. Так, например, капля воды при соответствующих условиях приобретает, как известно, форму шара, форму, обладающую наименьшей удельной поверхностью и, следовательно, наименьшей поверхностной энергией. Таковы мелкие капли дождя, росы и пр.

Каждая коллоидная система представлена двумя фазами — твердой и жидкой. Соответственно этому на поверхности раздела этих двух фаз, т. е. на поверхности коллоидных частиц, всегда имеется некоторый запас свободной энергии.

Величина свободной энергии поверхности для каждого кол­лоида зависит от характера дисперсной среды, в которой распре­делена твердая фаза (например, вода, спирт и пр.), и от степени дисперсности этой твердой фазы. Очевидно, что чем больше дис­персность, тем больше и запас свободной поверхностной энергии.

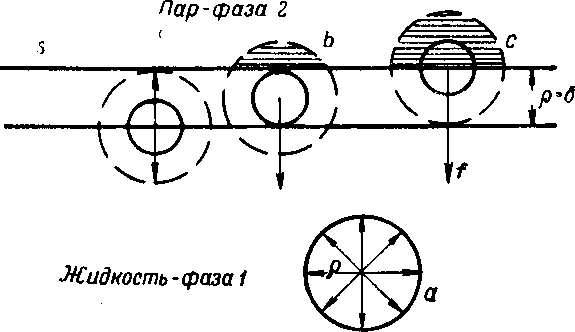


Рис. 2. Схема развития свободной поверхностной энергии (П. А. Ребиндер).

**Адсорбция.** Если в коллоидную двухфазную систему ввести какое-либо третье вещество, например раствор соли, то оказывается, что эта соль распределится в дисперсной среде неравномерно, именно — у поверхности твердых частиц концен­трация соли будет иной, чем в остальной жидкости. Эта способ­ность твердой фазы изменять концентрацию вещества (соли) у своей поверхности и носит название адсорбции. Различают ад­сорбцию положительную и отрицательную. Если концентрация соли на поверхности раздела увеличивается, это будет адсорб­ция положительная. Так ведет себя большинство органических веществ, растворенных в воде. Если концентрация соли на поверх­ности частицы уменьшается (а в окружающей жидкости, следо­вательно, соответственно увеличивается), то адсорбция будет называться отрицательной.

Почвенная масса адсорбирует обычные минеральные солевые растворы, приходящие с ней в соприкосновение, чаще всего отри­цательно. Если вещество адсорбируется в виде нейтральных молекул, то адсорбцию называют неполярной (аполярной), или молекулярной; когда адсорбируются отдельные ионы, адсорбцию называют полярной, или ионной.

**Набухание.** Явление набухания состоит в том, что твердое вещество, будучи приведено в соприкосновение с раство­рителем, энергично его поглощает, увеличивается в объеме и превращается в гель.

Явление набухания не представляет простой процесс пропитывания су­хого вещества растворителем, а является более сложным процессом. Так, оказывается, что объем полученного геля всегда меньше суммы объемов су­хого вещества и поглощенного объема растворителя, следовательно, здесь имеет место как бы уплотнение растворителя.

При набухании происходит выделение тепла. Эта теплота определяется как количество тепла (в калориях), выделяющееся на 1 г сухого набухающего тела при поглощении им некоторого количества граммов воды. Максимум тепла выделяется в первых стадиях набухания, а затем затухает.

Величина набухания зависит от степени дисиерсации коллоида, харак­тера растворителя, температуры и многих других причин.

Увеличение объема при набухании может создать громадные давления на окружающие препятствия. Таким образом, например, разрывают камни, когда забивают в их трещины сухие деревянные клинья, которые затем поли­вают водой.

Самый механизм набухания слагается, по Оствальду, из двух процессов: во-первых, осмотического поглощения жидкости, а во-вторых, адсорбции жид­кости набухающим телом. Так как слой адсорбированной жидкости находится иод большим давлением, то именно с этим и связываются явление уменьше­ния суммарного объема набухшего тела и выделение теплоты.

Многие продукты выветривания обладают способностью к на­буханию и, в частности, весьма энергично набухают обыкновенные глины.

Последовательные многократные смены расширений при набу­хании и сжатий при высыхании вызывают многообразные дефор­мации в толще почв и, в частности, являются мощным фактором образования трещин и разнообразных форм структуры.

**Химическое строение и электрический заряд коллоидных частиц.** Установить химическое строение коллоидных частиц — задача исключительно трудная. Поэтому все предложенные схемы химического строения этих частиц носят пока условный характер. Однако самый тип строе­ния может считаться достаточно установленным.

Например, коллоидное железо может быть представлено в та­кой форме:

{х [Ре (ОН)3 -|- пВ20] у¥с^+} + у. ЗОЕ.

инертное ядро ионизированная часть

Частичка, имеющая такое строение, в целом носит название мицеллы, или сгустка. Она состоит из двух частей: первая х [Ре(ОН)3 + иН20] представляет инертный, недиссоциированный гидрат окиси железа, причем коэффициенты х ж п могут быть произвольными по величине; вторая часть — yFoM+ у • ЗС1~ представляет собой обычное треххлористое железо, диссоцииро­ванное на ионы, катион FeX4 h и анион С1 . Эти ионы несут, как обычно, электрические заряды, и, следовательно, частица оказы­вается окруженной двойным электрическим слоем. Заряд иона, связанного непосредственно с ядром, передается и всей мицелле. Таким образом, в рассматриваемом случае коллоидная частичка оказывается заряженной положительно. Внешний ион мицеллы, в данном случае СГ, способен ко всем обычным химическим реак­циям, протекающим по общему закону эквивалентных отношений.

Коэффициент х (коэффициент ядра) обычно во много десятков и сотен раз превышает но величине коэффициент у (коэффициент ионизированной части) и по абсолютному значению всегда велик. Соответственно этому молекулярный вес мицеллы выражается цифрами порядка 30 000 и 50 000, тогда как молекулярные веса даже наиболее сложных кристаллоидных частиц обычно не пре­вышают величин в несколько сотен единиц.

Приведенный выше состав мицеллы коллоидного железа состоит из двух разнородных соединений: гидрата железа и хлор­ного железа. Коллоиды такого типа строения носят название гете­рогенных (неоднородных) коллоидов. Другие мицеллы могут быть составлены в обеих своих частях из одних и тех же элементов. Примером является золь кремнекислоты такого состава:

мицелла, заряженная отрицательно

[**s(SiOa** + **nHaO**); **yHSiQ-3**] + H+

ядро — гидрат окиси ионнля часть — кремния метакремниеиая

кислота

Коллоиды такого типа строения носят название гомогенных (однородных) коллоидов.

Следовательно, в обоих типах строения (гомогенном и гетеро­генном) коллоидное ядро окружено двойным слоем электрически заряженных ионов; коллоидная частица в целом несет на себе электрический заряд того знака, который присущ ионам внутрен­него слоя. При подходящих условиях, в частности при изменении в окружающей среде концентрации водородных ионов (pH), многие коллоиды способны перезаряжаться, т. е. переходить из поло­жительно заряженных в отрицательно заряженные, и наоборот.

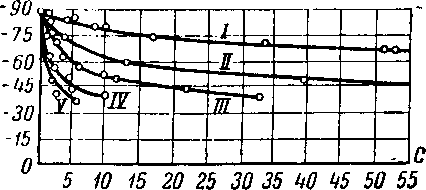
Ионы наружного слоя носят название «поглощенных» ионов (катионов или анионов); они способны ко всем химическим реак­циям обмена по общему закону кратных отношений и, следова­тельно, создают активность коллоида. Поведение и свойства коллоидных масс в значительной мере определяются характером поглощенного иона (см. раздел «Поглотительная способность почв и ее виды»).

Коллоиды почвы, представленные главным образом гидратами и окислами железа, алюминия, марганца и кремния, а также органическим веществом (гумусом) почвы, чаще всего заряженыотрицательно, и только в некоторых типах почв (в субтропических красноземах и латеритах и частично в северных подзолах) имеют место коллоиды и положительно заряженные.

С наличием электрического заряда коллоидных частиц, а также гидратацией связаны устойчивость золей при броуновском дви­жении и явления коагуляции и пептизации коллоидов.

Бро у и о в с к о е **движение.** При наблюдении золя под микроскопом оказывается, что частички коллоида находятся в постоянном беспорядочном движении. При этом амплитуда коле­баний очень различна и для мелких частичек часто настолько велика, что они выскакивают из поля зрения микроскопа, тогда как более крупные частицы колеблются только около некоторого постоянного центра. Это движение осуществляет­ся в золе при всех усло­виях его существования.

Мв



**Рис. 3. Изменение электрокинетического по­тенциала в милливольтах золя трехсерни­стого мышьяка в присутствии комплексных солей кобальта различной валентности** (С **— концентрация соли).**

Этот вид движения был впервые открыт Броу­ном (Вгони), по имени которого и получил свое название.

Причиной броунов­ского движения явля­ются непрерывные и бес­порядочные удары моле­кул жидкости, которая окружает частицу кол­лоида. Это подчеркивает незначительность размеров и веса коллоидных частиц, не могу­щих противостоять ударам движущихся молекул.

Число столкновений коллоидных частиц между собой при броуновском движении и, следовательно, их слипание и укруп­нение незначительны в силу наличия электрического заряда, препятствующего их тесному сближению.

**Коагуляция** и п е п т и з а ц и я. Как выше отме­чалось, всякий золь, в противоположность истинному раствору, не является системой совершенно устойчивой. Под влиянием мно­гообразных причин дисперсная фаза золя может претерпевать изменения как в сторону уменьшения начальной степени дисперс­ности, укрупнения своих частиц, так и в сторону увеличения дисперсности, измельчения частиц. Основными причинами изме­нения дисперсного состояния коллоидных систем являются изме­нение величины электрического заряда коллоидных частиц и степень их гидратации. Увеличение заряда и гидратации повы­шает устойчивость золя, понижение заряда и гидратации вызывает укрупнение частиц и понижение устойчивости системы.

На рисунке 3 (Г. Фрейдлих) показано изменение электрокинетического потенциала (скорости движения частиц при катафорезе) золя трехсернистогомышьяка в присутствии ряда комплексных солей кобальта, катионы которого имеют различную валентность. Абсциссы представляют концентрации соли в микромолях в 1 л, ординаты — значение элсктрокипстичсского потенциала в милливольтах. Кривая / относится к двум одновалентным катионам, II — к двухвалентному, III — к трехвалентному, IV — к четырехвалент­ному и V — к шестивалентному.

В изоэлектрической точке лиофобные золи совершенно неустойчивы и коллоиднорастворепиое вещество выпадает в осадок.

Изменение толщины водных пленок, облекающих коллоидные частицы глины при насыщении их разными катионами, иллюстрируется следующими цифрами П. Фагелера (табл. 2).

**Таблица 2**

Изменение толщины водных пленок, облекающих коллоиды

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Насыщенность частиц** | **Общий радиус частицы (в А)** | **Толщина водной оболочки (в А)** | **Увеличе­ние объема (В %)** |
| **Совершенно сухая частица** | **2 000**   1. **440** 2. **250 6 500** | **1440 2 250 4 500** | **510 960 3 422** |
| **Насыщенная трехвалентными катионами.... » двухвалентными катионами . . . » одновалентными катионами....** |

Механизм укрупнения заключается в образовании рыхлых агрегатов частиц, а не в слиянии их, наподобие, например, слия­нию отдельных капель жидкости. Этот процесс укрупнения (агре­гации) частиц носит название коагуляции. Если процесс укруп­нения заходит настолько далеко, что наступает оседание частиц на дно сосуда, то явление получает название седиментации (осе­дания).

Коагуляция осуществляется под влиянием многообразных факторов действия электролитов (растворов солей), других кол­лоидов, прямого света, изменения температуры, изменения кон­центрации золя, длительности его существования (возраста). Явления коагуляции, возникающие самопроизвольно при дли­тельном стоянии золя (при увеличении его возраста), носят назва­ние «старения» коллоида.

Коагуляция носит название «обратимой коагуляции», если сте­пень дисперсности полностью восстанавливается с возвратом системы к первоначальным условиям ее существования (напри­мер, при удалении прибавленного избытка электролита), и «необ­ратимой коагуляции», если такого восстановления не наступает (например, золь кремнекислоты не восстанавливается после высу­шивания). Процессы необратимой коагуляции являются мощным фактором цементации и образования структуры в почвах.

Ряд веществ, будучи прибавлен к золю, не только не вызывает коагуляции его, но и препятствует ей при воздействии на золь коагулирующего фактора. Эти явления носят название «защиты» коллоидов. Особенно ярко защитное действие проявляют такие обратимые коллоиды, как желатина, гуммиарабик, почвенные органические вещества (гумус), ионы ОН', БЮ'з и др.

Кроме явлений «защиты», весьма широко развиты и имеют крупное значение в почвообразовании явления обратного харак­тера, а именно: взаимное осаждение коллоидов при их смешении. Как общее правило, взаимно коагулируют при смешении золи, заряженные противоположно, что обеспечивает приближение смеси к изоэлектрической точке. В связи с этим здесь имеет место оригинальное явление так называемых зон коагуляции; оно выражается в том, что наибольшее осаждение наблюдается только при определенных, оптимальных отношениях двух золей, откло­нение же от этого оптимума как в сторону увеличения, так и в сто­рону уменьшения концентрации одного из них уменьшает коагу­ляцию. При избытке одного из золей может наблюдаться полная перезарядка другого золя.

Оптимум коагуляции для смеси одних и тех же золей зависит от концентрации в дисперсной среде водородных **ИОНОВ** (pH).

Для почвенных условий особенно большое значение имеют явления взаимного осаждения таких золей, как гидраты и окиси железа, алюминия, марганца, кремния. Конкретным выражением этих процессов считают, между прочим, ортштейн подзолистых почв.

Процесс, обратный коагуляции, т. е. процесс увеличения степени дисперсности данной системы, носит название пептизации. При пептизации подвижность золей увеличивается, что способ­ствует их передвижению по профилю почв и формированию иллю­виальных (вмытых) горизонтов.

ГУМУС ПОЧВЫ

Гумусом пазывают органическое вещество, образующееся в верхних слоях почвы в результате сложных процессов разло­жения растительных и животных остатков, совершенно утратив­ших признаки своего клеточного, строения. Обычно гумусовые вещества темно окрашены; они-то и придают серую или черную окраску поверхностным слоям почвы.

Иногда, особенно часто в северных областях, под лесами, раз­ложение растительных остатков не протекает до конца, они со­храняются в полуразложенном состоянии, и такой гумус назы­вают кислым, или сырым, гумусом.

Источниками гумусообразования являются отмирающие корни и стебли растений, опадающая листва деревьев (в лесах), всякого рода животные и микроорганизмы, живущие и отмирающие в почве.

Агентами разложения этих органических остатков являют­ся отчасти вода и кислород воздуха, отчасти черви, насеко­мые и землерои, населяющие почву, но главным, основным фак­тором, разрушающим органические вещества и приводящим к образованию гумуса почвы, является деятельность микроорга­низмов, бактерий и грибов.

Количество микроорганизмов в почвах громадно. До послед­него времени считали, что в разных условиях находится 1—2 млн. микроорганизмов на каждый грамм почвы. Однако новейшие опре­деления дают величины порядка 2—3 млрд, на грамм почвы. Но и эти колоссальные цифры, повидимому, нужно считать приуменьшенными, так как определения не учитывают явлений поглощения бактерий частицами почвы, в силу чего значительная часть их выпадает из подсчета. В результате жизнедеятельности этого многочисленного микробиологического населения и форми­руется в почве гумус.

Состав гумуса почвы, несмотря на многочисленные аналити­ческие работы, остается до сего времени недостаточно установлен­ным и его нельзя представить в виде одного или нескольких точно выраженных химических соединений.

Ряд новейших исследований позволил выделить из органи­ческого вещества почвы большое число (до 34) отдельных точно установленных химических соединений, азотистых и безазотистых. Однако среди них нет ни одного, которое могло бы быть названо собственно гумусом почвы. На основании этого некоторые иссле­дователи склонны думать, что гумусовых веществ как оригиналь­ных, специфических химических тел совсем нет. Эту точку зрения нельзя признать обоснованной, так как те многочисленные и относительно простые химические соединения, которые до сих пор получены при аналитическом исследовании природного гумуса, являются лишь продуктами его разрушения, получаю­щимися в самом процессе аналитической работы. Мы знаем, что природный гумус обладает рядом оригинальных свойств, которых нет ни в одном из выделенных исследователями простых сое­динений.

Поэтому в дальнейшем мы будем держаться точки зрения, высказанной еще первыми исследователями гумуса в прошлом столетии и в известной мере подтверждаемой рядом новейших исследований (главным образом, в СССР), что среди несомненно очень многообразной смеси органических соединений существует, по крайней мере, несколько специфических (индивидуально оформленных) гумусовых веществ почвы. Они представлены гуминовой, улъминовой и креповой кислотами.

Образование той или иной кислоты зависит от условий, в кото­рых протекает процесс разложения органического вещества. Различают три типа таких условий разложения, а именно:

1. бактериальное аэробное, т. е. протекающее при достаточном доступе кислорода воздуха;
2. бактериальное анаэробное, протекающее без доступа кисло рода воздуха, и
3. грибное, всегда аэробное.

Аэробные процессы разложения органического вещества яв­ляются, в основном, процессами окисления и в конечном итоге приводят к образованию простых, вполне окисленных, соедине­ний. Для безазотисаых веществ (например, клетчатки, сахаров и пр.) такими конечными продуктами будут вода и углекислый газ, для веществ же азотистых (например, белки), кроме того, еще и вполне окисленная форма азота в виде азотной кислоты. Однако в природной обстановке этот аэробный процесс не идет односторонне в направлении только разложения, упрощения вещества, но одновременно осуществляется и процесс образования совершенно новых веществ, по своему составу даже более слож­ных, чем исходный материал, — осуществляется процесс син­теза. В данном случае таким новым синтетическим веществом является гуминовал кислота. Принято считать, что кислота эта четырехосновная (для каждого карбоксила со своим порогом дис­социации), в воде нерастворимая, нерастворимы также ее соли щелочноземельных металлов. Однако соли щелочных металлов легко растворимы. Растворы эти почти черного цвета с темновиш­невым оттенком. В сухом виде кислота представляет собой черную хрупкую рогообразную массу. В настоящее время сделаны попытки доказать кристаллическое строение гуминовой кислоты (Седлец- кий).

Анаэробный бактериальный процесс разложения органического вещества является, в основном, процессом восстановительным и в конечном своем итоге приводит к образованию воды и угле­кислоты и ряда неокисленных соединений, как метан, сероводо­род, свободный азот, водород и пр. Одновременно с разложением исходного материала здесь также идет и синтетический процесс образования гумусовых веществ, в данном случае улъминовой кислоты.

Эта кислота по своим свойствам, повидимому, весьма близка к кислоте гуминовой и внешне отличается от нее более бурым (а не черным) цветом.

Грибные процессы разложения возникают главным образом в особых условиях — в кислой среде, в противоположность бак­териальным процессам, требующим среды нейтральной или слабо­щелочной. Такой кислой средой обычно являются остатки дре­весной растительности, в противоположность растительности травянистой. Эта кислотность древесных остатков объясняется значительным содержанием в них дубильных веществ, а также малой зольностью. Так, например, в сосновой лесной подстилке золы содержится всего 1,46%, в буковой 5,57, тогда как в луго­вых травах 7,01%. Соответственно этому грибной процесс разло­жения приурочивается главным образом к областям лесных массивов.

В результате грибного процесса разложения органического вещества в почве образуется так называемая креповая кислота. Эта кислота существенно отличается по своим свойствам от гуми­новой и ульминовой. Она бесцветна; как сама, так и все ее соли легко растворимы в воде; кислота эта очень сильная, легко раз­рушающая минералы материнской породы.

В природных почвах мы имеем дело обычно с очень сложной смесью различных органических веществ, в частности, трех назван­ных кислот. Средний состав гумуса характеризуется следующими цифрами:

С — 58%, Н + О — 30—40%, N — 3—10% и золы 2—7%.

Особенно подробному изучению подвергался вопрос о колеба­ниях содержания азота в гумусе, причем удалось установить закономерность, выражающуюся в том, что гумус почв южных, засушливых широт обычно богаче азотом, чем гумус почв север­ных.

Интенсивность разложения органических веществ. Интенсив­ность разложения органических веществ почвы и, следовательно, накопление или разрушение ее гумуса во многом зависит от внеш­них условий.

Зависимость от температуры и влажности ярко проявилась, например, в опыте разложения березовых листьев в лабораторной обстановке (Костычев). Полученные результаты выражены в мил­лиграммах углекислоты, выделившейся на 100 г вещества (табл. 3)

**Таблица 3**

Выделение углекислоты при разложении березовых листьев в условиях различной влажности и температуры

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Температура (в град.)** | **Влажность (в %)** | | | | | |
| **78,9** | **64,1** | **38,7** | **11,7** | | **3,6** |
|  |
| **17** | **378,5** | **344,5** | **518,4** |  | **2,3** | **0** |
| **35** | **1481,3** | **1 544,1** | **1502,2** |  | **12,2** | **0** |

Количества выделившейся углекислоты свидетельствуют о том, что энергия разложения зависит как от температуры, так и от влажности.

Значительные количества в почве углекислого кальция (СаС03) задерживают разложение органического вещества. Так, в одном из опытов с черноземом оказалось, что без извести он выделил углекислоты 826,8 мг, а в присутствии 10% СаС03 за этот же срок — 532,0 мг.

Воднорастворимые соли ^аС1, ^2304 и др.) обычно задер­живают разложение органических веществ, отчего в засоленных почвах часто наблюдается значительно большее содержание гумуса, чем в соседних незасоленных.

Отмеченные выше факторы (влажность и солевой режим), а также реакция почвы являются элементами, наиболее легко регулируемыми в условиях мелиоративного хозяйства. Отсюда возникает существенная проблема хозяйственного регулирования в этих условиях и самого процесса разложения органического вещества и накопления в почве гумуса.

Значение гумуса. Значение органического вещества почвы, гумуса, чрезвычайно велико. Во-первых, гумус представляет мощный фактор выветривания минералов, действуя на них в ка­честве кислот как непосредственно, так и являясь источником углекислоты, которая представляет собой главный агент хими­ческого выветривания. Во-вторых, гумус является серьезным источником питания растений, освобождая в процессе своего разложения такие окисленные соединения, как азотная и фосфор­ная кислоты, кислородные соединения калия и пр. В-третьих, гумус — главный фактор, придающий прочность структуре почвы. Осуществляется этот процесс следующим образом: находясь в виде золя, щелочные соли гуминовой или ульминовой кислоты пропитывают комочки почвы. Под влиянием ряда факторов, как, например, при замене щелочного основания (например, N3) на щелочноземельный (например, Са) или после зимнего замора­живания золи названных кислот переходят в форму геля, который и фиксирует прочно комочки почвы. Эта фиксация структуры почвы чрезвычайно важна для многих, в частности, для водных свойств почвы. Наконец, в-четвертых, гумус как коллоид обладает ре,1ко выраженной способностью к поглощению и обмену катионов, т. е. является частью поглощающего комплекса почвы.

*ГЛАВА II*

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

В понятие «физические свойства почвы» входит: 1) морфоло­гия; 2) удельный вес; 3) объемный вес; 4) порозность, или скваж­ность; 5) гранулометрический (механический и агрегатный) состав; 6) тепловые свойства; 7) механические свойства почвенных масс — пластичность, клейкость; 8) водные свойства (водопроницаемость, влагоемкость и др.).

МОРФОЛОГИЯ **почв**

Строение почвы. В результате процессов выветривания и гуму- сообразования, а также процессов перемещения этих продуктов в толще породы формируется характерный вертикальный профиль почвы, который своим внешним видом дает возможность распо­знавать основные типы и разности почв. Учение о внешних призна­ках, свойственных почвам, носит название морфологии почв.

Вертикальный разрез почвы может быть разбит по ряду приз­наков на отдельные горизонты, или слои. Руководящими призна­ками для деления на горизонты являются степень гумусности, цвет слоев, выделение солей и т. д. Характеристика почвенного разреза по признаку слагающих его горизонтов, или слоев, носит

Название строения почвы. Общий характер Строения йочвЫ и мощ­ность горизонтов дают первые указания о типе и условиях обра­зования материнских пород и почвы. Дальше морфологически характеризуется каждый горизонт почвы.

Структура. Структурой мы называем образование из отдель­ных частичек Почвенной массы более крупных, чем они, легко различимых при внешнем осмотре агрегатов, или зерен, различ­ной формы и величины. Для поверхностных горизонтов **ПОЧВЫ** наиболее характерны структуры комкойатая, зернистая, порохо­видная, пластинчатая и др. В более глубоких горизонтах чаще встречаются структуры столбчатая, глыбистая [[3]](#footnote-3). Если в гори­зонте не обнаруживается явно видимой структуры, его называют раздельнозернистым, или бесструктурным.

Различают структуру прочную, т. е. не разрушающуюся прй намачивании водой, и непрочную, легко расплывающуюся в воде. Весьма полезно отметить эту черту структурности уже в поле, если удается наблюдать разрезы при разных влажностях почвы.

Структурность почв имеет чрезвычайно большое значение, в частности для водных свойств почвы. Как общее правило, структурные почвы обладают хорошей водопроницаемостью, бес­структурные же обычно плохо водопроницаемы (кроме рыхлых песков).

Для бесструктурных почв чрезвычайно большое значение имеет трещиноватость их. Трещины часто являются единствен­ными проводниками воды через толщу почвы, и потому их жела­тельно характеризовать количественно по густоте расположения и глубине проникания. Это, например, необходимо при расчете расстояний между дренами для трещиноватых почв. При установ­лении в этом случае расстояний исходя из водопроницаемости нетрещиноватой почвенной массы, а также на основании грануло­метрического состава возникнет необходимость в сооружении густой дренажной сети, тогда как поле фактически, из-за большой трещиноватости, может весьма быстро освобождаться от воды, и дренаж здесь может оказаться удовлетворительным при значи­тельных расстояниях между дренами.

Д. Гиссинк сообщает, что в Голландских польдерах трещины сохрани­лись в течение 160 лет на глубину 100 см. Эти трещины обусловливают собой хорошую промываемосгь молодых польдеров от воднорастворимых солей, а затем и выщелачивание извести; в одном случае установлено, что из почвы вымылось 9,5% СаС03 в течение 264 лет.

При практической оценке трещиноватости почвы в поле необ­ходимо стремиться установить, устойчивы ли трещины при намо­кании почвы или они при этом закрываются в силу набухания коллоидных масс. В ряде случаев ответ на этот вопрос может быть получен морфологически, а именно — наличие на плоскостях трещин всякого рода новообразований в виде корочек, выделений гидратов железа, кварцевой присыпки и пр. свидетельствует об известной устойчивости трещин, тогда как полная физическая однородность всей массы указывает на их неустойчивость.

Сложение. Различают плотное и рыхлое сложение горизонтов почвы. Оба вида сложения могут быть присущи как структурным, так и бесструктурным почвам.

Наглядно различие плотного и рыхлого сложения массы, составленной из шарообразных частичек, показано на рисунке 4.

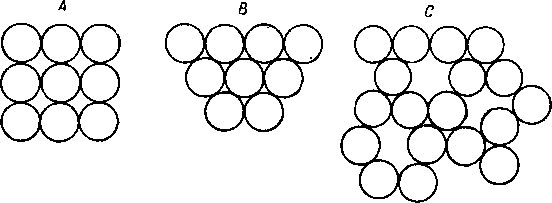


Рис. 4. Схема рыхлого, плотного и ячеистого сложения почвы.

В случае А каждый верхний ряд шариков налегает на нижний, соприкасаясь с ним по вертикальному диаметру. Это будет сложе­ние рыхлое; объем свободных промежутков составляет 47,64% общего объема тела. В случае В каждый верхний ряд шариков уложен в промежутки шариков нижнего ряда. Это будет типом плотного сложения; объем свободных промежутков занимает 25,95% общего объема тела. Из этого примера нельзя, однако, заключать, что указанная амплитуда плотностей есть предель­ная для почвенных масс. Очевидно, что даже для шарообразных частичек возможна более сложная архитектоника сложения, всякого рода сводчатая, ячеистая (С) и т. д., которая может дать гораздо больше свободных промежутков, чем 47,64%. С таким положением мы часто встречаемся в природных почвах. С другой стороны, во всех случаях частиц не шарообразных, а других форм, — угловатых и особенно пластинчатых, — плотность укладки может быть значительно большей, чем предельная для шариков (в случае В), и, следовательно, объем свободных проме­жутков здесь будет менее 25,95%. Эти явления также имеют широкое распространение в природе.

В поле плотность отдельных горизонтов почвы может быть измерена с помощью специальных приборов, называемых плотно­мерами.

Характер сложения почвы не остается постоянным и может изменяться под влиянием различных факторов. В мелиоративной практике наиболее существенными формами таких изменений являются процессы оседания торфов при их осушении и явления так называемых просадок почв при орошении.

Новообразования и выделения. Очень важны и показательны для характеристики почв всякого рода видимые выделения в поч­венном профиле. К ним относятся ортштейновые зерна (бобовины), скопления разных форм извести, выделение кристаллов гипса и других солей и т. д.

Элементарные качественные реакции в поле на вскипание от капли соляной кислоты, реакции на хлор и серную кислоту дают возможность установить общий характер распределения солевых скоплений по профилю почвы.

Морфологическое описание почвенного разреза. Подробное морфологическое описание почвенного разреза является главней­шим основанием для выборки образцов почвы для анализа.

Приведем схему подробного морфологического описания раз­реза каштановой почвы.

Горизонт А. Мощность 0—8 см. По цвету каштаново-серый, слоистый, со слабо выраженной разницей в окраске поверхностей слоев (верхняя поверхность светлее). Рыхлый и при раздавлива­нии дает пороховидно-пылеватые частицы.

Горизонт Вх. Мощность 8—18 см. Отграничен от предыдущего ясно. Темнобурый, плотный. Вертикальными трещинами разбит на призмы (ширцна призм — 3—5 см). Призмы очень плотны, с трудом раздавливаются на комки и зерна и в горизонтальном изломе дают раковистую поверхность. Переход в следующий горизонт постепенный.

Горизонт В2. Мощность 18—65 см. Бурый, со слабой гумусной окраской и более темными языками и пятнами. Есть мелкие пятна невскипающих солей.

Горизонт В3 (переходный к материнской породе). Мощность 65—130 см. Светлобурый суглинок, со слабо выраженными пят­нами и кристаллами невскипающих солей.

В горизонтах А и Вх слабо вскипают лишь боковые поверх­ности трещин, более энергичное вскипание начинается в гори­зонте В2 и идет глубже.

Зная, что такого рода морфологическое описание произведено в каштановой почвенной зоне, мы имеем достаточно оснований для предварительного заключения о том, что в данном случае разрез сделан в столбчатом или призмовидном солонце.

Было бы крупнейшей ошибкой брать образцы для аналити­ческой характеристики по вертикальному профилю почвы меха­нически, через определенные интервалы, например: 10, 20, 50 см и т. д. В этом случае некоторые важные горизонты почвы оказа­лись бы пропущенными или в один образец попала бы смесь двух разных горизонтов. Образцы следует брать, строго приурочивая

их к определенным генетическим горизонтам,причем рекомендуется брать не среднюю пробу из всего горизонта, а слой в 5—10 см толщиной из наиболее типичного места его. При большой протя­женности одного горизонта (например, 50, 100 см и более) следует брать из него несколько образцов на разных глубинах. Аналити­ческое изучение таких" образцов дает наиболее полное и ясное представление о конкретных физических и химических свойствах данной почвы.

УДЕЛЬНЫЙ ВЕС ПОЧВ

Удельный вес почвы определяется выражением = где

т — вес абсолютно сухой (т. е. высушенной при 105°) почвы, а М — вес объема воды, равного объему всех твердых частиц взятой навески почвы. Определяется удельный вес почвы обычным физическим способом — в пикнометре.

Удельный вес почвы характеризует, во-первых, ее минерало­гический состав и, во-вторых, содержание в ней органического вещества, гумуса.

Удельные» веса некоторых минералов следующие:

кварц 2,65

ортоклаз 2,54—2,57

каолинит 2,60—2,63

мусковит (слюда) 2,76-3,0

роговые обманки и авгиты 2,9 —3,4

Удельный вес органических веществ почвы не превышает 1,4, соответственно чему удельный вес гумусных почв ниже, чем отдельных минералов, и, например, для чернозема с содержанием 10,3% гумуса опускается до 2,37. В среднем удельный вес раз­личных почв колеблется около 2,6.

Точное знание удельного веса почвы необходимо для расчета величины общей порозности (скважности) почвы.

ОБЪЕМНЫЙ ВЕС ПОЧВ

Объемным весом почвы называется вес единицы (1 см3) почвы в ее естественном сложении, т. е. со всеми теми пустотами, которые заключены между твердыми частицами.

Определение объемного веса производится путем взвешивания строго определенного объема почвы. Он может быть вырезан в форме кубика или, что проще и удобнее, вырезается металли­ческим цилиндром определенного объема. Часто употребляются цилиндры до 6 см диаметром и до 10 см высотой. Просушив почву и разделив вес абсолютно сухой почвы в граммах на объем в куб. сантиметрах, мы получим вес 1 см3.

Необходимо иметь в виду, что многие почвы обладают зна­чительной набухаемостью, и тогда объемные веса, определен­ные для почвы во влажном и в сухом состоянии, могут ока­заться существенно различными: для сухой почвы большими, чем для влажной.

Объемные веса варьируют в широких пределах в зависимости от плотности сложения, степени гумусности и других свойств почв. Это видно из следующих цифр.

Характер почвенной массы Объемный вес

|  |  |
| --- | --- |
| **Оторфованные горизонты заболоченных почв** | **0,5—1,0** |
| **Гумусные горизонты различных почв**  **Иллювиальные горизонты различных почв (подзолистых,** | **1,08—1,13** |
| **солонцовых)** | **1,5-1,9** |
| **Суглинистые бескарбонатные почвы** | **1,3-1,5** |
| **» карбонатные (лессового типа)** | **1,2-1,4** |
| **Песчаные плотные** | **1,6-1,8** |

ПОРОЗНОСТЬ, ИЛИ СКВАЖНОСТЬ, **почв**

Частицы почвы не заполняют собой всего пространства, а между ними остаются свободные промежутки — поры. Количество этих промежутков в единице объема почвы называют общей пороз- ностью, или скважностью, почвы. Следовательно, порозность Р равняется 1 — Vу где 1 — весь объем почвы, а у — объем только

ее твердых частиц. Последний определяется как у = где сI есть объемный вес, ас?х — удельный вес.

Таким образом, общая порозность Р определяется как 1 —

«1

или в процентах

**М’-а,)100'**

Порозность различных почв варьирует в очень широких пре­делах. Так, для очень плотных глин она опускается до 20%, тогда как для некоторых болотных почв поднимается до 80%. В мине­ральных почвах обычно встречающиеся величины составляют около 40—50%, варьируя часто в пределах одного почвенного профиля, по отдельным генетическим горизонтам от 30 до 55% (рис. 4, стр. 27).

Величины порозности имеют большое значение в мелиора­тивной характеристике почв, так как от них зависит полная влагоемкость почв, их воздухоемкость, коэффициент фильтра­ции, механическая устойчивость почвенных масс и ряд других свойств.

Зависимость от порозности коэффициента фильтрации иллюстрируется следующими экспериментальными данными, полученными И. И. Зауэрброем (табл. 4).

V— -Т— ,2 т

**Зависимость коэффициента фильтрации от суммарного объема пор (степени плотности грунта)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Род грунта** | **№ грунта** | **Верхний и нижний пределы суммарного объема пор** | **Верхний и нижний пределы для коэф­фициента фильтра­ции** |
| **Равномерной крупности** | **7** | **0,460—0,434** | **0,0184-0,0140** |
|  | **6** | **0,419-0,377** | **0,266 -0,178** |
|  | **1** | **0,431—0,347** | **1,6 -0,67** |
|  | **9** | **0,428—0,367** | **3,20 -1,50** |
|  | **2** | **0,422-0,389** | **3,35 —2,42** |
|  | **3** | **0,399—0,354** | **6,31 —3,35** |
|  | **10** | **0,401—0,355** | **6,96 —3,97** |
|  | **11** | **0,394—0,356** | **15,05 —10,00** |
| **Естественный (песчаный)** | **44** | **0,452—0,381** | **1,387 —0,391** |
|  | **53** | **0,382—0,327** | **0,409 —0,159** |
|  | **54** | **0,384—0,342** | **1,98 —0,982** |

120**?]** (\*ъо 2(\ г— Р)29 где V — скорость фильтрации;

**Горизонтальные ряды таблицы обнаруживают весьма существенную зависимость показателя фильтрации от величины порозности. Так, например, в грунте№ 10 при изменении порозности от 0,401 до 0,355 показатель фильтра­ции изменяется от 0,96 до 3,97, т. е. уменьшается почти в два раза. В общем, данные автора хорошо подтвердили формулу зависимости фильтрации от пороз- пости, предложенную Козени и имеющую следующий вид:**

V) — вязкость жидкости;

— активный диаметр (в см);

I — гидравлический уклон;

7 — удельный вес жидкости;

Р— порозтюсть в единице объема.

При оценке значения порозности нужно считаться не только с общим объемом пор, но и с их формой, которая зависит от величины минеральных частиц (механического состава) и от характера сложения этих частиц.

Зависимость от размеров частиц видна из сопоставления, например, грунтов № 7 и 11. Грунт № 7 имеет самую большую порозность, 0,460—0,434, но одновременно и самый малый показатель фильтрации, а именно 0,0184— 0,0140. Наоборот, грунт №11 имеет сравнительно низкую порозность, 0,394— 0,356, но максимальный показатель фильтрации— 15,05—10,00. Разъяснение этому противоречию дают данные механического состава: оказывается, что главная масса (93%) грунта № 7 состоит из частичек размером 0,1—0,02 мм, тогда как масса грунта № 11 на 98,5% состоит из частиц диаметром 1,25— 0,589 мм, т. с. значительно более крупных. Соответственно этому в грунте № 7 пор хотя и много, но они очень мелкие, а в грунте № 11 поры более крупного диаметра и потому лучше фильтруют воду.

Зависимость действующего диаметра пор от диаметра зерен иллюстри­руется следующими данными Слихтера. вычисленными им для частиц шаро­образной формы при условии их плотной упаковки.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Диаметр** |  |  |  |  |  |  |  |
| **зерен (в мм)** | **0,83—** | **0,39—** | **0,25-0,18 0,18—0,15** | | **0,15-0,10** | **0,10-0,05** | **0,05-0,02** |
| **0,39** | **0,25** |  |  |  |
| **Диаметр** |  |  |  |  |  |  |
| **пор (в мм)** | **0,129-** | **0,054—** | **0,038—** | **0,027—** | **0,023—** | **0,016 —** | **0,008—** |
| **0,054** | **0,038** | **0,027** | **0,023** | **0,016** | **0,008** | **0,003** |

В тесной связи с высокой порозностью почв, а также наличием в них воднорастворимых солей находятся явления просадочности пород.

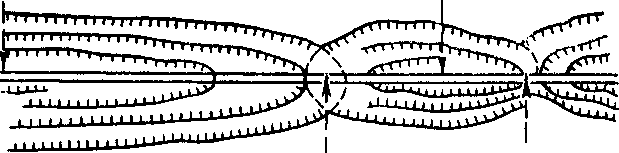
«Просадочностыо в инженерно-геологической практике назы­вают способность пород лессовой группы уменьшаться в объеме

при увлажнении. Этому уменьшению объема способствует также нагрузка, например, от веса здания или веса вышележащей толщи пород. Поскольку увлажнение может быть естественным (напри- мер, вследствие накопления атмосферных осадков) и искусствен­ным (при пуске воды по каналу, орошении, утечке хозяйственных вод на стройплощадках и т. д.), среди просадочных явлений также различают естественные и искусственные» (В. А. Приклонский). **Точки максимальной глубины просадки**

Просадки



**Рис. 5. Схема образования просадок на канале (поперечный разрез).**



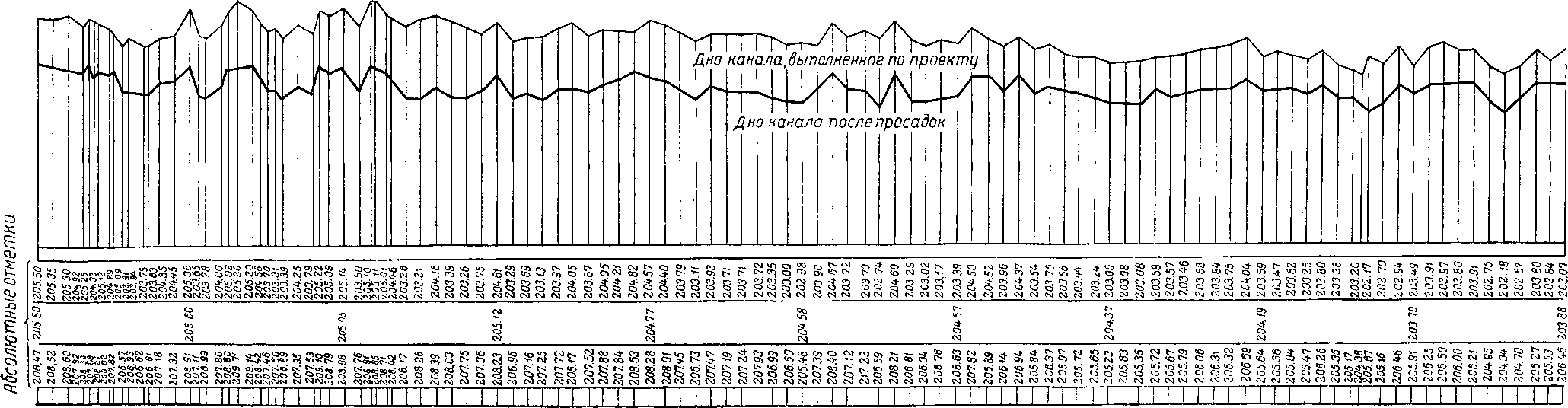
Точки минимальной глубины просадки

**Рис. 6. Схема расположения просадок на канале (в плане).**

Просадочные явления в ирригационной практике, например, наблюдаются, когда в новые каналы, вырытые на не орошавшейся ранее территории, пускают воду. Вдоль бровок канала начинают появляться вертикальные трещины, а затем дно канала и соседняя растрескавшаяся территория оседают вниз.

На Малокабардинской оросительной системе эти просадки, по наблюде­ниям инж. Гвоздева, в поперечном разрезе и в плане имели вид, показанный на рисунках 5 и 6.

Ширина трещин достигала вверху 0,5—0,8 м.



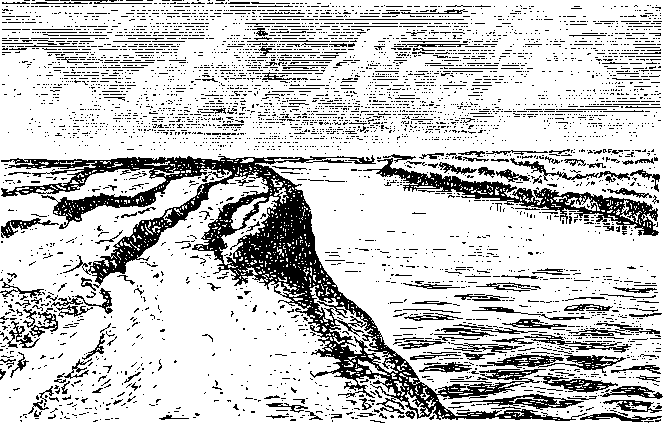
/4 *15 16* /7 *18 19 20 21 22 23* 24

номера пикетов

**Л. п. Розов.— К стр. зз. Рйс. 8. Изменение профиля канала после просадок.**

Общий вид уступов, образующихся при просадках, показан на рисунке 7. Просадки сильно деформируют русло канала и совершенно нарушают работу оросительной системы (рис. 8).

Просадки капала и прилегающей к нему местности часто наступают на 3—4-й день после пуска воды. Однако иногда они происходят только по исте­чении нескольких месяцев с момента пуска воды. В общем, абсолютная ве­личина просадки отмечалась тем меньше, чем позже просадка наступала. После первых, иногда значительных просадок грунта явление не всегда пре­кращалось и приходилось наблюдать ощутительные просадки и через год после начала образования их. На магистральном канале был случай, когда от проседания правого устоя двухнролетного железобетонного моста свали­лась в воду опирающаяся на устой часть железобетонной плиты. Спустя не-



Гнс. 7. Просадочпые террасы вдоль канала.

которое время, на протяжении которого нс замечалось никаких деформаций грунта, мост был отремонтирован, но впоследствии осел другой устой, на­столько, что создалась угроза падения второй части плиты и появилась необ­ходимость вторичной перестройки проезжей части моста. В общем, все же величина просадок со временем затухает. В условиях Средней Азии, как ука­зывает инж. Флексор, просадки совершенно затухали примерно через 4 года непрерывного действия канала.

Расположение просадок но длине канала чрезвычайно пестрое. Длина продольной оси эллипса просадки колеблется от 10—15 до нескольких сот метров, а, соприкасаясь и накладываясь один на другой, сплошные просадоч- ные участки могут достигать протяженности более 1 км. Наибольшее рас­пространение просадки в ширину (80 м) было отмечено в направлении, пер­пендикулярном каналу (после полутора лет его работы). Необходимо подчер­кнуть, что указанная протяженность просадок определяется только влиянием самого канала.

То же явление наблюдается в ряде случаев и под влияпием оросительных вод на площади самого орошаемого поля. Таким образом, деформации почв охватывают всю орошаемую территорию. Природным проявлением этого процесса нужно считать, повидимому, степные блюдца и западины, столь широко развитые в южных районах.

Наибольшая отмеченная глубина просадки достигает почти 2 м, но пунк­тов такого максимального оседания по системе насчитывалось немного, не более 10 на протяжении 30 км подверженных просадкам каналов.

Вопрос о мощности слоя грунта, который захватывается явлением осе­дания, остается до сего времени недостаточно освещенным. На Малой Кабарде в одном случае зарегистрировано распространение трещины до глубины 13,5 м. Возможно, что и эта громадная глубина не является предельной, но все же в среднем в настоящее время склонны принимать, что ясно выражен­ные просадочные явления захватывают толщу в 6—7 м.

Районы распространения просадочных грунтов, повиднмому, весьма обширны и охватывают собой все южные части так называемых лессовых областей. В настоящее время, кроме Северного Кавказа, резко выраженные просадочные явления зарегистрированы во многих районах Средней Азии, как, например, на Джуне (под Ташкентом) по р. Сурхапу, на Вахшском строи­тельстве и т. д.

Необходимо отметить, что просадочные грунты, кроме того, подвержены чрезвычайно легкой размываемости. Поэтому всякий прорыв воды, даже ни­чтожной в начале струей, например, через корневой ход или пору землероя, почти всегда приводит к очень серьезным размывам'и обрушиваниям грунта. Такие явления многократно зарегистрированы на Джуне п Вахте.

Подтверждение зависимости явлений просадочных почв от их порозности можно видеть в следующих данных по Малой Кабарде (табл. 5).

**Таблица 5**

Порозность пород Малой Кабарды, подверженных и не подверженных

просадкам

(в процентах)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Породы** | **Глубина взятия образцов (в м)** | | | | |
| 2 | **4** | 6 | **10** | **15** |
| **Просадочные**  **Непросадочные** | **42,30**  **39,96** | **40,71**  **43,33** | **41,80**  **41,49** | **со со со го**  **С**7**> СО СО** | **39,38**  **38,89** |
|  |

Из таблицы видно, что просадочные грунты, по крайней мере в боль­шинстве случаев, обладают большой порозностыо.

Однако из этих же цифр следует, что абсолютная величина порозности еще не всегда определяет собой нросадочность грунта. В самом деле, уже об­щий порядок величин порозности просадочных грунтов вовсе по представляет собой чего-либо особенного, это — обычные средние величины для суглини­стых почв, которые, как общее правило, явлений нросадочности не обнаружи­вают. Г, другой стороны, из таблицы видно, что некоторые просадочные толщи, например с глубины 2, б, 10 и 15 м, обладают порозностыо меньшей, чем невро- садочнып слой с глубины 4 м (порозность 43,33%).

Отсюда следует сделать вывод о том, что просадочность опре­деляется не только суммарным объемом пор, но и их формой, повидимому преимущественно ячеистой, неустойчивой.

Ф. И. Воронов предложил следующую классификацию среднеазиатских лессов но их просадочности в зависимости от порозности (табл. 6, см. стр. 35).

Значение воднорастворимых солей в просадочности может быть двояким. Во-первых, при кристаллизации солей образующиеся кристаллы могут раздвигать частицы почвы и тем самым как бы увеличивать ее рыхлость. Очевидно, что в этом смысле могут

**Таблица 6**

Нросадочность лессов при различной их порозности

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Степень просадочности пород** | | | | |
| **Показатели** | **чрезвычайно**  **просадочные** | **сильно** | **средне** | **слабо** | **не проса­дочные** |
| **Иорозность**  **Коэффициент набухания менее . . Процент просадки от мощности.** | **50-52**  **6**  **10** | **48-52**  **6-10**  **5-10** | **44—48**  **10—15**  **2-5** | **40-44**  **15-20**  **0-2** | **35-42**  **20-25**  **00** |

иметь наибольшее значение соли, кристаллизующиеся с большим количеством воды (например, ^2304 • 10Н2О, СаЭ04 • 2Н20 и др.). Во-вторых, любые кристаллы солей могут находиться в почве не только в ее порах, но и являться элементами ее скелета. В этом последнем случае очевидно, что смачивание почвы водой и раство­рение кристалла неизбежно нарушают прочность строения осталь­ных твердых частиц почвы, из ее архитектоники как бы выбиваются отдельные кирпичи, и тогда общая масса почвы теряет устойчи­вость и начинает садиться. В этом случае, следовательно, выще­лачивание соли из почвы вовсе не является необходимым, нужно только растворение ее. Когда же кристаллы солей находятся только в порах почвы, растворение и даже выщелачивание их никакой деформации почвы вызывать не должно. С изложенной точки зрения находит себе объяснение тот факт, что прямой связи между количеством солей в почве и просадочностыо обычно не наблюдается.

Иногда замечается связь просадочности почвы с содержанием в ней гипса. При этом скорость просадок становится более мед­ленной в связи с малой растворимостью гипса.

Такой случай наблюдался на канале Новый Джуп в Ташкентском районе (Е. А. Замарип и М. М. Решеткшт). В среднем вертикальное оседание изме­рялось здесь величиной 75—150 см и как максимум 200 см.

В глубину просадки распространялись главным образом до 8 м, но в не­значительном размере отмечались и до 13 м. В среднем для 13 м толщи вели­чина просадки определена в 7,4 см на каждый метр.

Сравнительные величины порозности в шурфах в дне канала после 3 лет его работы и в степи, вис просадок, показаны в таблице 7.

**Таблица 7**

Сравнительные величины порозности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Глубины (в м)** | **Порозность (в %)** | | **Вертикальная осадка (в %)** |
| **шурф в степи** | **шурф в дне канала** |
| **0-2** | **47,4** | **40,6** | **12,9** |
| **2—4** | **50,5** | **41,8** | **17,6** |
| **4—6** | **47,1** | **40,4** | **12,7** |
| **6-8** | **44,2** | **41,6** | **4,7** |
| **8-13** | **39,5** | **38,3** | **2,0** |

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ (МЕХАНИЧЕСКИЙ И АГРЕГАТНЫЙ)  
СОСТАВ ПОЧВЫ

Всякая почва состоит из смеси минеральных и органических частичек, или зерен, разнообразных размеров (полидисперсная система).

Характеристика почвенной массы по величинам диаметров слагающих ее зерен (частичек) носит название гранулометриче­ского состава (от слова granulшn — зерно).

Термин «гранулометрический состав» включает в себя два понятия, а именно: понятие о механическом составе почвы и поня­тие об агрегатном составе.

В американской литературе принято называть гранулометрическим со­ставом механический состав почвы. Мы считаем более правильным упо­треблять этот термин в указанном выше значении.

Механический состав почвы характеризует ее по размерам диаметров отдельных минералогических (элементарных) частиц, образовавшихся в процессе выветривания.

Агрегатный состав почвы характеризует ее по размерам диа­метров вторичных зерен (агрегатов), возникающих из элементар­ных частиц в процессах коагуляции, слипания и цементации их[[4]](#footnote-4).

В природной обстановке практически нет почв, сложенных нацело минералогическими частицами в их раздельнозернистом, не агрегатном состоянии. Последнее присуще лишь некоторым рыхлым геологическим породам, например перемытым, хорошо сортированным кварцевым пескам.

В почвах всегда большая часть элементов ее механического состава находится в той или иной степени агрегации (например, частицы мельче 0,01 мм обычно агрегированы, по крайней мере, на 90%), и потому агрегатное состояние должно считаться наи­более общим состоянием почвенных масс.

Отсюда следует чрезвычайно важный вывод о том, что все другие свойства почв, в той или иной мере зависящие от грануло­метрического состава рыхлой массы (водные свойства, тепловые, химические, биологические, механические и др.), определяются, в первую очередь, агрегатным составом почвы, а не ее механиче­ским составом.

**Взаимосвязь раздельнозернистого (механического) и агрегат­ного состояния почвы.** Характеристики почв по механическому и агрегатному составу существенно, принципиально между собой различны, но вместе с тем они и тесно связаны между собой. Эта взаимосвязь выражается в том,что сама возможность образования агрегатов прямо зависит от исходного механического состава.

Вообще говоря, агрегаты могут возникать из механических элементов любой величины: например, обычные песчаные частицы, цементируясь известью или окислами железа, марганца и другими веществами, образуют в почвах агрегаты различных размеров. Однако чем мельче элементы механического состава почвы, тем больше возможностей для формирования агрегатов. Так, например, установлено, что частицы крупнее 0,01 мм (песчаные) не коагу­лируют и, следовательно, не могут образовать агрегатов за счет этого фактора. Частицы размером от 0,01 и до 0,001 мм (пылеватые) коагулируют, но слабо, и, следовательно, возможность форми­рования из них агрегатов незначительна. Частицы с диаметром менее 0,001 мм (илистые, ил) коагулируют нормально как коллоид­ные системы. Таким образом, чем богаче почва илистыми части­цами (чем она глинистое), тем, вообще говоря, у нее больше воз­можностей для превращения в агрегатную (структурную) массу.

Между элементарной частицей любого диаметра и агрегатом того же внешнего диаметра имеются существенные различия: первая представляет собой всегда массу монолитную, характе­ризующуюся удельным весом слагающих ее минералов; суммар­ная внешняя поверхность такой частицы определяется только ее формой (более или менее шарообразная, пластинчатая и т. д.); второй — всегда представляет собой массу более или менее рых­лую, с внутренней микропористостыо, которая может быть запол­нена как водными растворами, так и воздухом. Следовательно, для агрегата характерен не только его удельный вес, но и вес объемный, отражающий степень его плотности и пористости.

Агрегат обладает не только внешней поверхностью, но и внут­ренней поверхностью микропор. Важнейшее различие раздельно­зернистого и агрегатного состояния заключается в том, что меха­нические элементы весьма устойчивы, размеры их изменяются обычно лишь в геологические периоды времени под влиянием общих процессов выветривания. Поэтому механический состав каждой почвы обычно рассматривается как величина более или менее постоянная. В противоположность этому, агрегатное состоя­ние в высокой степени динамично, оно изменяется в очень широ­ких пределах и часто очень быстро, в зависимости от постоянно ме­няющихся условий существования почвы. Эти изменения колеб­лются как в сторону увеличения числа и размеров агрегатов, так и в сторону уменьшения агрегатности почвы. Очевидно, что пределом возможного распыления каждой данной почвы является ее механический состав.

Для иллюстрации динамики агрегатного состояния почв при­ведем следующие примеры.

В лабораторном опыте (Розов) пробы одной и той же почвы (чернозема) ставились в различные условия, а именно: одна проба оставалась в воздушносухом состоянии, другая увлажнялась до степени оптимальной для развития аэробных микробиологических процессов и, наконец, третья увлажнялась избыточно таким об­разом, что условия для размокания частиц были здесь наилучшими, но аэробные микробиологические процессы развиваться не могли. По истечении некоторого периода времени во всех трех пробах определялась дисперсность путем учета количества мелких фрак­ций в водной суспензии. Результаты одного из опытов приводятся в таблице 8.

**Таблица 8**

Изменение дисперсности почвы (в процентах) в связи с увлажнением

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Пробы** | **Размер частиц (в мм)** | | |
| **0,001** | **0,0005** | **0,0002** |
| **Оптимально увлажненная, через** |  |  |  |
| **41 сутки** | **6,77** | **3 84** | **0,77** |
| **Воздушносухая** | **3,16** | **1,15** | **0,33** |
| **Избыточно увлажненная, через** |  |  |  |
| **30 суток** | **1,19** | **0,41** | **0,27** |

Из таблицы видно, что в той пробе, где развивались аэробные биологические процессы, дисперсность почвы увеличилась более чем в два раза по сравнению с исходной воздушносухой почвой. Наоборот, в пробе, избыточно увлажненной, где могли разви­ваться только анаэробные процессы, дисперсность уменьшилась более чем в два раза. Таким образом, в короткий период времени в данной почве легко созданы состояния дисперсности, отличаю­щиеся друг от друга в — 5,7 раза. При этом из условий самой

I у 1 У

постановки опыта вытекает, что причиной увеличения степени дисперсности является здесь не процесс размачивания почвы, а развивающиеся в ней микробиологические процессы. Как после­довательно во времени идет процесс нарастания дисперсности параллельно развитию аэробных микробиологических процессов, видно из рисунка 9.

Существенно отметить, что обычные водные вытяжки из сухой почвы фильтровались в течение 5—10 минут и давали фильтрат прозрачный. Наоборот, такая же вытяжка из почвы, оптимально увлажненной, фильтровалась 11/.г—2 часа и фильтрат был при этом всегда мутный.

В природной обстановке нет такой почвы, в которой не развива­лись бы в зависимости от различных условий микробиологические процессы, аэробные или анаэробные. Таким образом, нужно признать, что биологический фактор изменения дисперсности является всеобщим в природе и что, следовательно, действия только одного его уже достаточно для установления того, что самое явление динамичности дисперсного состояния почв есть явление всеобщее в природе. Самый механизм воздействия микро­биологических процессов на агрегаты почвы нужно усматривать в явлениях разрушения органических веществ и образования такого мощного цемента почвенных частиц, каким является гумус.

В настоящее время известно, что кроме биологических про­цессов, в природе на дисперсность почвы влияет ряд других очень мощных факторов, из которых нужно назвать соли\* почвы, состав коллоидного (поглощающего) комплекса почвы, температурные

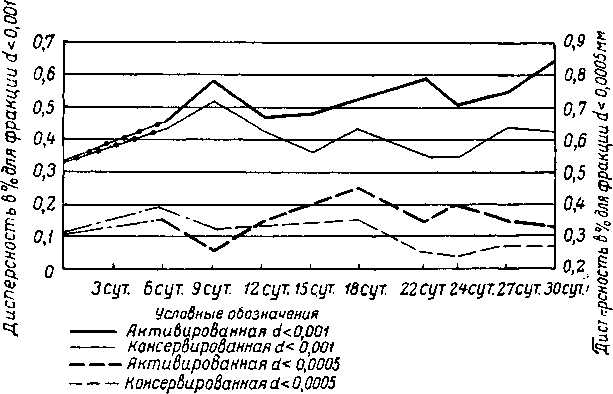


Рис. 9. Изменение дисперсности почвы при нитрификации.

воздействия, особенно процесс замораживания; степень влажности и др.

Другой очень наглядный пример мы находим в исследованиях Гиссинка для голландских почв. Автор произвел механический анализ (фактически агрегатный) одного и того же образца почвы одинаковым методом, но в два различных момента времени: один анализ сделан, как только почва была принесена с поля и находи­лась еще в сыром состоянии, другой выполнен после того, как этот образец просох в лаборатории. Получены следующие дан­ные (табл. 9).

**Таблица 9**

Количество мелких частиц (в процентах) в зависимости от влажности

почвы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Степень влажности почвы** | **Размеры частиц (в мм)** | | | |
| **<0,002** | **0,02** | **0,2** | **2,0** |
| **Влажная почва**  **Сухая »** | **42,0**  **25,5** | **31,8**  **36,7** | **16,9**  **28,6** | **0,3**  **0,4** |

Мы видим, что после высушивания количество частиц размером менее 0,002 мм уменьшилось с 42 до 25,5%.

Наконец, приведем один случай наблюдения динамики Дис­персного состояния почвы непосредственно в поле.

Профессор Егоров вел систематические наблюдения за состоя­нием дисперсности на ряде делянок в течение одного и двух сезо­нов. Дисперсность определялась количеством частиц 4 мельче 0,001 мм, получающихся в водной суспензии.

В одном из наблюдений получен следующий ряд цифр:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **. Сроки наблюдений** | **12/У** | **22/VII** | **27/УН** | **6/Х** | **26/Х1** |
| **Относительная величина дисперсности. . .** | **100** | **22** | **23** | **18** | **1230** |

Мы видим, что в течение одного летнего сезона содержание частиц мельче 0,001 мм в водной суспензии выражалось относи­тельными цифрами 18 и 1230, т. е. различалось почти в 70 раз.

Из факта динамичности агрегатного состояния почв следует очень важный вывод о том, что и все другие свойства почв, свя­занные с ее агрегатным состоянием (физические, химические и биологические), также являются не статическими, неподвижными, свойствами, а изменяющимися, динамическими.

Классификация гранулометрических элементов. Всякая почва, как полидисперсная система, состоит из частиц (механических и агрегатных) самых разнообразных диаметров. Определять коли­чество частиц всех встречающихся диаметров технически очень трудно, и потому условились все возможные диаметры разбивать на ряд групп, или-как их обычно называют «фракций», с опреде­ленными интервалами величии. Эту группировку но фракциям называют классификацией гранулометрических элементов, оди­наково как механических, так и агрегатных.

Наиболее употребительными классификациями у нас в Совет­ском Союзе и в международной практике являются приводимые ниже классификации В. Р. Вильямса и Аттерберга.

Классификация элементов механического состава  
почв по В. Р. Вильямсу и Аттербергу

Классификация В. Р. Вильямса

1. Камни крупнее 10 мм
2. Хрящ:

крупный 10 — 5 мм

мелкий 5 — 3 »

1. Песок:

крупный 3 — 1 мм

средний 1 — 0,5 мм

мелкий 0,5 — 0,25 »

пылеватый 0,25 — 0,05 »

тонкий 0,05 — 0,01 »

1. Пыль:

средняя 0,01 — 0,005 мм

•мелкая 0,005—0,001 »

1. Ил мельче 0,001 мм
2. Хрящ:

грубый 20 — 6 мм

молний 6 — 2 »

1. Песок:

грубый 2,0 — 0,6 »

более мелкий 0,6 — 0,2 >

очень тонкий 0,2 — 0,06 мм

1. Песчаная пыль 0,06 — 0,02 »
2. Пыль средняя (шлуф) 0,02 — 0,006 »
3. Ил (пыль мелкая) 0,006 — 0,002 »
4. Коллоидный ил:

грубый 0,002 — 0,0006 мм

тонкий мельче 0,0006 мм

В обеих классификациях существенным является выделение четырех групп фракций, а именно: 1) камни и хрящ; 2) песок, 3) пыль и 4) ил, и только границы линейных размеров этих групп несколько иные.

Некоторое обоснование такому делению заключается в сле­дующем: 1) фракции частиц крупнее 0,2—0,25 мм обладают крайне незначительной капиллярностью, но вместе с тем являются гра­ницей хорошей водопроницаемости; 2) хорошей капиллярностью обладают фракции частиц между 0,2—0,02 (0,25—0,01) мм. Вместе с тем, размер 0,02—0,01 мм является пределом, выше которого нет коагуляции в слабых солевых растворах; 3) у фракции 0,02— 0,002 (0,01—0,001) мм капиллярность высокая, но движение жидкости в ней очень медленное. Заметим еще, что величина частиц 0,002—0,001 мм является пределом броуновского движения.

Во всяком анализе, который предназначается для каких-либо количественных расчетов, необходимо определять все фракции, причем фракцию ила желательно всегда разделять, по крайней мере, на две категории: от 0,001 до 0,0005 мм и менее 0,0005 мм.

Классификации (и анализы) сокращенного типа служат лишь для ориентировочных, качественных характеристик и ни для каких специальных расчетов не пригодны.

Широко распространенной сокращенной классификацией яв­ляется следующая:

1. Камни и хрящ — всё, что крупнее 2—3 мм.
2. Песок — от 2—3 мм до 0,01 мм.
3. Физическая глина — всё, что мельче 0,01 мм.

Эта классификация (и соответственно анализ) имеет широкое практическое значение для приближенной характеристики поч­венных разностей по гранулометрическому составу, и особенно в пределах локальных почвенных зон и районов.

Методы гранулометрического анализа. Общей задачей грануло­метрического анализа является определение в данной почве весо­вых количеств составляющих ее фракций.

Так как гранулометрический состав каждой почвы всегда характеризуется одновременно ее элементарным механическим составом и. составом агрегатнымг то задачей каждого частного

анализа должно являться: а) либо установление количественного соотношения фракций механического состава (механический ана­лиз); б) либо установление количественного соотношения фракций агрегатного состава в условиях исходного состояния почвы (агре­гатный анализ); в) либо, наконец, установление соотношения фракций агрегатов, но при определенных заданных условиях состояния почвы (динамический агрегатный анализ).

Отсюда следует, что нет и не может быть какого бы то ни было единого универсального метода анализа, с помощью которого можно было бы охарактеризовать все состояния гранулометриче­ского состава почвы. Для этого необходимо в каждом случае применить систему (ряд) гранулометрических анализов, состоя­щую из следующих элементов: 1) механический (элементарный) анализ, 2) агрегатный анализ (макроагрегатный и микроагрегат- ный), 3) ряд динамических агрегатных анализов, имеющих целью охарактеризовать динамику агрегатного (дисперсного) состояния почвы под влиянием разных факторов.

**Подготовка почвенного образца к ана­лизу.** Всякий образец почвы перед разделением его на состав­ляющие гранулометрические элементы (перед анализом) обяза­тельно подвергается некоторой подготовке. Эта подготовка всегда изменяет в ту или иную сторону исходное агрегатное состояние почвы, и потому очевидно, что именно подготовительные операции и предрешают результаты дальнейшего анализа. Поэтому подго­товка почвы к анализу является решающим этапом во всяком гранулометрическом анализе.

Приемы подготовки к механическому анализу и к анализам агрегатным принципиально различны.

Подготовка к механическому анализу имеет своей целью раз­рушить все имеющиеся в почве агрегаты и привести ее в полное раздельнозернистое состояние, т. е. в состояние максимальной степени дисперсности.

В прошлом для этого применялось длительное кипячение и растирание образца почвы. В настоящее время наиболее совершенным методом, разре­шающим эту задачу, является следующий:

1. почву обрабатывают слабой соляной кислотой для растворения цементирующих агрегаты минеральных солей (известь, гипс, полутораокиси);
2. после этого почву обрабатывают перекисью водорода для окисления гумуса как цемента агрегатов;
3. наконец, почву обрабатывают натриевой солью для насыщения ее коллоидов ионом натрия.

После отмывки избытка соли и придания суспензии pH около 8,0 приба­влением ^ОН почва приобретает дисперсность, близкую к предельной (несколько большую дисперсность даст ион лития). Такая суспензия и позво­ляет произвести разделение в ней механических элементов, т. е. осуществить механический анализ.

Подготовка к агрегатному анализу имеет целью придать почве то агрегатное состояние, которое мы хотим исследовать. Приемов подготовки почв к агрегатному анализу может быть неограни­ченно много в зависимости от конкретных задач анализа.

Наиболее часто встречающимися задачами в мелиоративной практике являются следующие:

1. определение исходного агрегатного состояния, устойчивого в воде (так называемых «прочных» агрегатов). Для этого подготовка к анализу за­ключается в намачивании образца почвы в дистиллированной воде в течение 24 часов; никаких химических реактивов или механических воздействий в этом случае применять нельзя;
2. определение агрегатного состава засоленной почвы при разных ста­диях ее промывки. Образец почвы непосредственно перед анализом промывают до нужной стадии, например до исчезновения иона хлора или иона серной кислоты;
3. определение агрегатного состава почвы при разной степени насыщен­ности ее коллоидов ионами натрия и кальция. В этом случае образец почвы предварительно, путем обработки соответствующими солями, приводят в со­стояние нужной насыщенности.

Аналогичным образом можно исследовать изменение агрегатного состоя­ния почв под влиянием любого интересующего нас фактора, например биоло­гических процессов, промораживания и т. д.

**Разделение подготовленного образца почвы на его гранулометрические фрак­ции.** Гранулометрические элементы (как механические, так и агрегатные) крупнее 0,25 мм (иногда крупнее 0,05 мм) разделяют на ситах. Все более мелкие частицы обычно разделяют в воде на основе того, что скорость падения частицы в воде пропорцио­нальна квадрату ее радиуса.

image10image11Общепринятой в настоящее время формулой связи скорости падения V и радиуса частицы г является формула Стокса:

где g — ускорение силы тяжести; т) — вязкость среды;

°1 — удельный вес частицы;

**°2** — удельный вес среды.

Несмотря на то, что эта формула выведена только для частиц шарообраз­ных и в пределах размеров, не обладающих броуновским движением, тем не менее она применяется для разделения всех фракций почв, так как экспери­ментально доказана практическая удовлетворительность получающихся при анализе результатов.

До последнего времени формула Стокса применялась в одинаковом виде для анализов как механических, так и агрегатных. В настоящее время экспе­риментально доказано (С. В. Астапов), что это неправильно, так как ско­рость падения агрегатов определяется не удельным весом слагающих их минералов (в среднем 2,7), а плотностью агрегата в целом, т. е. его объемным весом. Соответственно этому при агрегатном анализе в формуле Стокса вели­чина сгх должна обозначать не удельный вес почвы, а объемный вес агрегатов.

По измерениям С. В. Астапова, объемные веса агрегатов различных

Так как при каждом агрегатном анализе встречаются агрегаты различных диаметров и, кроме того, всегда могут присутствовать механические элементы,

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **диаметров выражаются следующими :** | **величинами:** |  |  |
| **Размеры фракций (в мм)**  **Объемный вес** | **0,001—0,005**  **2,0** | **0,005-0,05**  **1,8** | **0,05-0,10**  **1.6** |

fo ори практическом аналйзо следует пользоваться, некоторой усредненной величиной аь которая в измерениях С. В. Астапова оказалась равной **1,8.** Эта величина требует дальнейшего уточнения и возможпо, что она получит дифференцированное выражение для различных типов почв и геологических пород.

Технические приемы разделения гранулометрических фракций очень разнообразны. Так, в механическом анализе для разделе­ния частиц от 0,05 до 0,005 мм часто применяется ток воды рас­считанной по Стоксу скорости (аппараты Шене, Копецкого). Для агрегатных анализов этот прием принципиально не приме­ним, так как он разрушает агрегаты механически.

Широко распространенным и надежным приемом разделения механических элементов всех размеров является метод последо­вательного отмучивания (методы В. Р. Вильямса, А. Сабанина и др.). Для агрегатного анализа этот метод неприменим по той же причине, что и первый метод. В последнее время предложен ряд методов (Г. Вигнер и Гесснер, Цункер и др.)» в которых изме­ряется изменение плотности почвенной суспензии по мере выпа­дения из нее на дно сосуда частиц различных размеров. Этот метод должен быть применен как для механического, так и для микро- агрегатного анализа. Изменение плотности может быть зареги­стрировано в виде непрерывной кривой (например, на фотобу­маге), почему такие методы именуются иногда «непрерывными» методами анализа. В настоящее время наибольшее распростране­ние в практике получил метод «пипетки» (В. Робинсон). Он осно­ван на том, что почвенная суспензия, находящаяся в цилиндре, при спокойном стоянии расслаивается по вертикали, соответст­венно различным скоростям падения частиц разных размеров. Беря с помощью пипетки в строго определенные моменты времени из различных слоев суспензии пробы, можно достаточно точно рас­считать ее гранулометрический состав (подробнее см. в книге С. В. Астапова «Практикум по мелиоративному почвоведению»).

Указанный метод одинаково применим как для механического, так и для микроагрегатного анализа.

Связь между гранулометрическим составом почвы и коэффи­циентом фильтрации. В мелиоративно-гидротехнической прак­тике данные гранулометрических анализов чаще всего исполь­зуют для характеристики и даже количественного расчета филь­трационной способности почв, ее коэффициента фильтрации.

Ввиду того что при этих расчетах нередко пользуются невер­ными представлениями об истинном характере гранулометриче­ского состава почв, приводящими к неправильным характеристи­кам их коэффициента фильтрации, рассмотрим два главных во­проса, лежащих в основе этих расчетов: а) каким образом нахо­дить расчетные гранулометрические показатели для полиди- сперсных (а не монодисперсных) почвенных систем и б) какое значение имеют при расчете показатели механического и агре­гатного состава почвы.

**Методы расчета гранулометрического состава почвы.** Общее выражение для скорости фильтра­ции имеет, по Дарси, такой вид:

У = К1,

где I — гидравлический уклон, а К — так называемый коэффи­циент фильтрации, характеризующий свойства фильтрующейся жидкости и свойства почвы, через которую эта жидкость филь­труется.

В общем виде К может быть представлен в такой форме:

К=/(АР<Р),

где А — коэффициент, характеризующий свойства фильтрующей­ся жидкости (вязкость, удельный вес);

Р — порозность почвы;

с1 — диаметр частиц, слагающих почву.

Для систем монодисперсных расчетная величина с1 берется по прямому измерению. При анализе системы полидисперсной мы имеем ряд значений й, из которых нужно получить одно, расчет­ное. Для этого предложено понятие «эффективного», или «дей­ствующего», диаметра частиц, который и является расчетным

(й?п ИЛИ С?эф).

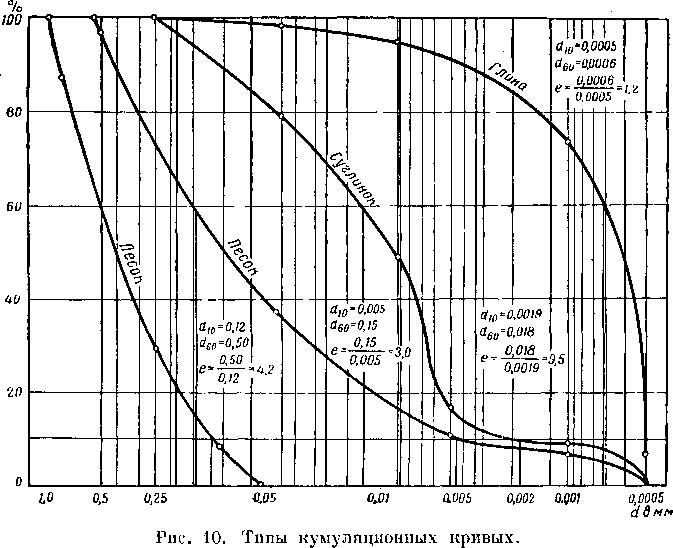
«Действующим» диаметром называют такой диаметр частиц, при котором однородная масса, сложенная из частиц такого диа­метра, будет обладать той же величиной фильтрации, как иссле­дуемая полидисперсная масса. Методы определения этого диа­метра различны. А. Газен предложил считать действующим диа­метром й10 диаметр таких частиц, которые составляют 10% всей массы почвы. Этот диаметр определяется или диамет­ром отверстий сита, через которое отсеивается 10% почвы по весу, или графически по кумуляционной кривой грануломе­трического состава, как это показано на рисунке 10.

Практика показала, что пользоваться этой величиной можно только в некоторых частных случаях. Так, Слихтер считает, что о?10 применим вообще лишь для систем, не содержащих частиц мельче 0,01 мм, а с другой стороны, он не применим для систем, слишком разнородных по своему составу. Исходя из этого А. Га- зеи предложил другой ограничительный показатель, именно —

коэффициент однородности 1 — ~, где й00 — диаметр, меньше

а10

которого в почве имеется 60% частиц по весу. По его мнению, пользоваться этой величиной можно только при условии, если I не более 5. Из этих ограничений следует, что метод Газена может быть применен только для хорошо отсортированных песков, для обычных же почв он не имеет никакого значения, так как послед­ние не удовлетворяют ни первому, ни второму требованиям. Главной причиной неудовлетворительности метода Газена в

применении к почвам является то, что сложную кривую грануло­метрического состава нельзя охарактеризовать одной точкой.

Козени предложил универсальную формулу для определе­ния действующего диаметра (1т во всяких полидисперсных си­стемах, которая имеет следующий вид:

**■В**

**і-і |** 2 **^**

100 А і

И

З £тіп

где с1у> — эффективный диаметр;

100 — сумма процентов всех фракций гранулометриче­ского анализа;

* процентное выражение каждой фракции анализа; (1к лс**1к\_1** — наибольший и наименьший диаметры данной

фракции;

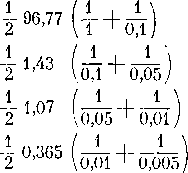
* диаметр наиболее мелкой фракции, определенной в анализе;
* **процент этой последней (мелкой) фракции.** Пример расчета действующего диаметра по Козени (А. А. Черкасов)

приводится в таблице 10.

Пример расчета действующего диаметра по Козени

Размеры частиц Содср?га-

**Расчет**

(в мм) ние (в %)

**1,0—ОД**

**0,1—0,05**

**0,05—0,01**

**96,77**

**1,43**

**1,07**

**0,01—0,005 0,365**

**0,005—0,0025 0,1825**

**Меньше 0,0025 0,1825**

**= 532,24**

**= 21,45**

**= 64,2**

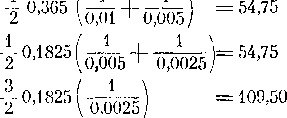


image15а = 836,89

Из самого содержания этой формулы следует, что она дает тем лучший результат, чем большее количество фракций выделено при анализе. На основе самого характера почвенных масс, как полидисперсных систем, следует считать, что анализом должно быть выделено не меньшее число фракций, чем это следует по клас­сификации Вильямса или Аттерберга. При сокращенных анали­зах, не расчленяющих фракций пыли и ила, всякие расчеты вообще теряют свое значение.

Ряд авторов при расчете коэффициента фильтрации пользуются не поня­тием действующего диаметра, а понятиями суммарной или удельнор поверх­ности почвенных частиц, слагающих данную иолидисперсную систему (Крю­гер, Цункер и др.). Нужно иметь в виду, что если суммарная и удельная поверхности рассчитываются из данных гранулометрического состава (т. с. из определенных диаметров), то этот геометрический пересчет не даст ничего нового по сравнению с расчетом по эффективному диаметру. Однако в предло­жении пользоваться для расчета величиной суммарной поверхности, а не диаметром, заключается принципиально новое и положительное. В этом случае представляется возможным найти метод прямого и, следова­тельно, более точного определения суммарной поверхности иолидисисрсной системы, не прибегая к условному представлению о шарообразной форме частиц.

До настоящего времени предложено пока два метода определения сум­марной поверхности, а именно: 1) но величине максимальной гигроскопиче­ской влажности (адсорбция водяных паров, Митчерлих), 2) по величине мак­симальной молекулярной влагоемкости (адсорбция жидкой воды, А. Ф. Ле­бедев).

Связь между диаметром частиц и величиной максимальной молеку­лярной влагоемкости иллюстрируется следующими цифрами (А. Ф. Лебедев) (табл. И). .

Связь между диаметром почвенных частиц и величиной максимальной  
молекулярной влагоемкости

а) **Отдельно взятые фракции**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Название фракций** | **Диаметр частиц (в мм)** | **Максимальная молеку­лярная влагоемкость (в %)** |
| **Крупный песок** | **1-0,5** | **1,57** |
| **Средний »** | **0,5—0,25** | **1,60** |
| **Мелкий »** | **0,25-0,1** | **2,73** |
| **Очень мелкий песок \* . . .** | **0,1-0,05** | **4,75** |
| **Пыль** | **0,05-0,005** | **10,18** |
| **Глина** | **тоньше 0,005** | **44,85** |

б) **Смсс'ь фракций**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Песок** | **Глина** | **Максимальная молекулярная влагоемкость (в %), полученная** | |
| **(в** | **%)** | **экспериментально** | **расчетом** |
| **100** | **0** | **1,6** |  |
| **0** | **100** | **44,85** | — |
| **20** | **80** | **36,50** | **36,20** |
| **40** | **60** | **26,84** | **27,55** |
| **60** | **40** | **18,92** | **18,90** |
| **80** | **20** | **9,45** | **10,25** |

Для смеси фракций наблюдается такая же связь между диаметром частиц и величиной максимальной молекулярной влагоемкости, как и в отдельных фракциях.

Предложенные методы пока что дают возможность получать только срав­нительные характеристики величин суммарной поверхности для разных иолидисперсных систем. Дальнейшие исследования должны дать методы ко­личественного выражения этой величины.

**Значение механического и агрегатного состава для расчета коэффициента филь­трации.** В прошлом, а в значительной мере и в практике на­стоящего времени для расчетов гранулометрических показателей и коэффициента фильтрации использовались данные только ме­ханического анализа и совершенно не учитывалось агрегатное состояние почв. Как общее правило, для почв различного меха­нического состава (за исключением только чистых песков) этот метод расчета дает результаты, преуменьшенные против действи­тельных в десятки и даже сотни раз.

Многочисленными исследованиями почвенно-мелиоративной ла­боратории ВНИИГиМ (С, В. Астапов, А. Т. Морозов, Л. П. Ро­зов и др.) установлено, что основной причиной ошибочности этих расчетов является игнорирование агрегатного состояния почв. Если определять гранулометрические показатели по данным не

механического анализа, а анализа агрегатного, то расчет коэффи­циента фильтрации (по одним и тем же формулам) всегда дает результаты, гораздо более близкие к величинам, получаемым экспериментально. Так, например, для лессовых толщ Голодной степи (Узбекистан) получено следующее соотношение расчетных и экспериментальных величин коэффициента фильтрации К:

К экспериментальный в монолите **2-Ю-1** см/сек

К расчетный:

по механическому составу 4,04-10“8 »

» агрегатному » 1,7-10“4 »

Из этих цифр видно, что К, рассчитанный по данным механи­ческого анализа, отличается от экспериментального в 50 раз, тогда как рассчитанный по данным агрегатного анализа практи­чески совпадает с экспериментальным. На основании этих иссле­дований необходимо принять, что начальный коэффициент филь­трации любой почвенной массы должен рассчитываться по дан­ным агрегатного анализа, а не механического.

Однако один агрегатный анализ недостаточен для характери­стики фильтрационной способности почвы.

Агрегатный состав почвы — состояние динамическое, следо­вательно динамичным должен быть и коэффициент фильтрации. Поскольку наибольшая степень дисперсности каждой почвы вы­ражается ее механическим составом, постольку расчет величины К, сделанный по данным механического анализа, будет характе­ризовать наименьший возможный коэффициент фильтрации дан­ной почвы. В ряде случаев наибольшее и наименьшее значения коэффициента фильтрации действительно приближаются к этим двум пределам — верхнему, определяемому агрегатным составом, и нижнему, определяемому механическим составом. Это можно иллюстрировать следующим примером исследования монолита хвалынской глины (А. Т. Морозов) (табл. 12).

**Таблица 12**

Изменение коэффициента фильтрации Кф для хвалынской глины

(в см/сек)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Коэффициент фильтрации** | **Эксперименталь­**  **ный** | **Расчетный** |
| **Начальный** | **0,35-10~2** | **0,28-10-3 но агрегатному** |
|  |  | **составу** |
| **Конечный, через 200 суток. .** | **0,58-Ю"7** | **0,157-Ю-0 по механическому** |
|  |  | **составу** |

На основании многочисленных исследований этого рода мы принимаем, что для характеристики Кф каждой почвы необходимо сделать как минимум два расчета — по агрегатному и механиче­скому ее составу,

Если мы, далее, хотим методами расчета уточнить характер кривой изменения коэффициента фильтрации, т. е. определить промежуточные точки между полученными двумя крайними, то для этого необходимо произвести ряд промежуточных агрегат­ных анализов с такими видами подготовки почвы к анализу, которые соответствуют предполагаемым условиям фильтрации. Например, если нас интересует кривая динамики величины Кф для данной почвы при разных степенях минерализации фильтрую­щейся воды (дренажный сток при промывке солончаков), то мы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0,00085** |  |  | **/**  **0** | **0,00300** | **0,346/** |  |  | **\0j43S** |
| **\ \*\*\*\*** | **0,156** | **0£56 о,п** | **/**  **у** |  | **\**  **\**  **\** |  |  | **0,290^** |
|  |  | **у/0** | **00060^** | **0,058**  **0,00050** | **'о,062** |  |  |  |
|  |  | **\0,00035** |  |  |  |  |  | **0,00025** |
| **0,00015** |  |  |  |  |  | **0,00010** |  | **0,00010** |
| **[0,382** | **2** | **3** | **4** | **5**  **0,00080** | **1** | **г** | **0,00001** | **4 5** |
| **X** | **0,200** | **082 0,** | **038/** |  | **ом** | **—** | **аж** | **7,т** |
|  | **0,00045** |  | **/0,00045** | **о,ою** | **4057** |  |  | **0,050** |
| **чДШЗ\*** | **/ Условные обозначен**  **/** **Щелочность**  **'**  **Коэффициент**  **фильтрации** | | | **шя:** | **0,00030** |  |  |  |
| 0**,**000/5 |  | **ошю** | **0,00001** | **0,00005**  **тшг** |

/ 2 3 4 5 1 2 3 4 5

Рис. И. Динамика коэффициента фильтрации и щелочности муганских почв (Астапов).

должны произвести агрегатные анализы не в дистиллированной воде, а в солевых растворах соответствующих концентраций; если почвенная масса должна будет находиться в условиях пере­менного замерзания и оттаивания, мы должны будем наш обра­зец почвы перед анализом подвергнуть соответствующим промо­раживаниям и оттаиваниям и таким образом определить измене­ния в агрегатном состоянии ее при этих условиях, и т. д.

Из изложенного ясно, почему нельзя охарактеризовать филь­трационную способность почвы каким-либо одним универсаль­ным анализом, а необходимо применить систему гранулометриче­ских анализов.

В зависимости от условий фильтрации кривые изменения Кф могут быть весьма различными, как это видно, например, на рисунке И.

Изменение скорости фильтрации (впитывания) воды в полевых условиях может быть иллюстрировано следующими данными по Фергане.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименования почв** | **Осень** | **Весна** | **Изменение (В %)** |
| **Интенсивно орошаемые земли** | **1,50** | **3,90** | **260** |
| **Комплекс луговых солончаковых почв** | **0,91** | **3,49** | **383** |
| **Солончаки** | **0,82** | **1,06** | **129** |
| **Такырные солончаковые почвы** | **0,38** | **0,48** | **126** |

Аналогичное явление наблюдалось и в Кура-Араксинской низ­менности (Закавказье) при сравнении скоростей впитывания зимне­весенних аратов (допосевных поливов — промывок) и летних поливов.

Таким образом, общераспространенное представление о том, что для каждой почвы коэффициент фильтрации является постоян­ной величиной, принципиально ошибочно ; наоборот, каждая почва характеризуется переменным коэффициентом фильтрации, изменя­ющимся в различных пределах в зависимости от условий филь­трации, механического состава и агрегатного состояния ее.

В заключение необходимо отметить, что с практической точки зрения все расчетные величины Кф желательно проверять экспе­риментально в поле или в лаборатории на монолитах. При этом нужно иметь в виду, что для почв, обладающих ясно выраженной трещиноватостью (например, часто горизонт В подзолистых почв), расчет Кф по Дарси и тем более по аналитическим данным не мо­жет дать удовлетворительных результатов.

В условиях орошаемых почв такие неблагоприятные условия могут встретиться только как редкое исключение.

Классификация почв по механическому составу. Все предло­женные до сих пор классификации почв по данным механического анализа построен^ без учета агрегатного состояния почв и по­тому являются односторонними. В основу всех этих классифика­ций кладется соотношение в почве фракций различного размера.

Простейшей и наиболее распространенной у нас классифика­цией является так называемая двучленная, которая основывается на подразделении всей массы почвы на две фракции, именно — на фракцию крупнее 0,01 мм, которой присваивается название «песка», и фракцию менее 0,01 мм, которой присваивается назва­ние «физической глины».

Содержание этой классификации приводится в таблице 13.

Эта классификация имеет существенное значение для прибли­женной идентификации почв, особенно в пределах локальных фи­зико-географических районов. Более точных сопоставлений она не допускает, так как при одном и том же суммарном количестве песка, и особенно «глины», внутренний состав этих фракций в разных почвах может быть существенно различным.

Двучленная классификация Ночи

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименования почв** | **Содержание частиц меньше 0,01 мм (в % к весу)** | |
| **в почвах карбонат­ных (Димо)** | **в почвах бескарбо\* натных (Сибирцев)** |
| **Глинистые:** |  |  |
| **тяжелые** | **Более 68** |  |
| **средние** | **68—50** | **66-50** |
| **легкие** | **50-40** |  |
| **Суглинистые:** |  |  |
| **тяжелые** | **40-33** | **50—25** |
| **средние** | **33-25** | **25—20** |
| **легкие** | **25 -20** | **20—14** |
| **Супесчаные** | **20-14** | **14—9** |
| **Пески глинистые** | **14-9** | **9-3** |
| **Рыхлопесчаные** | **Менее 9** | **3** |

Более сложные классификации учитывают присутствие четы­рех главнейших фракций почвы, а именно: 1) камни и хрящ, 2) песок, 3) пыль и 4) ил.

Примером может служить классификация акад. В. Р. Виль­ямса. Она выделяет следующие четыре основных типа почв.

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименования почв.** | **Содержание частиц** |
| 1. **Хрящеватые** 2. **Песчаные** | **Содержат больше 80% хряща**  **» » 60% песка и около 1% ила**  **» » 50% пыли и меньше 5% ила**  **» »7% ила и меньше 10% песка, осталь­ное представлено пылью** |
| **III. Пылеватые** |
| **IV. Иловатые** |

Эти типы почв подразделяются на следующие подтипы:

Хрящевато-иловатые хряща до 80%, ила больше 5%

Песчано-иловатые песка » 60%, » » 4%

Иловато-пылеватые пыли 50%, ила более 5 %

Иловато-хрящеватые хряща более 30%, ила до 20%

Иловато-песчаные ила до 20%, песка более 30%

Иловато-пылеватые » » 20%, пыли » 40%

Логическим завершением этого типа классификации могла бы быть классификация типов кривых механического анализа.

ЗаслуЖиЬакгг серьезного внймания попытки классифицировать почвы НО величине суммарной или удельной поверхности частиц. Примером является следующая классификация Цункера.

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименования почв** | **Величина удель­ной поверхности** |
| **Плотная глина** | **Более 1 000** |
| **Обыкновенная »** | **1 000—730** |
| **Тяжелый суглинок** | **730—510** |
| **Обыкновенный »** | **510-340**  **340—130** |
| **Песчаный »** |
| **Супесь**  **Песок** | **130—30 Менее 30** |
| **Зерна песка, диаметр 1 мм** | **1** |
|  |

При дальнейшей разработке проблемы классификации по гранулометрическому составу необходимо учесть в одинаковой мере как механический, так и агрегатный состав почв.

ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Тепловой режим почвы определяется относительным поглоще­нием тепла солнечных лучей, лучеиспусканием, теплоемкостью и теплопроводностью.

Поглощение тепла, при всех прочих равных условиях, зави­сит главным образом от цвета: темные почвы вообще и в част­ности богатые органическим веществом поглощают тепла больше, чем почвы светлые. Это иллюстрируется следующими цифрами.

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименования почв** | **Относительная**  **величина**  **поглощения** |
| **Торфяная** | **100,00** |
| **Красно-бурый песок** | **92,78** |
| **Желто-красная глина** | **80,07** |
| **Светлосерая »** | **81,97** |
| **Мелкий песок** | **85,04** |
| **Грубый »** | **84,02** |
| **Луговая известь** | **77,90** |

Мелкозернистые почвы поглощают тепло несколько сильнее крупнозернистых.

Лучеиспускание почв вообще значительно меньше, чем воды. Поэтому влажные почвы излучают теплоту сильнее сухих. Однако почвы, умеренно увлажненные и насыщенные водой, излучают одинаково. Зависимость лучеиспускания от состава почвы вообще незначительна.

Теплоемкость почв может быть охарактеризована в сопоста­влении с теплоемкостью воды следующим рядом примеров в от­носительных величинах:

речной песок ОД928

лессовый чернозем 0,2300

серозем (бакинский) 0,2165

торф 0,5069

Из этих данных вытекает, что теплоемкость почв значительно меньше теплоемкости воды, и следовательно, влажная почва более теплоемка, чем сухая. Ясно выражена также повышенная тепло­емкость торфа, что обусловливается высоким содержанием в нем органического вещества. Влияние органического вещества за­метно и при сравнении показателей теплоемкостей чернозема и серозема. В среднем теплоемкость минеральных почв в сопоста­влении с теплоемкостью воды составляет около 0,22.

Теплопроводность почв изучена пока недостаточно. Из состав­ных частей почвы лучше всего проводит теплоту кварц, затем гидрат окиси железа, каолин, углекислая известь и, наконец, торф. В плотном состоянии почва проводит тепло лучше, чем в рыхлом, а влажные почвы отличаются лучшей теплопровод­ностью, чем сухие. Это объясняется тем, что плотная почва со­держит меньше воздуха, чем рыхлая, а воздух — более плохой проводник тепла, чем почва. Влажная почва, напротив, содержит значительное количество лучшего проводника (воды) и потому проводит тепло лучше сухой почвы.

ПЛАСТИЧНОСТЬ, КЛЕЙКОСТЬ И СВЯЗНОСТЬ ПОЧВ,  
ПРЕДЕЛЫ ТЕКУЧЕСТИ

Названные понятия носят приближенный характер и являются качественными показателями главным образом технических свойств почвы, важных при оценке условий работы землеройных и обрабатывающих орудий, при оценке грунтов как оснований для сооружений, прокладке дорог и пр.

Пластичностью называется способность грунта скатываться в шнур. Предел пластичности определяется такой низкой степенью влажности почвы, при которой проба, раскатанная на листе бу­маги в палочку диаметром около 4 мм, начинает ломаться на отдельные куски. Исследования показали, что пластичность за­висит не от величины частиц почвы, а от их формы: пластичностью обладают только массы, сложенные из частиц чешуйчатых или пластинчатых, но не круглых или зернистых.

Под клейкостью почвы понимают способность ее при некото­рой влажности прилипать к посторонней гладкой поверхности. За предел клейкости принимают ту степень влажности почвы, при которой тесто, сделанное из почвы, перестает прилипать к ни­келевому (металлическому) шпателю.

Связность почвы есть способность противостоять силе, стремя­щейся так или иначе разъединить частицы почвы. Связность воз­растает с увеличением клейкости и уменьшением влажности. Она в сильной степени также зависит от формы слагающих почву частиц, увеличиваясь при пластинчатой или чешуйчатой их форме.

Верхний предел текучести характеризует такое состояние почвы, когда бороздка, проведенная на горизонтальной поверхности кашицеобразной массы почвы округлым концом стеклянной па­лочки, в течение полминуты почти исчезает. Фактическое значе­ние этого предела, по Терцаги, повидимому, соответствует при­мерно тому максимальному количеству воды, которое может удерживаться тонким слоем грунта, не оседающего с течением времени под влиянием своего собственного веса. Мелкий песок и суглинок обнаруживают текучесть, но пластичности у них нет. Свойство текучести особенно резко выражено у так называе­мых текучих, или бродячих, пород, встречающихся в Северной Европе. Текучие породы часто являются причиной разрушения железнодорожных путей в Северной Швеции. Те же явления на­блюдаются и в ледниковых областях.

Для определения нижнего предела текучести (верхнего пре­дела пластичной консистенции) в фарфоровой чашке пригото­вляют каравай из грунта диаметром примерно 4 см и толщиной 1 см и разделяют бороздкой (при помощи ножа) на две половины, нижние края которых едва соприкасаются между собой. В фазе «нижний предел текучести» обе половины должны при повторном встряхивании слиться между собой по линии раздела на высоте до 1 мм. Физическое значение этого предела соответствует при­мерно тому наиболее плотному сложению песка, которое может быть ему придано простой утряской, без оказания на него стати­ческого давления.

ВОДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Формы воды в почве. Всякая почва в природе всегда содержит в себе некоторое количество воды.

Исследования показывают, что разные части этой воды обла­дают существенно различными свойствами, иначе говоря — в почве мы имеем различные формы воды.

Таким образом, почва не является простым приемником для воды, а представляет собой мощный трансформатор, который су­щественно изменяет состояние и свойства различных частей воды.

Убедиться в наличии в почве различных форм воды можно с помощью ряда следующих простых опытов.

Опыт первый. Вода, связанная с почвой физически и химически. Если сырую почву нагреть до 100—110° (или поместить в эксика­торе над хлористым кальцием, фосфорным ангидридом и пр.), то

вода через некоторый период времени испарится. Такую почву, высушенную при 100—110°, условились называть абсолютно сухой почвой. Однако если почву нагревать выше 110°, то она вновь начнет терять в весе, будут выделяться новые порции воды и последняя из них выделится только при температуре красного каления, т. е. около 500°.

Из этого следует, что в почве имеют место две формы воды, из которых первая испаряется при 100° и называется водой «физи­чески связанной». Вторая форма воды не испаряется при 100° и называется водой «химически связанной». Она представлена в основном водой кристаллизационной и водой гидратов. '

Количество химически связанной воды иногда бывает значи­тельным и достигает 5—7% веса всей почвы. Вообще ее тем больше, чем сложнее минералогический состав почвы (глинные минералы, силикаты, аллюмосиликаты и пр.), и тем меньше, чем этот состав проще (например, кварцевый песок). Для растений эта вода не­доступна.

Вода, связанная физически, также неоднородна.

Опыт второй. Гигроскопическая вода. Если абсолютно сухую почву оставить на открытом воздухе, то она увеличится в весе за счет поглощения парообразной воды из окружающего воздуха. Количество поглощаемой воды определяется степенью влажности окружающего воздуха. Наибольший размер поглощения осуще­ствляется в атмосфере, насыщенной парами воды.

Свойство почвы поглощать парообразную воду из атмосферы называется ее гигроскопичностью. Поглощенную таким образом воду называют гигроскопической водой, а то количество ее, ко­торое поглощается в условиях атмосферы, насыщенной парами воды, называют максимальной гигроскопической влажностью (прак­тически определяется высушиванием над 10% Н2Э04 или над насыщенным раствором К2Э04, т. е. при относительной влажности около 94%).

Явление гигроскопичности есть переход парообразной йоды в капельно-жидкую форму, т. е. представляет собой случай кон­денсации воды. В настоящее время принимают, что гигроскопич­ность почвы определяется поверхностной энергией твердых поч­венных частиц. Соответственно этому данный вид конденсации паров воды называют молекулярной конденсацией, а самую гигро­скопическую воду представляют в виде пленки, облекающей каж­дую почвенную частицу. Некоторые исследователи предполагали, что при влажности ниже максимальной гигроскопической эта пленка не является сплошной, она как бы разорвана; при макси­мальной гигроскопичности она сплошная и представляет собой слой в одну молекулу воды. В настоящее время принимают, что гигроскопическая пленка составляет около 10 слоев молекул воды.

, Величины максимальной гигроскопичности весьма различны для разных почв и колеблются от 1—2 до 7—8% и более от веса абсолютно сухой почвы. Зависит эта величина как от химиче­

ского состава почвы (прежде всего от соотношения минеральной и органической частей, от характера поглощенных катионов), так главным образом и от механического состава ее. Чем мельче механический состав почвы, тем больше общая поверхность всех частиц и максимальная гигроскопичность. Поэтому наибольшие величины последней свойственны глинам и сильногумусным поч­вам, а наименьшие — пескам.

Свойства гигроскопической воды существенно отличаются от свойств обычной воды. Так, температура замерзания ее опускается значительно ниже 0° и последние порции ее не замерзают даже при —78°. Это своеобразие объясняется громадным молекулярным давлением, под которым находится гигроскопическая вода и ко­торое измеряется величинами порядка 10 000—25 000 атм. В связи с этим плотность гигроскопической воды больше единицы и не­которыми исследователями определяется величиной 2,4. Благо­даря этим свойствам гигроскопическая вода совершенно не усваи­вается корнями растений и часто называется «мертвым запасом».

Величину, соответствующую двойной максимальной гигро­скопичности (на незасоленных почвах), в практике часто прини­мают как низший предел влажности почвы, при котором растение начинает страдать от недостатка воды.

Фагелер считает, что гигроскопическая вода есть вода гидратации кор­пускул. Гидратация есть окружение всякой частицы, обладающей электро­статическим потенциалом, диполями воды, как мантией. Степень гидратации есть функция радиуса иона и качественно выражается лиотропным рядом ЬГ>Ка\*>К\*>Мд\*\*>Са\*\ Соответственно этому П. Фагелер определяет ги­гроскопическую воду (Ну) в процентах к сухому весу, как **/7у=** 0,481К, где К есть корпускулярная концентрация, равная емкости поглощения Т (вм.-экв.) при насыщении одновалентным катионом; при наличии двухвалентных катио­нов К будет равно Т—г/2 содержания этих катионов (в м.-экв.); при наличии трехвалентных Т — 2/3 их содержания и т. д.

Некоторые исследователи (например, В. А. Кин, М. В. Чапек и др.) считают, что гигроскопическая вода неоднородна в своей массе и может заклю­чать в себе осмотическую, адсорбированную, капиллярно-конденсированную и другие формы воды. Все эти разноречия обязывают считаться с известной условностью понятия о гигроскопической воде, однако все эти дополнитель­ные представления еще не получили достаточной физической ясности и прак­тического значения.

Опыт третий. Максимальная молекулярная и свободная вода. Почва вообще может удерживать в себе количества воды, значи­тельно большие, чем ее максимальная гигроскопичность. Оказы­вается, что та вода, которая находится в почве сверх максималь­ной гигроскопичности, также неоднородна по своим физическим свойствам, что устанавливается следующим опытом.

Возьмем высокую трубку, например в 2 м, и наполним ее однородным грунтом, например песком. Затем будем сверху филь­тровать через колонну воду до тех пор, пока весь воздух из пор не будет вытеснен водой. После этого подачу воды в колонну прекратим. Мы заметим, что некоторое время вода из колонны будет продолжать стекать, а затем сток прекратится. Этот момент означает, что в колонне установилось равновесное распределение воды. Если мы определим теперь послойно влажность песка, то получим следующий ряд данных (табл. 14, А. Ф. Лебедев).

**Таблица 14**

Влажность различных слоев песка в колонне после увлажнения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Расстояние от нижнего кон­ца трубки (в см)** | **Влажность песка (в %)** | **Расстояние от нижнего конпа трубки (в см)** | **Влажность песка (в %)** |
| **200** | **2,41** | **100** | **2,71** |
| **190** | **2,39** | **90** | **2,64** |
| **180** | **2,40** | **80** | **2,74** |
| **170** | **2,38** | **70** | **2.75** |
| **160** | **2,54** | **60** | **3,01** |
| **150** | **2,48** | **50** | **6,55** |
| **140** | **2,41** | **40** | **11,70** |
| **130** | **2,43** | **30** | **15,30** |
| **120** | **2,80** | **20** | **18,01** |
| **110** | **2,65** | **10** | **18,25** |
|  |  | **од** | **19,45** |

В нижних слоях колонны, до 20 см, влажность песка лежит около 18%; затем в интервале от 20 до 60 см влажность быстро падает до 3%, а затем влажность измеряется однообразной вели­чиной 2,65—2,38% и, наконец, в самом верху опять несколько повышается до 2,41%.

Это повышение влажности на верхней плоскости раздела почва — воздух особенно ярко выступает всегда в колоннах не грубого песчаного состава, а в более тонких, суглинистых, как это видно, например, из таблицы 15 (А. Ф. Лебедев).

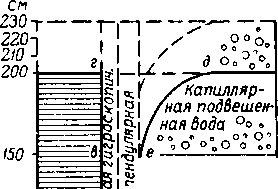
**Таблица 15**

Влажность суглинистой почвы (в процентах) у поверхности и на глубине 10 см

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Влажность** | | **Высота лессовой колонны (в см)** | | | | |
| **20** | **50** | **100** | **200** | **300** |
| **У поверхности На 10 см ниже** | **поверхности** | **35,82**  **29,72** | **32,35**  **27,44** | **30,27**  **25,41** | **28,36**  **24,00** | **26,50**  **21,41** |

Общая схема этого типа распределения влажности показана на рисунке 12, где по ординате отложены высоты колонны, а по абсциссе весовой процент влажности.

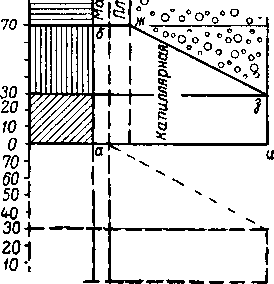
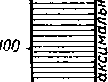
График слагается из четырех отрезков: 1) нижняя зона равно­мерной высокой влажности; 2) вторая зона уменьшающейся влаж­ности; 3) третья зона равномерной низкой влажности и 4) верхняя зона повышенной влажности.

Исследования показывают, что для однородных почвенных толщ такой график (в момент равновесия) совершенно закономе­рен и выдерживается при различных условиях. Он называется графиком «предельной влагоемко- сти» почвы. Данный тип распре­деления влажности соответствует тому, который наблюдается в ес­тественных условиях в однород­ных почвенных профилях над уровнем грунтовой воды.

5 ° 0° Ос °о° Оо

**О Оо О о о 0 о® *свободная-\*\* порозность, за­полненная паро­образной водой***

**О** ® О о **О** Л

Если мы удлиним опытную ко­лонну, то тип графика и величины влажностей по зонам останутся не­изменными и только третья зона равномерной низкой влажности станет длиннее (на рис. 12 обо­значено пунктиром).

**уз**

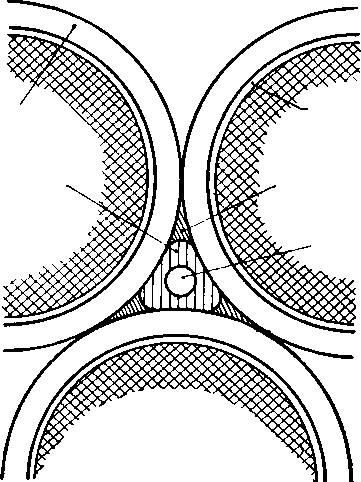
**Рис. 12. Распределение форм воды в почвенной колонне.**

Рассмотрение состояния воды показывает следующее: в третьей зоне низкая влажность, каждая частичка почвы оказывается окру­женной пленкой воды, по своей толщине превышающей толщину гигроскопической пленки в 2—

6 раз. В уголках, возникающих при соприкосновении частиц почвы между собой, кроме того, имеется дополнительный объем воды, огра­ниченный водным мениском. Это две разные формы воды. Пленка, окру­жающая почвенную частицу сверх ее максимальной гигроскопич­ности, называется максимальной молекулярной,или пленочной, вод ой.

Она удерживается молекулярными силами поверхности почвен­ных частиц, меньшими, чем удерживающие гигроскопическую воду, но все же настолько значительными, что эта вода практически не стекает под влиянием силы тяжести, по крайней мере, в пределах 2—3 м высоты почвенных колонн; плотность ее больше единицы и температура замерзания ниже 1,5°. Пленочная вода усваивается растительностью с большим трудом, и когда в почве находится только эта форма воды, растения обычно увядают. Поэтому коли­чество воды в почве, соответствующее ее максимальной молекуляр­ной влажности, принято называть коэффициентом завядания [[5]](#footnote-5).

Величины максимальной молекулярной влажности почв сильно варьируют в зависимости от механического состава. Для песков они лежат около 1,5% весовой влажности, для суглинков около 15—17 и для глин могут подниматься до 30%.

Все количество воды, содержащееся в почве сверх максимальной молекулярной влажности, находится уже вне сферы действия молекулярных сил поверхности почвенных частиц, и потому мы называем эту воду «свободной» (А. В. Трофимов).

Гигроскопическая вода

**Рис. 13. Формы воды в почве.**

***Максимальная молекулярная вода***

***Фцнинцлярная вода***

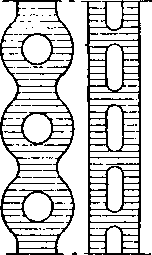
***Пендулярная вода Воздух^***

Свободная вода обладает всеми свойствами обыкновенной воды и потому полностью может быть использована растениями при соответствующих условиях.

Во всех частях почвенной колонны свободная вода удержи­вается силой менисков. В сложной сети почвенных пор характер этих менисков и их взаимосвязь между собой крайне разнообразны, в силу чего и динамическое поведение отдельных частей свободной воды также различно. С этой точки зрения все количество свобод­ной воды в почве целесообразно разделять на три части: пенду- лярную, фуникулярную и капиллярную.

Когда свободная вода занимает только уголки пор в местах соприкосновения почвенных частиц (рис. 13), причем мениски этих уголков между собой не соприкасаются, ее называют пенду-- лярной, или уголковой, водой (Верлюи),

Поскольку отдельные уголки между собой не связаны свобод­ной водой, постольку уголковая вода оказывается практически неподвижной, не стекающей под влиянием силы тяжести. В такой форме свободная вода присуща главным образом третьей зоне низкой влажности рассматриваемой нами колонны.

Когда количество воды в уголках увеличивается настолько, что они сливаются между собой, но в центре поры еще остается пузырек воздуха (рис. 13), такое состояние свободной воды на­зывается фуникулярным (Верлюи). В этом состоянии вся масса воды связана между собой, она приобретает способность пере­двигаться под влиянием силы тяжести или внешнего давления, но в силу наличия пузырьков воздуха воз­никает неточный капилляр (цепь Жамена), в котором требуется очень большое давле­ние, чтобы сдвинуть эту цепь капель. По­требная величина давления увеличивается во много раз при неточном характере капилляра (рис. 14).

При заполнении водой всего объема пор состояние свободной воды называется капил­лярным; капиллярная вода передвигается при всяком давлении, превышающем нормальное.

В данном случае имеются в виду капилляры, диаметр которых больше двойной толщины максимальной молекулярной пленки. Если **Рис. 14. Неточные** принять максимальную толщину слоя связан- **капилляры,** ной воды в 1000 ангстрем, то капилляр дол­жен обладать диаметром большим 2 000 ангстрем, т. е. 0,0002 мм. В ультракапиллярах меньшего диаметра, очевидно, свободной воды нет.

В рассматриваемой колонне две нижние зоны повышенной влажности являются областью преимущественно капиллярного заполнения пор водой.

Различие во влажности первой и второй зон объясняется тем, что поры почвы очень неоднородны по своему диаметру, поэтому нижнюю зону нужно представлять себе как зону заполнения водой и крупных и мелких капилляров; зону же, расположенную выше, как заполненную только в части все более и более мелких капилляров (рис. 12). Следовательно, верхняя граница второй зоны является пределом капиллярного поднятия воды данным грунтом. Четвертая (верхняя) зона повышенной влажности является, повидимому, преимущественно фуникулярной, удер­живаемой менисками, возникающими на плоскости раздела почва — воздух.

Если вся свободная вода в почве по своим физическим свой­ствам может быть использована растениями, то фактическая ее доступность определяется, кроме того, скоростью ее подтекания к сосущим частям корней, к корневым волоскам,

суммарная длина корней и корневых воло­сков И, 251 км

число корневых волосков 14 335 568 288 шт.

суммарная поверхность 638 м2

на 1 см3 почвы:

длина корней 225 м

число корневых волосков 287 000 шт.

поверхность 127 см2

Сопоставив последние величины с характеристикой 1 см3 условной почвы, состоящей из зерен в 0,01 мм, получим следующее:

1. число частиц почвы 1 000 000 000 шт., следовательно один корневой волосок приходится на 3 490 шт. почвенных частиц;
2. суммарная поверхность почвенных частиц 6000 см2, следовательно поверхность корневых волосков меньше поверхности почвы в 47 раз.

В полевых условиях на корневые системы приходятся значительно боль­шие объемы почвы, и, следовательно, приведенные выше соотношения для полевых условий будут еще менее благоприятными. Отсюда ясно, что преоб­ладающая часть свободной почвенной воды может быть фактически исполь­зована растением лишь в меру скорости ее подтекания к зонам иссушения около, корневых волосков.

Ф.Секера считает нормальной скоростью подачи воды в почве 0,1—0,06 г на 1 см2 в час и что в природе растение использует только 75% запаса доступ­ной ему воды. Из этого следует, что пендулярная вода, находясь в уголках[[6]](#footnote-6) в неподвижном состоянии, менее доступна для усвоения растениями, чем вода фуникулярная и капиллярная.

Резюмируя все изложенное, мы можем, следовательно, при­нять наличие в почве следующих форм воды:

1. Химически связанная вода.
2. Физически удерживаемая вода, подразделяемая на сле­дующие виды:
3. Вода, связанная молекулярными

**а) Гигроскопическая, в высшем пре­деле максимальная гигроскопи­ческая**

**б) Пленочная, в высшем пределе максимальная молекулярная**

**а) Пендулярная, или уголковая, не­подвижная**

**б) Фуникулярная и капиллярная, могущая передвигаться**

силами притяжения почвенных

частиц

1. Вода свободная, удерживаемая силой менисков
2. Вода парообразная, находящаяся во всех порах почвы, неполностью заполненных капельно-жидкой во­дой \*

Формы движения воды в почве. Передвижение воды в почве осуществляется в следующих формах:

а) Движение под влиянием молеку­лярных сил поверхностней о притя­жения почвенных частиц — пленочное

б) Движение под влиянием силы тя­жести — гравитационное

**2. Движение воды капельно­жидкой**

в) Движение под влиянием сил ме­нисков — капиллярное

**Движение воды в форме пара. При** всякой влажности почвы часть воды переходит в форму пара, который и заполняет свободные поры почвы. Если под влиянием каких- либо причин парообразная вода из данных пор будет удалена, например передвинется в другую зону почвы или уйдет в атмо- сферу, то в парообразное состояние перейдет новая порция ка­пельно-жидкой воды. Таким образом, в процесс передвижения парообразной воды фактически вовлекается все количество воды, находящейся в почве.

Основным условием возможности движения пара из одной об­ласти в другую вообще является наличие разности давлений, или разности упругости, паров в этих двух областях [[7]](#footnote-7). Эта раз­ность давлений вообще определяется следующими условиями: а) разной степенью насыщения атмосферы парами воды. При одинаковой температуре давление пара прямо пропорционально степени насыщения и, следовательно, движение будет осуще­ствляться из области большого насыщения в область насыщения меньшего; б) разной температурой пара. В случае одинаковой степени насыщения давление прямо пропорционально темпера­туре и, следовательно, движение будет осуществляться из области большей температуры в область температуры меньшей. Соответ­ственно этому возможность движения парообразной воды в толще почвы определяется упругостью паров в разных ее горизонтах, или слоях.

Вообще говоря, величина упругости водяных паров в почве зависит от многих условий: степени влажности почвы, кривизны менисков воды, концентрации солей в почвенном растворе, хими­ческого состава почвенной массы и т. д. Ниже мы рассмотрим только зависимость упругости пара от влажности и температуры почвы.

Впервые А. Ф. Лебедев установил основные закономерности состояния пара в почвенном воздухе, .заключающиеся в следую ­щем:

а) для всех почв при влажности их выше максимальной ги­гроскопичности относительная влажность воздуха всегда равна

суммарная длина корней и корневых воло­сков И,251 км

число корневых волосков 14 335 568 288 шт.

суммарная поверхность 638 м2

на 1 см3 почвы:

длина корней 225 м

число корневых волосков 287 000 шт.

поверхность 127 см2

Сопоставив последние величины с характеристикой 1 см3 условной почвы, состоящей из зерен в 0,01 мм, получим следующее:

1. число частиц почвы 1 000 000 000 шт., следовательно один корневой волосок приходится на 3 490 шт. почвенных частиц;
2. суммарная поверхность почвенных частиц 6000 см2, следовательно поверхность корневых волосков меньше поверхности почвы в 47 раз.

В полевых условиях на корневые системы приходятся значительно боль­шие объемы почвы, и, следовательно, приведенные выше соотношения для полевых условий будут еще менее благоприятными. Отсюда ясно, что преоб­ладающая часть свободной почвенной воды может быть фактически исполь­зована растением лишь в меру скорости ее подтекания к зонам иссушения около, корневых волосков.

Ф.Секера считает нормальной скоростью подачи воды в почве 0,1—0,06 г на 1 см2 в час и что в природе растение использует только 75% запаса доступ­ной ему воды. Из этого следует, что пендулярная вода, находясь в уголках[[8]](#footnote-8) в неподвижном состоянии, менее доступна для усвоения растениями, чем вода фуникулярная и капиллярная.

Резюмируя все изложенное, мы можем, следовательно, при­нять наличие в почве следующих форм воды:

1. Химически связанная вода.
2. Физически удерживаемая вода, подразделяемая на сле­дующие виды:
3. Вода, связанная молекулярными

**а) Гигроскопическая, в высшем пре­деле максимальная гигроскопи­ческая**

**б) Пленочная, в высшем пределе максимальная молекулярная**

**а) Пендулярная, или уголковая, не­подвижная**

**б) Фуникулярная и капиллярная, могущая передвигаться**

силами притяжения почвенных

частиц

1. Вода свободная, удерживаемая силой менисков
2. Вода парообразная, находящаяся во всех порах почвы, неполностью заполненных капельно-жидкой во­дой \*

Формы движения воды в почве. Передвижение воды в почве осуществляется в следующих формах:

а) Движение под влиянием молеку­лярных сил поверхностного притя­жения почвенных частиц — пленочное

б) Движение под влиянием силы тя­жести — гравитационное

**2. Движение воды капельно­жидкой**

в) Движение под влиянием сил ме­нисков — капиллярное

**Движение воды в форме пара.** При всякой влажности почвы часть воды переходит в форму пара, который и заполняет свободные поры почвы. Если под влиянием каких- либо причин парообразная вода из данных пор будет удалена, например передвинется в другую зону почвы или уйдет в атмо- сферу, то в парообразное состояние перейдет новая порция ка­пельно-жидкой воды. Таким образом, в процесс передвижения парообразной воды фактически вовлекается все количество воды, находящейся в почве.

Основным условием возможности движения пара из одной об­ласти в другую вообще является наличие разности давлений, или разности упругости, паров в этих двух областях [[9]](#footnote-9). Эта раз­ность давлений вообще определяется следующими условиями: а) разной степенью насыщения атмосферы парами воды. При одинаковой температуре давление пара прямо пропорционально степени насыщения и, следовательно, движение будет осуще­ствляться из области большого насыщения в область насыщения меньшего; б) разной температурой пара. В случае одинаковой степени насыщения давление прямо пропорционально темпера­туре и, следовательно, движение будет осуществляться из области большей температуры в область температуры меньшей. Соответ­ственно этому возможность движения парообразной воды в толще почвы определяется упругостью паров в разных ее горизонтах, или слоях.

Вообще говоря, величина упругости водяных паров в почве зависит от многих условий: степени влажности почвы, кривизны менисков воды, концентрации солей в почвенном растворе, хими­ческого состава почвенной массы и т. д. Ниже мы рассмотрим только зависимость упругости пара от влажности и температуры почвы.

Впервые А. Ф. Лебедев установил основные закономерности состояния пара в почвенном воздухе, заключающиеся в следую ­щем:

а) для всех почв при влажности их выше максимальной ги­гроскопичности относительная влажность воздуха всегда равна

100% и, следовательно, упругость водяного пара в почвенном воздухе определяется только температурой.

Первая закономерность иллюстрируется следующими дан­ными (табл. 16).

**Таблица 16**

Относительная влажность почвенного воздуха при различной влажности

почвы (в процентах)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Суглинистый лесс, максимальная гигро­скопичность 7,92%** | | **Песок, максимальная гигроскопичность 0,3?%** | |
|  | **относительная** |  | **относительная в лаж** |
| **влажность почвы** | **влажность почвенного** | **влажность песка** | **ность почвенного** |
|  | **воздуха** |  | **воздуха** |
| **16,21** | **100** | **4,02** | **100** |
| **12,97** | **100** | **1,89** | **100** |
| **9,44** | **100** | **1,21** | **100** |
| **8,22** | **100** | **0,52** | **100** |
| **7,80** | **96** | **0,25** | **62** |
| **6,54** | **75** |  |  |

Из таблицы видно, что относительная влажность почвенного воздуха действительно определяется не абсолютной влажностью почвы, а величиной максимальной гигроскопичности, присущей каждой данной почве.

Вторая закономерность подтверждается следующими двумя опытами А. Ф. Лебедева.

*Опыт первый. Температура одинаковая, 24,3°, влажность почвы разная*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Влажность почвы (в %)** | **4,63** | **2,83** | **2,14** | **1,53** | **0,82** |
| **Относительная влажность воздуха (в %)** | **96** | **84** | **66** | **44** | **20** |

*Опыт второй. Влажность почвы одинаковая, 2,43°/0, температура ратая*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Температура (в град )** | **10** | **21** | **45** | **60** |
| **Относительная влажность воздуха (в %). .** | **39** | **41** | **51** | **57** |

Из этих опытов видно, что при влажности почвы ниже ее максимальной гигроскопичности, относительная влажность воз­духа при одинаковой температуре уменьшается с уменьшением влажности почвы, а при одинаковой исходной влажности почвы повышается с повышением температуры.

Таким образом, для этих степеней влажности почвы мы можем определить упругость пара, зная только два фактора, а именно — температуру и влажность почвы.

Охарактеризованные закономерности состояния пара в почвенном воздухе, установленные А. Ф. Лебедевым, получили подтверждение в иозд-нейших иностранных исследованиях (Томас и др.). П. Фагелер считает воз­можным с достаточной практической точностью вычислять относительную упругость пара р по формуле:

image21где ЪК — насыщенность комплекса катионами;

IV — влажность почвы;

(I — плотность воды;

Т — абсолютная температура.

Зная названные закономерности состояния относительной влажности воздуха почвы, мы можем для каждого частного случая решить вопрос о том, возможно ли здесь вообще передвижение парообразной влаги и в каком направлении.

Разберем основные типичные случаи, имея в виду, что при этом мы должны считаться не со всеми формами воды в почве, которые установлены выше, а лишь с двумя из них, а именно — с максимальной гигроскопической и затем со всей суммой воды выше этого предела.

Движение пара внутри почвы имеет три следующих типичных случая: 1) передвижение в пределах гигроскопической влажности почвы; 2) пере­движение при влажностях почвы, более высоких, чем максимальная гигро­скопическая, и 3) передвижение между слоями с двумя предыдущими степе­нями влажности.

Для первого случая (влажность гигроскопическая) могут наблюдаться два следующих варианта отношений.

Вариант а: соприкасаются два слоя почвы одинаковой влажности, при разной их температуре. Очевидно, упругость пара будет определяться здесь только температурой и парообразная вода будет передвигаться из слоя с более высокой температурой к слою с температурой более низкой. Так как избыток пара в этой новой области существовать не может, то он будет кон­денсироваться на поверхности частиц, и таким образом более холодный слон почвы будет увлажняться, а более теплый — иссушаться.

Вариант б: соприкасаются два слоя почвы, имеющие разные влажности при одинаковой температуре. Здесь упругость пара определяется только влажностью; следовательно, передвижение его будет осуществляться из слоя более влажного в слой более сухой, — влажности двух слоев будут выравниваться.

Во втором случае, т. е. при влажностях выше максимальной гигроскопи­ческой, могут иметь место те же два варианта отношений, но с иным эффектом.

Вариант а: соприкасаются два слоя почвы с разными влажностями при одинаковой температуре. Как мы знаем, относительная влажность воздуха в этих условиях оудет для обоих слоев равна 100%, а упругость пара опреде­ляется тогда только температурой. Так как в нашем случае температура одинакова, то, следовательно, упругость пара будет также одинаковой и, очевидно, передвижения парообразной воды между слоями, несмотря на раз­ность влажностей, не будет.

Вариант б: соприкасаются два слоя разных влажностей при разных температурах. Так как относительная влажность воздуха опять в обоих слоях равна 100%, то очевидно, что передвижение будет идти от более теплого слоя к холодному. При этом если температура будет выше в более сухом слое, то передвижение пара будет идти из относительно сухого слоя в более влажный. При обратном соотношении температур и направление движения будет об­ратным.

В случае третьем — при соприкосновении двух слоев почвы, из которых один увлажнен выше максимальной гигроскопичности, а другой ниже ее, влияние температуры сказывается следующим образом.

вариант а: температуры слоёв одинаковы. Г1ри этом условии относитель­ная влажность воздуха сырого слоя равна 100%, а слоя сухого ниже 100%. Следовательно, упругость пара первого выше, чем второго, и передвижение будет осуществляться из влажного слоя в сухой.

Вариант б: температуры слоев различны. В этом случае предусмотреть характер процесса невозможно. В самом деле, хотя относительная влажность воздуха сухого слоя почвы и ниже 100%, Тем не менее температура его может быть настолько выше температуры влажного слоя, что упругость пара их станет одинаковой и движения, следовательно, не будет. В случае еще боль­шего повышения температуры сухого слоя передвижение пара будет происхо­дить из сухого слоя во влажный, при более же низкой температуре, наоборот, пар будет передвигаться из влажного слоя в сухой. Следовательно, в этом случае установить характер явления возможно только на основании прямого измерения двух элементов — температуры и относительной влажности воз­духа в каждом слое почвы.

Итак, движение воды в форме пара может осуществляться при всех степенях влажности почвы, и в этом смысле оно является наиболее универсальной, наиболее общей формой передвижения воды. При этом вода, лежащая в пределах максимальной гигро­скопичности почв, может передвигаться, повидимому, только в парообразной форме.

Вода в парообразной форме, передвинувшись из одной области почвы в другую, переходит здесь в свою капельно-жидкую форму, т. е. конденсируется. Эта форма конденсации является конден­сацией термической, в отличие от ранее рассмотренной конден­сации молекулярной (гигроскопической).

Циркуляция пара в толще почвы, а также обмен парообразной водой между почвой и атмосферой имеет крупное значение в вод­ном балансе почвы.

А. Ф. Лебедев в 1912—1913 гг. экспериментально установил явление конденсации парообразной воды атмосферы в верхних горизонтах почвы. При благоприятных условиях размер этой конденсации достигает 0,3—0,5 мм (Одесса) и даже 2,6 мм (бас­сейн р. Волхова) влаги в сутки. Для условий Одессы число слу­чаев возможной конденсации за год достигает 200 и, следовательно, суммарное количество конденсационной воды за год составляет 60—100 мм. По отношению к 400 мм всех осадков для Одессы это количество конденсационной воды должно быть признано очень значительным.

Еще в 1887 г. О. Фольгер развил теорию образования грун­товых вод за счет конденсации в почве парообразной воды атмосферы. Эта теория не получила признания ввиду недо­казанности в то время самих процессов конденсации и неувя- занности ее с тепловым балансом почвы. В настоящее время нет оснований отрицать возможность известного участия кон­денсационных процессов в образовании грунтовых вод, по­скольку наличие самих процессов доказано, а проблема тепло­вого баланса может быть решена как более точными его расче­тами, так и в плоскости внутренних теплооборотов почвенных толщ.

Режим влажности отдельных горизонтов почвенной толщи в серьезной степени зависит от циркуляции парообразной воды. Так, можно считать доказанным, что в северных областях в тече­ние зимнего сезона верхние горизонты почв обогащаются конден­сационной водой, поднимающейся в виде пара из более теплых нижних горизонтов и из грунтовой воды. Поэтому дренажный сток оказывается часто большим, чем можно ожидать при учете только атмосферных осадков. В южных областях также есть усло­вия для питания верхних горизонтов почвы парообразной водой, поднимающейся снизу. Это видно из рисунка 15. Заштрихованная часть чертежа показывает, что в течение 5 месяцев упругость пара на глубине 1 м от поверхности больше, чем упругость на глубине

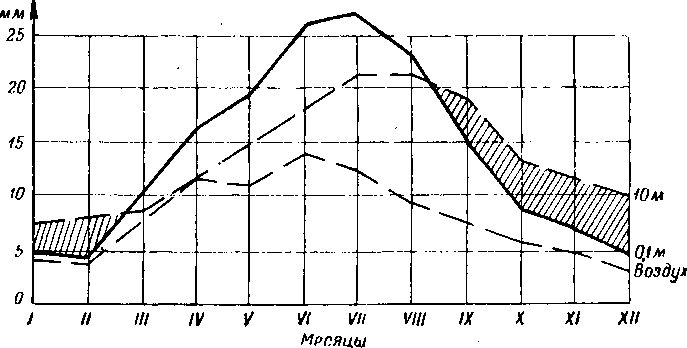


Рис. 15. Соотношение давлений паров воды в воздухе и в почве на различных глубинах (Голодная степь, 1908 г.).

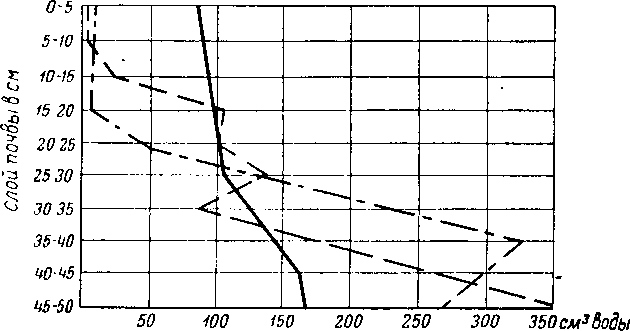
0,1 м, и, следовательно, пар должен сюда поступать. Эксперимен­тально это проверено на Мургабе (А. Т. Морозов).

Такой тип накопления конденсационной воды в верхних го­ризонтах засоленных почв может иметь существенное значение для их выщелачивания; при достижении верхним горизонтом почвы влажности, превышающей его предельную влагоемкость, конденсационная вода будет стекать вниз и промывать соли, не поднимая уровня грунтовых вод. Характер явления иллюстри­руется результатом следующего лабораторного опыта (Л. П. Ро­зов, рис. 16): в трубке с глинистым песком, насыщенным до пре­дельной влагоемкости раствором хлористого кальция, поддержи­вался температурный градиент в 1 и 15° (разница давлений пара соответственно 2 и 17 мм). Через две недели соль оказалась вы­мытой в первом случае из слоя 10 см и во втором случае более 20 см.

Потери парообразной воды из почвы в атмосферу вообще очень значительны. Влажная почва может терять на испарение больше,чем открытая водная поверхность. Значение этих потерь различно. В северных заболоченных почвах эти потери оцениваются чаще всего как положительное явление, так как оно вызывает пони­жение уровня грунтовых вод и создает лучшие условия для раз­вития растений.

В южных орошаемых районах потери воды из почвы на испа­рение практически всегда вредны: во-первых, они означают не­производительную потерю оросительной воды (после полива до 80 м3 в сутки, а за вегетационный период, например под хлоп­чатником, до 40—45% оросительной нормы); во-вторых, испарение

***см***



***~ Распределение солей*** **-—**  ***Распределение солей при***

***при разнице давлений пара разнице давлений пара*  — *Исходное распределение солей***

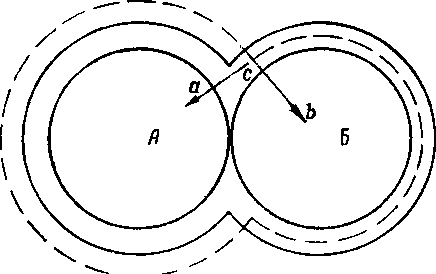
**Рис. 16. Выщелачивание солей конденсированной водой.**

с поверхности почвы в условиях близких грунтовых вод озна­чает подтягивание солевых растворов и засоление корнеобитае­мых горизонтов почвы.

В условиях орошения предупреждение потерь на испарение и борьба с ними являются одними из важнейших задач хозяйства. Основными мероприятиями здесь являются: 1) создание хорошей структуры почвы; 2) постоянное содержание поверхности почвы в рыхлом и чистом от сорняков состоянии; 3) возможно длитель­ное содержание поля под культурой, особенно сплошной (травы, хлеба, пожнивные культуры и пр.); 4) покрытие поверхности поля рыхлым материалом (мульчирование). Исследовательские учре­ждения успешно испытывают также покрытие почвы (песков) масляной или битумной пленкой.

**Движение воды под влиянием молеку­лярных сил — пленочное.** Как было указано, моле­кулярная, или пленочная, вода пе способна передвигаться под влиянием силы тяжести. В настоящее время можно считать уста­новленным, что пленочная вода передвигается в капельно-жидком виде лишь под влиянием молекулярных сил поверхности почвен­ных частиц. Механизм этого передвижения представляется в виде следующей схемы (рис. 17). Если соприкасаются между собой две одинаковые частицы почвы А и В, из которых одна облечена плен­кой воды более толстой, чем другая (эти слои показаны на чертеже пунктиром), то частица воды С, располагающаяся на стыке двух пленок, будет находиться под влиянием меньшей силы а и боль­шей Ъ (сила притяжения обратно пропорциональна расстоянию от центра частицы почвы). При этих условиях частица воды не может находиться в равновесии и будет передвигаться в сторону действия большей силы, т. е. смещаться на тонкую пленку. Такое передвижение воды должно продолжаться до тех пор, пока тол­щина пленок на обеих почвенных частицах не станет одинаковой.

Из этой схемы видно, что сама воз­можность движения воды определяется разницей в толщине водяных пленок, а на­правление движения всегда от более тол­стой пленки к тонкой, независимо от того, расположена ли или сбоку по отношению к первой.



**Рис. 17. Схема передвижения пленочной воды.**

**последняя вверху, внизу**

Таким образом, направление пленочного движения не зависит от направления силы тяжести и может осуществляться в любую сторону.

Из описанной схемы передвижения пленочной воды следует важный практический вывод, что обычное представление о дви­жении в почвах воды от слоя более влажного к слою более сухому не всегда верно.

Поясним сказанное примером. Положим, в почве соприкасаются два горизонта, из которых один песчаный, а другой глинистый; пусть влажность песчаного горизонта равна 8% по весу и соответствует максимальной моле­кулярной влажности данного песка, т. е. пленки, окружающие каждую частицу, будут иметь максимальную толщину; в глинистом горизонте влаж­ность пусть будет равна 12% но весу, но она меньше максимальной молеку­лярной влажности, т. е. пленки по толщине здесь меньше предельно макси­мальных. Очевидно, что на границе соприкосновения взя»ых слоев почвы выравнивание толщины пленок, т. е. движение воды, будет идти от песка к глине, или от слоя «сухого» (в весовом выражении) к слою более «влажному».

Этим подчеркивается важность знания, с динамической точки зрения, не только весовых процентов влажности, но одновременно и формы состояния этой воды в почве.

Второй характерной чертой пленочного движения является то, что оно не ограничено по своей протяженности, если суще­ствует градиент силы в форме разницы толщины пленки.

Представим себе, например, естественный разрез почвы, в основании которого лежит грунтовая вода. В этом случае нижний слой почвы будет обладать неисчерпаемым запасом капиллярной воды. Верхнюю часть раз­реза представим себе как сухую. Тогда очевидно, что на плоскости раздела этих двух слоев, мокрого и сухого, возникает резкий градиент молекулярных сил поверхностного притяжения, в силу которого вода в виде пленок пере­ползет из влажного слоя в пограничную зону слоя сухого. Тогда градиент напряжений, очевидно, передвинется на новую плоскость раздела, более высоко расположенную по отношению к влажному слою. С этой второй плос­кости раздела водяная пленка должна будет переместиться на третью плос­кость, затем на четвертую и т. д., пока на всем протяжении сухой части раз­реза не будет достигнуто полное насыщение молекулярных сил притяжения поверхности почвенных частиц, т. е. пока водяная пленка везде нс достигнет одинаковой толщины. Таким образом, можно предположить, что любая толща почвы выше зоны капиллярного поднятия грунтовой воды, вплоть до поверхности, должна будет увлажниться до степени максимальной моле­кулярной влажности.

Наблюдения в природе подтверждают указанное предположение. Пря­мые определения влажности почвы наших южных районов, где грунтовые воды залегают на глубине 3—4 м, показывают, что средняя зона этих почв, между нижней капиллярной (2—3 м) и верхней (1,5—2 м), обладает в тече­ние всего года одинаковой влажностью, отвечающей по величине примерно максимальной молекулярной влажности. Это так называемый «мертвый горизонт», в смысле именно неизменности состояния его влажности. В верх­них горизонтах колебания влажности очень существенны, но они обуслов­ливаются испарением и выпадающими осадками.

Необходимо учитывать, что в пленочной воде соли растворимы и, следовательно, эта форма движения воды может являться существен­ным фактором перераспределения солей по почвенному профилю.

Третьей характерной чертой пленочного движения воды яв­ляется то, что оно осуществляется весьма медленно.

Так, в опыте А. Ф. Лебедева при соприкосновении в течение 20 суток двух слоев почвы разных влажностей и при толщине каждого слоя в 5 см еще не наступило полного выравнивания влажностей.

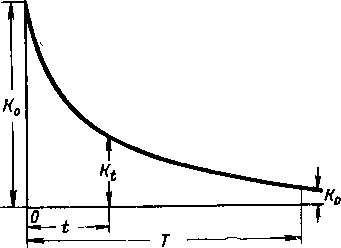
Следует считать, что в тех случаях, когда учету подлежит эффект действия длительных периодов времени, роль пленочного движения может оказаться значительной, и, наоборот, при ана­лизе явлений кратковременных значение пленочного движения снижается.

**Гравитационное движение воды.** Движение воды через толщу почвы по ее порам вниз, под влиянием силы тяжести, называется гравитационным движением.

В гравитационном движении участвует не вся вода, могущая поместиться в порах почвы, а лишь часть свободной формы воды. Так, если на колонну абсолютно сухой почвы любой мощности дать сверху объем воды М, превышающий суммарный объем пор этой колонны, то очевидно, что эта вода смочит всю массу почвы и даст некоторый сток (?. Объем этого стока будет всегда меньше объема АТ, так как колонна задержит в своих горизонтах часть

Ьоды, а именно — йсю воду связанную, воду йендулярную й часть воды фуникулярной и капиллярной (рис. 12, стр. 59). Все эти части данного объема воды гравитационно не передви­гаются, и, следовательно, объем гравитационно движущейся воды (или что то же — сток ф для каждой заданной колонны почвы или ее отдельного слоя определяется выражением (^ = М — /7, где П — величина предельной влагоемкости данной колонны или ее отдельного слоя. Если данный объем воды М поступает в почву не абсолютно сухую, а обладающую некоторой влажностью т, то объем гравитационно движущейся воды (или величина стока) определится выражением:

(2 = М + т — П.



**Рис. 18. Скорость впитывания воды в почву.**

Отсюда следует, что гра­витационное движение воды в почве осуществляется не при всякой ее влажности, а только при влажности, пре­вышающей ее предельную влагоемкость.

Существенной характери­стикой гравитационного дви­жения является неравномер­ность скоростей движущейся массы воды по поперечному сечению почвенных пор: эти скорости являются наибольшими но центральной оси пор и уменьшаются по направлению к по­верхности почвенных частиц. Для движения в цилиндрическом капилляре Пуазейль и Стокс установили, что средняя скорость в нем равняется 0,5 скорости по центральной оси (т>Ср = 0,5 т>Центр.)\* Для почвенных масс эта закономерность не проверялась, но сле­дует считать, что качественно она и здесь имеет тот же характер.

Указанный тип явления приходится учитывать при оценке эффективности выщелачивания из почвы солевых растворов гра­витационным током воды.

В гравитационном движении воды через толщу почвы необ­ходимо различать две взаимосвязанные формы его, а именно: впитывание, когда фронт движущейся воды только еще запол­няет свободные поры почвы, и фильтрацию, когда вода движется по уже заполненным порам.

Впитывание осуществляется под действием двух сил, действую­щих в одном и том же направлении — вниз: гравитационного дав­ления и сил менисков, возникающих на фронте соприкосновения движущейся воды с сухой почвой. По мере проникновения воды в толщу почвы скорость впитывания последовательно умень­шается. Для почв однородного профиля и более или менее устой­чивого агрегатного состояния обычный вид кривой скорости впи­тывания показан на рисунке 18.

На этой кривой коэффициент впитывания в любой момент вре­мени К( связан с коэффициентом впитывания в начальный момент времени К0 выражением: где а для разных почв варьирует (по Костякову от 3 до 0,9). В случаях резко слоистой почвы при существенном изменении агрегатного состояния в период самого впитывания кривая ско­ростей впитывания приобретает более сложный характер с пе­ременным а.

Для каждой данной почвы скорость впитывания есть величина динамическая, изменяющаяся во времени в зависимости от изме­нения характера сложения почвы и ее агрегатного состояния.

Так, в опыте Кутергина на каштановой почве Добрынинского участка (Заволжье) показатели кривой скорости впитывания при разных поливах изменялись следующим образом: при первом поливе К0 = 0,00082 и а — = 0,363, при втором поливе К0 =0,00134 и а = 0,494.

По наблюдениям Ивченко, состояние почвы под разными культурами изменялось следующим образом: порозность на хлопковой старопашке 48%, после трав 51,6%; агрегаты мельче 0,25 мм; по хлопку 29,1%, по травам 15,9%; соответственно этому впитывание по травам оказалось в 2,4 раза большим, чем по хлопку.

Фильтрация осуществляется в почве только под действием гравитационных сил, и потому скорость фильтрации всегда меньше скорости впитывания. Связь между коэффициентом впитывания К1 и коэффициентом фильтрации по Дарси Кв может быть вы-

ражена как Кг = Кв[ — \ , где Кь — коэффициент впитывания,

отвечающий моменту времени I от начала впитывания, Т есть время от начала впитывания до начального момента фильтрации, а — по­казатель степени, зависящий от свойств почвы и для ряда почв изменяющийся от 0,3 до 0,6. В дальнейшем кривая коэффициента фильтрации будет изменяться в зависимости от динамики агрегат­ного (дисперсного) состояния почвы, как это охарактеризовано выше (рис. 10).

При гравитационном движении воды в толще почвы, содержа­щей на какой-либо глубине грунтовую воду, фильтрация начи­нается в момент, когда фронт впитывающейся воды достигает вершины капиллярной зоны. В этот момент гидростатическое дав­ление передается по капилляру и начинается фильтрация воды в более глубокие горизонты. Таким образом, промежуток времени между поступлением воды на поверхность почвы и началом филь­трационного стока из толщи почвы зависит от глубины залегания капиллярной зоны: чем глубже залегает эта зона, тем через боль­шее время появится, например, сток в дренах после выпадения осадков или при орошении и промывках; когда капиллярная зона непосредственно достигает поверхности почвы (при близком уровне залегания грунтовых вод), тогда всякое поступление воды на поверхность вызывает немедленное появление стока.

Необходимо при этом иметь в виду, что в первый период филь­трационного стока, когда вытесняется вода капиллярной зоны, качественный состав этой воды не соответствует качественному составу воды, поступающей сверху. Это обстоятельство необхо­димо учитывать при анализе явлений выщелачивания солей из почвы в дрены.

В практике фильтрация происходит при орошении риса не­прерывным затоплением, при промывках засоленных и солонцо­вых почв, при осушении заболоченных почв, в каналах постоян­ного действия и пр.

**Капиллярное движение воды.** Капиллярным движением называется движение жидкости по узким трубкам или щелевым пространствам (капиллярам), осуществляющееся за счет работы менисков. Капиллярное движение может протекать во всех направлениях и, в частности, против силы тяжести — вверх. Ниже рассматривается только эта последняя форма дви­жения воды [[10]](#footnote-10).

Капиллярное движение вверх характеризуется двумя основ­ными показателями: максимальной высотой поднятия в данном капилляре (Н) и скоростью капиллярного движения (г>). По за­кону Жюрена, величина Н для капиллярных трубок и при пол­ном смачивании стенок жидкостью ((? = 0) определяется выра­жением:

Я

4з 1

= -V **СМ,**

и л

где о — поверхностное натяжение воды;

7 — плотность жидкости;

% — ускорение силы тяжести; сI — диаметр капилляра.

Следовательно, высота капиллярного поднятия обратно про­порциональна диаметру капилляра.

Пуазейль для потока через цилиндрическую трубку предло­жил уравнение:

п г\*

8\*) I 9

где — объем жидкости, протекающий за время 1\ к — потеря напора; у] — вязкость жидкости; г — радиус трубки;

I — длина трубки.

Из этого уравнения видно, что средняя скорость движения воды прямо пропорциональна радиусу трубки в четвертой степени и обратно пропорциональна длине пройденного пути.

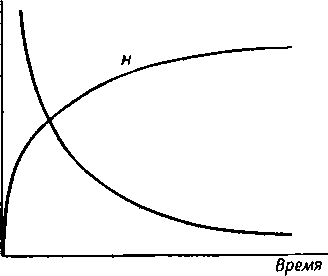
Приведенные уравнения для Н и составлены для цилиндри­ческих трубок и потому не могут быть непосредственно и количе­ственно перенесены на капиллярные явления в почвах, поскольку капилляры последних представляют собой сложную сеть неточно соединенных между собой пор крайне разнообразных диаметров и форм.

Тем не менее качественно капиллярные явления в почвах про­текают в общем аналогично явлениям в трубках.

Например, известно, что для раздельнозернистых масс диа­метр пор прямо зависит от диаметра зерен. Следовательно, можно

считать, что в почвах песча­ного механического состава капиллярные промежутки (поры) относительно грубы, а в почвах глинистых более тонки.

***Высота***



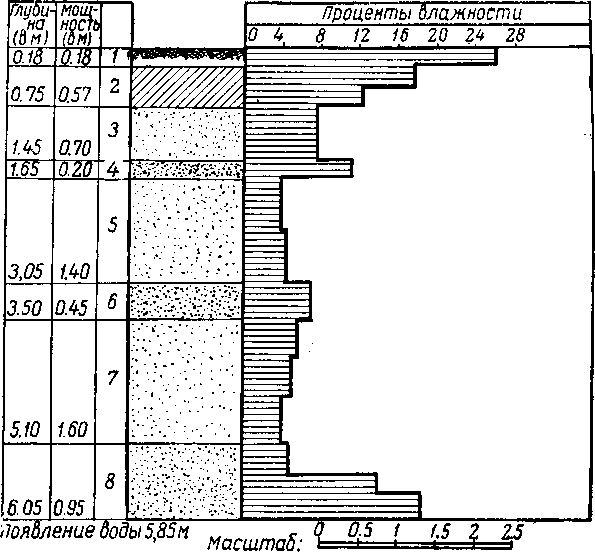
**Рис. 19. Схема высоты и скорости ка­пиллярного поднятия воды в почвах.**

В соответствии с этим экс­периментально установлено, что почвы песчаные подни­мают капиллярно воду на небольшую высоту (20— 50 см), но быстро (в несколько часов). Наоборот, почвы гли­нистые поднимают воду вы­соко (2,5—3—4 м), но весьма медленно (много месяцев). Типовые кривые капилляр­ного движения воды в почвах показаны на рисунке 19, а рас­пределение влажности в капиллярной зоне на рисунке 20.

Значительные отклонения от этих закономерностей вносит структурность почв. Так, глинистые структурные почвы могут обладать практически очень слабыми капиллярными свойствами, так как движение воды осуществляется преимущественно по крупным промежуткам между агрегатами. Это свойство струк­турных почв чрезвычайно полезно, потому что оно препятствует потерям воды на испарение в атмосферу и предохраняет от переноса вредных солей из нижних горизонтов почвы в верх­ние.

Своеобразная форма движения капиллярной воды в почвах осуществляется благодаря неточному строению почвенных пор, когда капиллярная вода оказывается висячей, т. е. не опираю­щейся непосредственно на горизонт грунтовых вод. Такие вися­чие капилляры возникают в почве всегда непосредственно после выпадения осадков или после полива (на рис. 12 и 20 верхняя их часть).

Процесс усыхания увлажненных таким образом почвенных го­ризонтов идет существенно иначе, чем это должно быть, если бы почва представляла собой систему простых цилиндрических ка­пилляров.



Условные обозначения:

1 —% растительный слой; 2 — супесь; 3 — песок мелкозернистый; 4 — песок мелкозернистый и тонкозернистый; 5 — песок мелкозернистый с примесью разнозернистого; 6 — песок тонкозернистый; 7 — песок мелкозернистый;

8 — песок мелкозернистый и тонкозернистый.

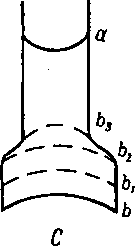
Рис. 20. Предельная влагоемкость естественного почвенного профиля

(Мусинов).

Схема явления усыхания в цилиндрическом капилляре и в капилляре переменного диаметра (аналогично переменным диа­метрам почвенных пор) показана на рисунке 21.

В капилляре А, в котором водяной столбик имеет мениски а и 6, вогнутые внутрь, при испарении воды сверху мениск а будет последовательно принимать положение а19 а2, а3 и т. д. и никакого передвижения воды по капилляру вверх осущест­вляться не будет. Это значит, что если эту схему применить для почвенных условий, можно бы ожидать, что усыхание почвыбудет идти последовательными параллельными слоями сверху вниз.

В капилляре В мениск Ь имеет форму выпуклую. При испаре­нии воды с поверхности этого капилляра понижения мениска а в первый период времени происходить не будет, а будет изме­няться форма мениска 6, принимая последовательно положения Ь19 Ь2 и, наконец, 63, когда она станет аналогичной выше рассмо­тренной схеме А. В этом случае происходит компенсация потери воды сверху за счет передвижения всей массы воды в капилляре

image29снизу вверх. Таким образом, здесь усыха­ние осуществляется как бы снизу.

Особенно ярко этот случай передвижения воды в висячем ка­пилляре выявляется в капилляре С. В этом случае при удалении воды сверху положе­ние верхнего мениска а также не будет из­меняться, так как во­да будет подаваться сюда из расширен­ной части капилляра до тех пор, пока не исчезнет в нем сов­сем, как это показано положением менисков ЬХ1 Ь2 и 63. Здесь, следовательно, передвижение воды вверх и усыхание снизу мо­гут осуществляться особенно длительно и в значительных ко­личествах.

Ь,

*Ьг*

ь,

ТО

В

А

**Рис. 21. Схема передвижения воды в открытых  
капиллярах.**

В естественных почвах, с их сложной ячеистой системой ка­пилляров, господствует последний тип явления, и потому в них усыхание (например, после полива) никогда не осуществляется резко очерченными слоями, а всегда захватывает одновременно значительную толщу по глубине, часто до 50—100 см. Это имеет очень существенное значение как для водного питания расте­ний, так и для процессов перераспределения солей по профилю почвы.

Капиллярное движение воды в почве во всех его формах дина­мично во времени, так же как и гравитационное движение, и за­висит от изменения состава движущихся почвенных растворов и динамики агрегатного состояния самой почвенной массы (см. ниже солончаки и солонцы, стр. 165).

Сделано много попыток найти метод расчета высоты капилляр­ного поднятия воды в почвах в зависимости от механического состава последних.

Однако результаты пока что менее удовлетворительны, чем для расчета коэффициента фильтрации.

image30Примером формулы, Дающей более или менее удовлетворительные результаты для песчаных масс, может служить формула Козени:

**Я= а**

Р

1 *—Р*

**или при 10°:**

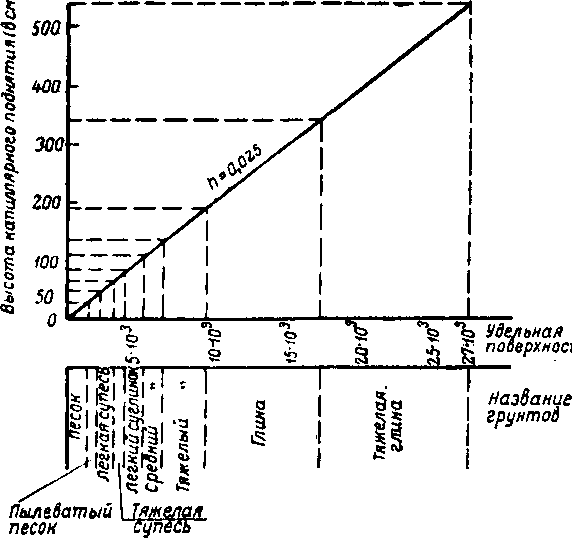
Н **= 0,453**

Р **1 1-РЙ**

где а — поверхностное натяжение; ? — плотность воды; ё — 981 см/сек2;

Р — порозность;

— действующий диаметр.



**Рис. 22. Зависимость высоты капиллярного поднятия от удельной поверхности грунта (Д. М. Беличенко).**

Интересную попытку расчета величины Н в зависимости от суммарной поверхности почвы £ сделал Беличенко. Округленно эта зависимость выра­жается\* так: Н = 0,02-5\*.

Построенный на основании этого график показан на рисунке 22. Этот метод заслуживает дальнейшего исследования в направлении установления роли агрегатного и механического состава почвы и нахождения приемов надежного определения величины -5\*.

Капиллярные явления имеют многостороннее и часто противо­положное по эффекту значение в жизни почв и растений. Так,при близком залегаййй уровня грунтовых вод капиллярность способствует заболачиванию почв. Одновременно капилляры, подавая воду на испарение в атмосферу, являются мощным фак­тором понижения уровня грунтовых вод и осушения. Когда грун­товые воды пресны, то капиллярная подача воды в корнеобитае­мую зону почвы может являться серьезным положительным фак­тором водного питания растений. В условиях минерализованных грунтовых вод (преимущественно в орошаемых районах) капил­лярная подача воды в корнеобитаемую зону является, как пра­вило, вредной, вызывающей засоление почв (см. ниже солончаки, стр. 87).

Таким образом, оценка капиллярных явлений в каждом част­ном случае должна быть строго индивидуальной.

В последние годы ряд исследователей (Кин, особенно Фагслер и др.) резко высказываются против «капиллярных теорий» в почвоведении. Следует считать, что эти высказывания основаны в значительной мерс на несогла­сованности терминологических определений. Так, очевидно, что нельзя отрицать широкого развития в почвенных порах менисков, громадной работы их и, следовательно, осуществления здесь подлинно капиллярных явлений.

С другой стороны, так же очевидно, что эти мениски располагаются в почве не в цилиндрических трубках и поэтому формы капиллярного дви­жения здесь должны быть существенно иными (в частности, цепи Жамена). Таким образом, речь должна идти об изучении закономерностей этих ориги­нальных форм капиллярного движения, а не об отрицании капиллярной теории как таковой.

Вместе с тем представляется необоснованным смешение двух различных форм движения воды в почве — пленочного и менисково-капиллярного, что особенно ярко выражено у Фагелера.

Влагоемкость почв. Влагоемкостыо почвы называется ее спо­собность удерживать в себе то или иное количество воды. Раз­личают следующие основные виды влагоемкости: а) полная влаго- емкоешь, б) наименьшая влагоемкость, в) капиллярная влагоем- кость и г) предельная влагоемкость [[11]](#footnote-11).

**Полной влагоемкостью** называют такое состоя­ние влажности почвы, когда все ее поры заполнены водой, следо­вательно, количественно полная влагоемкость соответствует по- розности. Такое состояние влажности присуще почвам в гори­зонте грунтовой воды и обычно в некоторой зоне непосредственно над уровнем ее (зона 1 на рис. 12).

**Наименьшей влагоемкостью** (П. А. Коссо- вич) называют состояние влажности, присущее частям почвенного профиля, лежащим выше зоны капиллярного поднятия (зона 3 на рис. 12). При наименьшей влагоемкости почва содержит в себе воду гигроскопическую, пленочную и пендулярную. Та­кое состояние влажности характерно для средних горизонтов почв степной зоны с глубоким залеганием уровня грунтовых вод.

**Капиллярной влагоемкостыо** называется та­кое состояние влажности почвы, когда в ее порах находится ко­личество воды, промежуточное между наименьшей и полной влаго­емкостыо. Такое состояние влажности характерно для горизон­тов почв, лежащих непосредственно над зоной полной влагоем­кости у грунтовых вод, и для поверхностных горизонтов (зоны 2 и 4 на рис. 12). Очевидно, что капиллярная влагоемкость есть величина переменная, зависящая от относительного положения данной плоскости сечения почвы над уровнем грунтовой воды или под плоскостью раздела почва — воздух. Поэтому Коссович называл этот вид влагоемкости «относительной» влагоемкостью почвы.

Названные три вида влагоемкости характеризуют возможное состояние влажности каждого горизонта почвы, но они не опреде­ляют динамического состояния этой влажности. Так, например, если мы устанавливаем, что некоторый горизонт почвы находится в данный момент времени в состоянии капиллярной или полной влагоемкости, то отсюда еще нельзя сделать заклю­чения о том, находится ли эта вода в неподвижном состоянии или, наоборот, движется гравитационно или капиллярно.

С другой стороны, если установлено, что этот горизонт почвы находится в состоянии наименьшей влагоемкости, то это значит, что вода здесь гравитационно не передвигается, но от­сюда еще нельзя сделать никакого заключения о том, может или не может данный горизонт почвы удержать в себе какое-либо дополнительное количество воды в неподвижном состоянии.

Для определения динамического состояния воды в почве при любой ее влажности предложено понятие «предельной влагоем­кости» почвы (Л. П. Розов).

**Предельной влагоемкостью** почвенного про­филя в целом или каждого отдельного горизонта этого профиля называется такое максимальное содержание в нем воды, которое удерживается почвенной массой в неподвижном состоянии без стенания ее вниз.

На рисунке 12 (стр. 59) предельная влагоемкость опытной колонны в целом представлена всей суммой капельно-жидких форм воды, оставшейся в этой колонне после стенания части воды, заполнявшей все ее поры. Графически она представлена пло­щадью: абвгдежзи. Предельная влагоемкость каждого отдельного горизонтального сечения этой колонны определяется соответствую­щей абсциссой. Так, например, предельная влагоемкость зоны 1 определяется абсциссой аи, зоны 3 — абсциссой бж и т. д.

Отсюда видно, что даже в колонне совершенно одинакового строения и гранулометрического состава по всей глубине вели­чины предельных влагоемкостей для отдельных горизонтов сильно различаются — от полной влагоемкости (сечение аи) до наимень­шей влагоемкости (сечение бж). Эта разница в величине предель­ной влагоемкости отдельных горизонтов каждой данной одно­родной колонны определяется двумя факторами: относительным расстоянием данного горизонта от уровня грунтовых вод и нали­чием плоскостей раздела двух неоднородных сред. Так, измене­ние величин абсцисс на протяжении профиля от а до б опреде­ляется положением уровня грунтовых вод на линии аи.

Возникновение зоны 4 повышенной влажности с абсциссами от гд до ее обязано плоскости раздела почва — воздух.

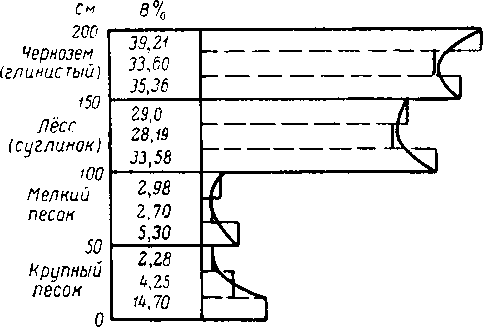


Рис. 23. Предельная влагоемкость слоистой колонны почвы.

Аналогично этому зоны повышенной влажности (против наи­меньшей влагоемкости) возникают на всех плоскостях раздела внутри колонны, если она неоднородна по своему строению.

Пример распределения величин предельной влагоемкости в слоистой колонне показан на рисунке 23 (опыт А. Ф. Лебе­дева).

Колонна составлена из четырех слоев, по 50 см каждый; внизу лежит наиболее грубый материал с более крупными порами, а на нем расположены все более и более тонкозернистые слои, закан­чивающиеся наверху глинистым черноземом. Колонна, как обычно, вначале была насыщена водой до полной влагоемкости, затем часть воды стекла. Таким образом, остаточное в колонне распре­деление влажности дает величину предельной влагоемкости как по отдельным слоям, так и для всей колонны в целом. На чертеже видно, что каждый слой, соответственно своему механическому составу, имеет различную влажность, а именно: глинистый чер­нозем около 33%, суглинистый лесс около 28, мелкий песок около 2,7, крупный около 2,3% (в верхней части).

Наиболее важным здесь является распределение влажности в пределах каждого отдельно взятого слоя. Для слоя самого ниж­него, грубого песка, оно является аналогичным распределению в однородной колонне в зоне капиллярного поднятия: влажность падает здесь от нижней к верхней части слоя с 14,7 до 2,28%, т. е. почти до величины максимальной молекулярной влажности этого песка (последняя для него составляет около 1,8%). Во всех других слоях распределение влажности оказывается уже несвой­ственным колоннам однородным. Так, слой мелкого песка лежит вне зоны капиллярного поднятия колонны, и, следовательно, его влажность должна была бы соответствовать величине наимень­шей влагоемкости. И, действительно, середина слоя характери­зуется величиной 2,7%, близкой к этому пределу (для данного песка максимальная молекулярная влажность около 2,4%). Однако в нижней зоне влажность оказывается равной 5,30, а вверху 2,98%, т. е. в обоих случаях значительно выше нормы. То же наблюдаем и для других слоев: для лесса влажность составляет 29—28,19—33,58 и для чернозема 39,21—33,60—35,36.

Таким образом, во всех случаях на плоскостях раздела по­лучаются значительные приросты влажности против нормальной наименьшей влагоемкости.

Причина этих приращений заключается в образовании на плоскостях разделов менисков, которые и удерживают от отека­ния некоторое добавочное количество свободной воды, повидимому, преимущественно в фуникулярной форме.

Явление увеличения предельной влагоемкости при подстила- нии мелкозёмистых почвенных горизонтов более грубыми, песча­ными или галечниковыми, констатировано и в полевых условиях.

Факт увеличения предельной влагоемкости в почвенных го­ризонтах, лежащих над слоями грубого механического состава, не противоречит дренирующему действию последних, выражаю­щемуся в ускорении стока того объема воды, который превышает предельную влагоемкость.

Значение предельной влагоемкости. Величину предельной влаго­емкости почвы необходимо знать для ряда мелиоративных расче­тов, правильного понимания условий водного питания растений и характера протекающих в почве физико-химических и биоло­гических процессов.

В мелиоративной практике величина предельной влагоем­кости П служит основой для расчета нормы полива, промывок и дренажного стока.

Рациональная поливная норма должна увлажнить заданный расчетный корнеобитаемый слой почвы (в полевой практике обычно 80—100 см), не давая стока в нижележащие горизонты. Это основ­ное требование рациональной поливной нормы удовлетворяется, если размер ее равен разнице между предельной влагоемкостью расчетного слоя почвы П и запасом воды в расчетном слое почвы т перед поливом. Так как во время самого производства полива часть воды расходуется на испарение, то этот объем воды К мо­жет быть прибавлен. Следовательно, полная поливная норма определится выражением:

*М^=П-т-\-К.*

Всякое превышение этой нормы вызовет сток в нижележащие горизонты почвы и в грунтовые воды, что в громадном большин­стве случаев является вредным не только с точки зрения беспо­лезной растраты оросительной воды, но и возможности заболачи­вания и засоления орошаемой территории.

Всякое сокращение поливной нормы против расчетной вызо­вет уменьшение глубины промачивания почвы, что может вредно отразиться на развитии корневой системы и, следовательно, сни­зить урожай.

В случаях, когда заданную расчетную\* толщу почвы нужно не увлажнять, а промыть, эта норма подачи воды должца быть больше (см. в разделе «Промывка засоленных почв», стр. 122).

Норма внутреннего (дренажного) стока из расчетной толщи почвы при переувлажнении, т. е. при промывках засоленных почв или на севере на заболоченных территориях, определяется выра­жением:

(} = М + т — *П,*

где М — приход воды,

т — исходный запас воды в почве,

П — предельная влагоемкость расчетного слоя.

В отношении питания растений знание величин предельной влагоемкости корнеобитаемой толщи почвы важно потому, что при всех влажностях ниже этой величины свободная вода в почве и находящиеся в ней питательные вещества только перераспреде­ляются внутри данной толщи, по не уходят из нее; следовательно, этот почвенный раствор может быть в любое время полностью использован растением.

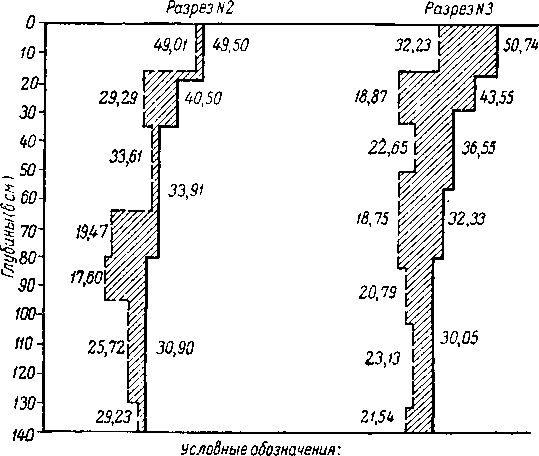
Наоборот, при влажностях выше предельной влагоемкости поч­венный раствор находится в состоянии гравитационного движе­ния и, следовательно, может быть использован растением только в меру соотношения скорости этого движения и скорости всасы­вания корневой системы.

При всех влажностях не выше предельной влагоемкости поч­венный раствор может рассматриваться как равновесный; на­оборот, при влажностях выше предельной влагоемкости раствори­мые продукты химических реакций и микробиологической дея­тельности будут выщелачиваться и, следовательно, равновесие почвенного раствора будет сдвигаться в одну сторону.

Величины предельной влагоемкости как для отдельных типов почвы, так и для одной и той же почвы по разным ее горизонтам весьма различны. Пример колебания предельной влагоемкости

отдельных почвенных горизонтов двух вариантов **ПОДЗОЛИСТОЙ** почвы (Москва, Бутырский хутор) показан на рисунке 24. Здесь в некоторых горизонтах предельная влагоемкость отвечает 99% порозности, тогда как в других она не превышает 45% ее.

Вообще говоря, величина предельной влагоемкости и отно­шения ее к порозности зависят от следующих основных факто­ров: гранулометрического состава (механического состава и степени его агрегатности, или структурности), строения почвен­ного профиля (степени выраженности слоистости) и глубины залегания грунтовой воды.



Обшля порозность

Предельная благоемность(6 объемных%)

***''У//////,*** Свободная порозность

Рис. 24. Предельная влагоемкость подзолистых почв.

В таблице 17 (стр. 84) приводятся ориентировочные величины предельной влагоемкости в среднем для верхней метровой толщи почв различного механического состава при условии, что ка­пиллярное увлажнение от грунтовой воды не достигает этой толщи.

Союз НИХИ принимает для почв Средней Азии следующие расчетные величины предельной влагоемкости (табл. 18).

Величина предельной влагоемкости обычной расчетной кор­необитаемой толщи почвы только условно может рассматриваться как более или менее постоянная, на самом же деле она колеб­лется в\* зависимости от изменяющихся условий каждого данного

**Таблица 17**

Предельная влагоемкость для верхнего метрового слоя, вне зоны капил- лярного подпитывания грунтовой водой

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Почвы** | **Предельная влагоемкость (в % от порозности)** | | **Порозность** |
| **почвы несо­лонцеватые** | **почвы солон­цеватые** | **(в объемных процентах)** |
| **Глинистые** | **85—90** | **90—93** | **50—60** |
| **Тяжелосуглинистые** | **70—80** | **85—90** | **45—50** |
| **Среднесуглинистые**  **Легкосуглинистые** | **60—70**  **50—60** | **75-85 65 —75 60—65** | **45—50**  **40—45** |
| **Супесчаные** | **40—50** | **40—45** |
| **Глинистые пески** | **30—40** | **50—60** | **35—40** |
| **Пески** | **25—30** | **30—35** |

**Таблица 18**

Расчетные величины предельной влагоемкости почв Средней Азии

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Почвы по механическому составу** | **Объем­**  **ный**  **вес** | **Влажность (в ве­совых процентах)** | | **Величина**  **кости**  **разл**  **до бутони­зации, слой 50 см** | **предельно\* (в м:0 для**  **ИЧНОЙ МОІЦ1**  **бутониза­ция и цве­тение, слой 75 см** | **і влагоем- слоев**  **ЇОСТИ**  **цветение и созрева­ние, слой 100 см** |
| **ампли­**  **туда** | **среднее** |
| **Легкие** | **1,40** | **13—19** | **16** | **1 120** | **1 680** | **2 240** |
| **Средние** | **1,42** | **19—21** | **20** | **1 420** | **2130** | **2 840** |
| **Тяжелые** | **1,45** | **22-26** | **24** | **1740** | **2 610** | **3 480** |

поля. Так, например, в орошаемых районах она по сезонам мо­жет существенно изменяться в связи с колебаниями уровня грунтовых вод, если они залегают на такой глубине, что капил­лярные токи достигают расчетного слоя.

На разных полях севооборота предельная влагоемкость будет несколько изменяться в связи с изменениями их струк­турного состояния. Существенное влияние на величину предель­ной влагоемкости будут оказывать также приемы обработки почвы (вспашка, чизелевание, культивация) и способы полива (затопле­ние, бороздные поливы, напуск, дождевание, подпочвенное оро­шение).

Количественно эти колебания предельной влагоемкости пока не могут быть охарактеризованы за отсутствием достаточного количества данных; повидимому, они будут лежать в пределах 100—200 м3 на **1га,** но в практике их необходимо определять не­посредственно.

С агрономической точки зрения величина предельной влагоем- кости каждой данной почвы подлежит оценке как количествен­ной, так и качественной. Большая величина предельной влагоем- кости почвы обычно обеспечивает и больший запас свободной, усвояемой растениями воды.

Однако вода в почве является антагонистом воздуха, по­этому чрезмерное заполнение почвенных пор водой может осла­бить аэрацию и вызвать затруднения в снабжении кислородом корней растений, микроорганизмов, а также развитие восста­новительных химических процессов.

Принимают, что оптимальная аэрация происходит, если 20—40% пор почвы свободны от воды, а при наличии свободных пор менее 6% нормальное развитие культур невозможно.

В некоторых почвенных типах (например, в солонцах и подзо­лах неблагоприятная величина предельной влагоемкости может быть присуща лишь отдельным почвенным горизонтам, тем не менее и это неприемлемо; такие почвенные профили необходимо улучшать методами глубокого рыхления, создания структуры, химическими мелиорациями и пр.

Определение предельной влагоемкости. Поскольку величина предельной влагоемкости каждой почвы зависит не только от физико-химических свойств почвенной массы, но и от строения почвенного профиля, постольку определе­ние величины предельной влагоемкости невозможно на отдельных почвенных образцах. Это определение осуществляется нормально на полевых площадках или приближенно в лаборатории на почвенных монолитах достаточной высоты.

Полевое определение предельной влагоемкости осуществляется следую­щим образом.

На поле выбирают типичную в почвенном отношении площадку разме­ром не менее 4 х 4 м (лучше до 200 м2) и обносят ее невысоким валиком. По двум или четырем сторонам этого квадрата, за.валиком, делаются поч­венные разрезы глубиной не менее той толщи почвы, для которой нужно определить предельную влагоемкость. По этим разрезам составляют морфо­логическое описание и затем по горизонтам производят определение общей порозности. Два или четыре разреза закладывают в целях проверки одно­родности выбранной делянки. Суммируя порозность отдельных горизонтов и относя ее к площади делянки, получают тот объем воды, который необходимо дать на делянку при поливе для того, чтобы достигнуть полного насыщения почвы водой.

Дав на делянку эту норму и дождавшись впитывания, поверхность де­лянки для предохранения от потерь воды на испарение покрывают рыхлым материалом, например соломой, слоем 0,5—0,7 м. В таком покрытом виде де­лянка остается в течение времени, необходимого для стенания избыточной воды и установления в заданной толще почвы равновесного распределения оставшейся влаги. Влажность почвы, определенная в это время, и дает вели­чину предельной влагоемкости.

При определении предельной влагоемкости в практических целях в ка­честве равновесного распределения воды в метровой толще можно прини­мать влажность, установившуюся через 2—3 дня после полива — в почвах легких, супесчаных, и через 4—5 дней — в почвах более тяжелых, сугли­нистых и глинистых.

Для получения более точных показателей влажность почвы на делянках после увлажнения определяют через каждые 2—3 дня до получения в два соседних срока одинаковых результатов.

Для определения предельной вЛагоемйостй й лабораторий мойолйт йочвЫ соответствующей длины заливают с боков водонепроницаемой замазкой (смол­кой), обшивают досками (в случае определения одновременно коэффициента фильтрации оборудуют пьезометрами) (рис. 25) и полностью насыщают водой. После стекания воды монолит разбирают, определяют по горизонтам влаж-

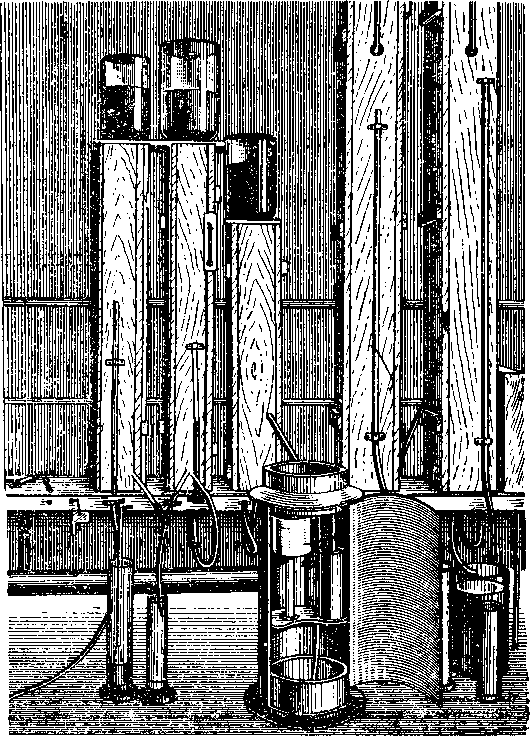


Рис. 25. Вид установок монолитов для определения коэф­фициента-фильтрации и предельной влагоемкости.

ность, что и дает величину предельной влагоемкости данного монолита. Эта величина близко соответствует предельной влагоемкости, определенной в поле, если длина монолита равна глубине залегания грунтовой воды. В случаях, когда длина монолита меньше глубины залегания грунтовых вод, предельная влагоемкость монолита оказывается преувеличенной. В монолитах метровой мощности можно удовлетворительно определять предельную влагоемкость толщи в 50—60 см. Норма полива сверху при этом должна соответствовать величине порозности этой толщи.

*ГЛАВА 111*

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Задачей химической характеристики почвы является установ­ление состава конкретных химических соединений, из которых состоит почвенная масса. Современная методика анализа позво­ляет решать эту задачу лишь в ограниченной степени.

Для механических элементов крупнее 0,1 мм задача характе­ристики их минералогической и химической природы удовлетво­рительно решается методами петрографического анализа. Минера­логический состав тонкодисперсных элементов почвы начинает с ус­пехом устанавливаться методами рентгеноструктурного анализа.

Основными методами химической характеристики почвы являются два: 1) метод валового (суммарного) определения отдельных химических элемен­тов (ионов) и 2) метод выделения отдельных групп соединений, отличающихся друг от друга главным образом своей растворимостью — метод фракциони­рованного растворения. В качестве растворителей употребляются разнообраз­ные кислоты, как минеральные (серная, соляная), так и органические (уксус­ная, лимонная), вода, насыщенная углекислотой, растворы нейтральных солей и, наконец, чистая дистиллированная вода. Получаются так называемые «вытяжки» из почвы, в которых определяется ионный состав. Зная последний, можно ориентировочно составить представление о том, в каких возможных соединениях обнаруженные ионы находились в почве. Ниже мы рассмотрим характер почв: а) содержащих воднорастворимые соли (солончаки) и б) со­держащих в поглощающем комплексе поглощенный натрий (солонцы). Дру­гие химические характеристики будут даны при описании почвенных зон.

Площадь солонцовых комплексов с преобладанием солонцов превышает в Советском Союзе 27 млн. га, а земли, подверженные в той или иной степени засолению, в орошаемой зоне Средней Азии и Закавказья составляют не менее половины всей территории. Кроме того, процессы засоления и солон- цеватости широко развиваются при неправильном орошении, и народное хозяйство терпит от этого значительный ущерб.

Поэтому солончаки и солонцы и являются важными объектами изучения в мелиоративном почвоведении.

ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ, ИЛИ СОЛОНЧАКИ

В практике засоленными почвами называют такие, которые содержат в своем составе воднорастворимые соли в количествах, вредящих нормальному развитию культурной растительности.

Состав воднорастворимых солей, вообще говоря, может быть весьма разнообразным, однако практически в громадном боль­шинстве случаев эти соли представляют комбинации трех кати­онов N3\*, М^’, Са" (калийные соли встречаются в засоленных почвах редко) и четырех анионов С1', ЭО/', С03", НС03\

Из этих ионов возможно образование 12 следующих солей:

МдЭ04 (горькая, или английская, соль)

**N**801 **(поваренная соль) N**82804 **(глауберова соль) Ка^СОд (сода нормальная, бельевая)**

**КаНСОд (двууглекислая сода, питьевая)**

**МдС**12 **(хлористый магний)**

]У^С03 (углекислый магний) М£(НС03)2 (двууглекислый магний) СаС12 (хлористый кальций)

Са804 (гипс)

СаСОд (известь)

Са(НС08)2 (бикарбонат кальция)

Все эти соли принимают участие в жизненном цикле расте­ний, но когда содержание одной из них или суммарное их коли­чество в почвенном растворе становится больше некоторого пре­дела, они становятся вредными для развития растений. Почва в этом случае будет засоленной, или солончаковой.

Многочисленные лабораторные и полевые исследования по­казывают, что при обычно наблюдающихся в природе смесях солей содержание их в количестве около 0,5—1% веса сухой почвы является предельным, при котором культурная расти­тельность уже не развивается. Вредное же влияние на качество и количество урожая начинает сказываться часто при наличии около 0,1% солей.

Наблюдения показывают, что явление вредного действия солей на растение чрезвычайно сложно и в каждом частном случае в основном зависит: 1) от вида растения и его возраста;

1. характера смеси солей; 3) почвенных условий, агротехники и поливного режима; 4) климатических условий, в которых раз­вивается растение.

Растение и соли. Малые концентрации солей (порядка сотых и тысячных долей процента) часто оказываются полезными и даже стимулирующими рост некоторых культур. Так, например, известно положительное влияние хлористого натрия на урожай­ность сахарной свеклы, льна, кормовых трав.

Повышенные же концентрации солей проявляют свое вредное действие уже в процессе набухания семян (табл. 19).

**Таблица 19**

Набухание семян в зависимости от концентрации солей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Показатель** | **Чистая** |  | **Концентрация N801 (в %)** | | | | |  |
| **б ода** | **0,12** | **0,67** | **1,39** | **2,83** | **5,86** | **12,72** | **16,16** |
| **Поглощено воды рав­ными порциями семян в течение 24 часов** (в г) | **42,6** | **41,9** | **39,7** | **38,0** | **37,6** | **32,7** | **25,0** | 20,6 |

Эти данные показывают, что по мере увеличения концентра­ции соли процесс набухания все более задерживается.

Многие исследования аналогичного характера привели к следующим общим выводам:

а) энергия набухания семян прямо зависит от осмотического давления, которое развивается данной солью;

б) химический состав соли почти не имеет при этом значения;

в) поглощение соли семенами зависит от вида семян, осмотического давления соли, от ее химического состава, а также от характера смеси солей.

Многочисленные исследования чувствительности растений к солям в разные фазы развития привели к установлению общей закономерности, выражающейся в том, что с возрастом чувстви­тельность растений к солям ослабевает.

Так, в одном из опытов молодая люцерна развивалась хорошо при содер­жании солей 0,076% и погибла при 0,126%, между тем как старая люцерна развивалась иногда хорошо при среднем содержании солей в слое 0—120 см до 0,498 и даже 1,36%.

Различные растения обладают неодинаковой чувствитель­ностью по отношению к солям. Многие представители дикой флоры обладают специфической солеустойчивостью, и по ним можно в поле, без анализов, ориентироваться в первой прибли­жении относительно характера засоления почвы.

Среди культурной растительности различной солеустойчи­востью (т. е. способностью выносить без вреда разные концентра­ции солей) обладают не только различные виды культур, но часто и сорта растений (например, сорта пшеницы, хлопчатника и т. д.). Для характеристики солеустойчивости различных ра­стений могут служить приводимые ниже данные физиолога Т. X. Кернея, которые показывают, посев каких культур обещает более или менее надежную урожайность при разных степенях засоления почвы.

|  |  |
| --- | --- |
| **Степень засоления и содер­жание солей (в %)** | **Возможные культуры** |
| **Сильная** | **Свекла сахарная (с пониженным качеством** |
| **0,1— 0,8** | **продукции; нормально свеклу не следует сеять при содержании солей свыше 0,5%), пырей запад­ный, костер безостый, райграс французский** |
| **Среднесильная** | **Брюква, кормовая капуста, сорго, ячмень на** |
| **0,8—0,6** | **сено, овсяница луговая, райграс высокий, бор, могар, пырей бескорневищевый** |
| **Средняя** | **Хлопчатник (египетский хлопчатник дает при** |
| **0,6—0,4** | **этих условиях волокно плохого качества, поэ­тому его не следует сеять при наличии более 0,4% солей), ячмень и рожь на зерно, овес и пшеница на сено, спаржа, полевица белая, ти­мофеевка, ежа сборная** |
| **Слабая** | **Пшеница, полба, овес на зерно, просо, поле­** |
| **0,4-0,1** | **вой горох, вика, конские бобы, люцерна** |

Степень засоления выражена здесь весовыми процентами об­щего содержания солей, в основном хлористых и сернокислых. При этом высший предел относится к почвам, засоленным пре­имущественно сернокислыми солями, а низший — хлористыми. Если в состав солей входит заметное количество соды (Ха2С03), показатели степени засоления должны быть сильно снижены. Попутно следует сделать такие общие замечания.

1) О пределе солевыносливости растений следует судить не по вегетативному развитию, а по количеству и качеству урожая.

Вегетативное развитие часто бывает удовлетворительным Нрй значительно большей степени засоления, чем то допустимо для получения хозяйственно приемлемого урожая.

1. Засоление влияет не только на количество урожая, но и на его качество. С этим нужно особенно считаться при выращи­вании технических культур — хлопчатника, сахарной свеклы и др.
2. Из зерновых культур наиболее чувствительна к солям кукуруза. Картофель выносит засоление не более 0,1%. Бобовые оказываются менее солеустойчивыми, чем все прочие культуры.

Плодовые культуры совершенно не переносят засоления, несколько более выносливыми оказываются лишь груша, инжир и виноград.

1. Приведенные нормы засоления и соответствующий подбор культур имеют ориентировочное значение и должны быть уточ­нены в соответствии с условиями отдельных районов.

**Действие отдельных ионов и солей.** В каж­дой соли самостоятельное токсическое вредное действие оказы­вает как анион, так и катион. Поэтому ряды солей с одинаковым катионом и различными анионами, или наоборот — с различ­ными катионами, но одним и тем же анионом, обладают обычно различным токсическим действием. Так, например, в ряду углекислых солей Ха2С03, М^С03 и СаС03 сода является самой вредной солью, и не только в этом ряду, но, повидимому, и вообще среди всех солей, встречающихся обычно в засоленных почвах. Некоторые исследователи считают, что максимальным допусти­мым пределом содержания соды в почве является 0,005%.

Исключительная вредность соды зависит, повидимому, от того, что в водном растворе она диссоциирует согласно уравне­нию: Ха2С03 + Н20 = ХаОН + ХаНС03; образующийся новый ион ОН' (гидроксил) является токсичным.

Бикарбонат натрия менее вреден, чем нормальная сода, од­нако необходимо учитывать, что ХаНС03 легко переходит в поч­вах при подсушивании в Ха2С03 по уравнению: 2ХаНС03 = = Ха2С03 + Н20 + С02, и поэтому накопление в почве ХаНС03 должно оцениваться как неблагоприятный показатель.

Углекислый магний ядовит в незначительной степени, угле­кислый кальций практически безвреден, так как даже на сильно­карбонатных почвах, содержащих более 15—20% СаС03, культуры развиваются обычно нормально. Вероятно, это объясняется глав­ным образом слабой растворимостью карбонатов щелочных земель.

В ряду сернокислых солей Ха2Э04, М^304 и СаЭ04 на первом месте по степени вредности стоит, повидимому, сернокислый магний и на втором глауберова соль.

Гипс (Са804) можно, считать безвредной солью, поскольку на силыюгипсоносных почвах обычно наблюдается хорошее развитие культур.

Хлористые соли ХаС1, М^С12, СаС12 незначительно отличаются между собой но степени вредности. Все же, повидимому, на пер­вое место нужно поставить Л%С12 и СаС12, на второе ^С1. Нивели­рующее действие здесь производит, вероятно, крайне вредный ион хлора, почему ряд хлористых солей в целом является наиболее вредным по сравнению с другими рядами.

Соли с одинаковым катионом, но различными анионами также ясно проявляют свою индивидуальность. Так, в ряде натриевых солей 1Ча2С03, КаС1, ^НС03 и Ка2304 вредность каждой из них убывает от первой к последней примерно в отношении 10 : 3 : 3 : 1.

Ряд магниевых солей по степени убывающего их токсического действия может быть расположен в таком порядке: МдС12, 1У^304, М^Од, М8(НС03)2, причем токсичность двух первых солей весьма велика и между собой, повидимому, почти одинакова.

В ряду кальциевых солей СаС12, Са304, СаС03 и Са(НС03)2 очень вредной является только первая соль, все же остальные практически безвредны.

На основании изложенного можно составить следующую сводную таблицу вредности солей, где соли, расположённые выше черты, вредны, а ниже — безвредны.

^С1 ^2504 N3,003

МдС12 I МдСОз

СаС12\_|са804 СаС03

**Действие смеси солей на растения.** Иссле­дованиями установлено, что смеси солей действуют на растение менее вредно, ^ем того следовало бы ожидать по сумме получаю­щихся при смешении концентраций. Это явление носит название «антагонизма» солей (табл. 20).

**Таблица 20**

Антагонистическое действие солей на рост люцерны

(В. И. Лисовский и Б. А. Шумаков)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **СаС1а** | **0 (вода)** | **1/64** | **1/32** | **1/16** | **1/4** | **1/2** | **1Д** |
| **0 (вода)** | **100** | **54,5** | **45,5** | **18,2** | **0,0** | **0,0** | **0,0** |
| **1/4096** | **90,9** | **72,7** | **68,1** | **72,7** | **12,7** | **0,0** | **0,0** |
| **1/1024** | **90,9** | **118,7** | **90,9** | **81,8** | **36,4** | **0,0** | **0,0** |
| **1/256** | **81.8** | **109,1** | **94,5** | **81,8** | **45,5** | **0,0** | **0,0** |
| **1/64** | **72,7** | **72,7** | **81,8** | **72,7** | **90,9** | **14,5** | **0,0** |
| **1/32** | **63,6** | **79,6** | **50,9** | **50,9** | **63,6** | **21,8** | **0,0** |
| **1/16** | **36,4** | **63,6** | **45,5** | **45,5** | **36,4** | **27,3** | — |
| **1/8** | **18,2** | — | — | — | **54,5** | **10,9** | — |
| **1/4** | **0,0** | **14,5** | **21,8** | **12,7** |  |  |  |

Цифры таблицы означают длину стеблей люцерны через 6 суток после посева в данный раствор, выраженную в процентах, по сравнению с длиной стебля, выращенного в дистиллированной воде. Концентрации солей пока­заны здесь в долях от нормального раствора.

Причина антагонистического действия солей в некоторых случаях объясняется химическим взаимодействием смешиваемых солей: например, в смеси соды и гипса происходит реакция по уравнению:

Ма2С03 + СаЭ04 ^ ^2304 + СаС03,

и, следовательно, в растворе оказываются две новые соли, менее ядовитые, чем исходные.

В других случаях антагонистическое влияние может быть объяснено только специфическим физиологическим воздействием солей на плазму растений.

**Влияние характера почвы, агротехники и поливного режима.** Влияние характера почвы на степень вредности любого данного количества солей проявляется во многих формах. Так, на почвах глинистого механического состава данное весовое количество солей может быть менее вред­ным, чем на почвах песчаных, потому что предельная влагоем- кость первых больше и, следовательно, концентрация почвен­ного раствора будет меньше.

Еще более серьезное и важное значение характера почв за­ключается в регулировании динамики солевых растворов. Основ­ной чертой состояния воднорастворимых солей в почве является их быстрая подвижность, перемещаемость из горизонта Ъ горизонт, в связи с меняющимся режимом влажности почвы. В силу этого возможны случаи, когда в исходном состоянии (например, перед посевом) содержание солей во всех горизонтах почвы не превы­шает критического для развития данной культуры, но при не­правильном поливном режиме и агротехнике, вследствие перерас­пределения и концентрации солей в активной корневой зоне, они окажутся уже губительными для дальнейшего роста растений.

Кроме количественных перемещений солей, в почвах одно­временно широко происходят периодические изменения самого состава солей. Общей причиной этих изменений являются реак­ции солей между собой и с коллоидами почвы. Например, если в карбонатную почву проникнет раствор сернонатриевой соли из грунтовой воды, то осуществится реакция по уравнению:

СаС03 + ^2804 ^ ^2С03 + СаЭО\*,

следовательно, в растворе будет содержаться сода, которая может оказать токсическое влияние на культуру.

Воднорастворимые соли влияют токсически не только на высшие растения, но и на микробиологическую деятельность почвы. Воздействуя угнетающе на микробиологическую деятель­ность почвы, соли могут существенно нарушить пищевой режим культуры и, следовательно, действовать на нее отрицательно этим косвенным путем.

Динамика вредных воднорастворимых солей, а также дина­мика питательных элементов в почве может быть широко регу-

лируема с помощью агротехники и рациональных поливных режимов. Одно и то же растение всегда оказывается гораздо более солеустойчивым при хорошем питании, чем при плохом. Поэтому создание и поддержание структуры почвы, правильная система удобрения и обработки могут существенно повысить солеустойчивость культур.

При каждом данном весовом содержании солей в почве рацио­нальным поливным режимом можно широко регулировать кон­центрацию почвенного раствора. Так, например, при редких поливах концентрация раствора за межполивной период будет колебаться в большой мере и в конце межполивного периода может достичь токсических величин. Наоборот, при относительно ча­стых поливах рациональными нормами можно в течение всей вегетации поддерживать концентрации солей ниже токсиче­ских.

**Влияние климатических условий.** В настоя­щее время можно считать, что в более влажном климате допу­стимы, повидимому, несколько' большие величины засоления, чем в климате сухом. Так, например, в условиях резко конти­нентального климата Средней Азии, в Голодной степи, культура хлопчатника считается невозможной при содержании всех солей свыше 0,3—0,4%. Вместе с тем в близких почвенных условиях Закавказья (Мугань), но отличающихся существенно от средне­азиатских значительно большей влажностью, хлопчатник в ряде случаев успешно развивается при степени засоления 0,5—0,7%.

Возможно предположить, что общей причиной повышенной солевыносливости растений в более влажных районах является повышенная степень влажности воздуха, пониженная транспи­рация и, следовательно, меньшее поступление солей в ткани растения. \*

**Местные классификации степеней засо­ления.** Резюмируя все вышеизложенное о взаимодействии между растениями и солями почвы, необходимо констатировать, что в основе их лежат некоторые общие физиологические законо­мерности, однако в практике они самым серьезным образом мо­дифицируются местными почвенными, хозяйственными и частью климатическими условиями. Практический вопрос о так назы­ваемых нормах допустимого засоления, что одновременно озна­чает и вопрос о нормах мелиорирования засоленных почв, дол­жен решаться, по возможности, на основе местных районных данных.

В качестве примеров таких местных оценок засоления ниже приводятся таблицы для хлопковой зоны Средней Азии и двух ее'отдельных районов (табл. 21 и 22).

Большое различие в величине плотного остатка объясняется преобладанием в солончаках Ферганы сернокислых, менее вред­ных солей. Оценка по количеству хлора остается для обоих райо­нов одинаковой.

Классификация засоленных почв по анионам, катионам и морфологическим признакам. Наиболее распространенной яв­ляется классификация солончаков по характеру анионов их солей. Соответственно этому различают солончаки: 1) хлоридные — когда в составе солей преобладают хлористые соли всех металлов, а практически главным образом NaCl; 2) сульфатные — когда преобладают сернокислые соли и среди них главным образом Na2S04; 3) карбонатные — когда в составе солей заметное уча­стие принимает сода. В общем почвоведении иногда карбонат­ными солончаками называют почвы, содержащие в себе вообще углекислые соли и, в частности, известь. Так как известь не является вредной солью, в сельскохозяйственной и мелиоратив-

**Таблица 21**

**Классификация степени засоления почвы хлопковой зоны Средней Азии**

**(СоюзНИХИ)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Группы** | **Плотный остаток (в %)** | **CV** **(в %)** | **Степень засоления** |
| **1** | **Меньше 0,3** | **| Меньше 0,01** | **Незасоленные** |
| **2** | **Меньше 0,3** I | **о**  **0**  ь\*.  **1**  **о**  **о** | **I Слабозасоленные** |
| **2а** | 1. со   **1**  **О** | **Меньше 0,01** | **1 »** |
| **3** | **0,3—1,0** | **1 0,01—0,10** | **| Среднезасоленные** |
| **За** | **1,0—2,0** | **1 Меньше 0,01** | **1 »** |
| **4** | **0,3—1,0** | **1 Больше 0,10** | **I Сильнозасоленные** |
| **4а** | **2,0—3,0** | **1 Меньше 0,10** | **1 »** |
| **5** | **2,0—3,0** | **1 Больше 0,10** | **I Солончаки** |
| **5а** | **Больше 3,0** | **(Любое количество** | **1 »** |

**Таблица 22**

**Классификация степени засоления почвы для Голодной степи и Ферганы**

**(Б. В. Федоров)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **JVe бал­** | **Классификация** | **Плотный остаток (в %)** | | **СГ (в** | **%)** | **SOa (в** | **%)** |
| **лов** | **пределы** | **сред­**  **нее** | **пределы** | **сред­**  **нее** | **пределы** | **сред­**  **нее** |
|  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **г** | **о л о д н** | **а я степь** | |  |  |  |
| **1** | **Слабозасоленная . .** | **0,4—0,8** | **0,6** | **0,01—0,04** | **0,025** | **0,15—0,3** | **0,23** |
| **2** | **Среднезасоленная .** | **0,8-1,2** | **1,0** | **0,04—0,10** | **0,07** | **0,3 —0,45** | **0,38** |
| **3** | **Засоленная** | **1,2—1,6** | **1,4** | **0,1 —0,2.** | **0,15** | **0,45—0,6** | **0,53** |
| **4** | **Сильнозасоленная .** | **1,6—2,0** | **1,8** | **0,2 —0,3** | **0,25** | **0,6 —0,8** | **0,7** |
| **5** | **Солончак** | **2,0—2,50** | **2,25** | **0,3 —0,4** | **0,35** | **0,8 —1,0** | **0,9** |
|  |  | **Ферган** | | **а** |  |  |  |
| 1 | **Слабозасоленная . .** | **1,0—1,8** | **1,4** | **0,01—0,04** | **0,025** | **0,5—1,0** | **0,7** |
| **2** | **Среднезасоленная .** | **2,2—3,0** | **2,6** | **0,04—0,10** | **0,07** | **1,0-1,5** | **1,2** |
| **3** | **Засоленная** | **2,6—3,6** | **3,1** | **0,1 —0,2** | **0,15** | **1,5—1,8** | **1,6** |
| **4** | **Сильнозасоленная .** | **3,8-4,9** | **4,3** | **0,2 —0,3** | **0,25** | **1,8—2,4** | **2,1** |
| **5** | **Солончак** | **3,8—4,9** | **3,6** | **0,3 —0,4** | **0,35** | **—** | **1,9** |

йой практике название карбонатных солончаков присваиваемой только почвам, содержащим соду.

Для характеристики различных типов солончаков приводим результаты нескольких анализов (табл. 23, 24 и 25).

**Таблица 23**

Хлоридный солончак из Мугани (Закавказье)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Горизонты (в см)** | **Сухой**  **остаток** | **Прокаленный**  **остаток** | **Ка2СО»** | **СГ** | **80 4"** |
| **в процентах** | | | | |
| **0-5** | **0,233** | **5,278** | **0,0036** | **2,251** | **0,565** |
| **5—10** | **2,728** | **2,320** | **0,0021** | **0,935** | **0,295** |
| **10—17** | **1,823** | **1,577** | **0,0025** | **0,687** | **0,079** |
| **20—40** | **0,872** | **0,792** | **0,0043** | **0,321** | **0,065** |
| **50—70** | **0,557** | **0,517** | **0,0049** | **0,160** | **0,108** |
| **90-100** | **0,953** | **0,868** | **0,0025** | **0,350** | **0,141** |

В этом случае ион хлора резко преобладает над серной кис­лотой по всему разрезу.

**Таблица 24**

Сульфатный солончак Сыр-Дарьинской области (Средняя Азия)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Горизонт (в см)** | **Сухой**  **остаток** | **Обшая**  **щелочность** | **СаО** | MgO | **СГ** | **во?** |
| **в процентах** | | | | | |
| **1-4** | **5,3690** | **0,0304** | **0,1126** | **0,0078** | **0,0310** | **3,540** |
| **10—20** | **1,9820** | **0,0190** | **0,1107** | **0,0343** | **0,5821** | **0,652** |
| **103-110** | **0,7900** | **0,0247** | **0,0114** | **0,0079** | **0,2671** | **0,401** |
| **130-140** | **0,3780** | **0,0270** | **0,0049** | **0,0055** | **0,1331** | **0,018** |

В верхнем горизонте этого разреза доминирует ион 80'4, и, следовательно, он типично сульфатный.

В нижнем горизонте резко преобладает ион хлора, и засо­ление этого горизонта типично хлоридное.

**Таблица 25**

Содовый солончак из Фресно (Калифорния)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Горизонт (в см)** | **СО?** | **СГ** | **Са-** |
| **в процентах** | | |
| **0—12** | **0,0253** | **0,0248** | **Следы** |
| **12—24** | **0,0116** | **0,0256** | **»** |
| **24—36** | **0,0143** | **0,0227** | **»** |
| **36—48** | **0,0110** | **0,0250** | **»** |

В этом солончаке сода показана ионом **СОз.** Несмотря на ка­жущееся незначительное абсолютное количество здесь соды (всего 0,0253%), солончаки этого типа оказались чрезвычайно тяжелыми объектами мелиорации. Ниже мы этот опыт Калифор­нии будем анализировать подробно.

Многие солончаки несут в себе такую смесь солей, которая не позволяет отнести их к чисто хлоридным или чисто сульфат­ным. В таких случаях им дают название хлоридно-сульфатных или сульфатно-хлоридных. Второе слово при таком обозначении означает существенную примесь к господствующей соли.

Классификация почвы по анионам имеет по преимуществу агрономическое значение, поскольку эти группы солей обладают существенно различной токсичностью по отношению к растениям.

С точки зрения мелиоративной гораздо большее значение имеет классификация засоления по характеру катионов солей. По этому признаку можно различать солончаки: 1) натриевые (преобладает ион Ка ), 2) магниевые и 3) кальциевые.

Значение этого классификационного признака заключается в том, что воднорастворимые соли реагируют химически с кол­лоидным комплексом почвы и последний получается насыщенным или натрием, или одним из щелочноземельных катионов (М^' или Са"). При насыщении натрием водно-физические свойства почвы резко ухудшаются, получается почва, носящая название «соло­нец» (см. раздел «Солонцы», стр. 166). Во втором случае погло­щающий комплекс почвы остается нормальным.

В практике весьма часто различают солончаки: 1) пухлые, 2) мокрые и 3) черные. Эти признаки чисто внешние, морфологи­ческие, которые легко замечаются при наблюдении солончаков в природе. Однако этот внешний вид солончака связан теснейшим образом с его химической природой, и потому эта классификация имеет практическое значение для предварительной ориентировки в поле относительно характера засоления.

**Пухлые** солончаки характеризуются тем, что поверхност­ный горизонт их, мощностью иногда до 5—7 см, представляет собой совершенно сухую, рыхлую, пылеватую массу, в которой тонет нога при ходьбе. Образованию такого горизонта способ­ствует наличие больших количеств частиц хлористого, а главным образом сернокислого натрия, который, кристаллизуясь с боль­шим количеством частиц воды (в форме ^2304 • 10Н2О), во-пер­вых, иссушает почву, а во-вторых, механически ее разрыхляв. 1 Таким образом, пухлые солончаки — это по 'преимуществу со­лончаки сульфатные.

**Мокрые** солончаки внешне отличаются от пухлых тем, что они не имеют верхнего рыхлого слоя. Наоборот, поверхность их обычно плотная, связная, сырая, часто темного цвета. В очень сухие периоды на поверхности образуется плотная хрустящая корка солей. Такой характер поверхности почвы часто указы­вает на присутствие в ее составе солей хлористого кальция (СаС12) или магниевых солей (MgCl2 и MgS04). Все эти соли ха­рактеризуются очень большой гигроскопичностью, что и опреде­ляет собой постоянно влажное состояние солончака.

\* **Черные** солончаки напоминают по внешнему виду солон­чаки мокрые, но отличаются от них темным цветом своей по­верхности. После дождей или полива на таких солончаках стоят лужи темной жидкости, которая совсем не впитывается в почву, а исчезает лишь в результате испарения. Эти свойства солончака определяются присутствием в составе солей соды, которая раство­ряет гумус почвы и обусловливает темный цвет раствора, а с другой стороны, сода резко диспергирует почву и делает ее слабо водопроницаемой. Таким образом, черные солончаки есть в из­вестной мере синоним солончаков содовых.

Происхождение солей и процессы образования засоленных почв

Источники простых солей. На земной поверхности имеются два общих источника происхождения простых солей, — это про­цессы выветривания и вулканическая деятельность.

Выше, в главе о химическом выветривании, были показаны некоторые случаи образования сернокислых и углекислых солей.

Кроме того, в породах имеется ряд минералов, которые содержат в своем составе хлористый или сернокислый натрий в готовом виде. Таковы напри­мер:

содалит 3Na2Al2Si2082NaCl;

позеан 3Na2Al2Si2082Na2S04;

гаюин . . 3 (Na2Ca) Al2Si2082 (Na2Ca) S04.

При выветривании этих минералов освобождаются соответствующие хлористые или сернокислые соли.

Общее содержание ионов хлора и серы в отдельных элементах земной коры может быть охарактеризовано следующими цифрами.

Изверженные породы содержат в себе в среднем: хлора (01) от 0,02 (гра­нит) до 0,70% (лейцитр-содалитовыс породы); серы (S), не считая сернистых металлов, от 0,01 до 0,08%.

Осадочные породы содержат в себе в среднем хлора от 0,01 до 0,02% и серы от 0,07 до 0,09%.

Процессы выветривания всех этих пород и освобождают постепенно хлор и серу с образованием хлористых и сернокислых солей.

Вторым источником появления простых солей на поверхности земли является вулканическая деятельность. При извержениях k сканов выделяются непосредственно соляная кислота (НС1), газообразный хлор и различные окислы серы. Все последние со­единения, взаимодействуя с породами, вытесняют из них основа­ния и дают простые хлористые или сернокислые соли.

Среднее содержание некоторых химических элементов в земной оболочке в целом (в процентах) выражается следующими цифрами:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **9** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **il** | **12** | **13** |
| **О** | **Si** | **Al** | **Fe** | **Са** | **Na** | **к** | **Mg** | **ы** | **Ti** | **c** | **Cl** | **S** |
| **49,5** | **25,7** | **7,5** | **4,7** | **3,4** | **2,6** | **2,4** | **2,0** | **1,0** | **0,5** | **0,4** | **0,2** | **0,15** |

Таким образом, из всех известных элементов только 11 находятся в со- ставе земной оболочки в количествах, ббльших, чем количество хлора и серы.

Распределение хлора и серы в твердой и жидкой (водной) частях земной коры оказывается весьма неравномерным, а именно:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Твердая** | **Жидкая** |
|  | **оболочка** | **оболочка** |
| **Содержание хлора (в %) . . .** | **0,06—0,07** | **2,07** |
| **» серы (в %). . . .** | **0,10—0,11** | **0,09** |

Из этой таблицы видно, что относительная концентрация в воде очень резко повышена для С1\ тогда как концентрации 80"4 в твердой и жидкой частях земной коры близки одна к другой. Учитывая, что на долю воды при­ходится 5,36%, а на долю твердой части 94,64% веса всей земной коры, оказы­вается, что абсолютные запасы серы в главной своей массе находятся в твер­дой части земной коры, тогда как запасов хлора примерно в полтора раза больше в воде.

Из изложенного следует, что общие запасы хлора и серы на земном шаре громадны, однако в твердой оболочке земной коры они находятся в весьма рассеянном состоянии. Поэтому для образования засоленных почв должен реализоваться цикл перераспределения этих солей по земной поверхности и аккуму­ляции их на локальных территориях.

Перераспределение солей но земной поверхности и процессы образования засоленных почв. Вопросы перераспределения солей по земной поверхности, иначе говоря, пути образования засо­ленных почв, или их генезис, имеют первостепенное практиче­ское значение в мелиорации. Как общий принцип, нужно счи­тать, что задача рациональной организации борьбы с засолением почв заключается не столько в устранении уже имеющихся солей (это всего лишь первая и часто элементарная задача), сколько в борьбе с источниками засоления, т. е. в предупреждении засо­ления.

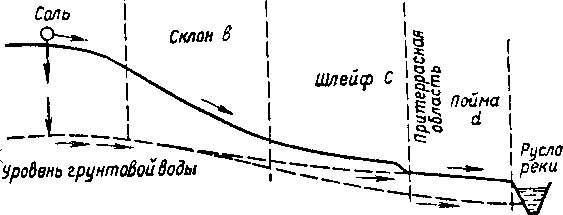
При устранении источника засоления или, по крайней мере, ослаблении его, эффект технических мероприятий будет проч­ным, устойчивым, а не эфемерным. Поэтому для рациональной организации технических мероприятий по предупреждению за­соления и борьбе с ним в первую очередь необходимо знать усло­вия возникновения засоления и стадию его развития. Каждый солончак проходит длинную, иногда геологическую, историю своего развития и в каждый данный момент времени он пережи­вает или стадию роста, или состояние более или менее стабиль­ного равновесия, или, наконец, стадию отмирания, т. е. естествен­ного рассолонения ввиду изменившихся общих физико-географи­ческих условий его залегания. Только зная историю данного солончака, можно достаточно полно и рационально использо­вать все его индивидуальные физико-химические характеристики для эффективной борьбы с имеющимся засолением и для корен­ного устранения самих источников засоления.

Две группы факторов являются основными в процессах перерас­пределения солей по земной поверхности. Это: 1) воды поверх­ностные и грунтовые и 2) движение атмосферы, ветер (импульве- ризация солей).

**Перераспределение солей в толще почвы по геоморфологическим и топографическим элементам с поверхностной и грунтовой водой.** Общее значение воды как фактора перераспределения солей заключается в ее большой растворяющей способности и подвижности солевых растворов.

Основная элементарная схема явления заключается в сле­дующем. Представим себе обычный геоморфологический профиль части поверхности земли (рис. 26), состоящий из водораздельного

***Водораздел а***



**Рис. 26. Схема перераспределения солей по геоморфологиче­скому и топографическому профилю.**

пространства (а), основного склона (6), шлейфа склона с малым уклоном (с) и местного базиса эрозии в виде речной долины (пойма (1 и русло реки).

Допустим, что на поверхности водораздела (или на всей по­верхности земли) появляется некоторое количество воднораство­римых солей.

Если на водораздел выпадут осадки, то они растворят соли, а затем этот солевой раствор начнет передвигаться по двум на­правлениям, указанным на чертеже стрелками: по поверхности земли в виде поверхностного стока и в толщу почвогрунта до уровня грунтовой воды, а затем с потоком последней к базису эрозии в виде так называемого внутреннего стока.

Если допустить, что количество осадков достаточно, то соль с водораздела обоими путями будет вынесена в реку и затем ее потоком в водоприемник, в общем случае в океан. Эта схема явления имеет всеобщее значение и ею определяется, в основном, соленость морских вод и местных замкнутых водоемов в виде озер. Однако практически далеко не при всех условиях солевой раствор, возникший на водоразделе, достигает своего общего базиса эрозии.

В зависимости от количества выпадающих осадков, условий поверхностного стока и испарения, физических и, в частности, фильтрационных свойств почвы, а также условий движения грунтовых вод солевой раствор может пройти только большую или меньшую часть всего пути, в силу чего общий эффект пере­распределения солей может оказаться существенно различным.

Так, если нисходящий ток воды достигает уровня грунтовой воды, но эта последняя не имеет обеспеченного оттока, а представ­ляет собой замкнутый подземный бассейн, то мы можем получить картину, часто наблюдающуюся в природе, когда достаточно выщелоченные почвы подстилаются соленой грунтовой водой.

Второй возможный вариант перераспределения солей будет осуществляться тогда, когда количество осадков недостаточно и фильтрационные воды не достигают уровня грунтовой воды.

В этом случае выщелоченная с поверхности соль будет вмыта на ту или иную глубину в толщу почвы и здесь будет фиксиро­ваться. В результате получится обычный природный случай, когда выщелоченные поверхностные горизонты почвы подсти­лаются на той или иной глубине горизонтами засоленными. Такие почвы получили наименование «солончаковатых». В солон- чаковатых почвах может быть целый ряд перемежающихся мак­симумов и минимумов накопления солей.

Если количество осадков столь незначительно, что оно не в состоянии увлажнить поверхностные горизонты почвы выше величины их предельной влагоемкости, то мы будем иметь почву, засоленную уже с поверхности. Такие почвы принято называть «солончаковыми».

Одновременно с рассмотренным движением солевых раство­ров через толщу почвы к грунтовой воде обычно возникает и некоторый поверхностный сток от водораздела по склону к ба­зису эрозии, в данном случае к реке. Этот поверхностный сток является мощным фактором перераспределения солей по геомор­фологическим и топографическим элементам.

Если в данном районе количество осадков значительно, то солевые растворы достигают речного русла и уносятся потоком в основной водоприемник. В этом случае ни на каких элементах территории засоленных почв не возникает. Как только поверх­ностный сток начнет становиться недостаточным, солевой раствор будет в том или ином количестве задерживаться на одном из этапов своего пути, ближе или дальше от водораздела. В первую очередь такая задержка будет осуществляться на элементах рельефа с наименьшими уклонами, т. е. на шлейфе склона и в долине реки. Таким образом, именно на этих элементах рельефа будет прежде всего происходить аккумуляция солей, т. е. будут формироваться солончаковые почвы.

Кроме поверхностного стока, на данных элементах рельефа очень часто в том же направлении действуют и грунтовые воды. Обычное их залегание отмечено на схеме пунктирными линиями, которые показывают, что грунтовые воды относительно глубоки на водоразделе, на склонах, и в пойме их зеркало становится более близким к поверхности и, наконец, они выклиниваются или в притеррасной части поймы или в русле реки.

Если, как это весьма часто бывает в природе, грунтовые воды выклиниваются в притеррасной части поймы, то вместе с ними сюда неизбежно поступают и те соли, которые содержатся в грун­товой воде. Здесь последние в той или иной мере испаряются и в результате происходит аккумуляция солей. Наблюдения в при­роде показывают, что области притеррасных пойм почти всегда являются областями скопления солей. В зависимости от климати­ческих условий и, следовательно, характера минерализации грун­товой воды состав аккумулирующихся здесь солей может быть различным. Так, в северных широтах это область развития так называемых притеррасных болот со скоплением труднораство­римых солей — извести и вивианита (фосфорнокислая закись железа); в средних широтах к извести часто прибавляется гипс, а в широтах южных это всегда область развития наиболее злост­ных солончаков: сульфатных, хлоридных и даже содовых, в которых количества солей измеряются часто десятками про­центов.

В области шлейфа склона и остальной части равнинной поймы влияние грунтовой воды также часто резко проявляется в форме капиллярного питания поверхности почвы. В зависимости от физико-географических условий это питание приводит к различ­ным последствиям. В северных областях, где испарение незна­чительно, а грунтовые воды практически пресны, это капил­лярное питание поверхности почвы приводит в ряде случаев к заболачиванию ее, поэтому область шлейфов склонов (частично пойм) на севере является областью широкого развития всякого рода заболоченных почв и требует осушительных мелиораций.

В южных областях испарение значительно более интенсивно, а грунтовые воды, как правило, содержат то или иное количество воднорастворимых солей. После испарения капиллярно подня­той воды соли остаются на поверхности почв и таким образом развиваются солончаки.

Значение капиллярного подъема солевых растворов во всех южных областях и в ирригационно-мелиоративной практике исключительно велико. Это можно видеть из следующего эле­ментарного расчета.

В условиях, например, Средней Азии испарение со свобод­ной водной поверхности за год достигает 1000 мм. При условии обеспеченной капиллярной подачи воды к поверхности почвы последняя может испарить то же количество, но для осторожности мы примем эту величину равной 500 мм. Допустим, что грунто­вая вода содержит 10 г солей на 1 л воды, или 10 кг на 1м3. Тогда, следовательно, в пересчете на площадь 1 га воды будет испарено 5000 м3, в которых содержалось 50 т солей. Допустим, что эти соли распределились в 10-сантиметровом слое почвы [[12]](#footnote-12). Вес этого слоя на площади 1 га при объемном весе 1,2 равен 10 000 **-0,1** • 1,2= = 1200 т. Отнеся 50 т солей к этому весу, получим степень засо-

ления, равную -**у**200 - = 4,1%.

Эта величина показывает, что при данных принятых условиях уже через один год почва превращается в солончак, практически непригодный для сельскохозяйственного использования.

Приведенный элементарный расчет, конечно, нельзя прила­гать к любым природным условиям, так как процессы идут зна­чительно более сложно и разнообразно. Некоторые факторы, как, например, уменьшенная скорость капиллярного поднятия солей, выпадающие осадки и ир. замедляют темпы засоления, другие (и особенно степень минерализации грунтовой воды, из­меряющаяся иногда величинами порядка 100 г солей на 1 л), наоборот, чрезвычайно форсируют процесс засоления почвы. Поэтому необходимо лишь учитывать, что в природе (как и в ирригационной практике) капиллярный подъем солей является одним из самых распространенных и самых мощных путей засо­ления и порчи почв.

В тех районах, где поверхностный сток с водораздела столь мал, что весь впитывается и испаряется на средних частях скло­нов, зона аккумуляции солей и, следовательно, зона солончаковых почв, поднимается от шлейфа все выше и выше по рельефу. В об­ластях исключительной засушливости (в пустынях) солончако­вые почвы могут захватывать и самый водораздел.

Изменения состава солевых растворов при их движении. При движении солевых растворов в толще почвы и по поверхности земли происходит изменение их первоначального состава за счет двух основных факторов: разной растворимости солей и хими­ческих реакций обмена.

Соли солончаков могут быть разбиты по своей растворимости на следующие три группы: 1) легкорастворимые — КаС1, Ка2Э04, ^2С03, ШНС03, 1\^С12, СаС12, ]\^304; 2) среднерастворимые — СаЭ04 и 3) труднорастворимые — ]\^С03 и СаС03.

Если солевой раствор при своем движении через толщу почвы или по поверхности земли теряет часть воды на испарение, то концентрация его повышается. Очевидно, что при этом предел растворимости будет достигнут прежде всего солями труднораство­римыми, после чего они начнут выпадать в осадок и, таким обра­зом, относительный состав солевого раствора изменится. В ре­зультате наиболее растворимые соли (преимущественно хлориды) как бы обгонят в своем движении соли труднорастворимые и передвинутся в толщу почвы глубже и по склону дальше от водо­раздела, к базису эрозии.

При соприкосновении солевого раствора с твердой почвен­ной массой осуществляются многообразные реакции химического обмена, в результате которых состав раствора существенно изме­няется. Например, при движении сернокислого натрия через карбонатную толщу будет осуществляться реакция Ка2504 + + СаС03^Ша2С03 + СаЭ04, в результате которой в грунтовой воде и у базиса эрозии может накапливаться сода.

Новые соли возникают также при взаимодействии между рас­твором и коллоидами почвы.

В результате всех рассмотренных процессов перераспреде­ления и изменения солевых растворов в природе имеют место определенные закономерности количественного и качественного распределения солей как по вертикальному профилю почвы, так и по геоморфологическим и топографическим элементам земной поверхности.

56

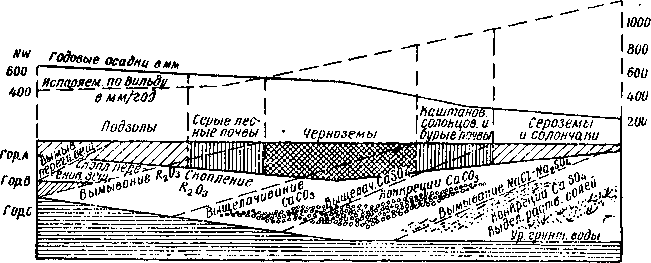


Рис. 27—28. Схема перераспределения солей но климатическому профилю.

**Схема географических закономерно­стей распределения солей в почвах.** Многочи­сленными наблюдениями установлено, что общей географической закономерностью распределения солей является следующая: на севере, где водный баланс положительный (т. е. величина осадков больше испарения), почвы наиболее выщелочены, по мере же движения на юг или юго-восток водный баланс ста­новится все более и более отрицательным (т. е. количество осад­ков становится меньшим, чем величина испарения) и соответ­ственно этому количество солей в почвах все более возрастает. При переходе в области влажных субтропиков и тропиков вод­ный баланс становится вновь положительным, и почвы оказы­ваются выщелоченными часто даже более значительно, чем на севере.

Этого рода закономерность хорошо выражена на обширном протяжении равнинной части Советского Союза, например по линии, проведенной от Ленинграда на юго-восток до г. Турткуля в низовьях р. Аму-Дарьи (рис. 27—28, С. А. Захаров).

Йа рисунке видно, что в северной зоне подзолов все простое соли вымыты и выщелачиванием затронуты даже полутораокиси (ЙА). й зоне черноземов полутораокиси выщелачиванием не затронуты, известь вымыта незначительно. Несколько глубже вмыт гипс и еще глубже натриевые соли. В наиболее южной зоне сероземов известь практически не затронута выщелачиванием, а натриевые соли вымыты лишь из самых верхних горизонтов почвы.

В пределах каждой почвенной и физико-географической зоны качественный и количественный характер засоления дифферен­цируется по направлению водостоков и по топографическим эле­ментам.

Так, если проследить засоление по любому речному бас­сейну (Дон, Волга, Кура и т. д.), то окажется, что в верхних частях его засоление почвы наименьшее и оно представлено труднорастворимыми солями, тогда как низовья (особенно дельты) засолены наиболее сильно и преимущественно хлори­дами.

В междуречных пространствах обычно наименее засолены высокие водораздельные территории, больше засолены шлейфы склонов и наибольшая аккумуляция солей присуща речным пой­мам, особенно в притеррасной их части.

**Импульверизация солей.** Под импульвериза- цией понимают перемещение солей ветром в виде твердой пыли или с атмосферными осадками.

В Советском Союзе попытка проследить выпадение на зсмпую поверх­ность хлористых и сернокислых солей с атмосферными осадками принадле­жит проф. Коссовичу. В этих целях он в период 1009—1911 гг. организовал систематический учет количества С1' и ВО'г4, заключающихся в осадках, собираемых дождемерами на метеорологических станциях в следующих ти­пичных районах: Павловск под-Ленинградом, Бузулук в Заволжье, Шатилов- ская опытная станция Тульской области, Мариуполь на юге Украины и неко­торых других местах.

В результате трех летних наблюдений получены следующие данные о количестве СГ в воде осадков:

Павловск (минимум) 1,46 мг на литр

Бузулук (максимум) 4,0 » » »

Шатиловская станция 2,23 » » »

Максимум С1' в условиях Бузулука может быть связан с близостью пустынных засоленных степей Прикаспия, соли которых в виде тончайшей пыли разносятся ветрами и обогащают атмосферу.

В других районах обычно наблюдается закономерная связь количества СГ с расстоянием от моря: чем ближе к последнему, тем хлора больше, что объясняется насыщенностью воздуха побережий морской водяной пылыо. В некоторых районах американского материка эта закономерность отчет­ливо выражена линиями изохлор, параллельными береговой линии.

Абсолютные количества С1\ выпадающего на побережьях, достигают иногда значительных величин. Так, в Гвардии (Испания) оно равно 31,2 мг на литр, т. е. в восемь раз больше, чем в Бузулуке.

Пересчет содержания СГ в осадках в килограммах на гектар за год дает следующие ориентировочные цифры:

Павловск 8 кг

В среднем по станциям Европейской части

Советского Союза 10—25 кг

Гвардия 447 кг

Для БО'\* **по** тем же районам получены следующие величины:

Павловск 3,11 мг на литр

Б у зулу к 2,06 » » »

Шатиловская станция 1,93 » » »

Мариуполь от 14,17 до 90,2 мг на литр

Сильно повышенная цифра для Мариуполя объясняется, повидимому, тем, что в этом районе сжигалось много сернистых соединений, которые в виде окислов и обогащали атмосферу.

Количества ЭО/', выпадающей за год на гектар, измеряются величинами порядка 10 кг в среднем и до 80 кг в условиях фаб­рично-заводских районов.

Если принять, что в среднем выпадает на гектар за год сум­марно 20 кг солей, то для засоления, например, 1-метровой толщи почвы всего до 0,05% потребуется не менее 600 лет, при условии, что все выпавшие соли остаются в почве и не выщелачиваются и не смываются осадками.

Многолетними наблюдениями в лизиметрах с монолитами в условиях Ротамстедской опытной станции (Англия) установлено, что в общем ежегодно с фильтрующимися водами выносится все Фо количество солей, которое поступает на поверхность почвы. В более сухих условиях баланс солей будет иным, но тем не ме­нее и здесь вынос всюду представляет существенную величину.

На основании этого с практической точки зрения можно считать, что процессы импульверизации являются всеобщими, но имеют больше геологическое, чем непосредственное значение для засоления почвы. В частных случаях, вблизи мощных соле­вых источников (например, морей) импульверизация может при­обрести и непосредственное практическое значение.

Другая форма импульверизации осуществляется в виде пе­реноса и отложения сухой солевой пыли. Так, например, в Сред­ней Азии и Закавказье отмечены случаи, когда с тяжелых гли­нистых почв (такыров) выцветы солей сдуваются ветром, и почвы’ таким образом как бы последовательно рассоляются. Вероятно, эти соли оказываются на соседних территориях, и, следовательно, этот процесс может иметь некоторое местное значение.

Местные источники засоления. Иногда существенную роль в засолении играют местные источники, которые могут вызвать развитие солончаков в местообитаниях, обычно им несвойствен­ных. В качестве таких местных источников засоления выступают обычно выходы коренных морских или озерных соленосных отложений.

В предгорных районах существенное влияние на почвенный покров равнин оказывает характер слагающих горы пород.

В случае, когда горы сложены соленосными породами, сбе­гающие с них воды как поверхностные, так и подземные оказы­ваются обогащенными солями, а соответственно этому и почвен­ный покров предгорной равнины неизбежно испытывает в той или иной мере засоление. Иногда это явление может проявляться на широком фронте всей предгорной равнины, в других же слу­чаях оно бывает узко локальным, приурочиваясь лишь к отдель­ным выходам поверхностных или подземных вод.

Засоление почв при орошении и осушении

В практике имеют место случаи, когда почвы незасоленные или засоленные очень слабо в результате неправильного оро­шения или осушения превращаются в солончаки, непригодные к сельскохозяйственному использованию без дополнительных спе­циальных мероприятий по рассолонению их. Эти явления так называемого вторичного засоления (после мелиорирования) наи­более широко проявляются при орошении.

Вторичное засоление почв при орошении может осущест­вляться в результате:

1. подъема уровня минерализованных грунтовых вод близко к корнеобитаемой зоне почвы или образования здесь верховодки;
2. перераспределения солевых запасов глубоких горизонтов почв в корнеобитаемые горизонты без общего подъема грунтовых вод;
3. накопления солей в корнеобитаемых горизонтах почвы при употреблении для орошения минерализованной воды.

Засоление, связанное с подъемом уровня грунтовых вод при орошении. Наиболее частой и наиболее серьезной причиной вто­ричного засоления почв является подъем уровня минерализован­ных грунтовых вод до так называемого критического уровня.

Критическим уровнем грунтовых вод вообще называют такую глубину их залегания, при которой капиллярные токи достигают корнеобитаемой зоны и могут ее засолять. Следовательно, крити­ческий уровень определяется в первую очередь капиллярными свойствами почв; так, для почв глинистого состава критический уровень будет находиться на глубине 3—4 м от поверхности земли, а для почв песчаных эта глубина может уменьшаться до 1 м.

Однако фактически величина критического уровня в серьез­ной степени изменяется в зависимости от конкретных условий существования поля, которые определяют энергию движения солевых капиллярных токов. Так, при структурной почве и под пологом травы энергия капиллярпых токов в чрезвычайной сте­пени снижается, и, следовательно, глубина критического уровня уменьшается. Наоборот, в бесструктурных почвах и на открытом

поле критический уровень становится максимальным. Критиче­ский уровень при одних и тех же почвенных условиях тем меньше, чем больше минерализация грунтовой воды. Наконец, критиче­ский уровень в высокой степени зависит от общего уровня агро­техники и поливного режима, с помощью которого можно регу­лировать энергию капиллярных токов и, следовательно, предотвра­щать соленакопление.

Подъем уровня грунтовых вод на данной территории после ее орошения вызывается коренным изменением приходных и рас­ходных статей баланса грунтовых вод по сравнению с их вели­чинами до орошения.

В природной обстановке установившийся средний годовой уровень грунтовых вод определенной территории обусловливается равенством приходных и расходных статей баланса, что может быть выражено следующим схематическим уравнением:

Аф 4" Кп д = Е Т

где Аф — доля годовых атмосферных осадков, просачивающаяся в грунтовые воды;

Кп — приход грунтовых вод за счет конденсационных процессов;

д — приток грунтовых вод с соседних территорий;

Е — расход грунтовых вод на испарение в атмосферу;

Т — расход грунтовых вод на транспирацию растений;

(>т — отток грунтовых вод на соседние территории или в водоприемник.

В течение отдельных сезонов года все элементы баланса ме­няются, в силу чего испытывают периодические сезонные коле­бания и уровни грунтовых вод, но для каждой данной террито­рии эти сезонные колебания лежат обычно около некоторого определенного среднего уровня.

Если на территорию дано орошение, то в приходо-расходных элементах баланса грунтовых вод происходят следующие суще­ственные изменения: в приходной части появляются два новых слагающих — фильтрационные потери из каналов и фильтрацион­ные потери оросительной воды на полях. В расходной части можно считать, что величина Т исчезает, так как она компенси­руется поливными нормами, а величина Е по той же причине, по крайней мере, сильно снижается (суммарные потери на испарение с поверхности почвы при орошении значительно увеличиваются, но это происходит за счет поверхностных оросительных вод).

В результате этих изменений элементов баланса уровень грунтовых вод повышается. Размер этого повышения зависит от величины оттока грунтовых вод (>т . При исключительно хорошей естественной дренированности данной территории (например, при близком залегании галечников и хорошем водоприемнике) увеличенный приход грунтовых вод может быть почти пол-

**грунтовых вод окажется незначительным.**

**Наоборот, в случаях отсутствия оттока ((?т = 0, бессточный грунтовый бассейн) повышение уровня грунтовых вод будет осуществляться прямо пропорционально всей сумме новых при­ходных статей баланса и уменьшению статей расхода. В случаях**

**промежуточных, при наличии некоторого ограниченного оттока\* уровень грунтовых вод установится на некотором новом, повы­шенном базисе равновесия, соответствующем соотношению ско­рости притока фильтрационных вод и новой величины грунто­вого потока при повышенном его напоре. Очевидно, что, устано­**

**вив надлежащими исследованиями вероятную величину расхода грунтового потока и зная проектную (или фактическую) вели­чину фильтрацион-**

**51 ~ ных потерь, можно**

**для любой террито­рии предусмотреть ве­роятную динамику грунтовых вод после**

и\*

Ц<5

**ІО**

**(2** ю

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |
| **О—** | **1** |  |  |  |  |  |  |  |

**С\э**

**о,**

**СЧ)**

**СЧ)**

**съ**

**«Чі**

**05**

**£**

**£**

**05**

**СЧЗ**

**СЧ)**

**С55**

**орошения 45.**

**Для характеристики масштаба происходящих при орошении изменений природных элементов ба­ланса грунтовых вод мо­жет служить ориентиро­вочный расчет. В хлопко­вой зоне в головах ороси­тельных систем в среднем забирается на каждый гектар орошаемой пло­щади около 10 000 м3 воды. При среднем коэф­фициенте полезного действия (к. п. д.) системы 0,5 на ноля доходит 5000 м3, около 4500 м3 теряется на фильтрацию в каналах и около 500 м3 испаряется со свободной водной поверхности каналов. Из общего количества воды, по­ступившей на поля, при неправильных поливных нормах, превышающих дефицит предельной влагоемкости (77—га), теряется на фильтрацию от 10 до 40%.**

**§§ й§1^**

До орошения

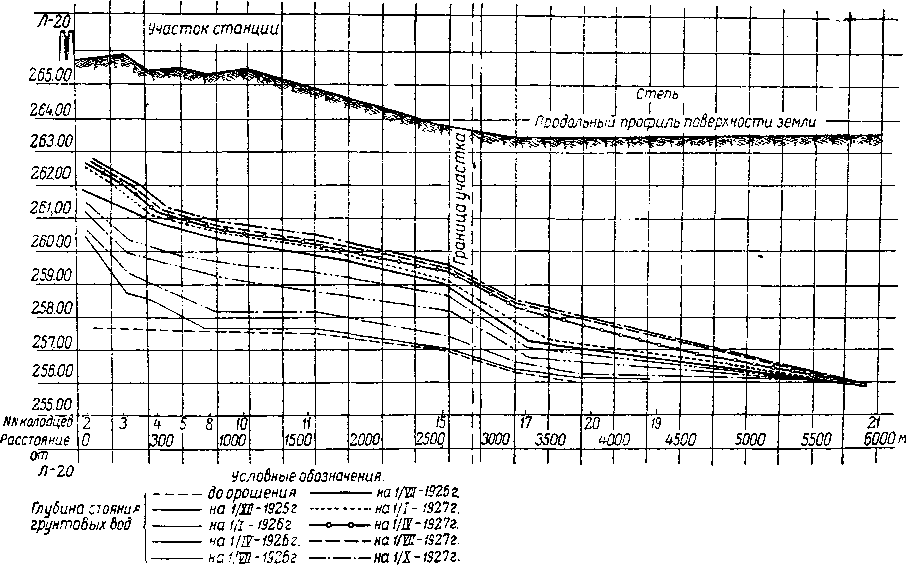
***Период орошения***

**Рис. 29. Глубина грунтовых вод по годам  
до и после орошения в Голодной степи.**

**Таким образом, можно принять, что в сумме ежегодно теряется на фильт­рацию и поступает в грунтовые воды около 5000 м3 на каждый гектар, что составляет слой воды в 0,5 м (здесь не принимаются в расчет дополнительные потери, связанные с плохой технической эксплуатацией сети, вызывающей прорывы дамб, разливы и пр.). Принимая, что подъем уровня грунтовых вод в среднем в 7 раз (для разных почв от 6 до 10 раз) больше слоя посту­пившей воды, получаем, что в условиях полного отсутствия оттока грунтовых вод уровень их должен подниматься ежегодно на 3,5 м.**

**Наблюдения в производственных условиях в общем подтверждают этот порядок величин. Так, в Голодной степи (рис. 29, Е. Г. Петров и Б. Коньков),**

**\* Подъема грунтовых вод можно избежать примененисхм противофильтра- ционных мероприятий, упорядочением водопользования и применением рациональных способов и норм полива. —** Ред.



Высота в абсолютных отметках

Рис. 30. Высота стояния грунтовых вод на участке Голодностепской опытно-оросительной станции за время с 20 апреля 1925 г. по 1 октября 1927 г.

в районе совхоза «Пахта-Арал», в Первый год орошения грунтовые воды под­нялись на 4—4,5 м, дальше темпы подъема сильно замедлились, но все же в 1932 г. уровень грунтовых вод стоял уже всего на глубине 2,5—3 м от по­верхности вместо 9,5—10 м перед началом орошения. Замедление темпа подъема уровня грунтовых вод в последующие годы орошения обусловлено главным образом растеканием бугра грунтовых вод (рис. 30), а также усиле­нием потерь на испарение. Того же порядка явления отмечены в совхозах «Баяут» (Н. Димо), «Кара-Чала» в Закавказье и в других аналогичных естественноисторических районах (характеристику районов см. во второй части).

В районах другого типа (например, Ташкентском), где грунтовые воды лежат в галечниках на глубине 20—40 м, вековое орошение вызвало их подъем до отметок 5—10 м от поверхности, где и установилось новое равновесие.

Яркий пример, иллюстрирующий соотношение величин питания грун­товой воды за счет потерь на полях и в самой ирригационной системе, пред­ставляет Валуйская опытная станция (Заволжье, К). Лопато). Прямые изме­рения показали, что главное водохранилище теряет на фильтрацию от 3,6 до 7,5% своего объема воды, а запасное водохранилище от 12 до 28%. В сумме это дает 1500—2000 м3 в год. Определение потерь воды в сети показало, что они равны 64% количества воды, забираемой в голове канала. Суммарно здесь забирается около 7000 м3, что дает около 4500 м3 потерь. Следова­тельно, общая сумма потерь измеряется величиной 6000—6500 м3. На поля поступает 7000—4500 = 2500 м8. Так как не менее половины этого количества расходуется на транспирацию растений, то, следовательно, па питание грунтовых вод может пойти не более 1250 м3, или величина, но крайней мере в пять раз меньшая, чем за счет потерь в сети и водохранилищах.

В ряде случаев ирригационного строительства подъем уровня грунтовых вод вызывается гидротехническими подпорными сооружениями. Например, при постройке водохранилищ в стенных равнинных районах (Северный Кав­каз, Заволжье, Мургаб и др.) нередко кругом них, в полосе до 1 км ширины, грунтовые воды поднимались выше критического уровня.

Практически во всех случаях, когда в орошаемых районах грунтовые воды (минерализованные) поднимаются выше критического уровня, происхо­дит энергичное засоление почв.

вся орошаемая площадь 242.000аиров

220 200 *180* I *160* § *т* І 120 ■" *100 80 60* 4 *0 20*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Грунтовые воды на глубине более 20футов | | | | |
| 155000 | | | | |
| 145000 | | |  | |
| і—f 1—1 I—і | | |  | |
|  |  |  |  | 1 |
| Грунтовые воды на глубине от 10 до 20футов' | | | | |
|  | r~L-J 6Ї00Р | | | |
|  |  |  | | |
|  |  | і—і - =ЬС-— | | |
| —г—\*Грунтовые вс | | 'дына глубине менее Юсрутов | 1—1 1—1 |  |
| №т$іщі94і9ііі9і$т | |  | | (927 |

**\***

**Є**

**'•О**

I

Вся орошаемая площадь 219000акров

о м о м о м о

и 0 0 М 0 п и и и п и п и п и п и п и г/ и /7 и

***услодные обозначения Период установки калифорнийских колодце8лвсего212ші***

*П* \_ *пит аХпи.*

0-октябрь м-май

Рис. 31. Изменение площади с различной глубиной залегания грунтовых вод. Ирригационная система Salt River, Аризона, США (Скорняков-Нельсон).

Общий расчет возможного засоления капиллярными токами дан выше (стр. 101).

В качестве конкретных примеров могут быть названы следующие.

На системе Salt River, Аризона, США площади с грунтовыми водами выше критического уровня росли по годам следующим образом (рис. 31):

Годы 1903 1913 1914 1916 1917 1918

Площади (в акрах) 0 12 000 16 000 24000 30 000 64 000

В совхозе «Пахта-Арал» на площади 6100 га после подъема грунтовых вод засолепис развивалось по годам следующим образом: в 1925 г. — 0, в 1931 — 655 га и 1932 г. — 2003 га.

Из изложенного видно, что в орошаемых районах предотвра­щение подт>ема грунтовых вод до критического уровня является одним из главнейших мероприятий по предупреждению засоле­ния почв.

Засоление без участия грунтовых вод. Засоление поверхност­ных горизонтов почвы за счет перераспределения солевых запа­сов более глубоких слоев может осуществляться тогда, когда промачивание почвы при поливах достигает этих солевых гори­зонтов. При подсыхании почвы после полива происходит пере­движение солевого раствора вверх в висячем четочном капил­ляре, как описано выше (стр. 74). Примером этого типа явления может служить передвижение по профилю сероземной почвы нит­ратов после полива (рис. 32, Жариков и Бородина).

Горизонт

***(в см) Перес поливом*** *0-3* **^**

*З Ю* 'І с *1030^*

*20-ЗоЦ зо-ио$*

*И0-50$*

***50***

12200

12200

***2У день после  
полива***

***5\*з день  
после полива***

***60 70 80*** Ч,

***U 25.6***

*16.9*

*шв*

***136***

***132***

***132***

***Ц QUO*** **Л С**

^000

**4060 ^060**

3600.0

1 *CZJ100* 1

***CD 60***

***223U.7***

то

**^ I** 4UU **NS L**

цпзт *X* и68.2 *цент*

**ІСИШ0 S D<»s**

***ВО 100 S 13.2***

Цазіго 'low

**^□05 ^000**

Рис. 32. Влияние полива на перераспределение нитратов в почве.

Как видно из рисунка, в течение 5 дней после полива очень энергичное перераспределение нитратов происходило в толще до 100 см.

Особенно резко перераспределение солей по профилю почв наблюдается тогда, когда соленосные горизонты оказываются менее водопроницаемыми или когда поле обладает микрорелье­фом. В первом случае избыточная поливная вода, временно за­держивается в соленосном менее водопроницаемом слое (обра­зуется как бы верховодка) и служит источником капиллярных солевых токов к поверхности почвы.

Во втором случае (при выраженном микрорельефе) после полива освобождаются от воды прежде всего бугорки, и они при подсыхании служат как бы фитилями, к которым направляются капиллярные солевые токи со всех окружающих мокрых понижений.

Для иллюстрации этого приведем один из случаев, изученных на Голодностепской опытной станции (Димо). На рисунке 33 показано солончаковое пятно на поле, занятом пшеницей, воз­никшее вокруг бугорка высотой 12 см при диаметре около 1,5 м; оно представляет собой голый глыбисто-комковатый участок. Это пятно окружено полосой пухлого солончака шириной 1—4 м, также совершенно без растительности.

На следующей полосе **(III)** шириной 1—2 м имеются единич­ные растения пшеницы. Полоса V характеризуется нормальным состоянием посевов. Распределение солей по этому профилю показано в таблице 26.

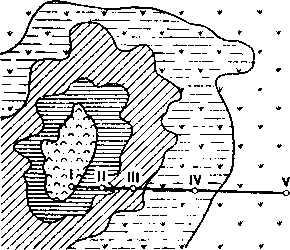
**Таблица 26**

Распределение солей по профилю солончакового пятна

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номера пло­щадок и ха­рактер по­верхности** | **Глубина (в см)** | | **Содержание воднорастворимых солей (в %)** | | | | | | |
| **ИаС1** | **N3,804** | **мг8о4** | **Сэ 80 4** | **СаСОз** | **Ыа2С08** | **Сумма** |
| **Участок I** | **0-** | **-3** | **2,0668** | **0,2729** | **0,3453** | **0,8791** | **0,0070** |  | **3,5711** |
| **Комья** | **3-** | **-5** | **9,4246** | **2,9496** | **0,6069** | **0,8913** | **0,0010** | **—** | **13,8732** |
| **0—3 см** | **5-** | **-18** | **0,2747** | **0,1379** | **0,0639** | **0,4641** | **0,0070** | **—** | **0,9476** |
|  | **20-** | **-30** | **0,0716** | **0,0421** | **0,0072** | **0,0182** | **0,0050** | **0,0042** | **0,1483** |
|  | **50-** | **-60** | **0,1673** | **0,0769** | **0,0108** | **0,0321** | **0,0090** | **0,0042** | **0,3003** |
| **Участок II** | **0-** | **-0,5** | **1,9830** | **9,3649** | **0,1934** | **0,7630** | **0,0060** | \_ | **12,3103** |
| **Корка** | **0,5-** | **-5** | **2,0546** | **0,4753** | **0,1548** | **0,7776** | **0,0114** | **—** | **3,4734** |
| **5-** | **-18** | **0,3976** | **—** | **—** | **—** | **—** | **—-** | **—** |
|  | **20-** | **-30** | **0,1673** | **0,1007** | **0,0122** | **0,0243** | **0,0228** | **0,0032** | **0,3305** |
|  | **50-** | **-60** | **0,0716** | **0,0680** | **0,0040** | **—** | **0,0114** | **0,0038** | **0,1588** |
| **Участок III** | **0,2-** | **-0,3** | **0,3226** | **0,2270** | **0,3279** | **0,7523** | **0,0030** | \_ | **1,6318** |
| **Накипь** | **0,2,—5** | | **0,0655** | **0,0263** | **0,0369** | **0,0729** | **0,0113** |  | **0,2156** |
|  | **20-** | **-30** | **0,0537** | **0,0577** | **0,0159** | **0,0007** | **0,0226** | **—** | **0,1506** |
|  | **50-** | **-60** | **0,0239** | **0,0352** | **0,0101** | **0,0010** | **0,0113** | **—** | **0,0815** |
| **Участок IV** | **од-** | **-0,3** | **0,1075** | **0,0206** | **0,3456** | **0,8136** |  | **0,0032** | **1.2906** |
| **Накипь** | **0,5-** | **-5** | **0,0697** | **0,4124** | **0,0855** | **0,0919** | **0,0226** | **—** | **0,6821** |
|  | **10-** | **-18** | **0,0596** | **—** | **—** | **—** | **—** | **—** | **—** |
|  | **20-** | **-30** | **0,1140** | **0,0196** | **0,0189** | **0,0173** | **0,0226** | **0,0032** | **0,1956** |
|  | **50-** | **-60** | **0,0180** | **0,0272** | **0,0168** | **0,0148** | **0,0226** | **—** | **0,0994** |
| **Участок V** | **0-** | **-5** | **0,2270** |  | **0,0420** | **0,0617** | **0,0207** | \_ | **0,3514** |
|  | **10-** | **-18** | **0,1988** | **—** | **—** | **—** | **—** | **—** |  |
|  | **20-** | **-30** | **0,0180** | **0,0531** | **0,0231** | **0,0151** | **0,0276** | **—** | **0,1369** |
|  | **50—60** | | **0,0119** | **0,0506** | **0,0246** | **0,0049** | **0,0207** |  | **0,1127** |

Как видно из таблицы, на участке V засоление не превышало 0,35%, в то время как на участках I и II содержание солей со­ставляло 12—14%.

Приведенные в таблице данные показывают, что при такой акку­муляции солей происходит и каче­ственное изменение их состава.



Н\*12см]

При плохом уходе за полем ко­личество засоленных пятен увели­чивается столь значительно, что все поле становится непригодным для сельскохозяйственного исполь­зования.

image39Из изложенного видно, что в орошаемом хозяйстве самое тща­тельное выравнивание полей яв­ляется мощным средством преду­преждения засоления почв.

■Л ІИ

**Рис. 33. Солончаковое пятно на поле пшеницы.**

Засоление почв при использо­вании для орошения минерализо­ванных вод. В практике устано­влено, что хорошая оросительная вода не должна содержать солей больше 0,5 г на 1 л; при минера­лизации до 1,5 г/л вода считается ной для использования. Содержание солей 4—6 г/л считается предельным.

**допустимой, при 3 г/л — опас-**

Большие реки несут, как правило, пресную воду (табл. 27), и такая вода не может явиться источником засоления почв.

**Таблица 27**

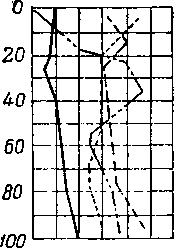
Количество солей в воде некоторых рек и водохранилищ

(в миллиграммах на 1 л воды)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Реки и водохранилища** | **Плотный**  **остаток** | | **С1'** | | **80?** | | **КзО** | | **СаО** | | **MgO** | | **N3\*0** | |
| **зима** | **лето** | **ее**  **2**  **§** | **лето** | **зима** | **лето** | **зима** | **лето** | **зима** | **лето** | **зима** | **лето** | **зима** | **лето** |
| **Волга у Астрахани . . .** | **306** |  | **18** | **7** | **78** |  |  |  | **64** | **35** | **14** | **7** | **20** | **10** |
| **Сыр-Дарья** | **500** | **290** | **42** | **23** | **145** | **74** | **11** | **9** | **100** | **70** | **45** | **25** | **55** | **24** |
| **Аму-Дарья** | **530** | **320** | **110** | **50** | **103** | **68** | **12** | **8** | **120** | **78** | **28** | **17** | **90** | **40** |
| **Главное водохранили­ще Валуйской стан­** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **ции (1931 г.)** | — | **490** | — | **137** | — | **49** | — | — | — | **62** | — | — | **—** | **—** |
| **Запасное водохранилище Валуйской станции** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **(1931 г.)** | — | **1176** | **—** | **333** | **—** | **145** | — | — | **—** | **—** | **—** | **—** | **—** | **—** |
| **Нил г** | **205** | **166** | **17** | **6** | **29** | **18**  **1 •** | **10** | **15** | **52** | **44** | **10** | **10** | **13** | **6** |

Один из случаев засоления этого рода был отмечен в 1930 г. на Валуйской мелиоративной станции (Заволжье, 10. Лопато), где орошение пшеницы производилось из плесов р. Соленой Кубы, вода которой содержала от 3,652 до 4,568 г солей на 1 л и в том числе иона хлора от 1,175 до 1,485 г. Получен­ные результаты (рис. 34) свидетельствуют, что только в течение одного года накопление хлоридов в почве стало угрожающим.

Аналогичное явление зарегистрировано при орошении огородных земель у хутора Веселого на южном берегу р. Маныч и по р. Большой Егор лык. Оросительные воды здесь, пресные с весны, становятся солеными к осени (у Веселого 4,45 г и на Егор лыке 6,62 г на 1 л) [[13]](#footnote-13).

Увеличение засоления почв за два года орошения показано в таблице 28.

***%С1***

*О* 20 **до**

**\* 80**

0,02 0,04

к

**о**

100

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  | **г** |  |
| V | г |  |
| **7^**  1 : к |  |  |
|  |  |  |
|  | V. |  |
| **V** | **&** |  |
| **N** |  |  |

***Дел. 23 неполивная***

*О*

20

***40***

во

***80***

100

***0,02 0,04 0,06***

***0,02 0,04 0,06***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 |  |  |  |  |  |
| **/** |  | **' V**  Й | 'А | **ч** |  |
| **(** |  | у |  |  |  |
|  | { |  |  |  |  |
|  |  | **/**  / |  |  | **~** |
|  |  |  |  |  |
|  | **\** | **‘** |  |  |  |
|  | **і** | **\\** |  |  |  |
|  | V | **г\у** |  |  |  |
|  | **\** | **V** |  |  |  |

***Дел 18 Один полив 1930г.***

время {-

***21/7 -1930г. до поливов***

***Дел 14  
Два полива 1930г.***

взятия проб] **2**/ис -1330г после попивав

1 2 3/т-1330г

I 2 *0/ц[49Э1г*

**Рис. 34. Влияние поливов соленой водой на содержание и распространение  
иона хлора в метровом слое почвы.**

Ввиду того что главный вред от орошения минерализованной водой заключается в последовательном накоплении солей в тече­ние ряда лет, в практике часто оказывается возможным избежать этих вредных последствий на территориях, хорошо дренирован­ных (естественно или искусственно), путем своевременной их промывки.

Кроме общей суммы минерализации воды, при ее оценке не­обходимо учитывать соотношение в ней катионов натрия и кальция.

По последним исследованиям Келли, при отношении **ё**?**г**4**-**р> I становится уже заметным поглощение коллоидами почвы натрия (солонцовый процесс), что нежелательно.

Не орошаемый участок

Таблица 28

**Изменение в соленом составе почвы под влиянием полива минерализованной водой**

**Процент солей в водной вытяжке**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и горизонты** | **СО"3** | **НСО'з** |  | **СГ** | **сухой**  **остаток** | **минераль­**  **ный** |
|  |  |  |  |  | **остаток** |

Горизонт А—0—15 см » В.—25—55 »

**Хутор** «Веселый»

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **0,0297** | **0,0024** | **0,0012** | **0,0792** | **0,0360** |
| — | **0,0293** | **0,0014** | **0,0014** | **0,0628** | **0,0340** |
| **0,0011** | **0,0350** | **0,0010** | **0,0011** | **0,0596** | **0,0328** |
|  | **0,0350** | **0,0720** | **0,0232** | **0,3036** | **0,2153** |
| **0,0011** | **0,0544** | **0,0251** | **0,0054** | **0,1739** | **0,1165** |
| **— ,** | **0,0273** | **0,0567** | **0,0108** | **0,1824** | **0,1356** |
|  | **Егор,** | **лык** |  |  |  |
| **0,0** | **0,0211** | **0,0026** | **0,0107** | **0,0948** | **0,0430** |
| **0,0** | **0,6126** | **0,0035** | **0,0100** | **0,0946** | **0,0400** |
| **0,0** | **0,0348** | **0,0078** | **0,0158** | **0,1882** | **0,0126** |
| **0,0** | **0,0264** | **0,1543** | **0,0654** | **0,4433** | **0,3920** |
| **0,0** | **0,0253** | **0,0559** | **0,0278** | **0,1805** | **0,1680** |
| **0,0** | **0,0253** | **0,1621** | **0,0278** | **0,3623** | **0.3436** |

» С

Капуста, 2-й год оро­шении

Горизонт А1 + Л2 . . . .

» В2

» С

Целина

Горизонт 0—25 см. . . » 45—60 » . . .

» 60-70 » . . .

Поливной

участок

Горизонт 0—15 см. . . » 20—30 » . . .

» **57-70 » . . .**

Засоление при осушении минерализованных болот и пойм степных рек. Вторичное засоление может часто проявляться при неправильном освоении пойм степных рек (Днепр, Дон, Кубань, Волга и др.)> подвергающихся длительным затоплениям. Практика защиты от затоплений путем обвалования показывает, что в ряде случаев обвалованные площади засоляются. Причина этого за­ключается в специфических почвенно-гидрогеологических усло-

виях этих поим, выражающихся в следующем.

Как известно, поймы рек являются зонами аккумуляции со­лей, выносимых с водоразделов поверхностным и грунтовым сто­ком. Эта аккумуляция обычно тем больше, чем засушливее кли­

мат, и возрастает, кроме того, от верховьев реки к ее дельте.

Когда пойма подвергается паводковому затоплению, то соле­вые запасы поймы частично смываются, а главным образом вымы­ваются из верхних горизонтов почвы в более глубокие и в грунто­вые воды. В силу этого почвы пойм степных рек обычно более или менее выщелочены в своих верхних горизонтах (заливные луга), тогда как нижние горизонты и грунтовые воды в той или иной степени минерализованы. Эта минерализация наиболее выражена в притеррасной пойме и в дельтовой области, причемздесь же наиболее значительно концентрируются хлориды, а грунтовые воды стоят особенно близко к поверхности.

При обваловании таких территорий снижается промывное действие паводковых вод, грунтовые воды остаются близкими к поверхности, и потому капиллярные токи от них приобретают возможность засолять корнеобитаемую толщу почвы.

Случаи такого засоления известны в пойме Дона, на Кубани (при забивке проток) и в Волго-Ахтубе при обваловании. Анало­гично идет процесс и в естественной обстановке при выходе от­дельных участков поймы из сферы разливов. Эти повышенные территории часто покрыты солончаками, а территории еще более высокие — солонцами, что свидетельствует о дальнейшей фазе эволюции, связанной уже с существенным понижением уровня грунтовой воды и выщелачиванием солей.

Таким образом, обвалование пойм степных рек, как общее правило, должно предусматривать одновременно и регулирование солевого режима почв. Эта задача может быть решена методами понижения уровня грунтовых вод ниже критического и органи­зацией правильно построенного периодического лиманного или обычного постоянного орошения.

Издавна известен район широкого распространения засолен­ных болот лесостепной зоны Западной Сибири — Барабинская низменность (Бараба). В последние годы установлены значитель­ные площади (до 300 000 га) засоленных болот по левым прито­кам р. Днепра на Северной Украине, а также отдельные массивы минерализованных болот в Горьковской, Ивановской и других областях.

При осушении таких болот обычными методами, обеспечи­вающими сброс поверхностных вод, но не понижающими в над­лежащей мере уровень грунтовых вод, в ряде случаев наблю­дается увеличение засоления осушенных почв, приводящее к угнетению не только культурной, но и дикой растительности. Это угнетение, а иногда и гибель, обусловливается следующими двумя причинами: а) после осушения уменьшается влажность почвы и, следовательно, повышается концентрация имеющегося соле­вого раствора; б) в результате сброса поверхностных вод капил­лярные токи от грунтовых вод добавочно засоляют корнеоби­таемую толщу.

Влияние засоления на физические свойства почв

Коагуляция илистых суспензий под влиянием электролитов.

Явление коагуляции илистых суспензий под влиянием электро­литов заключается в агрегации (свертывании) почвенных частиц и оседании их под действием электролитически диссоциирую­щих воднорастворимых солей. Причиной коагуляции служит уменьшение отрицательного заряда и степени гидратации почвен­ных частиц под влиянием заряда катиона соли и, следовательно, уменьшение сил взаимного отталкивания частиц.

Состоянйе коагуляции ила является вполне устойчивым, пока в растворе присутствует соль (электролит). При удалении прибавленной соли (например, промывкой на фильтрах) суспен­зия может возвратиться к своему исходному распыленному со­стоянию. Этот вид коагуляции является, следовательно, процес­сом обратимым. В тех случаях, когда катион соли вступает в химическое взаимодействие с поглощающим комплексом почвы (например, при действии солей железа, кальция и др.), коагуля­ция может стать необратимой.

Способность к коагуляции начинает проявляться у частиц размером около 0,01—0,2 мм, затем достигает своего максималь­ного проявления в области коллоидальных степеней раздробления и вновь затухает по направлению к молекулярным растворам. Коагуляция есть проявление следующих закономерностей,

а) Каждая соль начинает оказывать коагулирующее действие на суспензии лишь при некоторой минимальной концентрации, носящей название ее электролитического порога коагуляции (табл. 29).

Таблица 29

Величина электролитического порога коагуляции **(по Гедройцу)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Соли** | **Полное**  **свертывание** | **Электролитиче­ский порог** |
| **Хлористый натрий:** |  |  |
| **в** N | **0,125-0,05 0,725- 0,290** | **0,025-0,0125**  **0,145-0,0725** |
| **в %** |
| **Хлористый кальций, магний,водород (СаСЬ. 1^С12, НС1):** |
| **в** N | **0,005 -0,0025 0,0275-0,0138** | **0,00125—0,0005 0,006 -0,00275** |
| **в %** |
|  |

б) Электролитический порог каждой соли изменяется в зави­симости от химических свойств почвенной суспензии, ее концен­трации и размера почвенных частиц. Увеличение концентрации суспензии и увеличение размеров частиц обычно ускоряет коагу- ляцию (К. К. Гедройц).

|  |  |
| --- | --- |
| **Примерный размер частиц (в мм)** | **Характер оседания через 3 часа при действии хлори­** |
| **стого натрия** |
| **0,001** | **Полное оседание** |
| **0,0006** | **Слабое »** |
| **0,0004** | **Оседания нет** |

в) Различие величин порога коагуляции разных солей опре­деляется следующими закономерностями: коагулирующее дей-

ствие катиона возрастает с увеличением его валентности, а в пределах группы одной валентности возрастает с атомным весом элементов. Так, в одном из опытов К. К. Гедройца были получены следующие относительные величины коагулирующей способности различных сернокислых солей в суспензии каолина.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Катионы** | IV | **А1"'** | **С а\*** | Mg" | к- | **Nae** |
| **Относительная коагулирующая сила** | **20** | **20** | <5 | **>5** | **>1** | **0,5** |

В этом ряду исключением из общего правила является водо­род, который обычно ведет себя как коагулятор, аналогично двух- и трехвалентным катионам.

Действие смесей солей проявляется следующим образом. При смешении равновалентных солей оно суммируется, при сме­шении разновалентных — оказывается меньшим суммы. Исклю­чением из этого правила является прибавка к любой соли иона водорода (кислоты). Последний даже в очень малых дозах резко повышает коагулирующее действие соли.

г) Своеобразно ведут себя как коагулянты сильные щелочи (NaOH, Na2C03, Са(ОН)2). При концентрациях выше электро­литического порога действие их на суспензии оказывается мало отличающимся от соответствуюнщх хлористых солей. Однако в весьма малых концентрациях действие этих солей оказывается прямо противоположным, т. е. не коагулирующим, а стабилизи­рующим. Так, в одном из опытов раствор NaCl в концентрации 0,015iV давал полное осаждение суспензии, при прибавлении же добавочно раствора NaOH в концентрациях 0,005iV и 0,00025iV осаждение полностью предотвращалось и только при понижении концентрации NaOH до величины 0,00005iV появились вновь следы осаждения.

Причина такого своеобразного поведения щелочных солей заключается в сильном отрицательном заряде гидроксильного иона О IT, который увеличивает отрицательный заряд суспензии и тем повышает ее стабильность.

Значение явлений коагуляции в мелиоративной практике мно­гообразно.

Коагуляция есть укрупнение агрегатного состава почвы, и потому она увеличивает коэффициент фильтрации.

А. Н. Розанов для почв Куйган-Яра (Фергана) даст следующие цифры фильтрации но наблюдениям в монолитах размером 16 х 10 см (табл. 30).

Поскольку явления коагуляции обратимы, постольку они служат мощным фактором общей динамики коэффициента филь­трации почв. При всех мелиоративных расчетах, относящихся к засоленным почвам (например, дренаж солончаков, фильтрация через дамбы и плотины и пр.), с этим фактором необходимо счи­таться.

**Табл и ц а 30**

Скорость фильтрации в зависимости от засоления почв

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Механический состав почв** | **Число**  **наблюдений** | **Филы рация (в см3 в 1 час) на 1 сма** | |
|  |  | **средняя** | **пределы** |
| **Глины средние и легкие, нсзасолеп­ные** | **10** | **1,31** | **0,24— 2,51** |
| **То же, засоленные**  **Суглинки незаселенные**  **То же, засоленные** | **8** | **1,91** | **0,35- 3,68** |
| **5** | **2,10** | **0,55- 3,76** |
| **4** | **8,80** | **5,03«—13,22** |

Серьезное значение явления коагуляции имеют нс только в почвах, но также и в открытых потоках и различных водоемах. Все водотоки, как известно, несут в себе временно или постоянно взвешенные наносы. Оседание их как в русле, так и в долине очень часто связано с явлением коагуляции.

Например, формирование так называемой зернистой поймы (см. стр. 288) связывается с коагуляцией паводковых илов солями, поступающими в пойму с грунтовыми водами (В. Р. Вильямс).

Бризе ль в Северной Америке изучал динамику наносов в р. Колорадо в связи с изменением солевого режима воды на разных участках ее течения и пришел к выводу, что явления коагуляции, или диспсрсации, илов имеют крупнейшее значение в формировании как русла реки, так и всей долины в целом.

Воды ирригационных каналов несут в себе обычно значитель­ное количество ила. Оседание его и заиливание каналов в ряде случаев связаны с явлениями коагуляции. Поэтому расчет так называемых незаиляющихся каналов по механическому составу наносов не всегда является достаточным: здесь необходимо учи­тывать агрегатный состав наносов и явления коагуляции. Анало­гичным образом следует поступать и при расчете отстойников.

Капиллярное движение солевых растворов. В почвах вообще, а в засоленных особенно, движется не чистая вода, а солевые растворы. При определенных концентрациях это может внести серьезные изменения в характер капиллярных явлений.

Как известно, высота капиллярного поднятия пропорцио­нальна величине поверхностного натяжения жидкости и обратно пропорциональна ее плотности.

По Квинке (Quincke) натяжение а растет приблизительно пропорцио­нально числу у эквивалентов соли, растворенной в 100 эквивалентах воды. Форх (Forch) нашел, что это правило пропорциональности верно и для солей NaCI и Na2S04. Гегдвейлср (Hegdweiller) для определения величины а вво­дит показатель степени диссоциации соли в растворе, и тогда общее выра­жение поверхностного натяжения растворов приобретает такой вид: а = а0(1 + Ат + Вт -|- Ci),

где а0 — натяжение воды;

т — концентрация раствора;

Л, В и С — постоянные;

i — степень электролитической диссоциации.

Скребиицкий выражает а для растворов из двух веществ как линейную функцию их концентраций, а Антонов нашел, что в критической области растворимости (у предела насыщения) поверхностное натяжение растворов не зависит от концентраций.

Плотность солевых растворов меняется пропорционально кон­центрации и проще всего может быть определена непосредственно.

Таким образом, существует ясная зависимость высоты капил­лярного поднятия солевых растворов от их химического харак­тера, концентрации и степени электролитической диссоциации. Зная эти показатели, можно предусмотреть характер капилляр­ных явлений в простом капилляре. В почвах явления сильно усложняются благодаря химическим реакциям между солевым раствором и коллоидами, а также благодаря процессам коагуля­ции и дисперсации агрегатов. Поэтому для почвенных масс влия­ние солевых растворов приходится учитывать пока лишь каче­ственно и на основе опытных наблюдений.

П. Кравков в опыте с илистым песком получил следующие результаты (табл. 31). Растворы солей взяты в концентрации 5,8%, а гипса и углекислого кальция прибавлено на каждую трубку (на 312,5 г материала) по 5,8 г сухой соли.

**Таблица 31**

Скорость капиллярного поднятия и просачивания воды при внесении  
различных солей (в часах и минутах)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Соли** | **н2о** | **К.ЭО\*** | **N301** | **NaN02** | **N3011** | **Na.NO,** | **Са804** | **СаС03** |
| **Время капилляр­ного поднятия на высоту 45 см** | **31-30** | **46-00** | **54-00** | **54—14** | **67—40** | **68-00** | **26—00** | **26—20** |
| **Время просачи­вания** | **16—00** | — | — | — | — | — | **8-45** | **9-20** |

Этот опыт показывает, что скорость капиллярного поднятия одновалент­ных солей меньше, чем у воды, и наименьшая у щелочей, что может быть объяс­нено диспергирующим влиянием последних.

Соли кальция заметно ускорили как капиллярное поднятие, так и про­сачивание воды вниз, что может быть связано с укрупнением дисперсного состояния илистой части почвы под влиянием иона кальция.

Полыновым и Философовым были поставлены опыты в целях определе­ния относительных скоростей капиллярного поднятия растворов хлористых и сернокислых солей натрия. Опыты показали, что когда в процессе капил­лярного движения не возникает нерастворимых соединений, скорости для обоих солей практически одинаковы; когда же в результате обмена основа­ний в растворе возникает гипс и он частично выпадает в осадке, тогда движение иона серной кислоты как бы отстает от движения иона хлора.

Таким образом, в общем виде следует констатировать, что соли почвы могут существенно ускорять и замедлять капилляр­ное движение воды, следовательно они являются фактором дина­мики капиллярных свойств почвы.

Предупреждение засоления почвы

Одной из важнейших практических задач при орошении и осушении является предупреждение возможности развития вто­ричного засоления почв. Как правило, эта задача не может быть

решена применением какого-либо одного, универсального, тех\* нического приема, а требует осуществления системы мероприя­тий, взаимосвязанных между собой. Эта система мероприятий в условиях орошения состоит из следующих основных элементов:

1. высокого агротехнического комплекса;
2. соответствующей организации территории и сети;
3. правильной эксплуатации оросительной сети;
4. комплекса специальных мелиоративных мероприятий по удалению солей из почвы.

Оросительная сеть на севооборотной площади должна наилуч­шим образом обеспечивать водой каждое поле севооборота и бригадные участки, иметь наименьшую протяженность, для того чтобы потери на фильтрацию в грунтовые воды были незначи­тельны. Оросительные каналы должны иметь необходимые сбросы и нацело освобождаться от мертвых объемов воды.

Правильная эксплуатация сети играет крупную роль в преду­преждении поднятия уровня грунтовых вод и засоления почв. При правильной эксплуатации в систему не должно поступать воды больше, чем предусмотрено планом водопользования, так как увеличение водоподачи одновременно повышает потери воды на фильтрацию. Водораспределение на системе должно обеспе­чить наилучшие поливные режимы культур для создания высо­ких урожаев и осуществляться с наименьшими перебросками воды из канала в канал, что уменьшит потери на фильтрацию. Должен быть осуществлен весь комплекс технических мероприя­тий, обеспечивающих повышение коэффициента полезного дей­ствия системы, вплоть до применения в необходимых случаях специальных антифильтрационных одежд на каналах. Уменьше­ние потерь воды из сети па фильтрацию задерживает подъем уровня грунтовых вод и, следовательно, является мощным преду­предительным средством в борьбе с засолением почв.

Высокий агротехнический комплекс является во всех случаях обязательным в системе\* мероприятий по предупреждению засо­ления почв и борьбе с ним. Основными элементами этого ком­плекса, специфическими для почв, угрожаемых по засолению, являются следующие.

1. По возможности непрерывное содержание **ПОЛЯ** под культурами, что уменьшает испарение воды с поверхности почвы.
2. Посев на орошаемых землях в севообороте трав, мелиоратив­ное значение которых состоит в следующем: а) под травой создается прочная комковато-зернистая структура почвы, при которой капиллярные солевые токи крайне замедляются и, следовательно, засоление предотвращается даже при относительно близком за­легании уровня грунтовых вод; б) под травой испарение непо­средственно с поверхности почвы очень мало, что уменьшает энергию капиллярных солевых токов снизу; в) созданная тра­вой комковатая структура обеспечивает наилучшее развитие последующих культур севооборота, что уменьшает энергию капиллярных токов и, следовательно, предотвращает соленакоп- ление.

Наилучший мелиоративный и агрономический эффект обеспе­чивается травяной смесью, состоящей из бобового компонента (люцерна, клевер) и рыхлокустового злака, произрастающих на поле в течение 2—3 лет. Созданная за этот период времени структура почвы сохраняется в севообороте в течение 3—5 лет. Поэтому на площадях, угрожаемых по вторичному засолению, следует устанавливать по возможности укороченные севообороты с тем, чтобы структура почвы сохранялась до конца ротации и препятствовала соленакоплению.

1. Применение поливных норм, не превышающих дефицита предельной влагоемкости (П — ш) расчетного слоя почвы и, следовательно, не дающих стока в грунтовые воды.
2. Применение поливного режима (числа и сроков поливов), не допускающего вредного повышения концентрации солей в почве.
3. Систематическое и тщательное рыхление поверхности поля на парах и пропашных культурах, что уменьшает потери па испа­рение.
4. Применение правильной системы удобрения.

Все эти мероприятия, осуществляемые систематически, пре­пятствуют подъему уровня грунтовых вод, уменьшают энергию капиллярных токов солевых растворов и, следовательно, задер­живают или полностью приостанавливают процессы соленакоп- ления в корнеобитаемой толще почвы.

Во всех случаях, когда перечисленный комплекс мероприя­тий оказывается недостаточным для предупреждения соленакоп- ления в почве или когда почвы являются природными солонча­ками, возникает задача прямого удаления из них вредного из­бытка солей. Эта задача в основном решается методом промывок, сопровождаемых рядом других технических мероприятий.

Промывка засоленных почв

В ряде случаев земли, не очень сильно засоленные, могут быть использованы в своем естественном состоянии для посева наиболее солеустойчивых сельскохозяйственных культур, чаще всего кормовых, в частности трав (см. стр. 89). В усло­виях севооборота засоленные почвы должны быть приведены в такое состояние, при котором на них обеспечивается получение **высокртх** урожаев надлежащего качества всех культур севооборота. Для этого необходимо удалить вредный избыток солей из корне­обитаемой толщи почвы.

Удаление солей из почвы в прошлом пытались осуществить разными способами. Так, например, высказывалась мысль о том, чтобы выращивать на солончаках такие\* дикие солеустойчивые растения (различные солянки), которые поглощают в свои ткани относительно большие количества солей. При уборке этих ра­стений удалялись бы соли. Однако подсчеты и некоторые спе­циальные эксперименты показывают, что эта мысль нереальна: в лучших случаях для такой так называемой биологической мелио­рации засоленных земель потребовались бы десятилетия и сто­летия.

В некоторых местах\* иаприме\_р на Мургабе, в Фергане, в прошлом применялось механическое удаление солей. Этот прием дает некоторые практические результаты, однако, во-первых, он применим только в частных случаях, когда главная масса солей выцветает на поверхность почвы, а толща ее не засолена; во-вторых, этот прием требует систематических повторений; в-третьих, он мог осуществляться в индивидуальном хозяйстве на долях гектара и, конечно, непригоден для применения в кол­хозах и совхозах на крупных массивах.

Предлагался также метод смывания солей с поверхности почвы струей воды; .при проверка этот прием оказался мало эффективным, так как большая часть солевого раствора впиты­вается в почву, а не смывается.

Обычным методом удаления солей из почвы является ее про­мывка, при которой происходит растворение солей в воде и уда­ление солевого раствора через толщу почвы вниз. Промывка является приемом, широко распространенным в ирригационной практике, и при правильном ее осуществлении оказывается вполне эффективным методом мелиорации засоленных почв.

Промывку почвы от воднорастворимых солей нельзя рассма­тривать только как простой физический процесс выщелачивания, так как солевой раствор всегда одновременно химически реаги­рует с коллоидами почвы; следовательно, промыта представляет, собой процесс одновременно и физический и химический.

В тех случаях, когда промываются солончаки кальцевого или смешанного типа с преобладанием иона кальция, при хими­ческой реакции коллоиды почвы насыщаются преимущественно кальцием и свойства почвы оказываются вполне благоприятными в сельскохозяйственном и мелиоративном отношении; в этих случаях химическую реакцию можно как бы игнорировать и рассматривать промывку только как процесс физического выще­лачивания солей.

В случаях промывки солончаков натриевого типа в резуль­тате химической реакции коллоиды почвы оказываются насы­щенными в той или иной мере ионом натрия, почва приобретает крайне неблагоприятные так называемые солонцовые свойства; следовательно, промывка приводит к отрицательным результа­там. В этом случае должны быть применены специальные допол­нительные меры для устранения солонцовых свойств. Таким образом, нужно различать два принципиально различных типа промывок, а именно: 1) **промывку солончаков каль­циевого типа,** где весь процесс, с практической точкизрения, можно рассматривать как простое физическое выщела­чивание солей, и 2) **промывку солончаков натрие­вого типа,** где решающим моментом является химическая реакция насыщения коллоидов почвы ионом натрия, т. е. разви­тие солонцового процесса.

Метод промывок и необходимых сопутствующих мероприятий для натриевых солончаков будет описан ниже, в главе о солон­цах, сейчас же мы рассмотрим промывку лишь как общий процесс физического выщелачивания солей из почвы.

Основной задачей всякой промывки является удаление из расчетного слоя почвы (обычно верхних 80—100 см) вредного избытка воднорастворимых солей. Для правильного осуществле­ния этой задачи требуется решение двух следующих основных вопросов: 1) о величине необходимой и возможной по местным условиям промывной нормы и 2) об отводе из промываемой толщи почвы промывных вод.

Промывные нормы и условия их эффективности. Промывная норма должна удовлетворять двум требованиям: 1) быть доста­точной для переведения в раствор всех вредных солей расчетного слоя почвы и 2) вытеснить в нужной степени полученный соле­вой раствор за пределы расчетного слоя почвы. Так как вытесне­ние солевого раствора (сток его вниз) возможно только после того, как расчетный слой почвы приобретает влажность, соответ­ствующую предельной влагоемкости его /7, то представляется целесообразным выражать величину промывной нормы М в еди­ницах П. Соответственно этому общим выражением промывной нормы будет следующее:

М — П — т-\- пП,

где т — запас воды в расчетном слое почвы перед промывкой и п — коэффициент. Часть промывной нормы, соответствующая члену П — т (дефициту предельной влагоемкости), доводит почву до влажности, соответствующей ее предельной влагоемко­сти, и при этом, как общее правило, переводит весь запас легко­растворимых вредных солей почвы в раствор.

Это видно из следующего элементарного расчета: при порозности почвы 50% и предельной влагоемкости, соответствующей 60% порозности, запас воды в метровой толще почвы на площади 1 га выразится величиной:

**10000** **-50-60 100 • 1000**

**3000 м3.**

Растворимость главнейших солей показана в таблице 32.

Приняв среднюю растворимость натриевых и хлористых солей в почве в 35%, получим, что в 3000 м8 воды может раствориться 1050 т солей. Этот 1050 • 100 . ко/

запас соответствует —- = 7,5% солеи от веса почвы в среднем на

метровую толщу. Такие запасы солей встречаются лишь в редких случаях в злостных солончаках, в обычной же практике они составляют 0,5—3% и, следовательно, запаса воды в почве при предельной влагоемкости ее действи­тельно с избытком хватает для растворения солей.

**Таблица 32**

Растворимость солей в воде при различной температуре

(частей соли на 100 частей воды)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Соли** | **Температура (в град.)** | | | | | |
| **0** | **10** | **15** | **20** | **25** | **100** |
| **КаС1** | **35,9**  **44,84**  **12,16** |  |  |  |  | **39,5** |
| **N3^04 • 7Н20**  **Ка2304 • ЮН20** | **78,90**  **23,04** | **105,79**  **35,96** | **140,01**  **58,35** | **188,46**  **98,48** |

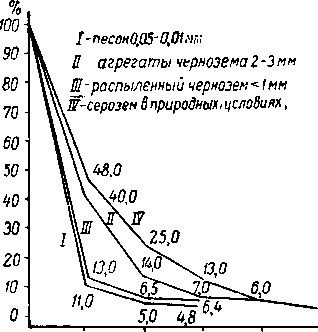
При норме воды, выражающейся членом П—т, полученный рас­твор весь остается в пределах расчетного слоя почвы, осущест­вляется лишь перераспределение солей внутри него. Это перерас­пределение выражается в том, что нижние горизонты расчетного слоя почвы обогащаются солями, а верхние частично освобождают­ся от солей. В ряде случаев слабого исходного засоления почвы это перераспределение может уже позволить приступить к возделыва­нию культур, однако, как общее правило, для осуществления про­мывки необходим дополнительный объем воды, который и выра­жается членом пП. Когда объем исходного солевого раствора соответствует величине предельной влагоемкости почвы, любой до­полнительный объем воды будет стекать за пределы расчетного слоя почвы и, следовательно, будет вытеснять исходный солевой раствор в объеме, пропорциональном п, но с различно изменен­ной концентрацией. Таким образом, коэффициент п может иметь любое положительное значение — как больше, так и меньше единицы.

Конкретное значение необходимой величины коэффициента п для каждого частного случая промывки зависит от многих пере­менных, из которых главнейшими являются следующие: 1) исход­ная концентрация солевого раствора в почве и необходимая сте­пень ее понижения; 2) механический состав и степень агрегатно- сти почвенной массы; 3) степень заполнения пор почвы солевым раствором при предельной влагоемкости; 4) скорость впитывания и фильтрации промывной воды и, наконец, 5) техника осуществле­ния промывки, которая в полевых условиях и при разных уров­нях грунтовых вод в высокой степени влияет на эффективность каждой данной величины п.

Для характеристики процесса вытеснения солевого раствора из почвен­ных (или вообще рыхлых) масс при разных значениях коэффициента п, приведем некоторые данные лабораторных и полевых опытов. Если взять песчаную колонну такой высоты, чтобы солевой раствор при предельной влагоемкости заполнял приблизительно все ее поры (высота колонны 10—20 см) и затем сверху приливать промывную воду небольшими пор­циями, соответствующими, например 0,1 пЛ, то каждая из этих порций будет вытеснять снизу колонки равновеликие объемы солевого раствора. При этом в первых промывках концентрация вытесняемого раствора будет точносоответствовать концентрации исходного почвенного раствора, следовательно, общее рассоление колонны будет строго пропорционально величине п и кон­центрации вытесняемого раствора, т. е. будет равно произведению пК} где п выражено в объемных единицах, а К в граммах на литр. Отсюда очевидно, что если в почвенной колонне после дачи части нормы, равной 77-т, распре­деление концентраций солевого раствора таково, что максимум их лежит внизу, то наибольшее количество солей будет вымываться первыми порциями промывной воды, а далее эффективность вымывания солей будет затухать.

Наоборот, в случае исходного распределения концентраций с максимумом вверху, первые порции промывной воды будут вымывать минимум солей, а дальше эффективность промывки будет возрастать. При исходном равно­мерном распределении концентраций и выщелачивание будет идти равномерно.

Но нашим опытам (Л. П. Розов и В. С. Буторова), количество выщелачи­ваемых солей измеряется произведением пК примерно до величин п =0,75,

а далее оно уменьшается. При п = 1 количество вытесняемых солей всегда меньше 100% исходного запаса, быв­шего в почве перед промывкой. Так, например, при промывке колонны тонкозернистого песка (зерно 0,05— 0,01 мм) порциями воды, соответ­ствующими каждая 1 п, нами полу­чена кривая выщелачивания, пока­занная на рисунке 35. Из кривой видно, что первая промывка вытес­нила из колонны лишь 89% исход­ного солевого запаса. Это явление закономерно, так как промывная вода вытесняет только свободный со­левой раствор, находящийся в порах почвы, тогда как пленочный солевой д(| раствор, окружающий каждую поч­венную частицу, уменьшает свою кон- <23 4 5 центрацию лишь частично, путем

*порядковый номер промывки* конвекции и диффузии.

\_ ог \_\_ г Этим объясняется, почему каж-

Рис. 35. Кривые выщелачивания СаС12 дая последующая промывная порция

водой. того же объема обессоливает колонну

все в меньшем и меньшем проценте от исходного количества солей перед каждой промывкой (55% и 4%). Таким образом, эффективность каждой промывки прямо зависит от исходной кон­центрации солевого раствора, заполняющего почву, и от величины суммар­ной поверхности почвенных частиц, т. е. от механического состава.

Необходимо, однако, иметь в виду, что охарактеризованная здесь зако­номерность уменьшающейся эффективности последовательных промывок имеет место только тогда, когда промывки следуют одна за другой через ин­тервалы времени в несколько часов, недостаточные для выравнивания кон­центраций между пленочным и свободным раствором; если же после каждой промывки будет происходить это выравнивание, то и относительная эффек­тивность всех их должна стать одинаковой.

В почвенной массе, обладающей агрегатностью, вытеснение солевого раствора из микропор агрегатов затруднено, и поэтому эффективность про­мывки понижена. Так, в опыте, аналогичном описанному, но с агрегатами чернозема диаметром 2—3 мм, получена кривая выщелачивания, также пока­занная на рисунке 35. Это задерживающее влияние агрегагности было отме­чено ранее в опытах Г. М. Меерсона. Дри разрушении агрегатов чернозема кривая выщелачивания получается близкой к кривой песка (кривая III).

В естественных почвенных колоннах, обладающих различной степенью агрегатности, различным сложением и строением, эффективность промывок может быть весьма различной. В опыте А. Т, Морозова (ВНИИГиМ) на дюно­лите высотой около 1,8 м сравнительно однородного орошавшегося серозема Голодной степи, коэффициент фильтрации которого составляет около 0,001 см/сек, промывной водой (при п = 1) вымыто около 90% хлоридов; дальнейшие промывки теми же нормами выщелачивали уже лишь по 5—10% хлоридов (рис. 30).

Когда солевой раствор перед промывкой заполняет только часть почвенных пор (что обычно имеет место в поле при глубоком залегании уровня грунтовых вод), эффективность промывок не- сколькр уменьшается.

Следовательно, в условиях свободного оттока промывных вод норма с коэффициентом п = 1 может выщелачивать от 50 до 90% исходного запаса солей; последующие порции промывной воды, обессоливающие главным образом пленочный раствор и раствор микропор, оказываются значительно менее эффективными. Их эффективность может быть повышена лишь при таких интервалах времени между промывками, которые достаточны для выравни­вания концентраций солей во всей массе почвенного раствора перед каждой промывкой.

Отдельные расчетные элементы, входящие в формулу промыв­ной нормы, определяются следующим образом.

Величину предельной влагоемкости П лучше взять по данным определений в поле. Если таких данных получить нельзя, то можно воспользоваться следующими средними величинами для различных почв Средней Азии (табл. 33).

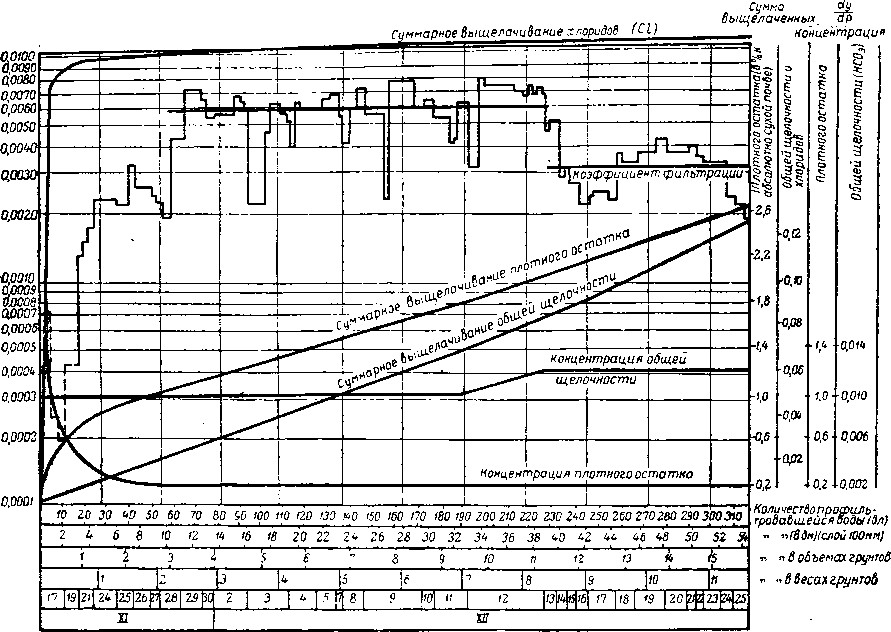
**Таблица 33**

Средние расчетные величины предельной влагоемкости (П)для почв Средней Азии **(в м3/га)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика ночи по механическому составу** | **Пород­ность в объемных процентах** | **Глубина** | **0,5 м** | **Глубина 0,75 м** | | **Глубина 1,0 м** | |
| **% запол­нении по- розности** | **Я '** | **% запол­нения по- розности** | **Я** | **% запол­нения по- розности** | **Я** |
| **Легкпс суглинки** |  |  |  |  |  |  |  |
| **и супеси** | **45** | **65** | **1460** | **62,5** | **2100** | **60** | **2700** |
| **Средние суглинки Тяжелые суглинки** |  |  |  |  |  |  |  |
| **50** | **70** | **1750** | **67,5** | **2530** | **65** | **3250** |
| **и глины** | **55** | **75** | **2060** | **72,5** | **2990** | **70** | **3850** |

Величину т также необходимо взять по данным полевых опре­делений. Если их нет, то в качестве среднеориентировочных можно принять следующие величины: 1) для полей, поступающих под промывку осенью после культуры при уровне грунтовых вод до 2,5 м, т — 0,5/7; 2) при грунтовых водах выше 2,5 м т может подняться до 0,5—0,7/7; 3) для перелогов и вообще неполивных зе­мель эта величина падает до 0,377.

Расчет промывной части нормы пП ведется следующим образом: установлено, что из колонны почвы, заполненной солевым раство­ром равномерной концентрации до полной влагоемкости, промывной



Ноэффициемтфильтрациц'Мсн/сек.)при і \*10°

Рис. 36. Кривые выщелачивания солей при промывке монолита

объем йоды, равный П (т. е. при п = 1), вытесняет от 60 до 900/о солей. Эффективность в 90% присуща пескам, эффективность около 60% свойственна агрегатным массам с зернами диаметром более 3—5 мм. В обычных сероземных суглинках эффективность объема воды, равного 77, чаще всего бывает около 80%.

Установив желаемую степень рассоления расчетного слоя почвы, можно определить, при каком исходном засолении про­мывная норма с коэффициентом п — 1 оказывается достаточной. Например, приняв, что рассоление по хлору должно быть до­ведено до 0,02% в среднем для расчетного слоя, определяем, что при эффективности в 60% нормой с коэффициентом п = 1 можно

промыть почву, засоленную до -**- ^** = 0,05% хлора; при

эффективности в 80% соответственно получаем -— =0,10%

и при эффективности в 90% =0,20%.

Обозначив допустимую остаточную после промывки величину засоления буквой а, эффективность выщелачивания солей при п = 1 (в % от исходного количества их в расчетной толще почвы) — е, находим, что величина исходного засоления почвы А, при которой промывная норма с коэффициентом п = 1 достаточна для заданной степени выщелачивания, в общем виде будет равна:

*А*

100а  
100 — \*

**%•**

Если исходное засоление меньше вычисленного (например, ниже 0,10% при 80% эффективности), то коэффициент п будет меньше 1.

Установлено, что для случаев, когда солевой раствор запол­няет почти всю порозность, вытеснение его при исходной кон­центрации, имеющейся в различных слоях промывной колонны, идет приблизительно до п = 0,75, в интервале величин п от 0,75 до 1 концентрация вытесняемого раствора в силу разбавления про­мывной водой падает, суммарное вытеснение становится равным эффективности при п = 1. При практических расчетах концент­рации вытесняемого раствора от гг = 0,75 до п = 1 молшо прини­мать изменяющимися прямолинейно от 100% до 1% эффективно­сти, принятой при **71** = **1.**

Пример. Исходное засоление А = 0,04% хлора; после подачи объема воды 77 — т концентрация хлора по всей толще почвы одинаковая; допустимое остаточное засоление а — 0,02%; нужно вымыть 0,04—0,02 = 0,02% хлора; требующаяся для этого вели­чина /г:

\*\* 0,04 0,02 А г

П 0,04 — и,й’

или в общем виде:

**А** — о

Этот расчет правилен до величины п =\* 0,75; в случаях, когда п получается больше 0,75, найденную величину следует умножить на 1,1 или 1,2.

В тех случаях, когда концентрация соли распределена в про­мываемой толще почвы неравномерно, коэффициент п будет отли­чаться от вычисленного по средней концентрации.

Так, при максимуме концентрации внизу и убывании ее кверху по прямой до нуля коэффициент п для рассмотренного примера уменьшается до 0,4; наоборот, при максимуме концентрации вверху и убывании книзу по прямой до нуля коэффициент п возрастает до 0,8.

В практике, как правило, расчет придется вести по средней концентрации.

Если исходное засоление больше вычисленного, например боль­ше 0,10 при 80% эффективности, то коэффициент п должен стать больше 1. Установлено, что после стекания первой порции промыв­ной воды в объеме 77, следующий такой же объем вытесняет не более 50% оставшегося количества солей; последующий объем около 40—50% остатка и т. д. по падающей кривой. Ввиду незна­чительности последних изменений, при практических расчетах можно принимать, что каждая последующая норма, равная 77, вытесняет 50% предшествующего остатка.

Пример. Исходное засоление 0,20% хлора; вымыть нужно 0,20—0,02 =0,18%. При эффективности в 80% и п = 1 вымывается **0** **20** • **80**

солей - .^г— = 0,16% и в почве останется 0,04%; вторая порция юи

воды, равная 77, вытеснит 50% остатка, т. е. = 0,02%

и в почве останется 0,02%, т. е. столько, сколько задано. Следо­вательно, в этом случае коэффициент п = 2. Промежуточные зна­чения п между целыми единицами определяются прямолинейной интерполяцией.

По изложенному методу построены кривые промывных норм на рисунке 37 для разных величин эффективности е и разных рас­четных величинах п.

Эффективность в 80% является достаточно большой, но дости­жимой в полевых условиях при высокой технике осуществления промывок; поэтому для первоначальных плановых расчетов, пока нет показателей, полученных непосредственно в поле, следует пользоваться этой величиной.

Эффективность в 90% может быть получена в поле лишь в от­дельных случаях, при особо благоприятных почвах и распределе­нии в них солей по вертикальному профилю. При несоблюдении необходимых технических условий промывок, эффективность, как правило, падает ниже 60%.

Расчетным слоем /г = 0,5 м следует пользоваться только тогда, когда не представляется возможным обеспечить отвод промывных вод, необходимых для промывки полного расчетного слоя Л = 1 м.

В полевой практике эффективность промывок оказывается обычно значительно меньшей, чем в лабораторных опытах. Так,

***м3/га***

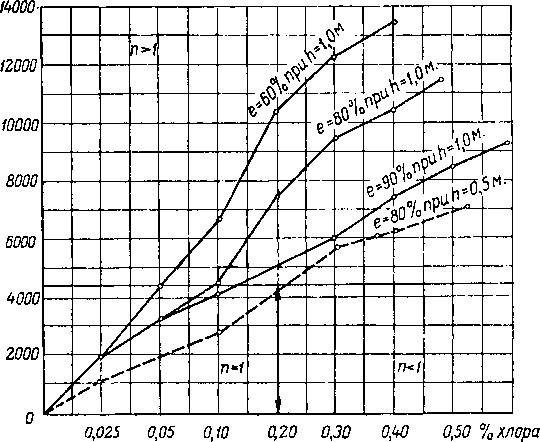


Рис. 37. График зависимости величины промывной нормы от степени засоления.

например, на Золотоординской опытной станции при расстоянии между дренами 265 м и при глубине дрен в 2 м промывная норма в 20 000 м3 дала следующий эффект (В. С. Малыгин):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Показатели** | **Плотный**  **остаток** |  | **С1'** |
| **Количество солей до промывки в %** | **2,040** | **0,868** | **0,266** |
| **» » после » »** | **1,058** | **0,544** | **0,046** |
| **Остаток солей (в** %) | **1 51,8**  **1 I** | **63,1**  **1** | **17,3** |

Примененная норма соответствует приблизительно величине коэффициента п = 5—6 и при этих условиях из почвы вымыто всего около 82% иона хлора. Автор констатирует, что промывки в поле, по сравнению с промывками на монолитах, оказались в дан­ных условиях в 6—8 раз менее эффективными.

Такая пониженная эффективность промывок в поле только от­части объясняется специфичностью полевых условий, в большей же части является прямым следствием технически неправильного осуществления промывок. В практике возможно и нужно полу­чать высокий промывной эффект при минимально необходимом коэффициенте п, но для этого обязательно выполнение ряда усло­вий, из которых главнейшими являются следующие.

1. Перед промывкой поле должно быть тщательным образом спланировано; иначе не может быть и речи об эффективной и равномерной промывке.
2. После планировки поле необходимо глубоко вспахать, хо­рошо пробороновать и затем тщательно выровнять малой, воло­кушей или легким катком. Эти работы обеспечивают равномерное затопление поля при промывке и относительно замедленную и рав­номерную фильтрацию промывной воды через толщу почвы, что значительно повышает эффективность выщелачивания солей.

В опыте В. С. Малыгина и И. С. Рабочева на Золотоордиыской опытной станции влияние подготовки поверхности поля сказалось следующим обра­зом при промывке нормой 4500 м3/га (табл. 34).

**Таблица 34**

Влияние характера подготовки поверхности поля к промывке на ее эффективность

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Содержание хлор-иона (в % на сухую почву)** | | | |
|  |  | **после промывки** | | |
| **Глубина (в см)** | **до про­мывки** | **целина** | **вспашка с пред­плужником на 28 см и бороно­вание** | **то же н дополни­тельно укатыва­ние катком** |
| **0—20** | **1,191** | **0,425** | **0,084** | **0,026** |
| **20-40** | **0,515** | **0,375** | **0,108** | **0,048** |
| **40—60** | **0,258** | **0,221** | **0,178** | **0,088** |
| **60—80** | **0,146** | **0,296** | **0,226** | **0,088** |
| **80-100** | **0,098** | **0,272** | **0,257** | **0,248** |
| **Среднее в метровом слое .** | **0,441** | **0,314** | **0,170** | **0,099** |
| **В % к исходному количеству . . .** | **100** | **71,3** | **38,6** | **23,0** |

Из этих цифр видно, что при правильной подготовке поверхности почвы эффективность промывки в поле приближается к эффективности промывки на монолитах.

например, из следующих цифр, полученных на Мургабе ВНИИГиМ (И. Ф. Музычук) при промывной норме 2400—2600 м3/га (табл. 35).

**Таблица 35**

Выщелачивание хлор-иона (в процентах от перво­начального содержания) при промывке

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Норма дана** | |
| **в один прием** | **в два приема** |
|  |
|  |
| **10—20** | **57,0** | **75,0** |
| **20—30** | **39,9** | **69,0** |
| **30—40** | **44,0** | **65,0** |
| **40—50** | **30,0** | **63,0** |
| **50—60** | **0,0** | **34,0** |
| **Среднее |** | **34,2** | **61,2** |

Дробная промывка, как это видно из таблицы, существенно увеличила как общий эффект, так и глубину выщелачивания.

1. Промывки наиболее целесообразно проводить в осенне- зимний период (ноябрь — январь). В это время потери воды с почвы на испарение минимальны, грунтовые воды стоят обычно наиболее глубоко, и к тому же усиливается эффект промывок под влиянием конденсации водяных паров в верхних почвенных гори­зонтах, а также за счет выпадающих атмосферных осадков. На­пример, на Мургабе в период от конца промывок зимой и до по­сева этот дополнительный промывной эффект за счет конденсации водяных паров и атмосферных осадков выражался в 15—20% от исходного содержания солей. Это видно из данных таблицы 36 (И. Ф Музычук, ВНИИГиМ).

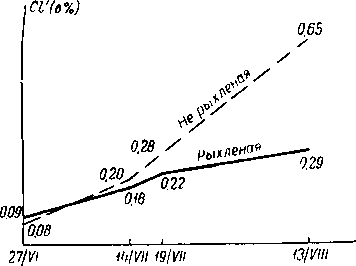
**Таблица Зв**

Выщелачивание хлор-иона (в процентах от первоначального содержания) в послепромывной период

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Горизонты (в см)** | **Делянка № 11, 1937 г. Промывная норма 2000—2200 м\*/га** | | **Делянка № 11, 1933 г. Промывная норма 2400—2600 м'/га** | |
| **после про­мывки** | **перед посе­вом, 29/ІІІ** | **после про­мывки** | **перед посе­вом, 6/IV** |
| **0—10** | **81,0** | **87,6** | **80,0** | **80,0** |
| **10—20** | **74,0** | **90,0** | **57,0** | **65,0** |
| **20—30** | **40,0** | **76,9** | **38,0** | **62,4** |
| **30—40** | **55,0** | **74,8** | **44,0** | **66,0** |
| **40—50** | — | — | **30,0** | **50,0** |
| **Среднее** для всего слоя | **62,5** | **82,1** | 49,8 | **64,6** |

Промывки в более ранние сроки, и особенно летом, нецелесо­образны потому, что в силу значительного испарения осущест­вляется быстрая реставрация засоления: поздние промывки,

в конце зимы и весной, часто могут задержать и ухудшить полевые работы.



**Рис. 38. Влияние рыхления поверх­ности поля на передвижение солей (иона хлора) вверх.**

1. После проведения про­мывных поливов необходимо создать условия, препят­ствующие восстановлению ка­пиллярных солевых токов, и обеспечить наилучшую раз­делку почвы для получения высокого урожая. Эти задачи решаются немедленным после поспевания поверхности поля боронованием и последую­щим, по мере поспевания почвы, углублением рыхлого слоя чизелем. Значение рых­ления поля показано на рисунке 38 (данные Лопато по Валуй- ской мелиоративной станции).
2. Наилучшим местом для проведения промывки в севообороте является поле, поступающее под траву (люцерна или травяная смесь). Промывной эффект в этом случае не только закрепляется, но при высокой агротехнике и правильном поливном режиме может быть усилен (табл. 37, Голодная степь, К. К. Лийдеман).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина дренажа (в см)** | **Горизонты (в см)** | **Общее количество солей (в %)** | | | |
| **до промывки, октябрь 1916 г.** | **после про­мывки, октябрь 1917 г.** | **первый год жизни люцерны, март 1918 г.** | **второй год**  **ЖИЗНИ ‘**  **люцерны, ноябрь 1919 г.** |
|  | **0—10** | **7,58** | **0,56** | **0,42** | **0,07** |
| **7Г:** | **20—30** | **1,58** | **0,21** | **0,13** | **0,07** |
| **/ О** | **60—70** | **0,82** | **0,46** | **0,25** | **0,91** |
|  | **90—100** | **0,71** | **1,37** | **1,29** | **1,33** |

**Таблица 37**

Изменение содержания солей в почве под влиянием промывки

В тех случаях, когда поле почему-либо промыто недостаточно, сеять люцерну не рекомендуется, так как в молодом возрасте она очень чувствительна к солям, плохо развивается и не дает над­лежащего мелиоративного и хозяйственного эффекта. Нецелесо­образно сеять люцерну также сразу после крупных планировок, которые могут повести к существенным деформациям поверхности почвы после поливов. В обоих случаях поле следует занять подго­товительной культурой, например ячменем, после чего дополни­тельно промыть его и выровнять и затем уже занять многолетней травой.

1. Необходимо создать свободный сток промывной воды или в глубокие грунтовые воды, или в грунтовой поток, или, наконец, в дренаж такой эффективности, при которой уровень грунтовых вод после промывки будет стоять к началу весенних полевых работ не выше 1,1—1,8 м от поверхности земли. В случаях отсутствия надлежащего оттока промывная вода застаивается в промывной толще, испаряется, в результате чего быстро возобновляется за­соление, эффект промывки понижается или полностью исчезает.

Соблюдая перечисленные выше восемь основных условий, можно обеспечить высокий промывной эффект при экономных про­мывных нормах с незначительной величиной коэффициента п.

В практике при всех условиях нужно добиваться осущест­вления промывок минимально необходимыми нормами, так как это облегчает рациональное решение второго основного вопроса про­мывок — вопроса об отводе промывных вод.

Отвод промывных вод. Промывной эффект для заданной рас­четной толщи почвы может быть значительным лишь тогда, когда часть промывной нормы пП будет отведена за пределы этой рас­четной толщи. Этот отвод, как уже было сказано, может быть осу­ществлен или в нижележащие слои почвы и в грунтовые воды, или же в дренажные сооружения. Соответственно этому следует разли­чать два типа промывок: а) тип промывок без дренажа и б) тип пре- мывок с дренажем.

Расчет промывных норм и организация промывок в этих двух случаях существенно различны, и потому их следует рассматри­вать раздельно.

**Промывки в условиях отсутствия дрена-** ж а. Промывная часть нормы пП, поступая из расчетной промыв­ной толщи почвы в нижележащие горизонты, увлажняет их до со­стояния предельной влагоемкости и затем стекает в грунтовые воды. В практике чаще всего имеет место случай, когда горизонты почвы, лежащие ниже расчетного, уже перед промывкой увлажнены до состояния предельной влагоемкости или имеют незначительный дефицит предельной влагоемкости. Поэтому в качестве водопри­емника для промывных вод мы ниже рассмотрим только грунтовые воды.

Если промывная вода (солевой раствор) достигает уровня грун­товых вод, она поднимает его. Величина этого подъема, а также период времени, в течение которого новый уровень грунтовых вод будет существовать, зависят от конкретных гидрогеологиче­ских условий данного места. Эти условия могут быть представлены следующими основными типами:

1. грунтовые воды залегают в галечниках или песках и имеют хорошо выраженный боковой отток;
2. грунтовые воды представляют собой бессточный грунтовый бассейн;
3. промежуточный тип, характеризующийся грунтовыми во­дами в суглинистых или тонких песках, имеющими незначительный отток. Ниже мы будем иметь в виду только первый и второй случаи.

В случае первом промывные воды, поступая в грунтовый по­ток, уносятся вместе с солями за пределы промываемой территории, и таким образом осуществляется ее общее рассоление. Уровень грунтовых вод бывает здесь поднят только кратковременно и воз­вращается после промывки к своему исходному положению соот­ветственно расходу грунтового потока. Этот случай отвода про­мывных вод является наиболее простым и благоприятным, но он встречается редко в мелиоративной практике.

Чрезвычайно широко распространены и потому очень важны случаи, когда грунтовые воды под засоленными площадями практически бессточны. Здесь задача эффективной промывки и отвода промывных вод становится весьма сложной и требует к себе внимательного отношения. Основные специфические черты про­мывок в этих условиях заключаются в следующем: 1) всякое коли­чество промывной воды, достигшее уровня грунтовых вод, устой­чиво поднимает их уровень пропорционально профильтровав­шемуся объему. По наблюдениям бригады ВНИИГиМ на Мургабе, слой профильтровавшейся воды А поднимает уровень грунтовых вод на величину Ну которая для почв легкого механического состава больше А в 6,7 раза, для почв среднего механического состава в 7,1 и для почв тяжелого механического состава в 8,3 раза (Му-

зычук), т. е. д- = г колеблется в среднем от 6,7 до 8,3. Это значит,

что, например, слой воды в 10 см (1000 м3/га) поднимает уровень грунтовых вод на 67—83 см; 2) под засоленными орошаемыми терри­ториями уровень грунтовых вод лежит обычно не глубже 2—4 м от поверхности земли, в силу чего промывная норма становится здесь неизбежно очень ограниченной по своему объему; 3) при промывке в бессточные грунтовые воды соли из промываемого слоя почвы только перераспределяются вниз, но общий солевой баланс всей почвенной толщи остается неизменным; соответ­ственно этому источник для возможной реставрации засоления сохраняется.

В этих условиях при проведении промывок создается следую­щее трудное положение: 1) если соблюдать обязательное требо­вание, чтобы грунтовые воды после промывки не затопляли дли­тельно корнеобитаемую зону, то промывная норма оказывается столь малой, что ее часто не хватает для надлежащего выщелачи­вания солей.

Так, если принять исходный уровень грунтовых вод перед промывкой в 3 м, уровень после промывки в 1,3 м, то объем промывной воды пП для

3 Q 13

глинистой почвы определится, как **\* 6--л \* ■ = 0,205** м = **2050** м3/га; при

0,0

**величине** П **для метрового расчетного слоя в 3500 м3 коэффициент** п **становится меньше 0,6. Эта величина может быть достаточна для промывки лишь в част­ных случаях слабого начального засоления;**

1. если применить в этих условиях промывную норму боль­шего объема, наиболее часто требующуюся на средне- и сильноза­соленных почвах, с коэффициентом п порядка 1—2, то грунтовые воды затопят в той или иной степени корнеобитаемую зону, усло­вия для агротехнических мероприятий и произрастания растений станут неблагоприятными, капиллярный подъем из грунтовых вод будет очень энергичным, быстро реализуется реставрация за­соления и промывка практически окажется неэффективной.

Так, в вышеприведенном примере, при пП — 3500 м8/га, грунтовые воды поднимутся с глубины 3 м до 0,1 м (0,35 х 8,3 = 2,9 м), т. е. практически до поверхности земли.

Следовательно, в обоих случаях решение задачи эффективной промывки при близких и бессточных грунтовых водах оказалось бы практически неудовлетворительным.

Мелиоративная наука и сельскохозяйственная практика в про­шлом нашли решение этой противоречивой задачи путем: 1) зна­чительного уменьшения коэффициента земельного использования (к. з. и.) при повышенных промывных нормах и 2) строительства дренажных сооружений, предназначенных для отвода промывных вод и понижения уровня грунтовых вод.

Значение уменьшенного к. з. и. заключается в следующем: если на засоленной территории с близким уровнем грунтовых вод промывать не всю площадь, а только ее часть, то под этой частью в результате промывки возникает повышенный бугор их грунтовых вод, окруженный более низко расположенным зерка­лом этих вод непромываемых площадей. После окончания прс- мывки этот бугор неизбежно начнет растекаться в стороны, пони­жаться и, следовательно, солевые растворы в некоторой части бу­дут перемещаться на непромываемые территории. Таким образом, здесь искусственно создадутся условия как бы отточных грунто­вых вод. Очевидно, что чем относительно меньше промываемая территория и больше периметр растекания, а также чем значи­тельнее промывная норма, тем больше солей будет вытесняться на окружающую территорию. Повторяя этот прием промывки каждый год или иногда через 2—3 года, в ряде случаев удается создать более или менее устойчивые лоскуты пашен, разбросанные среди неорошаемых перелогов, превратившихся в солончаки.

В других случаях, после нескольких лет хозяйствования, избыток воды и реставрация засоления все же душили культуру, и население бросало участок, перекочевывало на новое место с бо­лее глубокими грунтовыми водами и вновь в течение нескольких лет вело использование засоленных земель тем же методом. В ре­зультате возникало то, что получило наименование «бродячего» орошаемого земледелия. Совершенно очевидно, что «бродячее» земледелие осуществлялось на очень низком агротехническом уровне, хищнически, и это приводило к еще большему росту за­соленных площадей.

Этот тип промывок и ведения хозяйства был широко распро­странен, в частности, в хлопковой зоне Средней Азии и Закав­казья (Средняя и Нижняя Аму-Дарья, Бухара, Кура-Аракеинская низменность и др.). Коэффициент земельного использования выражался здесь часто величиной 20—30% и не превышал 50—60%.

В условиях социалистической реконструкции сельского хозяй­ства такое положение не могло быть терпимым. В связи с этим возникли предложения о рационализации метода чересполосных промывок путем более правильного и целесообразного размещения орошаемых площадей среди сухих перелогов, в соответствии с ме­стными почвенно-гидрогеологическими условиями. Несомненно, что этим путем возможно в некоторых случаях улучшение состоя­ния орошаемых площадей и повышение к. з. и. Однако необходимо учитывать, что самый принцип чересполосного земледелия нахо­дится в непримиримом противоречии с основными задачами орга­низации передового колхозного и совхозного хозяйства, и потому этот путь мелиорации не мог быть принят.

В последние годы бригада почвенно-мелиоративной лабора­тории ВНИИГиМ подвергла специальному изучению данные про­мывки в условиях близких грунтовых вод и отсутствия дренажа в дельте р. Мургаба, с целью нахождения таких приемов эффек­тивного их проведения, которые соответствовали бы условиям крупного социалистического хозяйства.

Полученные результаты сводятся к следующему.

В условиях Мургаба (и в большей части других орошаемых районов) грунтовые воды имеют следующий средний цикл годовых колебаний своего уровня:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Месяцы** | | | | | | | | | | | |
|  | **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** | **VI** | **VII** | **VIII** | **IX** | **X** | **XI** | **XII** |
| **Глубина грунтовых** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **вод от поверхности (в м)** | **2,7** | **2,3** | **2,0** | **1,75** | **1,6** | **1,7** | **1,9** | **2,3** | **2,6** | **2,8** | **2,9** | **2,9** |

Наиболее глубокое стояние грунтовых вод наблюдается в пе­риод с октября по январь; наиболее высокое — в мае. Положение грунтовых вод в течение летнего периода достаточно близко к по­верхности земли, и потому капиллярные солевые токи в ряде слу­чаев проникают в корнеобитаемые горизонты почвы и засоляют их. При этих условиях обычные беспорядочные и избыточные промывки еще более поднимают уровень грунтовых вод и способ­ствуют росту засоленных площадей. Поэтому необходимо было найти такую форму промывок, при которой можно было бы полу­чать достаточный промывной эффект, не вызывая одновременно ухудшения режима грунтовых вод.

Оказалось, что если осуществлять промывку в период низкого стояния уровня грунтовых вод (зимой) и промывную норму рас­считывать таким образом, чтобы она поднимала этот уровень не выше его весеннего максимума, то дальнейший режим грунтовых вод остается для данных условий прежним. Вообще же это поло­жение требует специального гидрологического анализа и дальней­шей проверки в различных условиях.

Расчет промывной нормы ведется в этих условиях следующим образом: если перед промывкой уровень грунтовых вод Н лежит на глубине 2,9 м, весенний максимум к =1,6 м, то допустимый подъем составит 1,3 м. Этот

1 3

подъем на легких почвах осуществляется объемом воды 10000^2000 м3/га,

о, /

1 3

а на тяжелых почвах 10 000 я» 1600 м3/га, что и дает значение члена пП. Прибавив сюда дефицит предельной влагоемкости П — т, получаем полную промывную дюрму. Следовательно, в этом случае общая формула промывной нормы приобретает такой вид:

М = П — т-\- 10 000 м3/га.

Для дельты р. Мургаба величины, получаемые при этом типе расчета, пока­заны в таблицах 38 и 39.

**Таблица 38**

Предельная влагоемкость П и дефицит П—т (в м3/га) перед промывкой расчетного слоя 0—80 см при разных глубинах залегания уровня грунтовых

вод Н

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Почвы** | **Уровень грунтовых вод перед промывкой (в м)** | | | | | |
| **1,5** | | **1,75** | | **2,0 и больше** | |
| **Я** | **Я —** т | **я** | **Я —** т | **Я** | **Я —** т |
| **Легкие** | **1900** | **800** | **1900** | **900** | **1900** | **1000** |
| **Средние** | **2 400** | **700** | **2100** | **900** | **2100** | **1100** |
| **Тяжелые** | **3000** | **600** | **2 900** | **900** | **2 800** | **1200** |

**Таблица 39**

Величины промывных норм (в м3/га), определенные по амплитуде

грунтовых вод

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Амплитуда (в м)** | **Промывная норма (в м\*/га)** | **Коэффициент п для** | | **почв** |
| **легких** | **средних** | **тяжелых** |
| **0,50** | **2 000** | **0,63—0,52** | **0,54-0,43** | **0,47—0,28** |
| **0,70** | **2 200** | **0,74—0,63** | **0,62—0,52** | **0,53—0,34** |
| **0,90** | **2 500** | **0,90—0,79** | **0,75—0,67** | **0,63—0,46** |
| **1,10** | **2 800** | **1,05-0,95** | **0,87—0,81** | **0,73—0,57** |
| **1,30** | **3 000** | **1,16—1,05** | **0,96—0,90** | **0,80—0,64** |
| **1,50** | **3 300** | **1,32—1,21** | **1,08—1,05** | **0,90—0,75** |
| **1,70** | **3 600** | **1,47—1,37** | **1,21—1,19** | **1,00—0,86** |

В таблице бблыние значения коэффициента и каждой строки относятся к случаям залегания уровня грунтовых вод на глубине 1,5 м, а меньшие — 2 м и больше.

Из таблицы видно, что Коэффициент П уменьшается от легкий почв к тяжелым, следовательно, при каждой данной норме про­мывной эффект уменьшается в том же направлении. Как выше указано, промывные нормы, рассчитанные по амплитуде гидро­графа, не ухудшают гидрологического режима ни промываемого поля, ни соседних территорий. Однако, как видно из таблицы, эти нормы невелики по абсолютным размерам (особенно для перелогов, где амплитуда вообще мала) и потому на всех полях средних и особенно сильных степеней засоления и на почвах тяжелого меха­нического состава темпы выщелачивания солей будут медленными и, следовательно, мелиорация может растянуться на ряд лет. Поэтому было необходимо найти для тех же условий метод увели­чения ежегодной промывной нормы. Он был найден в варианте расчета промывной нормы по «потолку спелости» данной почвы. «Потолком спелости» мы назвали такой наивысший уровень грун­товых вод после промывки, при котором поспевание промытой почвы наступает в нормальные сроки и, следовательно, весенние полевые работы, а тем более сев осуществляются без опозданий.

По наблюдениям на Мургабе, величины «потолка спелости» опре­делились для разных почв в следующих пределах (И. Ф. Музычук):

для почв легкого механического состава **1,10—1,30** м

» » среднего » **» 1,30—1,60** »

» » тяжелого » »  **1,60—1,80** »

Эти величины следует уточнять по районам на основе местных наблюдений.

В тех случаях, когда уровень грунтовых вод, соответствую­щий «потолку спелости», лежит выше весеннего максимума, оче­видно, что расчетная амплитуда грунтовых вод и соответственно промывная норма становится большей. Расчет промывной нормы в этом случае производится полностью по предыдущему.

Промывную норму по «потолку спелости» следует считать мак­симально допустимой для данных условий, а практическое при­менение ее возможно только на сильнозасоленных частях поля, но не на сплошных больших массивах. Это ограничение опреде­ляется тем, что после промывки по «потолку спелости» поле всту­пает в весенне-летний период с повышенным уровнем грунтовых вод и, следовательно, с облегченной возможностью капиллярного соленакопления в корнеобитаемой зоне почвы. В условиях Мурга- ба, при проведении промывок на 20—30% севооборотной площади и размере отдельных промываемых массивов до 15—20 га, прямыми наблюдениями установлено, что повышенные промывкой уровни грунтовых вод под хлопчатником быстро срабатываются и уровень их приходит в большинстве случаев к нормальному состоянию. Соленакопление в этот период может быть полностью парализо­вано высокой агротехникой. В отдельных случаях отмечалось оста­точное повышение грунтовых вод на 10—15 см; здесь промывная норма должна быть пропорционально снижена. Этот контроль за

уровнем грунтовых вод должен осуществляться при всех промыв­ках.

Величины промывных норм, рассчитанных по «потолку спелости» для разных почв Мургаба, приводятся в таблице 40.

**Таблица 40**

Промывные нормы по «потолку спелости» (в м3/га) для слоя 80 см

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина**  **грунтовых** |  | **Почвы по механическому составу** | | | |  |
| **легкие** | | **средние** | | **тяжелые** | |
| **вод (в м)** | м | **п** | м | **п** | **1** м | **п** |
| **1,25** | **600** |  |  |  |  |  |
| **1,50** | **1 200** | **0,21** | **900** | **0,10** | — | — |
| **1,75** | **1800** | **0,47** | **1 500** | **0,29** | **1 100** | **0,10** |
| **2,00** | **2 300** | **0,70** | **2 100** | **0,48** | **1600** | **0,14** |
| **2,25** | **2 700** | **0,90** | **2 500** | **0,67** | **2 000** | **0,29** |
| **2,50** | **3100** | **1,10** | **2 800** | **0,81** | **2 300** | **0,40** |
| **2,75** | **3 500** | **1,30** | **3 200** | **1,00** | **2 700** | **0,54** |
| **3,00** | **3 800** | **1,50** | **3 500** | **1,14** | **2 900** | **0,61** |
| **3,25** | **4 200** | **1,70** | **3 900** | **1,33** | **3 300** | **0,75** |
| **3,50** | **4 600** | **1,90** | **4 200** | **1,48** | **3 500** | **0,82** |

Для перелогов, в силу большего дефицита предельной влагоемкости (П — га), эти нормы могут быть увеличены на 600—800 м3/га.

Все приведенные расчеты величин промывных норм сделаны в предположении отсутствия оттока грунтовых вод с промываемой территории. В случае наличия оттока (естественный дренаж) про­мывные нормы могут быть при необходимости повышены на ве­личину расхода грунтового потока за время от начала промывок до весенних полевых работ, когда уровень грунтовых вод должен быть не выше, чем при расчете но «потолку спелости».

В заключение следует еще раз подчеркнуть четыре следующих положения;

1. при всякой организации промывок необходимо выполнение приведенных выше восьми условий, которые обеспечивают макси­мальную эффективность каждой промывной нормы;
2. так как для средне- и сильнозасоленных почв расчетные про­мывные нормы часто оказываются недостаточными, то полная мелиорация требует применения промывок в течение ряда лет; в силу этого промывной эффект каждого года должен быть закреп­лен высокой агротехникой и правильным поливным режимом в течение вегетации;
3. для повышения эффективности каждой промывной нормы особенно большое значение имеют все мероприятия эксплуатаци­онного и агротехнического характера, направленные на пониже­ние уровня грунтовых вод;
4. при проведении широких хозяйственных промывок особенно необходим тщательный круглогодовой контроль за уровнем грун­товой воды на всей территории.

Описанный здесь метод промыбок **ё** сочетании со всеми другими элементами системы мероприятий (севооборот, организация терри­тории, эксплуатация и агротехника), примененный бригадой ВНИИГиМ в колхозе «Искра» Марыйского района и области в те­чение трех лет, позволил существенно улучшить земельный фонд этого колхоза и повысить урожайность сельскохозяйственных культур (табл. 41).

**Таблица 41**

Сокращение засоленных площадей и повышение урожайности в колхозе

«Искра»

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Годы** |  | **Площадь земель (в** | | **%)** | **Урожай хлопчатника (в ц/га)** |
| **незасоленных** | **среднезасо­**  **ленных** | **сильнозасо­**  **ленных** | **солончаков** |
| **1937** | **34,6** | **46,8** | **7,3** | **7,4** | **11,5** |
| **1938** | **54,8** | **28,6** | **14,2** | **1,2** | **19,5** |
| **1939** |  |  |  |  | **25,9** |

Во всех случаях, когда по хозяйственным соображениям тре­буется промыть засоленные почвы быстро, а нужные для этого промывные нормы превышают рассчитываемую по предыдущему емкость почвенной толщи, оказывается необходимым построить дренажные сооружения, которые отводили бы с промываемой тер­ритории промывные воды и понижали уровень грунтовых вод.

**Промывки при наличии дренажа.** При наличии дре­нажа промывные нормы могут даваться в полном объеме, соответ­ствующем потребной степени выщелачивания солей. С точки зрения почвенно-мелиоративной и сельскохозяйственной эффективности можно различать следующие типы дренажа.

Мелкий горизонтальный дренаж закладывается обычно на глубину 0,8—1,2 м, в среднем около 1 м. Расстояния между дренами варьируют, в зависимости от коэффициента фильтрации почвы, от 10 до 40 м, редко больше. Поле разбивается таким образом на небольшие промывные площадки, что позволяет довольно легко, быстро и равномерно промыть площадь от солей [[14]](#footnote-14). Однако при этой форме дренажа грунтовые воды про­должают оставаться на очень высоком уровне, и потому здесь возможна так называемая реставрация засоления за счет капилляр­ных токов из грунтовой воды. Темпы этого процесса можно иллю­стрировать следующими данными Голодностепской опытной стан­ции (табл. 42, К. К. Лийдеман).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Горизонты (в см)** | **До промывки 1917 г.** | **Апрель 1919 г. После промывки, произведен­ной в 1918 г.** | **Декабрь 1919 г.** |
| **0—10** | **6,786** | **0,237** | **5,359** |
| **20—30** | **1,634** | — | **1,242** |
| **50—60** | **0,462** | — | **0,921** |
| **90—100** | **0,430** | — | **0,652** |

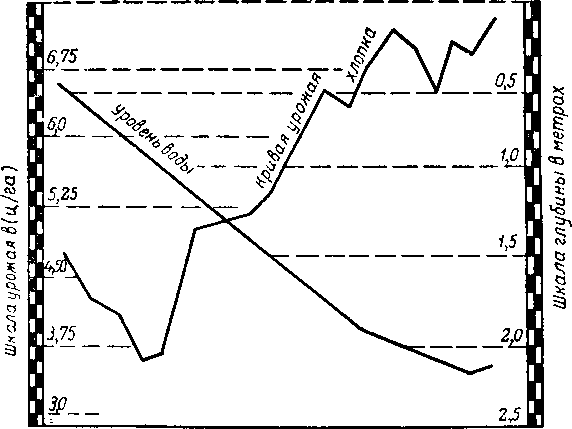
**Таблица 42**

Изменение содержания солей в почве (в процентах) (Голодностепская

опытная станция)

Из этих цифр видно, что в случае, когда грунтовые воды лежат не глубоко и поле не используется нормально, практически полное восстановление засоления происходит очень быстро. Поэтому при такой форме дренажа предупреждение и борьба с реставрацией

***50*** О



**Рис. 39. Кривая урожая хлопка в Египте в зависимости от уровня грунтовых вод (по Феррару).**

засоления является главнейшей задачей. Она решается осущест­влением высокой агротехники, посева трав, а также проведением по мере надобности промывок.

Значение в этих условиях культуры люцерны и рыхления почвы показано выше, в таблице 41 и на рисунке 38.

Таким образом, эффективность мелкого дренажа следует счи­тать недостаточно устойчивой. Кроме того, необходимо иметь

в виду, что высокий уровень грунтовых вод вообще вредно влияет на развитие многих культур. Для хлопчатника зависимость урожая от уровня грунтовых вод показана на рисунке 39 (Египет, по Фер- Р\*ФУ).

Глубокий горизонтальный дренаж закладывается на глубину 2—3 м с расстояниями между дренами от 100 до 600 м. Такой дренаж имеет существенное преимущество перед мелким, так как при правильной работе может обеспечить уровень грунтовой воды на значительно большей глубине. Тем не менее он в ряде случаев не исключает полностью явлений реставра­ции засоления, но напряженность процесса здесь ослаблена.

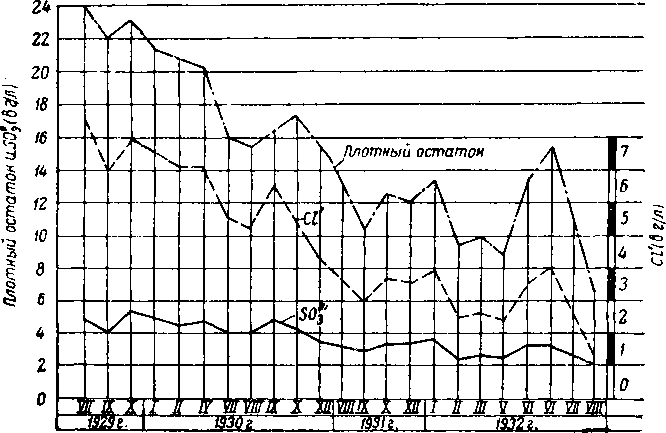


Рис. 40. Изменение минерализации (в г/л) дренажной воды по собирателю

№ 5 с 1929 по 1932 г.

При редком дренаже промывки нужно начинать с середины мс- ждудренья, чтобы обеспечить равномерное удаление солей по всему междудреныо.

В СССР такого типа опытные дренажи работают в Средней Азии (в Голодной степи и в Фергане), а также в Закавказье (Джа- фархан). Эффективность этих дренажей чрезвычайно высокая: бесплодные солончаковые площади после одного сезона промывок нормами от 10 до 20 тыс. м3 на 1 га дают при правильной агротех­нике устойчивые урожаи хлопка от 20 до 40 ц/га. Очень важно, что при правильной эксплуатации дренированных площадей ми­нерализация грунтовых вод систематически понижается и таким образом ослабляется самый источник возможной реставрации за­соления почв (В. С. Малыгин, рис. 40).

В настоящее время этот тип дренирования открытыми дренами внедряется в практику в Закавказье, Фергане и Голодной степи. Особенно широко и продуктивно пользуются открытой дренажной (так называемой заурной) сетью передовики сельского хозяйства Ферганы.

Вертикальный, или калифорнийский, дренаж состоит в сле­дующем: на поле делается буровая скважина глубиной 20—80 м, а иногда больше, проникающая в основной горизонт грунтовых вод. При откачке из скважины воды насосом кругом скважины создается депрессионная воронка, т. е. достигается необходимое понижение уровня грунтовой воды по отношению к поверх­ности земли. Этот вид регулирования уровня грунтовых вод впервые был применен в Калифорнии, почему и получил свое название.

Вертикальный дренаж должен быть признан лучшим из су­ществующих, но он применим лишь в таких гидрогеологических условиях, когда водоносный горизонт обладает достаточной водо­отдачей, а выше него нет тяжелых глинистых водонепроницаемых слоев. Преимущества этого вида дренажа заключаются в следующем: произвольное регулирование уровня грунтовых вод достигается изменением мощности откачивающих насосов, варьированием времени их работы в течение года и, наконец, густотой расположе­ния самих колодцев. Все это вместе взятое создаст эластичность дренажной системы, позволяющую приспосабливать ее к местным условиям в самом процессе эксплуатации.

. В подходящих условиях один колодец обслуживает от 1 до 4 км2 (100—400 га). Если в каком-либо месте такая сетка колодцев оказывается редкой, можно оборудовать дополнительную сква­жину, и наоборот, в ряде случаев скважина после некоторого пе­риода работы становится ненужной, и тогда все ее оборудование пе­реносится в другое место. Скважины оборудуются обычно электро­насосами, что сводит к минимуму эксплуатационные расходы.

Извлекаемая из скважин вода используется различно, в за­висимости от ее химического состава. При малой степени минера­лизации она полностью или частично поступает в ирригационные каналы и служит дополнительным источником орошения. При сильной минерализации она сбрасывается в водоотводящую сеть.

Иногда откачиваемые воды богаты кальциевыми солями; такие воды для промывки солончаков имеют даже преимущество перед обычными мягкими ирригационными водами.

П. Фагелером, на основании наблюдений в Египте, была вы­сказана мысль о возможности промывок засоленных верхних горизонтов почвы током воды не сверху вниз, а, наоборот, снизу вверх.

Совершенно независимо от П. Фагелера В. С. Малыгиным вы­двинута техническая схема «дренажа дыбом», т. е. промывок солончаков снизу вверх. Суть этой схемы заключается в следую­щем: если в почву на глубину 1—2 м давать под напором промывную

воду, то она будет распространяться в стороны и вверх, вы­ступая на поверхность почвы; при таком движении воды соли будут растворяться и также выноситься на поверхность, откуда они могут быть удалены через поверхностную сбросную сеть. Гидравлически такая схема возможна (Н. В. Макридин). Пре­имущества этого метода промывки заключаются в следующем: 1) соли не перемещаются в нижние горизонты почвы, а полностью удаляются с поля; 2) промывка может быть осуществлена мень­шими объемами воды; 3) после промывки остается пресная подушка грунтовых вод, что затрудняет реставрацию засоления; 4) при гип- соносности нижних горизонтов почвы промывка будет осущест­вляться гипсовым раствором, что полностью исключает возмож­ность развития вредного солонцового процесса.

В силу изложенного выдвинутая идея заслуживает широкой экспериментальной разработки.

Поглотительная способность почв й ее виды

Поглотительной способностью почвы вообще называют способ­ность ее прочно удерживать в себе различные вещества, приходя­щие с ней в соприкосновение.

Поглотительная способность проявляется в отношении твер­дых веществ (дисперсных систем всякого рода), водных растворов солей в целом, отдельных ионов, катионов и анионов и, наконец, в отношении газов.

Соответственно этому разнообразию явления, акад. К. К. Гед- ройц различает пять следующих типов поглощения: 1) физико­химическое, или обменное; 2) механическое; 3) физическое; 4) хи­мическое и 5) биологическое.

Обменная, или физико-химическая, поглотительная способность.

Явление поглощения этого типа состоит в реакции обмена ионов внешней диссоциированной обкладки коллоидной частицы на ионы растворенной соли, приходящей в соприкосновение с этой коллоид­ной частицей. Этот обмен совершается эквивалентно, как в обыч­ных химических реакциях.

В последнее время установлено наличие в почвах контактного обмена ионов без участия растворения (Пенни и др.).

Если коллоид заряжен отрицательно и, следовательно, во внешней обкладке его находятся в диссоциированном состоянии катионы, то реакция с солью осуществляется между катионами. Например, если коллоид почвы насыщен кальцием и на него дей­ствует раствор поваренной соли, то реакция обмена протекает по следующей схеме:

(Почва) Са + 2^С1 ^ (Почва) 2^\* + СаС12.

Эта схема показывает, что катион натрия поглощается почвой, а катион кальция вытесняется в раствор в эквивалентном коли­честве.

Если коллоид заражен положительно и, следовательно, во внешней обкладке его находятся анионы, то обмен по аналогичной схеме происходит между анионами.

В почвах разных типов имеются коллоиды как отрицательно, так и положительно заряженные и, следовательно, обменная способность почв может проявляться как в отношении катионов, так и анионов. В настоящее время наибольшее практическое мелио­ративное значение имеет катионный обмен, почему ниже дается характеристика только этой части явлений поглощения и вытес­нения.

**Поглощающий комплекс почвы.** Обменная поглотительная способность наиболее ярко выражена у частиц почвы, обладающих коллоидными размерами. Однако фактически значительной поглотительной способностью обладают все почвен­ные фракции мельче 0,001 мм (ил почвы); поэтому всей этой части почвенной массы присваивается наименование «поглощающего, или коллоидного, комплекса» почвы.

Поглощающий комплекс слагается из минеральных частиц и органического вещества — гумуса почвы. Следовательно, чем мельче (глинистеє) механический состав почвы и чем она богаче гумусом, тем больше у этой почвы ее поглощающий комплекс. Минеральная часть поглощающего комплекса состоит в основном из трех групп минералов: а) группы каолинита, б) группы монт­мориллонита и в) группы слюд. Органическая часть поглощающего комплекса представлена в основном ранее названными кислотами гумуса.

Условия образования поглощающего комплекса почвы оха­рактеризованы в главе I о выветривании и гумусообразовании.

Явления поглощения (обмена) катионов определяются ацито- идной (кислотной) частью поглощающего комплекса; базоидные (основные) коллоидные частицы (типа Я203), ввиду их амфолито- идности (т. е. способности выступать и в качестве оснований и в ка­честве кислот с разным знаком электрического заряда), могут поглощать как катионы, так и анионы. Количество ацитоидов и ба- зоидов в минеральной части поглощающего комплекса приближен-

8Юо

но характеризуется отношением тгп в илистои части почвы.

Н2О3

Замечено, что чем шире это отношение (больше ЭЮ2), тем большей поглотительной способностью (большей емкостью поглощения) в отношении катионов обладает данная почва.

**Поглощенные, или обменные,\* катионы.** Катионы поглощающего комплекса, способные к обменным ре­акциям, носят наименование «поглощенных», или «обменных», катионов.

Поглощающий комплекс почвы может быть насыщен искус­ственно любым катионом, для чего достаточно обработать почву рас­твором соответствующей соли. Однако в природных почвах обычно присутствуют всего четыре катиона: Са‘\ М^‘, и Н\*. Кроме 1гого, невидимому, йсеРда имеется небольшое количество кати­она К\*, периодически может находиться в поглощенном состоя­нии катион N11\*4 и спорным остается вопрос о поглощенных АГ\* и Ге\*\*‘.

Поглощающий комплекс природных почв может быть насыщен по преимуществу каким-либо одним из названных катионов или несколькими из них. Чаще всего встречаются следующие комби­нации катионов: Са’\* + М^\*— в почвах степного типа почво­образования, Н’ + Са \* + М^\* — в почвах подзолистого, болот­ного и латеритного типов почвообразования и Ка’ -Ь Са\* + Мд’\* — в почвах солонцового типа почвообразования.

Конкретный состав поглощенных катионов в данной почве зависит от условий почвообразования, т. е. генезиса этой почвы, и непосредственно определяется составом солей почвенного рас­твора, который циркулирует в почвенной толще. Когда на поч­венную массу действует смесь растворенных солей с разными ка­тионами, то отдельные катионы поглощаются коллоидной массой соответственно индивидуальной энергии поглощения каждого катиона и соответственно абсолютной и удельной концентрации этих катионов.

Индивидуальная энергия поглощения катионов в основном выражается следующим так называемым лиотропным рядом, рас­положенным в возрастающем порядке:

**Ы\*<Ка\*<К\*< 1ЧН4\*<М^\*<Са\*<Н\* < АГ\*<**Ре'\*\*.

Эта закономерность иллюстрируется данными К. К. Гедройца, приводимыми в таблице 43.

**Таблица 43**

Энергия поглощения почвой катионов различного атомного веса

и валентности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование солей** | **Вытеснено бария (В %)** | **Атомный вес катиона** | **Валентность катиона** |
| **LiCl** | **0,522** | **7** | **1** |
| **NH4C1** | **0,886** | **18** | **1** |
| **NaCl** | **0,625** | **23** | **1** |
| **KCl** | **0,935** | **39** | **1** |
| **MgClj** | **1,058** | **24** | **2** |
| **CaCl2** | **1,400** | **40** | **2** |
| **A1C1,** | **2,291** | **27** | **3** |
| **FeClj** | **2,492** | **56** | **3** |

Из этой таблицы видно, что энергия поглощения тем выше, чем больше валентность катиона, а в пределах катионов одинаковой валентности анергия тем больше, чем больше атомный вес катйона и чем меньше его гидратация.

Необходимо, однако, иметь в виду, что энергия поглощения катионов может значительно изменяться в зависимости от абсо­лютной и удельной концентрации, а также от соотношения катио­нов в действующем растворе, что иллюстрируется следующими данными, полученными в почвенно-мелиоративной лаборатории ВНИИГиМ (Т. А. Лобанова) (табл. 44).

**Таблица 44**

Энергия поглощения натрия при различной концентрации раствора и раз-  
личном соотношении катионов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№**  **опыта** | **В м.** | **-энв.** | **Отношение Са : N8** | **Поглотилось натрия при концентрации раствора** | | | | | | | |
| **Са почвы** | **&а раствора** | **1,0ЛГ** | | **0,5 /V** | | **о,ш** | | **0,05** N | |
| **в м.-экв.** | **в % от емкости поглощения** | **в м.-экв.** | **в % от емкости поглощения** | **в м.-экв.** | **в % от емкости поглощения** | **в м.-экв.** | **в % от емкости поглощения** |
| **1** | **2** | **400** | **1 : 200** | **29,73** | **81,5** | **25,90** | **70,7** |  |  |  |  |
| **2** | **2** | **200** | **1 : 100** | **27,37** | **72,2** | **25,18** | **69,0** | **21,53** | **59,0** | **19,70** | **53,9** |
| **3** | **2** | **100** | **1 : 50** | **24,45** | **67,0** | **22,08** | **60,5** | **18,97** | **51,7** | **16,24** | **44,5** |
| **4** | **2** | **80** | **1 : 40** | **23,36** | **64,0** | **21,16** | **58,0** | **16,86** | **46,2** | **15,14** | **41,5** |
| **5** | **2** | **50** | **1 : 25** | **20,98** | **57,8** | **18,97** | **52,0** | **15,50** | **42,5** | **13,32** | **36,5** |
| **6** | **2** | **40** | **1 : 20** | **19,71** | **54,2** | **18,06** | **49,5** | **14,95** | **41,0** | **12,23** | **33,5** |
| **7** | **2** | **20** | **1 : 10** | **16,42** | **45,4** | **15,69** | **43,0** | **12,59** | **34,5** | **10,40** | **28,5** |
| **8** | **2** | **10** | **1 : 5** |  | **—** | **13,32** | **36,5** | **10,40** | **28,5** | **8,21** | **22,5** |
| **9** | **2** | **4** | **1 : 2** | — | — | — | **--** | **8,57** | **23,5** | **5,84** | **16,0** |
| **10** | **2** | **2** | **1 : 1** | — | — |  |  | **5,84** | **16,0** | **4,93** | **13,5** |
| **11** | **2** | **1** | **1 : 05** | **■** | 4**—** | —. |  | **—** | **•—** | **3,83** | **10,5** |

Из этой таблицы видно, во-первых, что чем больше в растворе катиона, тем больше его внедряется в поглощающий комплекс; во-вторых, при одном и том же абсолютном количестве иона в растворе в момент равновесия коли­чество поглощенного N8 тем меньше, чем меньше его концентрация. Так, при отношении Са : N3 — 1 : 100 в 1,0А растворе поглотилось 75,2% от емкости, тогда как в 0,05А растворе только 53,9%. Таким образом, при уменьшении концентрации энергия уменьшается, а энергия Са” увеличивается. Пови- димому, это объясняется разными условиями диссоциации кальциевых и натриевых солей.

Р. Шахтшабель (8с11асЫяс11аЬе1) отмечает, что относительная энергия поглощения катионов меняется в разных минералах. Это видно из следую­щих примеров:

1Монтмориллонит. . . 1л\* < Иа' < К‘ < Н\* < 1\%” < Са” < Ва”

Каолин 1л' < Иа\* < Н\* < К\* < Mg^ ==Ва”

Мусковин 1л\* < Иа\* < < Са" < К\* < Ва” < Н\*

Полевой шпат . . . . Ы\* < < N8\* < Са” < Ва” < К\* < Н\*

Причина различий может лежать, по автору, в неодинаковой плотности укладки кристаллических пакетов минерала и в разном радиусе поглощен­ных ионов.

В вышеприведенном лиотропном ряду особое место занимает ион Н‘; несмотря на то что этот ион одновалентный и с атомным весом около единицы, он обладает энергией поглощения близкой или даже большей, чем энергия двухвалентных катионов.

Так, в опыте К. К. Гедройца по вытеснению бария различными раство­рами получены следующие результаты.

Эквивалентные растворы солей . . . N301 СаС12 НС1

Вытеснено бария (в %) 0,041 0,165 0,706

В опытах Аарнио прибавка иона Н\* понизила поглощение N11\*4 на 45— 50%, Мд“ на 13—16 и ^\* на 12%.

Ион водорода показал себя более сильным реагентом, чем двухвалентные катионы.

Факт особо повышенной энергии поглощения иона водорода имеет чрезвычайно большое практическое значение в почвоведе­нии потому, что в почвах почти никогда не бывает больших коли­честв свободных минеральных кислот, которые могли бы обеспе­чить высокую концентрацию иона водорода в почвенном растворе и, следовательно, внедрение его в почвенный поглощающий комп­лекс. Вместе с тем малые концентрации иона водорода всегда имеют место в почве за счет диссоциации воды плюс углекислота и сла­бых органических кислот. Обладая исключительно высокой энер­гией поглощения, ион водорода даже в малых концентрациях ста­новится конкурентом с другими катионами (главным образом с Са-- и **Мд--)** и таким образом внедряется в почву. Этим и объяс­няется его широкое распространение в почвах северных и южных тропических широт, где концентрация в почвенном растворе каль­ция и магния обычно низка. Почвы, в составе поглощенных катио­нов которых находятся только Са“, Мд\* и Ка\*, называются почва­ми, «насыщенными основаниями», а те, в которых присутствует, кроме того, поглощенный ион водорода, называются почвами «не насыщенными основаниями».

**Емкость поглощения почв.** Всю сумму катионов почвы, способных к обмену, называют ее емкостью поглощения. Это свойство почвы выражается или в весовых процентах суммы отдельных катионов, приведенных к кальцию, или же, что теперь более принято, в миллиэквивалентах.

Например, если в почве аналитически определено поглощенного Са’ 0,25%, Мд“ 0,15 и Ка‘ 0,10%, то емкость в процентах, приведенных к каль­цию, выразится следующим образом: 0,15% Мд” эквивалентно 0,15 ~

= 0,24 Са“; 0,10% Ыа’ эквивалентно 0,10

**20,035**

**23,0**

**: 0,087 Са“; следовательно,**

емкость поглощения почвы равна 0,25 Н- 0,24 Н- 0,087 = 0,577%.

Емкость в миллиэквивалентах выразится следующим образом: 0,25%

Са" = 0,25 гда""12,41 0,15% М&" = 0,15 ТЩ=12,2 и 0,10% Ка’=

= 0,10 - = 4,2; отсюда емкость почвы равна 12,4 + 12,2 + 4,2 = 28,8.

лО,1)

Величина емкости, определенная аналитически в нейтральной среде, является для каждого вида почвы характерной и более или менее постоянной. В зависимости от механического состава почвы, минералогического характера ила и степени гумусности (т. е. от количества и качества поглощающего комплекса), емкость разных почв варьирует примерно от 5 до 60 м.-экв.

Емкость поглощения отдельных минералов коллоидного комплекса почв различна. Так, по Р. Шахтшабелю она следующая: каолин 7,8 м.-экв. на 100 г, монтмориллонит 80—100, мусковит 38,3, иотит 32,6 и полевой шпат 38,7 м.-экв.

Емкость поглощения гумуса почвы обычно больше емкости минеральной части. Так, по Гиссинку, для голландских почв фракция 0,016 мм обладает емкостью 1,1 г СаО на 100 г, тогда как емкость 100 г органического вещества равна 5 г СаО. А. А. Соколовский отмечает, что в некоторых черноземах до 67% емкости поглощения падает на органическое вещество.

При изменении реакции среды (величины **pH),** особенно при обработке почв щелочами, емкость почв может существенно изме­няться.

Знак pH обозначает логарифм концентрации в растворе водородного иона, но с обратным знаком, например: pH =2 обозначает, что в растворе находится 0,01 (10~2) г водородного иона в литре,

**рН=3** — в растворе 0,001 (10~3) г/л pH = 4 — » » 0,0001 (10-4) г/л

pH = 7 — » » 0,000001 (10~7) г/л

В чистой дистиллированной воде концентрации диссоциированпых ионов Н\* и ОН' одинаковы и равны каждая 10-7 г/л. Так как в разбавленном рас­творе произведение концентраций диссоциированных ионов, отнесенное к концентрации недиссоциированного соединения, есть величина постоянная,

то имеем **[н** = К, или [Н-] х [ОН'] = К [Н20].

**[Н20]**

Принимая концентрацию Н20 по сравнению с концентрацией диссоции­рованных ионов абсолютно подавляющей и постоянной (А), имеем: [Н‘] х [ОН'] = КА, или 10~7 X 10-7 = 10-14, т. е. произведение концентра­ций ионов Н\* и ОН' при данной температуре есть величина постоянная.

Так как при равенстве концентраций ионов Н\* и ОН' реакция раствора нейтральна, то, следовательно, величина pH = 7 обозначает нейтральную реакцию; все величины меньше 7 обозначают преобладание иона Н\* и, следо­вательно, реакцию кислую (например, при pH = 3 концентрация иона ОН' равна 10“11); величины pH больше 7 обозначают преобладание иона ОН' и, следовательно, реакцию щелочную (например, при pH = 12 концентрация иона ОН' равна 10“2 г/л).

Величина pH называется актуальной, или действующей, активной кислотностью; кроме того, в почвах различают кислотность обменную, опре­деляющуюся количеством поглощенного иона водорода, вытесняемого нейт­ральной солью, и кислотность «гидролитическую», характеризующуюся количеством иона водорода, прочно связанного, вытесняемого только солями гидролитически щелочными (например, уксуснокислым натрием).

По исследованиям Д. А. Аскинази, А. А. Роде, К. К. Гедрой- ца, Б. Аарнио и **др.,** северные подзолистые почвы при обработке их Са(НС03)2, СаС03, Ка2С03 могут устойчиво увеличивать свою ем­кость поглощения на 15—130 и даже 367%. Для каштановых почв, по нашим наблюдениям, эти изменения оказались незначитель­ными.

**Количественные закономерности обме­на катионов.** Уэй (1850—1855 гг.), а затем К. К. Гедройц (1912—1932 гг.) с полной определенностью установили, что обмен катионов коллоидного комплекса и почвенного раствора в нейтраль­ной среде совершается в эквивалентных количествах, как и во всякой химической реакции взаимного обмена. В дальнейшем это положение неоднократно подвергалось сомнению, но последними работами Альтена и Курмис, Меллера, а также И. Н. Антипова- Каратаева справедливость его может считаться окончательно установленной.

К. К. Гедройцем, а затем и целым рядом других исследователей установлено также, что размер эквивалентного обмена различ­ных катионов зависит от их валентности и атомного веса (чем больше валентность и атомный вес катиона, тем больше его энергия внедрения и связи с коллоидным комплексом).

Экспериментально доказано, что с повышением в растворе кон­центрации катиона поглощение его почвой возрастает, но не про­порционально увеличению концентрации.

Если на почву действовать одним и тем же абсолютным коли­чеством катиона, но в растворах различных концентраций, то величина поглощения почвой этого катиона может быть раз­личной.

При обработке почвы раствором, содержащим разные катионы (например, Na, Mg’, Са” **идр.),** поглощение почвой каждого из них будет осуществляться соответственно валентности и атомному весу каждого из них, но одновременно и соответственно количе­ственному соотношению этих катионов в растворе, а также кон­центрации этого раствора.

Таковы главнейшие общие закономерности катионного обмена, качественно достаточно доказанные экспериментально. Однако до последнего времени количественное выражение их не поддавалось сколько-нибудь строгой формулировке. Причина этого заключа­лась в недостаточной ясности самого процесса обмена катионов:

1. состав и строение коллоидного комплекса почвы был недоста­точно известен; 2) самый механизм поглощения катионов рассмат­ривался различными исследователями с различных точек зрения: то как процесс физической, неполярной адсорбции [[15]](#footnote-15) (Либих, Вигнер, 1913 **г.),** то как процесс адсорбции химической, полярной (Уэй, Ганс, 1913), то, наконец, как некоторое своеобразное физико­химическое явление (К. К. Гедройц и **др.).**

В связи с этим некоторые исследователи пытались для коли­чественной характеристики явлений поглощения почвой катионов

кз растворов разных концентраций использовать эмйиричбсйоб уравнение изотермы адсорбции [[16]](#footnote-16) Фрейндлиха следующего вида:

1

т=кс»,

где Т — количество адсорбированного вещества;

С — концентрация раствора;

К — некоторая константа.

Показатель степени — в случаях адсорбции из растворов колеб­лется для разных веществ от 0,1 до **0,5.**

Формула П. Г. Фрейндлиха выражается параболой и главным ее недостатком является то, что она дает непрерывное возрастание величины адсорбции (Т) при повышении концентрации раствора (С), не указывая на существование обязательного для каждого адсорбента предела адсорбции (Т

Несмотря на этот принципиальный недостаток, изотерма Фрейн­длиха тем не менее достаточно хорошо согласуется с эксперимен­тальными данными во всех тех случаях, когда величины факти­ческой адсорбции (Т) далеки от предела насыщения (Т). То же самое оказалось в отношении поглощения катионов (полярной ад­сорбции) коллоидами почвы: первые этапы поглощения, далекие от насыщения всей поглотительной емкости почвы, часто доста­точно хорошо характеризуются уравнением Фрейндлиха.

**Уравнения неполярной адсорбции.** В 1918 г. Лангмюр разработал рациональное уравнение неполярной адсорб­ции, имеющее следующий вид:

с

*Т=Тоо*

с + к*9* или

*Tqo~T* С = К (Const).

Это уравнение гиперболы, из которого следует, что при кон­центрации раствора С -> Т^ адсорбция Т также стремится к пре­делу адсорбционного насыщения Т0с.

Если адсорбируемая частица насыщает на поверхности адсор­бента не одно активное место, а п активных мест (или, что то же

самое, одно активное место адсорбента насыщается-- частью части­цы вещества), то концентрация этих частиц входит в уравнение

Лангмюра в степени ~п , т. е. для этих случаев уравнение принимает вид

т

*со*

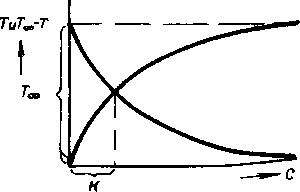
— т т

*Сп=К19*

где Кг=Ук.

Применительно к адсорбции разновалентных ионов это пра­вило следует понимать таким образом, что для одновалентных ионов С входит в формулу в первой степени, для двухвалентных в степени 72, для трехвалентных в степени х/з и т\* Д\*

Константы уравнения Лангмюра К и Т^ могут быть найдены графически следующим образом (Е. Н. Гапон, рис. 41): на оси

абсцисс откладываются значения С, а на оси ординат значения Т Т. При С -> оо будем

**И і со — иметь** Т **~**

**Рис. 41. Графическое изображе­ние уравнения Лангмюра.**

т. е. вся емкость адсорбции насыщена; при СО будем иметь Т ~ 0, т. е. адсорб­ции нет. Таким образом, подни­мающаяся кривая соответствует значениям Ту а падающая кривая значениям Гоо — Т. Кривые пере­секаются при значении Г = 0,5 Тоо. Из точки пересечения опускается перпендикуляр на ось абсцисс; значение абсциссы представляет величину константы К. Следо­вательно, константа К численно равна равновесной концентра­ции, при которой насыщенной оказывается половина емкости адсорбента.

Значение Т0о можно найти графически после придания уравне­нию Лангмюра формы уравнения прямой линии:

JL

**\_1\_** Т **:**

Т т Ф п •

Это уравнение показывает, что величина, обратная количеству адсорбированного вещества, есть линейная функция от величины, обратной концентрации.

Графическое построение делается следующим образом: на оси  
1 1

абсцисс откладывается , а на оси ординат Получается пря­мая линия (рис. 42).

1 11

При значении С — оо или = 0 имеем^ . Иначе говоря,

О *11^*

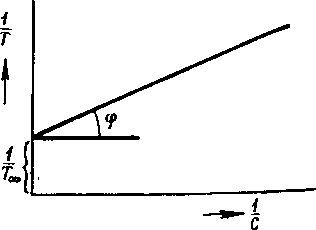
величина отрезка по оси ординат от значения 0 до пересечения ординаты с прямой линией представляет величину, обратную мак­симальной адсорбции. По этой же диаграмме можно определить

константу К, так как tgcp = **—хотя** ее лучше определять по

*\* со*

рисунку 41, при условии, что Too определяется по рисунку 42.

В отношении обмена катионов в почвах (полярная адсорбция) уравнение Лангмюра должно давать лучшие результаты по срав­нению с уравнением Фрейндлиха, однако принципиально и оно неприменимо к данному типу явлений, поскольку в уравнение входит лишь одна концентрация адсорбируемого вещества, тогда как при обменных реакциях мы имеем дело по крайней мере с двумя концентрациями при обмене двух ионов.



**Рис. 42. Графическое изображение обратных величин уравнения Ланг­мюра.**

**Закон действия масс.**

В настоящее время большинство исследователей изыскивает пути приложения к обменным реак­циям в почвах классического «закона действия масс», устано­вленного в 1867 г. норвежскими учеными Гульдбергом и Bore.

Этот закон гласит, что при хими­ческом равновесии отношение произведения концентрации реа­гирующих веществ к произведе­нию концентраций, получаю­щихся в результате реакции веществ, есть величина постоянная;

например, для реакции типа А + С +D имеем ^ == К (Const).

Закон действия масс кинетически выводится следующим образом (И. А. Каблуков).

Положим, что реакция протекает по уравнению:

*Л + В^±С + D.*

Для осуществления реакции между Ли В необходимо, чтобы молекулы этих тел сталкивались между собой.

Очевидно, что число этих столкновений пропорционально концентрации как тела А, так и тела В, т. е. пропорционально произведению их концентра­ций ЛВ. При любых данных условиях не каждое столкновение влечет за собой реакцию, а лишь некоторая определенная часть их, пропорциональная коэф­фициенту к; следовательно, количество веществ, превратившихся в единицу времени (или скорость реакции V) определится выражением к • ЛВ, где Ли В — число молей в литре, а к — постоянная для каждой реакции вели­чина, называемая коэффициентом скорости. Аналогично для обратной реакции между С и D имеем Vx —kv CD. При установившемся равновесии, очевид­но, V=Vlt т. е. к • ЛВ = к± • CD, откуда имеем = -- = #, где К—

константа (постоянная) равновесия, равная отношению скоростей реакций, идущих в противоположных направлениях.

Если вещества вступают в реакцию в количестве не одной молекулы, а нескольких, т. е. реакция имеет вид пА + mB^txC + yD> то уравнение закона действующих масс приобретает вид:

*ЛпВт \_h\_*

*CxDy*

[Ре304] X [Н

[Бе]3 X [Н20]4

**(Б. Н. Меньшуткин).**

В реакциях обмена ионов разных валентностей один моль одновалентного иона замещается моля иона двухвалентного, \*/з моля трехвалентного и т. д.; поэтому в уравнение закона действующих масс для этого типа реак­ций молярные концентрации многовалентных ионов входят в степенях, обратных их валентностям, т. е., например, концентрации ионов Са” и Мд-\* — в степени 1/2, ионов Ее\*“ и АГ\* — в степени 1/я и т. д. Валентность элемента принимается в каждом частном случае та, которая обозначена в принятой стехиометрической формуле.

Уравнение закона действующих масс в изложенной здесь простейшей форме оказывается вполне справедливым для идеальных газов и для растворов электролитов при бесконечном их разбавлении. В реальных газах и растворах имеет место только частичная диссоциация молекул вещества, поэтому ско­рость реакции, (и, следовательно, величина константы К) определяется не только молярной концентрацией реагирующих веществ, но и степенью их диссоциации. Поэтому К (постоянная равновесия) постоянно только для бесконечно разбавленных растворов, но не строго постоянно при любой конечной концентрации (Льюис и Рендалл).

В соответствии с этим для растворов любых концентраций в формули­ровку закона действующих масс дополнительно вводится понятие об «актив­ности» ионов (Льюис).

Активность ионов (а) характеризует их подвижность и определяется различными методами: по давлению пара растворителя, по электродвижущей силе, по точкам замерзания и другими методами. Только в очень разбавлен­ных растворах активность может быть приравнена молярности.

Средняя геометрическая активность ионов а\_ь = (а\_|\_~|-а \_) 2 , деленная на молярность электролита т, названа коэффициентом активности \*у\ или термодинамической степенью диссоциации.

**Примечание.** Для солей любого состава общее выражение коэф­фициента активности имеет следующий вид:

г=

т **(Г^+-Г^~)у**

где У+ и V\_ — числа положительных и отрицательных ионов, возникающих при диссоциации; V — суммарное число тех же ионов. Например, в растворе хлорида бария (ВаС12) очень малой молярности

\_1\_

имеем а\_ — т а\_ = 2т и сц\_ = \(т) **(2т)2]** 3 .

Значения коэффициента активности для некоторых солей приводятся в таблицах 45 и 46 и на рисунке 43 (Лыоис и Рендалл).

**Таблица 45**

Коэффициент активности для различных молярностей электролита (т)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Соли** | **Молярность электролита** (т) | | | | | | |
| **0,000** | **0,0002** | **0,0005** | **0,001** | **0,002** | **0,005** | **0,01** |
| **КС1, N301** | **0,993** | **0,990** | **0,984** | **0,977** | **0,967** | **0,946** | **0,922** |
| **к3бо4** | **0,935** | **0,917** | **0,885** | **0,853** | **0,814** | **0,749** | **0,687** |
| **НаБ04** | **0,932** | **0,910** | **0,871** | **0,831** | **0,782** | **0,696** | **0,617** |
| **ВаС12** | **0,939** | **0,923** | **0,894** | **0,866** | **0,830** | **0,771** | **0,716** |

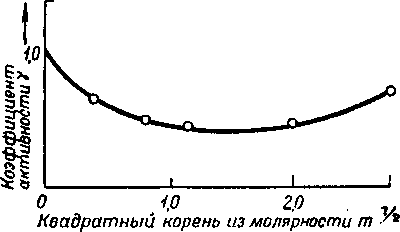
Коэффициенты активности (У) КаС1 при молярности **(т)**в пределах 0,01—5,2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| т | **0,01** | **0,02** | **0,05** | **0,1** | **0,2** | **0,5** | **1,0** | **2,0** | **3,0** | **4,0** | **5,0** | **5,2** |
| **7** | **0,922** | **0,892** | **0,842** | **0,798** | **0,752** | **0,689** | **0,650** | **0,661** | **0,704** | **0,765** | **0,852** | **0,874** |

**Таблица 46**

Из таблицы 46 и рисунка 43 видно, что У имеет минимальное значение при т — 1, а дальше возрастает.

Для смесей электролитов изменение у подчиняется следующим законо­мерностям (Льюис и Рендалл): 1) в любом разбавленном растворе смеси силь­ных электролитов одинако­вого валентного типа коэф­фициент активности каждого электролита зависит только от общей концентрации. Это правило должно рассматри­ваться как предельный за­кон, справедливый только при бесконечном разведе­нии; 2) в разбавленных рас­творах коэффициент ак­тивности данного сильного электролита одинаков для всех растворов одной и той же ионной силы.



**Рис. 43. Коэффициент активности ИаСИ в вод- ных растворах при 25°С.**

Ионная сила раствора р. определяется следующим образом: стехиометрическая молярность каждого иона умножается на квадрат его валентности и сумма этих величин делится на два, т. е.

|Х = ~ (т\* • 4-тя ■ VI),

где тк и та — молярности катиона и аниона;

Fk и Fa — соответствующие валентности.

image50Например, для 0,01 КС1 имеем

К+ = 0,01 • I2 = 0,01 С1- = 0,01 . I2 - 0,01

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Сумма. . .** | **. . . . 0,02** |
| **р = °# = 0,01** |  |  |
| **Для 0,01 имеем** | **= 0,01 • 80“- = 0,01 •** | N5 Ю м ю  **II II**  О О О О |
| **°>08** П Л/  **Р = —2~ = 0,04** | **Сумма ....** | **. . .0,08** |
| **Для 0,01 ВаС12 имеем** | **Ва++ = 0,01 2С1 = 0,02** | * **22 = 0,04** * **I2 = 0,02** |
|  | **Сумма . . .** | **. . . . 0,06** |

В настоящее время различными исследователями делаются попытки проверить приложимость закона действующих масс (з. д. м.) к явлениям обмена катионов в почвах. При этом уравне­ние з. д. м. применяется или в его первоначальном виде, без введения коэффициента активности, или же с введением его.

Экспериментальные исследования приложимости закона дей­ствующих масс с учетом коэффициента активности осуществлены в 1939 г. Т. Ф. Антиповой-Каратаевой и И. Н. Антиповым-Кара­таевым. При постановке своих опытов они исходили из следующих положений. Для обменной реакции типа:

(Почва) хК' Ка' ^ (Почва) #Ка -|- К’ уравнение з. д. м. составляется следующим образом:

^ *ск* ?к

\*N3 ^N3 ^N3’

где хк и %га — количества поглощенных катионов калия и натрия;

Ск и С^а — равновесные концентрации тех же ионов;

Тк Тка — их активности; К — константа равновесия.

Если применяемые для вытеснения поглощенных катионов растворы обладают постоянной ионной силой и в них меняется только отношение ионов Ка : К, то по второму правилу Льюиса можно принять, что коэффициенты активности этих ионов оста­ются одинаковыми; следовательно, постоянное их отношение мо­жет быть отнесено к константе К. Таким образом, для этих условий

Я?тг Стг

можно считать — == Кл ^—.

\*Ка 1 СКа

В соответствии с изложенными положениями, для опытов вы­теснения поглощенных катионов были приготовлены растворы различной ионной силы смеси солей: СаС12 + МдС12, КаС1 + СаС12 и, наконец, СаС12 + ]\^С12 + ^С1.

Для опытов взят воронежский чернозем с емкостью поглощения 51 м.-экв., насыщенный полностью кальцием или магнием. Техника выполнения экспериментов была следующая: к ряду навесок по 5 или 10 г прибавлялось 20-кратное по объему количество раствора смеси соответствующих солей, и после трехсуточного настаивания при периодических взбалтываниях в фильтратах определялась равновесная концентрация обоих катионов и иона хлора.

Обмен катиона кальция на магний и обратно был исследован при ионных силах в 0,03 и 0,15, при соотношениях MgФ9: Са\* от 95 : 5 до 20 : 80. Из этих опытов оказалось возможным сделать следующие выводы: 1) обмен кальция на магний и обратно осуще­ствляется в строго эквивалентных отношениях и вполне обратим;

1. константа равновесия Км%, сз оказалась вполне устойчивой и в среднем равна 0,375; это позволяет считать доказанной воз­можность применения уравнения з. д. м. для случаев обмена к а тионов одинаковой валентности; 3) в качестве третьего вывода ав­торы предлагают считать, что в случаях обмена равновалентных, ионов константа равновесия зависит только от соотношения катио­нов в растворе и не зависит от концентрации. Этот последний вы­вод можно считать справедливым лишь для исследованных преде­лов концентраций, поскольку оба правила Льюиса, касающиеся активности, сформулированы им для относительно низких концент­раций; как далеко они распространяются в область повышенных концентраций, пока не выяснено и может быть установлено только экспериментально. Эта оговорка остается справедливой и в отно­шении других серий опытов.

Обмен кальция на натрий исследован при ионных силах 0,02; 0,05; 0,10 и 0,20 при соотношениях ^ : Са от 100 : 1 до 20 : 80. Для расчетов применялось нормальное уравнение:

=к *ст*

К\* Са“

Эти опыты также подтвердили возможность применения урав­нения з. д. м., так как К^ са оказалась величиной более или менее постоянной (0,0647) и только при ионной силе 0,2 несколько сни­зилась (0,0615). Из характера применяемого уравнения, в котором ион кальция стоит иод корнем, следует, что количество поглощае­мого из раствора Ка зависит не только от соотношения N3 : Са в растворе, но и от концентрации этого раствора. Указанная за­висимость выражается в том, что при одном и том же отношении Ка : Са в растворе с повышением общей концентрации раствора количество поглощенного натрия увеличивается.

Этот вывод мы сделали уже и раньше на основании опытов, проведенных в лаборатории ВНИИГиМ Т. А. Лобановой, сфор­мулировав его таким образом, что относительная энергия погло­щения иона натрия возрастает с повышением концентрации, тогда как относительная энергия иона кальция при этом падает. Эта очень важная в практическом отношении (при мелиорации солон­цов и натриевых солончаков) закономерность подлежит дальней­шему экспериментальному изучению и уточнению, особенно в свете изменений активностей раствора хлористого натрия, пока­занных на рисунке 43 (стр. 157).

В последней серии опытов исследован обмен катионов: 1) каль­ция из кальцийсодержащей почвы на натрий и магний (из раствора СаС12 + М{\*С12 +^С1) и 2) магния из магнийсодержащей почвы на кальций и натрий (из того же раствора); обе серии проведены в ионной силе раствора 0,1. При вычислении константы сделано до­пущение о независимости обмена двух катионов при трехионных реакциях. Оказалось, что величины констант обмена, получен­ные при трехионных реакциях, относительно мало (не более 10— 15%) отличаются от тех, которые получены при двухионных ре­акциях .

В итоге средние значения констант принимаются следующие: **Са** = 0,3830, **Са** = 0,0686 И А^Ча]^ — 0,111.

Авторы отмечают, что эти величины пока относятся лишь к ис­следованному типу почвы (воронежский чернозем), коллоидный комплекс которого состоит главным образом из двух компонен­тов — гуминовых веществ и минералов монтмориллонитовой груп­пы. Другие почвы должны быть подвергнуты обследованию с при­менением этого же метода.

С своей стороны мы еще раз отметим, что исследования необхо­димо расширить в направлении более высоких концентраций солей (исследованные концентрации, выраженные в нормалях, пока не превышали 0,2 для ^С1 и 0,07 для СаС12),как наиболее часто встре­чающихся в мелиоративной практике.



*сг*

**Рис. 44. Связь адсорбции с концентра­цией ионов (Гапон).**

Построения, близкие к из­ложенным и целиком опи­рающиеся на понятие об ак­тивности ионов, осуществлены Б. Никольским.

Е. Н. Ган он строит свои формулы обмена катионов также исходя из закона дей­ствия масс, оперируя, однако, при этом с молярными кон­центрациями без учета актив­ностей ионов; он полагает, что благодаря «счастливой» форме уравнения полярной адсорбции эта ошибка (неучет актив­ностей) практически невелика, особенно в случае обмена разно­валентных ионов.

Простейшая схема обмена одновалентных ионов имеет вид: хМ^М^хМ^- Мг.

Равновесное состояние представляется схемой:

хМъ хМ2

*м1г*

*мг*

**жидкая  
фа.-а**

твердая

фаза

Обозначая через ах количество адсорбированного иона М19 а2 количество адсорбированного иона М2, 6\ — равновесную кон­центрацию иона Мъ С2 — равновесную концентрацию иона М2,

на основании з. д. м. имеем ~£ — К, или — = К^. При по-

**йяУХ** #2 С 2

стоянной емкости поглощения (асо) и эквивалентности обмена имеем а1 + а2 = а^, или ах = — а2. Подставляем эту ве-

ОО 1 2 Тг

%• **Деля вправо, по-**

личину в основное уравнение и имеем = К

а2

почленно числитель левой части и перенося 1 и

1 1 *КС*

**лучаем: — = -—Это уравнение, при постоянстве а^,**

является уравнением прямой линии. На основании этого  
возможно построить график (рис. 44), на котором по отрезку

определяется «обменная способность» почвы, а константа

будет иметь следующую форму: К ~ tga.

Если адсорбируемый и десорбируемый ионы представляют одну группу, то «обменная способность» равна емкости поглощения поч­вы; в противном случае обменная способность меньше емкости. Если обменная способность почвы не постоянна, то изотерма адсорбции уже не представляет собой прямой линии.

В случае обмена многовалентных ионов уравнение составляется

1 1 К Сп

в форме — = 1 • —[т-, где п и ш в показателях степени обо-

й2 йОО йОО —

с2т

значают валентности катионов.

Для характеристики результатов, получающихся при этом методе расчета, могут служить следующие данные автора, полу­ченные им для бударинского чернозема (табл. 47).

**Таблица 47**

Различия в величинах вычисленной обменной способности и непосредственно  
определенной емкостью поглощения почвы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **і ІШіСІ (в молях)** | К | **«ОО** | **Емкость поглоще­ния 2** | **£-<\*00** |
| **Система (Почва)** | | |  |  |
| **1,0** | **0,60** |  |  |  |
| **0,5** | **0,51** | **39,0** | **45,3** | **6,3** |
| **0,25** | **0.58** |  |  |  |
| **0,10** | **0,56** |  |  |  |
| **Система (Почва; Са-^ІЧНІ\*** | | |  |  |
| **1.0** | **0,93** |  |  |  |
| **0,5** | **1,00** | **37,0** | **45,3** | **8,3** |
| **0,25** | **0,81** |  |  |  |
| **0,10** | **0,87** |  |  |  |
| **Система (Почва) Н-|-]ЧН\*** | | |  |  |
| **4,0** | **27** |  |  |  |
| **2,0** | **24** |  |  |  |
| **1,0** | **29** | **10,4** | **45,3** | **34,9** |
| **0,5** | **25** |  |  |  |
| **0,25** | **28** |  |  |  |

Система (Почва) Са -|- Н+

Средняя из концентраций НС10,04—0,09 | 0,015 ( 45,5

45,3

Из этих данных видно, что в каждой системе опытов константа К достаточно устойчива. Вычисленная по рисунку 44 обменная способность «до, как правило, не совпадает с непосредственно определенной емкостью поглощения почвы; автор объясняет это наличием в почве «латентных» ионов, т. е. ионов, не обмениваю­щихся на ГШ^ при исследованных концентрациях хлористого аммония.

Для решения задачи о закономерностях обмена в случае при­сутствия трех катионов автор формулирует предложение о том, что «обмен между двумя любыми катионами, принимающими участие в трехионной обменной реакции, протекает независимо от всех остальных катионов». Это предложение, как указано выше, при­нято и в исследовании И. Н. Антипова-Каратаева. Таким образом, трехионный обмен (например, Са\*, М^’, Йа‘) можно представить в виде трех независимых двухионных реакций:

1. хМх -)- М3~^хМ3-\- Мх\
2. хМ2 -)- М3 ^ хМз -[- Ж2;
3. хМг Мг ^.хМ1 -|- М2.

Обозначая через аъ а2 и а3 количество адсорбированных ионов Мх, М2 и М3 и через Си С2 и С3 соответствующие равновес­ные концентрации, по з. д. м. можно написать: ^ = К13С13;

(12

— = ^23^23; ^ = Кир12> где ^2 = ^- И Т. Д.

С™

Путем преобразования этих уравнений получается уравнение прямой линии, делается графическое построение, аналогичное ри­сунку 41, и таким образом находятся величины и К.

При экспериментальной проверке этой схемы расчета на систе­мах чернозема #Л^Са + N Н\* и яСаМдН + Н+ автор получил удовлетворительные результаты.

Все изложенное относится автором к «идеальным» схемам об­мена; для «реальных» схем, где, по автору, могут быть активные места разных типов обмена, обменная способность может изме­няться и, наконец, могут иметь место и другие отклонения от иде­альной схемы.

В итоге сделанного краткого обзора важнейших из предложен­ных схем расчетов можно установить следующее.

1. В настоящее время большинство исследователей пришло к убеждению, что обмен катионов в почвах подчиняется закону действующих масс. Однако недостаток экспериментального мате­риала не позволяет еще установить окончательно, какая форма уравнения наиболее применима к данному случаю полярной ад­сорбции; не может быть также пока установлено, в каких пределах применима каждая из предложенных форм уравнения з. д. м.

Наиболее перспективными и всеобъемлющими, несомненно, следует считать уравнения, учитывающие активности ионов, а не только их концентрации, хотя последние в настоящее время более до­ступны для практического (конечно, приближенного) использо­вания.

1. Поскольку установлено, что состав поглощенных катионов находится в подвижном равновесии с катионами почвенного рас­твора, постольку очевидно, что при всяких изменениях влажно­сти почвы одновременно меняется состав как поглощенных осно­ваний, так и катионов почвенного раствора. Знание этой динамики представляется чрезвычайно важным с точки зрения правильного понимания многих как агрономических, так и мелиоративных свойств почвы. В первую очередь представляется целесообразным изучить эту динамику в интервалах влажностей от предельной влагоемкости до коэффициента увядания.
2. Можно считать, что в настоящее время назревает реальная возможность вычислять состав поглощенных катионов на основа­нии знания емкости поглощения почвы и состава почвенного рас­твора. Почвенный раствор, повидимому, лучше всего анализиро­вать при влажности, равной предельной влагоемкости данного горизонта почвы в его естественном залегании, так как при более высокой влажности реализуется, как известно, сток и, следова­тельно, система не находится в равновесии.

Механическая поглотительная способность. Сущность механи­ческого поглощения заключается в способности почвы задержи­вать в своих порах и капиллярных промежутках всякого рода взвеси и коллоидные дисперсии. Это явление имеет весьма суще­ственное практическое значение с точки зрения образования в поч­вах так называемых иллювиальных горизонтов. В почвах всегда возникают различные дисперсные коллоидные системы, которые вмываются в почву с нисходящими токами воды, на некоторой глубине задерживаются, образуют часто водонепроницаемый слой и тем самым нарушают весь первоначальный режим почвы. На севере такие иллювиальные горизонты наиболее ярко представлены так называемыми ортштейнами, на юге, в солонцовых почвах — горизонтами уплотнения и, в частности, столбчатыми горизонтами. В условиях орошаемого земледелия такие горизонты могут обра­зоваться при промывках солончаков, развиваются при искусствен­ном кольматаже и т. д.

Энергия механического поглощения зависит от соотношения диаметров пор и фильтрующихся частиц, а также от условий ста­билизации дисперсной Системы.

Физическая поглотительная способность. Явление физического поглощения состоит в адсорбции веществ поверхностью почвен­ных частиц. Растворенные соли адсорбируются полностью, а не в виде ионов. Адсорбция может быть отрицательной и положи­тельной. Большинство электролитов поглощается почвой вслед­ствие отрицательной адсорбции, а газы чаще положительной.

Явления физического поглощения солей имеют определенное значение в процессах почвообразования, регулируя выщелачи­вание солей. Кроме того, вероятно, что это явление не безразлично с точки зрения установления предельных норм засоления почв различного механического состава. Так, в почвах глинистых, об­ладающих громадной поверхностью частиц, отрицательная адсорб­ция электролитов может заметно повышать концентрацию солевых растворов в капиллярах. Наоборот, в почвах песчаных, с малой поверхностью, изменение концентрации соли этим путем, веро­ятно, ничтожно. Таким образом, можно предполагать, что вредное засоление, выраженное весовым процентом солей, для глинистых почв должно быть ниже, чем для почв песчаных. Экспериментально этот вопрос почти не изучен.

Ф. Бризел (F. Brcazeal, университет Аризона, бюллетень № 14) затрагивает этот вопрос в отношении коллоидных гидратов окиси алюминия и железа, но его эксперименты осуществлены в проточ­ном солевом растворе, т. е. методически неправильно, и потому полученные им результаты не могут быть приняты во внимание.

Химическая поглотительная способность. Химическое погло­щение представляет процесс образования в почвах нерастворимых солей и выпадения их в осадок. В зависимости от характера реаги­рующих тел, выпадать в осадок и, следовательно, поглощаться почвой могут либо отдельные ионы, либо вся соль целиком. Для примера приведем, например, следующие реакции:

1. (Почва) Са -{- Na2C03 = (Почва) Na2 -[- СаС03.

В этом случае и катион(Ха[[17]](#footnote-17)) и анион (СО"3) закрепились в почве (поглотились) в виде нерастворимых соединений:

1. ЗСаС03 -f 2Na3P04 = Са3 (Р04)2 + 3Na2C03.

Фосфорнокислый кальций нерастворим в воде, и, следовательно, фосфорная кислота закрепилась (поглотилась) в этой форме почвой.

В почве осуществляется много аналогичных реакций.

Биологическая поглотительная способность. Неотъемлемой составной частью почвы является, как известно, богатое микро­биологическое население. Оно живет, следовательно, питается и, таким образом, закрепляет в своем организме на известный период времени ряд веществ. Эти процессы и носят название биологиче­ского поглощения в почве. Они захватывают главным образом такие важнейшие питательные элементы растений, как азот, фос­фор, калий, и потому играют первостепенную роль во всех вопро­сах плодородия почв и его регулирования \*.

Свойства поглощающего комплекса и почвы в целом при насы­щении его различными катионами. Свойство поглощающего комп­лекса и, следовательно, всей почвенной массы в целом в сильной степени зависит от характера поглощенных катионов. Наиболее ярко различия этих свойств выступают при сравнении почв, на­сыщенных только двухвалентными катионами (преимущественно Са\*\* с участием М^\*), с почвами, которые имеют в составе своих поглощенных катионов ион Н\* или ион N3\*.

Наиболее важными свойствами, которые зависят от поглощен­ных катионов, являются: а) характер дисперсного состояния почвы; б) устойчивость поглощающего комплекса к действию на него воды и углекислоты; в) реакция почвы.

Когда почва насыщена ионом кальция (-(-магния), то ее масса оказывается в ясно выраженном агрегатном состоянии, причем эти агрегаты весьма устойчивы по отношению к воде; следовательно, дисперсность такой массы мала. Соответственно своей устойчиво­сти и малой степени диссоциации поглощенного кальция, реакция почвы оказывается нейтральной или лишь слабощелочной (pH около 7,0).

Все эти характеристики, присущие почвам, насыщенным двух­валентными катионами, оказываются вполне благоприятными в мелиоративном и сельскохозяйственном отношении. Такими свойствами обладают почвы степного типа почвообразования — черноземы, каштановые, сероземы.

Когда в составе поглощенных катионов появляется ион водо­рода, то почва мало изменяет свое дисперсное состояние, но ее реак­ция становится кислой (pH меньше 7,0), при этом кислотность тем выше, чем больше поглощенного водорода. При pH ниже 5,5—6,0 многие растения (и микроорганизмы) уже страдают и, следователь­но, почва требует коренного улучшения.

Почвы с поглощенным водородом и кислой реакцией широко • распространены в северной зоне (подзолистые, болотные) и в юж­ной тропической и субтропической (латеритный тип почвообразо­вания).

При внедрении в поглощающий комплекс иона натрия все свойства первого (дисперсность, устойчивость и реакция) изме­няются крайне резко. Почвы, в составе поглощенных катионов которых находится в значительном количестве ион натрия, назы­ваются солонцами, а при меньшем его содержании—солонцеватыми. Процесс же внедрения в поглощающий комплекс иона натрия полу­чил название солонцового процесса.

СОЛОНЦЫ

Солонцы и солонцеватые почвы широко распространены в степ­ных и полупустынных районах, в черноземной, каштановой и серо­земной почвенных зонах.

Во время вегетации растительности, уже при наружном осмотре степи, солонцовые почвы обычно ясно выступают в виде мелких

или значительных по площади пятен, то голых, то покрытых бед­ной свойственной таким землям растительностью (черная полынь, петросимония, кокпек и др.). Количество солонцовых пятен может быть различно: в одних случаях они единичны, в других вся степь испещрена ими и поверхность пятен может составлять 50 и даже 75% всей площади; хорошие степные почвы занимают в этих слу­чаях уже подчиненное место. При значительном количестве солон­цовых пятен степь именуется обычно комплексной степью, и почвен­ный покров ее называют солонцовым комплексом. Понятно, что общая сельскохо­зяйственная и мелиоративная оценка ком­плексной степи определяется процентом солонцовых почв в этом комплексе.

Характеристика солонцов. Солонцы ха­рактеризуются специфическим и своеоб­разным строением своего вертикального профиля, по которому они легко распо­знаются в поле на разрезе. В своем типич­ном выражении солонец (так называемый столбчатый) имеет следующее строение (рис. 45).

*см*

*0*

*10*

20

*30*

*40*

*50*

***гор. А, гор. А. гор В,***

***гор. в/***



*с'*

Л'- /' О V

' Л-і7,0-' >

***гор С***

Горизонт Ах — мощность около 7—8 см, дер­новый, рыхлый, гумусный, серый или более тем­ный, в зависимости от количества гумуса. Водно­растворимых солей здесь нет или их очень мало. В нижней части этого горизонта нередко наме­чается уже характерный для солонца сло­истый, белесоватый подгоризонт А2, в кото­ром простым глазом видна белая кремнезе­мистая присыпка (так называемый осолоделый горизонт — от народного наименования таких почв — солодь).

**Рис. 45. Столбчатый со-  
лонец. Кружками обо-  
значены соли.**

Горизонт Вх — иллювиальный, или горизонт вмывания, мощностью 5—15 см, обычно очень резко отличающийся от горизонта А. Характеризуется прежде всего очень большой плотностью и связностью — он с трудом под­дается действию лопаты. По цвету выделяется на разрезе своей яркобурой или темной окраской. В столбчатом солонце этот горизонт весь разбит вер­тикальными трещинами на столбики с закругленными вверху головками. В других модификациях солонцов этот горизонт представляется глыбистым, ореховатым или иных форм структуры. Всегда уплотненный горизонт В и является основным морфологическим признаком, по которому обычно узнают солонцы в поле на разрезе.

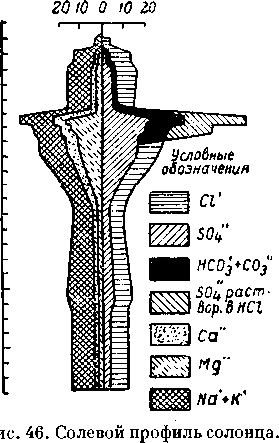
В нижней части горизонта Вх типичных солонцов, на глубине 20 см и более от поверхности почвы, в подгоризонте В2, обычно уже на глаз заметны скопления воднорастворимых солей; плотность подгоризонта становится меньшей. Горизонт С и все нижележащие слои вплоть до грунтовой воды представлены карбонатной и сильнозасоленной породой обычной плотности.

Специфический морфологический профиль солонца характе­ризуется одновременно и специфическими физико-химическими показателями. Как уже было сказано, первым и основным пока­зателем является наличие в поглощающем комплексе почвы по­глощенного натрия (табл. 48).

Из таблицы видно, что поглощенный натрий присутствует во всех горизонтах, но в горизонте А его незначительное коли­чество, а максимум падает на горизонт В. Этот максимум является общей закономерностью для солон­цеватых почв.

**Солонец из-под Челябинска (К. Глинка)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Горизонты и глубины взятия образцов (в см)** | **Поглощенные катионы (в % от емкости поглощения почвы)** | | |
| **Са"** | **Mg-** | **Na\*** |
| **А —0—5** | **52,9** | **39,7** | **7,4** |
| **СО**  **о**  **to**  **rfs** | **19,2** | **58,1** | **22,7** |
| **в2 — 40—45** | **53,4** | | **46,6** |
| **С —100** | **83,8** | | **16,2** |

Вторым существенным призна- ^0 ком солонцовых почв является свое - W образное распределение в них вод- go норастворимых солей, **ЧТО ВИДНО** <00 из таблицы 49 (см. стр. 168). т

Для одного из солонцов За- 'Jjj волжья распределение воднорас- zoo творимых солей показано на ри- сунке 46 (И. Н. Антипов-Каратаев), г60

Характерным в распределении воднорастворимых солей является 320 следующее: ^

1. в верхних горизонтах А и Вх 380

содержание солей незначительно, ^ однако уже в В2 количество их под- 440 нимается до 0,5%, а еще ниже по ^ всей толще оно составляет 1,2%; **500**

1. засоление вверху по преиму­ществу хлоридное, внизу — хло- ридно-сульфатное;
2. в верхних горизонтах щелочность повышена со значитель­ным участием бикарбоната натрия. Во многих случаях в гори­зонте В наблюдается нормальная сода.

v Следовательно, природные солонцы представляют собой ком­бинацию двух основных процессов: солонцового в верхних гори­зонтах и солончакового в нижних, но захватывающего также и корнеобитаемую зону.

Третьим существенным признаком солонцов является обедне­ние горизонта А илистыми, коллоидными частицами, полутора- окисями и обогащение его пылеватой и коллоидной кремнекисло- той; одновременно горизонт В обогащается илом и полутора- окисями, представляя собой иллювиальный горизонт, очень

Воднорастворимые соли солонца из района Тингутинской опытной станции  
(Сталинградская область, Красноармейский район, Л. II. Розов)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Гошзопт** | | **Плотный** | **сг** | **804** | **г**  **Щелочность (в НС03)** | | |
| **(В** | **см)** | **остаток** |  |  |  | **связанная с Са\*‘** | **связанная**  **с** |
|  |  |  | **в %** | | **общая** |
| **0-** | **-3,5** | **0,090** | **0,003** | **Нет** | **0,040** | **0,013** | **0,027** |
| **3,5** | **-13** | **0,228** | **0,056** | **Следы** | **0,058** | **0,046** | **0,012** |
| **18** | **-20** | **0,500** | **0,272** | **0,028** | **0,046** | **0,032** | **0,014** |
| **33** | **-42** | **0,576** | **0,232** | **0,060** | **0,035** | **0,018** | **0.017** |
| **54** | **-64** | **1,336** | **0,322** | **0,890** | **0,026** | **0,012** | **0,014** |
| **72** | **-84** | **1,046** | **0,311** | **0,329** | **0,028** | **0,016** | **0,012** |
| **90-** | **-100** | **2,166** | **0,284** | **1,077** | **0,019** | **0,015** | **0,004** |
| **108** | **-118** | **2,006** | **0,292** | **0,967** | **0,024** | **0,016** | **0,008** |
| **151-** | **-161** | **1,266** | **0,304** | **0,456** | **0,034** | **0,012** | **0,022** |

**Таблица 50**

плотный, вязкий и практически почти водонепроницаемый (табл. 50, 51 и 52).

Количество глинистой фракции с частицами меньше 0,01 мм в солонце из  
Тургайского района Кустанайской области Казахской ССР

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в ем)** | **0—20** | **20—25** | **25—42** | **42—67** | **67—ЮО** |
| **Частицы < 0,01 мм (в %) . . . .** | **19,8** | **19,8** | **34,38** | **47,05** | **42,70** |

**Таблица 51**

Полуторные окислы в енисейском солонце

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **0—3** | **15-21** | **21—29** | **32—41** |
| ИіО, **(в %)** | **17,4** | **16,3** | **20,5** | **22,7** |

**Таблица 52**

Количество аморфной кремнекислоты (ЯЮ«), растворимой в 5% НС1,

в челябинском солонце

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **0—5** | **5—10** | **15—20** | **40—50** | **60—65** |
| **БЮа (в %)** | **6,87** | **5,07** | **2,26** | **0,90** | **0,76** |

В соответствии с этими процессами перераспределения по горизонтам названных элементов почвенной массы возникает четвертый существенный признак солонцов, а именно: общая емкость поглощения горизонта А сильно падает, а горизонта В увеличивается, что видно из таблицы 53.

Емкость поглощения солонца из Красноармейского района Сталинградской области

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (п см)** | **0-3** | **3-13** | **18—26** |
| **Емкость поглощения (в м.-экв.) ....** | **10,96** | **30,35** | **23,30** |

Таковы основные, общие и закономерные физико-химические черты, присущие всем солонцам или вообще солонцовым почвам. Эти черты определяются общностью условий возникновения этих почв, которые заключаются во внедрении в поглощающий ком­плекс иона натрия. Поскольку, однако, в природной обстановке мы имеем дело с постоянно изменяющимися, динамическими, процессами аккумуляции и выщелачивания воднорастворимых солей, внедрения и вытеснения поглощенного натрия, накопления и разрушения органического вещества, осуществляющимися при этом в различных физико-географических условиях (климати­ческих, геоморфологических, топографических и гидрогеологи­ческих), постольку, естественно, мы находим в природе чрезвы­чайное разнообразие солонцовых почв, с разной степенью выраженности типичных солонцовых черт, характеризующих раз­личные фазы, или стадии, развития солонцового процесса. Мы отметим из них только формы, важнейшие в практическом мелио­ративном отношении.

По степени солонцеватости природные солонцовые почвы подразделяют на три группы: 1) слабосолонцеватые — содержат поглощенного натрия до 5—10% от емкости; 2) средне- и сильно­солонцеватые — от 10 до 20—30%; 3) солонцы — свыше 20— **30**%.

По мощности горизонта А солонцовые почвы подразделяют также на три группы: 1) корковые солонцы; 2) среднестолбчатые солонцы; 3) глубокостолбчатые солонцы.

Для Заволжья И. Ф. Садовников дает этим группам следую­щую характеристику (табл. 54).

Мощность горизонта А имеет большое практическое значение, так как это наименее солонцовый и наиболее плодородный гори­зонт.

В данном случае для солонцов Заволжья оказалось, что под­разделение по мощности горизонта А хорошо кореллирустся со степенью солонцеватости: корковые солонцы имеют наибольший процент поглощенного натрия, а глубокостолбчатые — наимень­ший.

Чрезвычайно важное практическое значение имеет подразделе­ние солонцовых почв по глубине, степени и качеству засоления их профиля. В солонцовых почвах засоление обычно ясно выра­жено в подсолонцовых горизонтах (начиная с горизонта В2). Корковые солонцы засолены почти с поверхности, тогда как в

**Таблица 54**

Поглощенные основания и мощность горизонта А в солонцах Заволжья

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Почвенные горизонты** | **Мощность горизонта А (в см)** | **В миллиэквивалентах на** | | | **100 г почвы** | |
| **поглощен­ный Са‘\*** | **поглощен­ный мg••** | **поглощен­ный Ма\*** | **сумма**  **поглощен­**  **ных**  **оснований** | **процент поглощен­ного Ыа\*** |
|  | **Корковые** | | **' солонцы** | |  |  |
| **А** |  | **1 15,11 І** | **1 8,15** | **1 5,51** | **1 28,78** | **1 20,24** |
| **Bi** | 14,4 | **1 20,61** | **17,50** | **1 20,85** | **| 59,03** | **1 38,77** |
| с | **CD**  **Й**  **И**  **CD** | **столбчатые I** | | **солонцы** | |  |
| **А** | **І 8,44 І** | **І 13,68 І** | **1 6,15** | **І 1,80** | **І 21,63** | **1 7,98** |
| **Bi** | **1 —** | **1 15,45 1** | **1 19,44** | **1 12,74** | **1 47,60** | **1 26,27** |
| **Глубоко** | | **столб** | **ч а т ы е** | **солонцы** | |  |
| **А** | **сл**  **о** | **І 21,27** | **1 9,13** | **1 1,53** | **І 31,93** | **1 5,06** |
| **Bi** | **1 —** | **1 19,05** | **1 18,46** | **1 5,87** | **1 43,11** | **1 14,07** |

глубокостолбчатых солонцах вредные количества солей часто наблюдаются лишь в конце первого метра профиля. По качеству солей в природе встречаются солонцы всех видов засоления: хлоридные, сульфатные, смешанные, содовые, гипсовые. Примеры хлоридно-сульфатного засоления солонцов приведены выше, в таблице 49 и на рисунке 46. Примером содового солонца может служить разрез № 61 со второй террасы р. Кутулук (Заволжье, В. А. Ковда) (табл. 55).

**Таблица 55**

Показатели содового солонца со второй террасы р. Кутулук

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Щелочность** (В %) | |  | **Содержание солей (в** %) | | | |  |
| **Глубины (в см)** | **Сухой**  **остаток** | **СОз** | **НСОз** | сг | sol | во?  **гипса** | **Са"** | **Mg“** | **СО 2** |
| **0—3** | **0,248** | **0,014** | **0,080** | **Следы** | **Следы** | **Необ-** | **Следы** | **Следы** | **Не оп-** |
| **5—10** | **0,312** | **0,042** | **0,195** | **0,015** | » | **нар.**  » | » |  | **реде-**  **ля-** |
| **25—30** | **0,764** | **0,126** | **0,535** | **0,067** | **0,074** | **0,07** | **Необ-** | » | **лось** |
| **75—80** | **0,154** | **0,009** | **0,112** | **0,087** | **Следы** | **0,02** | **нар. То же** | » |  |
| **110—120** | **Не** | **Не об-** | **0,058** | **Не об­** | **Необ-** | **Следы** | » » |  |  |
| **170—175** | **опр. То же** | **нар. То же** | **0,041** | **пар. То же** | **нар. То же** | » | » » | » |  |
| **240—250** | **0,078** | » » | **0,034** | » » | **Следы** | **Необ-** | » » | » |  |
| **С 260 см грун­товая вода (в г/л)** | **0,078** | » ь | **0,305** | **0,014** | **0,156** | **нар. То же** | » » |  |  |

Содовые солонцы распространены преимущественно в черно­земной зоне и чаще всего связаны с мало минерализованными, но щелочными грунтовыми водами. Хлоридное и сульфатное засо­ление солонцов господствует в каштановой, бурой и серой зонах.

В некоторых солонцовых почвах, на небольшой глубине от поверхности, наблюдаются скопления гипса.

**Дисперсность солонцовых почв.** Известно, что илистая часть почвы, насыщенная кальцием (и магнием), обычно почти полностью агрегатирована. При насыщении той же почвы ионом натрия все ее агрегаты почти полностью распадаются в воде на свои составляющие элементы, т. е. почвенная масса приобретает максимальную дисперсность, соответствующую\* ее элементарному механическому составу. Это видно из следующего эксперимента К. К. Гедройца с кубанским черноземом (табл. 56).

**Таблица 56**

Изменения в составе почвенных частиц в результате насыщения почвы натрием

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | **Размеры частиц** | | |  |  |  |
| **Наименование**  **почв** | **! 0,25—0,01** | **0,01—0,005** | о  о  о  **1**  ю  о  о  о | **1,0—0,54** | **0,54—0,40** | **0,40—0,28**  ... | **0,28—0,22** | **Тоньше 0,22** | **Сумма**  **частиц**  **менее**  **0,001**  **мм** |
|  | **в миллиметрах** | | |  | **в микронах** | | |  |  |
| **Естественный чер­нозем, насыщен­ный (Са\*' + Мд")** | **15,2** | **26,3** | **15,6** | **10,6** | **20,8** | **4,0** | **1,2** | **1,3** | **37,9** |
| **Тот же чернозем, насыщенный N3\* путем обработ­ки раствором N301** | **13,0** | **19,2** | **5,6** | **2,6** | **4,3** | **3,2** | **1,8** | **45,3** | **57,2** |

Из этих цифр видно, что после насыщения натрием почва превратилась в массу, на 45% состоящую из частиц меньше 0,22 р; в естественном черноземе все эти частицы были связаны в агрегаты. При разрушении агрегатов освобождаются и диспергируют как минеральные, так и органические частицы (гумус). Так, из того же чернозема в его естественном состоянии перешли в водную вытяжку всего лишь следы органического вещества, тогда как после насыщения его натрием перешло 5,7 из 10%, т. е. более половины всего количества.

Эти крайние степени диспергации почвы, которые наблюдаются при полном насыщении ее натрием и которые приведены выше, имеют резко отрицательное значение в практике. Почва, насы­щенная натрием, полностью теряет все элементы своей структур­ности и становится совершенно водонепроницаемой. Коллоидный ил приобретает громадную набухаемость и водоудерживающую способность, как клей или желатина. Отдача воды путем испа­рения осуществляется крайне медленно (при обыкновенной тем­пературе для удаления ее требуются месяцы), а после засыхания такой ил превращается в твердую рогообразную массу. Сопротив­ление раздавливанию кубика почвы приближается к сопротивле­нию бетона.

Естественно, что степень выраженности всех этих изменений определяется степенью насыщенности поглощающего комплекса натрием.

А. Панковым были проделаны опыты с почвой горизонта А тучного дев­ственного северокавказского чернозема глинистого механического состава (частиц меньше 0,01 мм — 71,54%), поглощающий комплекс которого насы­щен кальцием (47,40 м.-экв.) и магнием (12,16 м.-экв.). Из этой почвы были приготовлены отдельные пробы, в которых кальций и магний замещены натрием в количестве 0,1; 0,2; 0,3 и т. д. от емкости поглощения. В этих пробах определялись затем различные физические свойства.

Введение в поглощающий комплекс натрия достигалось путем обработки почвы соответствующим количеством соды, причем получающийся в резуль­тате обменной реакции углекислый кальций не удалялся из почвы. Присут­ствие извести вообще смягчает проявление тех специфических свойств, кото­рые вызываются поглощенным натрием, и это действие тем резче, чем больше количество извести. В данном случае при насыщении почвы натрием больше чем на половину ее емкости количество извести становилось столь значи­тельным, что оно в ряде случаев, повидимому, уже парализовало действие поглощенного натрия. Фактически определенные количества извести были следующие.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Степень насыще­ния натрием . .** | **0,0** | **ОД 1,2** | **0,3** | **0,4** | **0,5** | **0,6** | **0,7** | **0,8** | **0,9** | **1,0** |
| **Процент извести.** | **0,12** | **0,48|0,82** | **1,33** | **1,56** | **2,04** | **2,66** | **2,76** | **2,86** | **3,86** | **4,83** |

Вследствие этого закономерный ход кривой изменения некоторых свойств параллельно увеличивающимся дозам натрия иногда оказывается нарушен­ным. В природе это может иметь место в карбонатных солонцах.

На рисунке 47 показаны изменения дисперсности почвы, выраженной количеством частиц меньше 0,001 мм при отношении почвы к воде 1 : 20.

Мы видим, что введение натрия в количестве 0,1 емкости поглощения очень резко повышает дисперсность, но затем с 0,3 подъем кривой замед­ляется, а с 0,5 практически прекращается. Это, несомненно, объясняется действием извести. На органическом веществе оно не сказывается, и потому кривая последнего поднимается до 0,9, можно сказать, прямолинейно; абсо­лютное возрастание дисперсности органического вещества определяется коэффициентом 8.

Изменение величины полной влагоемкости (определенной по Мейеру на фильтре) показано на рисунке 48. Мы видим, что влагоомкость возрастает до 0,9 почти прямолинейно, превышая в конечном пункте исходную величину в 3,6 раза. Если принять в расчет, что естественная почва удерживает в себе 42,32% воды по весу, то диспергированная удерживает, следовательно, уже 52%. В одном из опытов К. К. Гедройца водоудерживающая способность чернозема возросла при полном насыщении натрием (без СаС03) с 60 до 90%.

Водопроницаемость, определенная на тех же образцах и выраженная в количестве часов, необходимых для стенания фильтрата, показана на ри­сунке 49. До насыщения в размере 0,6 емкости поглощения фильтрация очень резко уменьшается, дальше же изменение в силу влияния извести становится неправильным.

На рисунке 50 показано изменение объемов образцов почвы, влажных и сухих. Первую кривую можно условно принять за показатель набухаемости почвы, а вторую — за сжимаемость при высыхании. Мы видим, как резко изменяются эти свойства почвы в зависимости от степени насыщения почвы натрием. Практически это выражается в том, что если естественная почва имеет и в сухом и во влажном состоянии один и тот же объем, то при насыще­нии натрием 0,8 емкости поглощения влажная почва имеет объем в 2,3 раза меньший.

степень насыщения Иод долях емкости поглощения

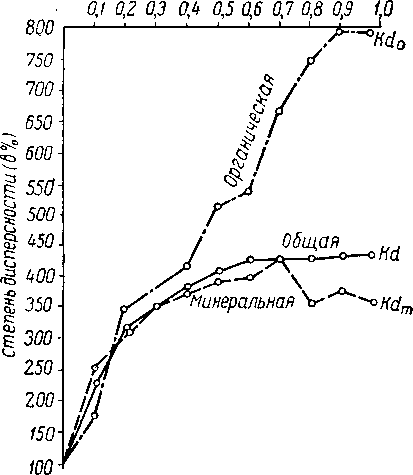


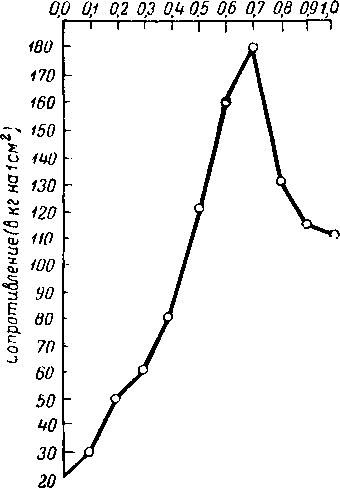
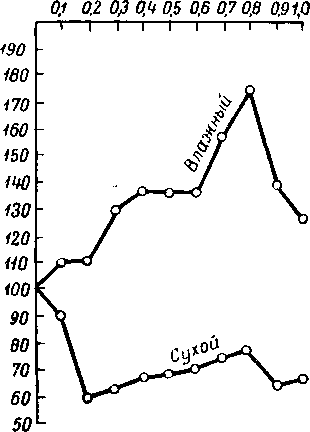
Рис. 47. Изменение дисперсности почвы (Пайков).

Сопротивление раздавливанию было измерено на приборе Лубны-Гер- цика для кубиков 8 см3 и шариков 4,20 см3.

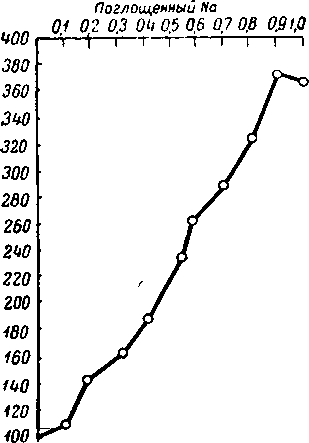
Полученные данные для кубиков, выражеиные в килограммах на 1 см2, показаны на рисунке 51. Мы видим, что сопротивление раздавливанию воз­растает по чрезвычайно крутой кривой.

После насыщения натрием 0,7 емкости поглощения сопротивление падает в связи с трещиноватостью кубиков и, несомненно, • действием извести.

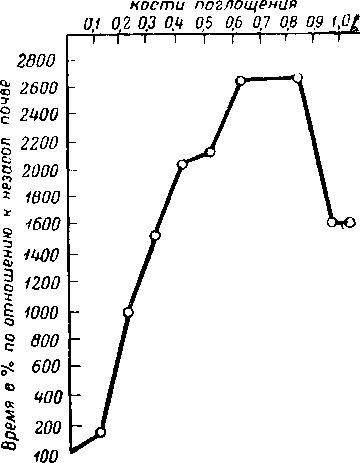
Все эти изменения имеют громадное практическое значение с точки зрения условий развития корней растений, обработки почвы и собственно в мелиорации, с точки зрения производства всякого рода земляных работ, условий фильтрации воды, орга­низации поливов и пр. Поэтому детальное изучение всех этих явлений, применительно к различным типам и вариантам почв, представляет собой одну из актуальных задач исследования.



***Объем в* % *Вла.гйвмкасть(6%)***



**Рис. 48. Изменение влагоемкости почвы (Панков).**



**Рис. 49. Изменение времени филь­трации.**

***Степень насыщения в долях ем кости поглощения***

**Рис. 50. Изменение объема почвы пр] увлажнении и высыхании (Панков).**

***Степень насыщения в долях емкое*- *ти поглощения***

**Рис. 51. Изменение связности почвы (Панков).**

В состоянии тонкой дисперсности ил приобретает способность проникать через все фильтры и, в частности, через толщу почвы. Проникая в нее на некоторую глубину, он задерживается здесь или в силу явлений механического поглощения, или коагулируя при встрече с солевыми растворами и образует таким образом иллювиальные водонепроницаемые горизонты.

**Устойчивость солонцовой массы по от­ношению к воде и углекислоте.** В силу своей громадной распыленности поглощающий комплекс, насыщенный натрием, приобретает резко выраженную повышенную реактив­ную способность и потому легко распадается под действием воды, особенно воды, содержащей углекислоту.

В одном из опытов К. К. Гедройца при сравнении действия воды на суглинистый чернозем, естественный и насыщенный натрием, получились следующие результаты (табл. 57).

**Таблица 57**

Действие воды на суглинистый чернозем, естественный и насыщенный натрием

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Почвы и их обработка** | **Перешло в раствор (в % от веса сухой почвы) при про­мывке 5 г почвы 1 л воды** | | |
| **Я.Оа** | **ею\*** | **Сумма мине­ральных ве­ществ** |
| **Естественная почва, промывалась водой** | **Следы** | **0,016** | **0,09** |
| **Та же почва, насыщена натрием и промыта** |  |  |  |
| **водой** | **0,89** | **0,296** | **1,88** |
| **Почва насыщена натрием и промыта водой, на­** |  |  |  |
| **сыщенной С02 .** | **1,72** | **0,464** | **3,28** |

Наличие в растворе полуторных окислов и кремнекислоты свидетельствует о распаде основного анионного ядра поглощаю­щего комплекса почвы. Из сравнения цифр по вертикальным рядам с очевидностью следует, в какой громадной степени возрастает эта разрушаемость комплекса при насыщении воды углекислотой. Необходимо при этом помнить, что природная поч­венная вода если и не насыщена, то всегда содержит значительные количества углекислоты и, следовательно, размер разрушения комплекса в природе будет лежать между показателями двух крайних случаев эксперимента.

В одном из наших определений растворимость полутораокисей и крем­некислоты в 0,05 N соляной кислоты в естественных почвах одного и того же типа (каштановые солонцеватые Заволжья), но с разным количеством погло­щенного натрия выразилась следующими цифрами:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **количество поглощенного натрия (в процентах от общей емкости поглощения почвы)** | **6** | **9** | **21** |
| **растворимость 8Ю2** | **0,20** | **0,37** | **0,60** |
| **» й803** | **0,18** | **0,37** | **0,50** |

Закономерность явления в этих естественных почвах оказывается совер­шенно такая же, что и в эксперименте, т. е. растворимость обоих элементов резко возрастает с увеличением в почве количества поглощенного натрия.

Явление энергичного распада поглощающего комплекса в слу­чае насыщения его натрием имеет в практике резко отрицательное значение. Поглощающий комплекс, как мы знаем, является наи­более активной, наиболее реактивноспособной составной частью почвы. Им определяются в значительной мере основные физи­ческие свойства почвы (агрегатность, порозность, следовательно, водные свойства и т. д.), химические реакции и биологическая деятельность. При разрушении поглощающий комплекс превра­щается в инертные окислы кремния, железа и алюминия. В ряде случаев при этом (в солонцовых почвах) полутораокиси выщела­чиваются вниз, на месте остается лишь кремнекислота в виде тон­кой бесплодной пыли. Таким образом, в этом процессе осуще­ствляется в конечном итоге сельскохозяйственное обесценивание почвы. В природе этого типа явления наблюдаются в так называе­мых солодях.

Возникновение в солонцовых почвах щелочной реакции, образование соды. Акад. К. К. Гедройц экспериментально устано­вил, что вследствие высокой реактивной способности поглощаю­щего комплекса, насыщенного натрием, в почве возникает щелоч­ная реакция по схеме:

(Почва) ^ -|- Н20 ^ ^ОН + (Почва) Н.

В случае присутствия углекислоты, что в природной обста­новке всегда имеет место, едкий натр сейчас же переходит в соду по уравнению:

^0Н + С02 = ^НС0з

или

2^0Н 4- С02 = Н20 !- ^2С03,

В случае естественной почвы указанные здесь реакции не идут до конца, так как образующиеся щелочи действуют в обратном направлении на поглощающий комплекс, насыщенный водоро­дом, и таким образом устанавливается некоторое равновесие. При действии на почву углекислого кальция по схемам:

(Почва) ^2 -)- СаС03 ^ (Почва) Са -)- ^2С03

или

(Почва) ^2 + Са (НС03)2 ^ (Почва) Са 4~ 2^НС03,

продукция соды оказывается значительно большей. Так, в экспе­рименте К. К. Гедройца при действии чистой водой на почву, насыщенную натрием, получилось соды 0,042%, при действии же СаС03 +С02 — 0,525%, т. е. в 11 раз больше.

Зависимость величины щелочности от количества поглощенного натрия в почве выявлена в эксперименте А. Панкова. Он приготовил водные вытяжки из чернозема, искусственно насыщенного разными дозами натрия, и получил следующие цифры (табл. 58).

**Таблица 58**

Зависимость величины щелочности от количества поглощенного натрия

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Показатели** | **Степень насыщенности почвы натрием в долях от всей емкости** | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,1 | 0,2 | **0,3** | **0,4** | **0,5** | 0,6 | **0,7** | 0,8 | **0,9** | 1,0 |
| **Щелочность:** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **общая (в НСОз)** | **42** | 122 | **268** | **390** | **488** | **591** | **884** | **909** | 1110 | **1622** | **2074** |
| **нормальных кар-** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **оонатов (в COJ)** | — | — | — | — | — | **60** | **168** | **234** | **254** | **288** | **408** |
| **бикарбонатов, ще-** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **лочей (в НСО**3**)** | **42** | 122 | **268** | **390** | **488** | **519** | **350** | **543** | **691** | **691** | **693** |
| **щелочных земель** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **(в нсо:) ....** | — | ,— | — | — | — | 12 | **107** | **131** | **164** | **643** | **973** |
| **Сухой остаток . .** | **55** | **450** | **885** | **1635** | **2400** | **2460** | **2800** | **2900** | **3800** | **4260** | **4500** |
| **Минеральный оста­** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **ток за вычетом** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **растворимого пе­** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **регноя** | **16** | **354** | **695** | **1377** | 2100 | **1232** | **82** | **48** | **974** | **1318** | **1327** |
| **Цвет вытяжки . .** | **Соло-** | **Креп­** | **Темно-** |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | **мсн-** | **кого** | **корич­** |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | **н** 0**-** | **чая** | **невый** |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | **жсл-** |  |  |  |  | **Крепкого кофе** | | | |  |  |
|  | **тый** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Относительная** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **растворимость** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **гумуса** | **1/250** | **1/103** | **1/52** | **1/38** | **1/33** | 1/8 | **1/3** | **1/3** | **1/3** | **1/3 1** | **1/3** |
| **В процентах . . .** | 100 | **250** | **487** | **662** | **777** | **3318** | **7225** | **7313** | **7246** | **7545 8136** | |

Мы видим, что щелочность по мере увеличения количества поглощенного натрия возрастает чрезвычайно быстро и при полном насыщении натрием (1,0) почти в 20 раз превышает щелочность почвы, насыщенной на 0,1 ее емкости. При насыщении половины емкости (0,5) в растворе, кроме бикар­боната натрия, появляется и нормальная сода.

В последних строках таблицы 58 показано возрастание растворимости гумуса. При полном насыщении почвы натрием растворимость его более чем в 800 раз выше исходной и равна приблизительно \*/з калового количества гумуса в естественной почве.

Так как сода является одной из самых вредных солей, то, очевидно, это свойство солонцовых почв должно оцениваться как вредное с практической сельскохозяйственной точки зрения.

Другой путь образования соды в почве указан проф. Гиль- гардтом и осуществляется он по следующим схемам:

1. СаС03 + 2^С1^а2С03 +СаС12;
2. СаС03 -{- Ка2804 ^ ^2С03 Са804.

По второй схеме образуется соды несколько больше в силу меньшей растворимости гипса по сравнению с хлористым каль­цием. Обе эти схемы реализуются в почвах солончаковых.

В заключение необходимо отметить, что при произрастании на солонцовой почве растений в них происходит нарушение об­мена веществ, в результате которого растение или угнетается, или гибнет. Для нормального развития растений в них должны посту­пать из почвенного раствора ионы Са“,]У^“ и Ка\* в определенных соотношениях (К. К. Гедройц, Е. И. Ратнер и др.). Эти соотноше­ния регулируются в значительной мере составом поглощенных оснований почвы. При значительных количествах в поглощающем комплексе иона N8\* поступление в растение ионов Са" и нарушается и растение страдает. Итак, во всех случаях, когда почва полностью или в значительной части своей емкости насы­щена ионом натрия, она приобретает крайне неблагоприятные свойства (высокую дисперсность и плохие водно-физические свой­ства, легкую разрушаемость, щелочную реакцию и неблагоприят­ный состав почвенного раствора), которые не позволяют нормально культивировать на ней растения.

Происхождение солонцов

Природные солонцовые почвы являются следствием процессов, развивавшихся в природе в течение длительных периодов времени.

Все солонцовые почвы в своем историческом развитии неиз­бежно должны переживать стадию воздействия натриевых солей. Без этого поглощающий комплекс почвы не может быть обогащен натрием. При этом, по существу, безразлично, будет ли почва за­солена в форме явного натриевого солончака или же она длительно будет испытывать на себе воздействие хотя бы очень слабых, но постоянно сменяющихся растворов натриевых солей. В конеч­ном счете, если в почве устанавливается преобладание нисходя­щих токов воды, выщелачивающих соли, то поглощающий ком­плекс будет обогащен натрием и почва превратится в своих поверх­ностных горизонтах в солонцовую. Дальнейшее формирование морфологически типичного солонца будет уже следствием этой начальной фазы, а именно — при насыщении почвы натрием она приобретает высокую степень дисперсности, в силу чего почвен­ный минеральный ил и органическое вещество приобретают спо­собность вмыватьсяв толщу почвы. Это вмывание может осущест­вляться лишь на некоторую определенную глубину, так как, во-первых, в силу явлений механического поглощения и, во-вто­рых, в силу явлений коагуляции при встрече с солевыми раство­рами ил быстро оседает и, таким образом, формируется иллю­виальный горизонт В, типичный для солонца. Одновременно часть коллоидов распадается на полутораокиси и кремнекислоту. В данных условиях кремнекислота оказывается в неустойчивом состоянии и выпадает в горизонт А, а полутораокиси перемещаются Шесте с илом и аккумулируются в горизонте В.

Эти закономерные процессы и отражены в вышеприведенных таблицах.

Первыми исследователями (Докучаев, Сибирцев) солонцовые почвы считались образованиями интразональными, т. е. могу-

Щими возникнуть в любой почвенной зоне, и в своем распростра­нении не подчиняющимися общим закономерностям.

Позднейшие исследования показали, однако, что хотя, дей­ствительно, солонцовые почвы наблюдаются в различных почвен­ных зонах, тем не менее основная масса их располагается строго закономерно, аналогично другим почвенным типам. Солонцы каждой почвенной зоны в своем распространении также подчи­нены определенным закономерностям — геоморфологическим, то­пографическим и гидрогеологическим.

Начиная с севера, первые солонцы появляются в черноземной зоне. Здесь они занимают иногда заметные пространства на плос­ких, бессточных, не дренированных плато. В северной части зоны они комбинируются иногда с резко выраженными заболоченными и поросшими осиновыми кустами понижениями, располагаясь по их окраинам. В южной части зоны они располагаются главным образом в так называемых подах — плоских широких впадинах рельефа.

Вторым месторасположением солонцов являются речные тер­расы и предовражные склоны, т. е. территории преимущественной аккумуляции солей и формирования солончаков. Однако при условии достаточно низкого базиса эрозии грунтовые воды могут понизиться настолько, что в почве становится господствующим нисходящий ток воды, выщелачивающий воднорастворимые соли; с этого момента создаются благоприятные условия для формиро­вания солонцов. Во многих речных бассейнах террасы так назы­ваемого высокого уровня (незатопляемые) покрыты солонцовыми комплексами, тогда как на террасах низкого уровня (с близ­кими грунтовыми водами) распространены солончаковые почвы (Д. Г. Виленский, Б. Б. Полынов и др.). С мелиоративной точ­ки зрения эти местообитания заслуживают особенного внимания, так как именно сюда чаще всего проектируется подача ороситель­ной воды.

Областью максимального развития солонцовых почв является зона каштановых почв. Южная часть этой зоны (так называемые светлокаштановые почвы) по существу сплошь представлена поч­вами в той или иной мере солонцеватыми с большим участием наиболее типично выраженных солонцов. Эта часть каштановой зоны справедливо называется и обозначается на картах зоной «солонцовых комплексов». Такие комплексы занимают у нас обширные территории, начинаясь на юго-западе в Северном Крыму, затем идут по побережью Азовского моря, представлены в бас­сейне Маныча, широко охватывают Нижнюю Волгу, переходят в Северный Казахстан, Западно-Сибирские степи и далее на се­веро-восток. Особенно ярко эти комплексы выражены в равни­нах, сложенных соленосными (как морскими, так и континенталь­ными) породами, как область каспийских отложений в Поволжье, Западно-Сибирские степи и др. В областях вторичных пресных отложений солонцовые комплексы приурочиваются к речным террасам, шлейфам склонов, окраинам лиманов и прочим пониже­ниям.

Далее на юг, в области бурых почв, количество солонцов ста­новится значительно меньшим, их сменяют солончаки.

В области сероземов Средней Азии обычно солонцы встре­чаются сравнительно редко, но все же отмечены на речных тер­расах в Фергане (Л. П. Розов), в Голодной степи (В. П. Козлов) и особенно в Дальверзинской степи (С. А. Кудрин и А. Н. Ро­занов). Значительно более широко здесь распространены образо­вания, носящие название «такыров», среди которых многие, не­сомненно, являются солонцовыми.

В сероземной зоне Закавказья солонцовые почвы обычного типа, но преимущественно карбонатные, распространены значи­тельно шире, чем в Средней Азии.

Мелиорация солонцовых почв

Как следует из всего вышеизложенного, солонцовые почвы в своем естественном состоянии или совсем непригодны для сельско­хозяйственного использования (в случаях высоких степеней со- лонцеватоСти), или обладают низкими сельскохозяйственными свойствами (при более низких степенях солонцеватоста). Такая оценка солонцовых почв базируется на следующих основных кон­кретных показателях: 1) маломощный поверхностный горизонт А находится в условиях распада коллоидной массы и выноса основ­ных составных частей почвы. Конечным выражением этого про­цесса является формирование «солоди», в которой поверхностный горизонт состоит в значительной части из бесплодной кварцевой пыли; 2) все выносимые из верхних горизонтов вещества скап­ливаются в иллювиальном горизонте В, который оказывается в силу этого обогащенным питательными для растений элемен­тами (фосфор, азот, калий). Однако этот горизонт также неплодо­роден в силу крайне плохих физических свойств его и повышенной щелочной реакции. Коллоидная масса горизонта В, липкая и вязкая во влажном состоянии, при высыхании сжимается, трес­кается, образует твердые, как камень, глыбы и столбы и стано­вится недоступной корням растений; некоторые исследователи справедливо называют этот горизонт «могилой для корней»;

1. в солонцовых почвах, обычно близко к поверхности, в пределах корнеобитаемой зоны, залегают вредные солевые горизонты, которые не позволяют растительности нормально развиваться.

Соответствующими приемами мелиорации все солонцовые почвы могут быть превращены в полноценные сельскохозяйствен­ные угодья.

Общая схема мелиорации. Общий и основной прием мелиора­ции солонцовых почв заключается в замещении поглощенного натрия ионом кальция. Однако поскольку природные солонцо­вые почвы представляют собой не простую однородную солонцо­вую массу, а сложную свиту почвенных горизонтов с различными свойствами, постольку и приемы мелиорации этих объектов ока­зываются разнообразными — то более, то менее сложными. Тем не менее основные задачи мелиорации во всех случаях остаются общими и именно следующими:

1. создание достаточно мощного и полноценного пахотного горизонта А;
2. устранение из всех горизонтов корнеобитаемой зоны вред­ных количеств поглощенного натрия;
3. устранение вредных физических свойств иллювиального горизонта В;
4. удаление из всех корнеобитаемых горизонтов вредных ко­личеств воднорастворимых солей;
5. предупреждение возможности вторичного засоления мелио­рированных солонцовых почв.

Решение этих задач обычно достигается применением взаимо­связанной системы мелиораций, основные элементы которой со­ставляют: планировка, углубление пахотного горизонта, химиза­ция, правильная агротехника и др.

В практических условиях при установлении необходимых мероприятий можно руководствоваться следующим.

1. Почвы слабосолощеватые могут использоваться без спе­циальных мероприятий по удалению поглощенного натрия, но требуют приспособления агротехники к специфическим условиям почвы. При химизации продукты обмена могут не промываться.

Следует отметить, что на ряде почв (например, черноземных) солонцеватость до 5% емкости поглощения может быть даже полезной, стимулирующей активность почвенных процессов.

1. Почвы средне- и силъносолощеватые могут быть введены в эксплуатацию, но одновременно требуют химизации и про­мывки.
2. Солонцы требуют химизации и промывок до начала их экс­плуатации.

Степень вредности солонцеватости зависит от типа почвы, культивируемого растения, а также от характера агротехники, поэтому приведенная классификация является лишь ориентиро­вочной и по отдельным районам подлежит уточнению на основа­нии местных данных.

Задача **планировки** заключается в следующем: почвен­ный покров территорий, подлежащих мелиорации, обычно пред­ставлен солонцовым комплексом, в котором солонцы залегают в микропонижениях, а повышенные ровные пространства покрыты почвами несолонцовыми или слабосолонцеватыми.

При планировке небольшой слой (3—5 см) несолонцовых почв свозится на солонцовые микропонижения, и они таким обра­зом выравниваются.

Мощность и качество горизонта А солонцеватой почвы в ре-\* зультате этого настолько улучшаются, что в ряде случаев на таких участках удается уже получать удовлетворительный урожай.

Этот прием, специально изучавшийся в условиях сухого земледе­лия Западной Сибири Н. В. Орловским и получивший наиме­нование «землевания солонцов», дал хороший эффект.

**Углубление пахотного горизонта** с вовле­чением в него всего или части иллювиального горизонта В имеет следующий мелиоративный смысл: во-первых, в осолоделый гори­зонт А возвращаются из горизонта В потерянные коллоидные массы, что создает предпосылку для создания лучшей структуры и повышения плодородия; во-вторых, смешивая сильносолонцовый горизонт В с несолонцеватым (или слабосолонцеватым) горизон­том А, мы выравниваем среднюю концентрацию поглощенного натрия в этих двух горизонтах; при этом вредная степень солон- цеватости может или полностью исчезнуть (при невысокой исход­ной солонцеватости и значительной мощности горизонта А), или вредность только понизится, что потребует меньших доз химика­лий для ее окончательного устранения.

Во всех случаях, когда названных двух мероприятий оказы­вается недостаточно для устранения вредных влияний солонце­ватости, необходимо прямое удаление поглощенного натрия мето­дом **внесения кальциевых солей** (химизация) и **промывки.**

Мелиорация солонцовой почвы в этом случае слагается из двух фаз, а именно:

1. в почве поглощенный натрий должен быть замещен на каль­ций — это химическая фаза мелиорации;
2. возникающий при этом продукт обмена в виде воднораство­римой соли должен быть вымыт из почвы — это физическая фаза мелиорации.

Для химической фазы мелиорации солонца может быть упот­реблена любая кальциевая соль, но практически обычно при­меняется гипс или известь, как соли наиболее доступные.

Самые реакции осуществляются здесь по следующим схемам:

1. (Почва) (Солонец) -[- Са804 = (Почва) Са -{- N32804\*,
2. (Почва) N32 (Солонец) -{- СаС03 = (Почва) Са -ф- ^2С03.

Получающиеся продукты обмена в виде глауберовой соли или соды должны немедленно удаляться промывкой, чтобы они не вредили растительности и не могли вновь восстанавливать солонцовый процесс.

Количество кальция, необходимого для мелиорации, зависит от количества поглощенного натрия. Исследования, проведенные почвенно-мелиоративной лабораторией ВНИИГиМ (Т. А. Лоба­нова) показывают, что при обработке почвы гипсовым раствором в количестве, эквивалентном поглощенному натрию, последний ’вытесняется в размере около 80%. Как указано, поглощение около 5% натрия от емкости в ряде случаев безвредно для культур (не­активный натрий). Исходя из этих данных можно для каждого частного случая приближенно вычислить потребную дозу гипса.

Так, например, если солонец содержит 60% натрия от емкости погло­щения, то эквивалентная доза гипса может вытеснить 48% емкости и останется в почве 12%. Следовательно, этой дозы гипса несколько мало. Если солонец содержит натрия 20% от емкости, то эквивалентная доза гипса вытеснит 16% и в почве останется всего 4% натрия. В этом случае доза гипса достаточна.

Из этих ориентировочных расчетов следует, что в большом числе практических случаев солонцовых почв, содержащих не более 20—30% поглощенного натрия, для мелиорации может быть достаточно эквивалентной дозы гипса, а при меньших степенях солонцеватости она может быть даже уменьшена. Необходимо, однако, помнить, что в практике эффективность внесения гипса зависит также от технических условий его применения, а именно: тонкости помола (растворимость), тщательности смешивания с поч­вой, условий промывки и пр. Для получения максимального эф­фекта все эти технические операции должны быть выполнены наилучшим образом.

Самый расчет эквивалентной дозы гипса производится следующим обра­зом. Допустим, что в горизонте почвы мощностью 10 см содержится погло­щенного натрия 20% емкости поглощения, равной 40 м.-экв. Отсюда количе-

8 X 23

ство натрия равно 8 м.-экв., или ■■■■■**-**■ = 0,184 г иона натрия на 100 г почвы,

или 1,84 кг на тонну.

Слой почвы в 10 см на площади 1 га и при объемном весе 1,6 весит 10 000 X X 1,6 х 0,1 = 1600 т; в нем находится 1600 X 1,84 = 2944 кг иона натрия.

Для замещения 23 г Ш требуется Са = 20,035 г, или на весь запас

20 035

N3—2944—^— = 2565 кг. В химически чистом гипсе (Са804 • 2Н20) одной

единице кальция соответствует 4,3 единицы гипса; следовательно, вы­численное количество потребного кальция соответствует 2565 X 4,3 = = 11 029,5 кг, что составит около И т гипса. Сделав аналогичные вычисления но другим горизонтам почвы, мы определим суммарное количество гипса на 1 га площади.

Чрезвычайно крупное значение имеет при химизации коли­чество применяющейся воды и надлежащая промывка. Так, в опыте Почвенного института Академии наук СССР на Мало- узенском солонцовом стационаре в Заволжье (В. Н. Филиппова и Н. Г. Фридман) на малых делянках коэффициент полезного действия гипса при норме 12 т/га, но без промывки, оказался рав­ным 13% по отношению к делянкам, где проводилась промывка.

Количество вытесненного натрия при внесении химиката с последующей промывкой и без нее приводится в таблице 59.

Из цифр видно, что для слоя 0—40 см при промывке вытес­нено поглощенного натрия в среднем 28%, а без промывки (но при вегетационном орошении) всего 13%, т. е. менее половины; гипс в этом случае лежит, следовательно, мертвым балластом. Тот же эффект ярко выражен и в опытах Н. И. Усова на Савин- ском участке, что видно из таблицы 60. Несмотря на то что в те­чение 4 лет все делянки орошались по норме за вегетацию

Количество вытесненного натрия из солонцовой почвы при химизации с последующей промывкой и без нее

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Наименование химикатов** | **Процент вытесненного нат­рия от общего его коли­чества в слое** | |
| **делянок** | **и дозы** | **0—30 см 0—40 см** | |
| **706** | **Строительный гипс 6 т/га (60% по активному натрию)** | **41** |  |
| **743** | **То же** | **29**  **44** | **і Промыта** |
| **546** | **Строительный гипс 12 т/га (120% по активному натрию)** | **27**  **36**  **13** | **Не промыта** |

**Таблица 60**

Эффективность внесения гипса с последующей промывкой и без нее

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№**  **делянок** | **Глубина (в см)** | **Доза гипса (в т/га)** | **Промывная норма (в тл/га)** | **Осталось по­глощенного натрия (в % от контроля)** | **Средний процент оставшегося нат­рия по разрезу** |
| **12** | **0—10** | **Контроль,** | **Нет** | **100** |  |
|  | **20—30** | **без гипса** |  | **100** | **100** |
|  | **40—50** |  |  | **100** |  |
| **15** | **0-10** | **8** | **Нет** | **68** |  |
|  | **20—30** |  |  | **73** | **75** |
|  | **40-50** |  |  | **83** |  |
| **18** | **0-10** | **8** | **9000** | **43** |  |
|  | **20-30** |  |  | **59** | **55** |
|  | **40—50** |  |  | **64** |  |
| **24** | **0-10** | **8** | **9000** | **47** |  |
|  | **20—30** |  |  | **40** | **44** |
|  | **40—50** |  |  | **45** |  |

3000 м3/га, делянка № 15 без промывки по содержанию погло^ щенного натрия сильно отличалась от делянок, получивших про­мывку. Это резко сказалось и на урожаях: за 4 года здесь были собраны следующие количества люцернового сена:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **N° делянок** | **12** | **15** | **18** | **24** |
| **Центнеров сена с 1 га** | **162** | **180** | **240** | **276** |
|  |

Промывки после химизации в ряде случаев Вызывают опасный подъем уровня грунтовых вод, так как солонцовые площади, как правило, имеют плохой отток последних. В связи с этим не­которые исследователи высказываются против промывок, идя, таким образом, на заведомое снижение эффективности самой мелио­рации. Такие предложения надо считать неправильными. Решение задачи заключается не в исключении необходимого и полезного мероприятия, а в придании ему таких технических форм, при ко­торых вредные явления не могли бы иметь места. Для этого прежде всего промывйые нормы должны назначаться не механически, а в строгом соответствии с количеством внесенного химиката, который необходимо перевести в раствор, и после этого вымыть в необходимой степени продукты обмена. Затем техника промывки должна осуществляться таким образом, чтобы ни одна единица объема воды не фильтровалась через толщу почвы зря, не осуще­ствляя максимального растворения химиката и, следовательно, реакции вытеснения натрия (см. выше о технике промывок солон­чаков, стр. 135).

Необходимо помнить, что в солонцах нужно промыть одно­временно и его естественные соли, залегающие в подсолонцовых горизонтах. Наконец, в тех случаях, когда и при рациональной промывке все же создается угроза опасного подъема уровня грун­товых вод, необходимо или растянуть срок мелиорации на ряд лет (если это допустимо по хозяйственным соображениям), или устро­ить для искусственного отвода грунтовых вод дренаж того или иного типа.

Таким образом, промывки должны считаться обязательным элементом при мелиорации всех солонцовых почв. В условиях отсутствия оросительной воды с этой целью должны проводиться снегонакопление и задержание талых и ливневых вод.

Обычными химикатами при мелиорации солонцов являются гипс и известь. С точки зрения эффективности и величины необхо­димых промывных норм гипс более растворим; следовательно, реакция обмена протекает быстрее при меньшей затрате воды и продукт обмена легче выщелачивается. В опытах В. Н. Филип­повой и Н. Г. Фридман при применении гипса и других химикатов в сочетании с последующей промывкой по норме 1000 м3/га полу­чена на монолитах следующая эффективность этих мероприятий.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Химикаты (в т/га) . . .** | **Гипс** | **Мел** | **Мел 8,5 и** | **Мел 12,5 и** | **Мел 17 и ор­** |
| **Процент вытесненного** | **15** | **17** | **сера 2,8** | **сера 4,2** | **ганическое вещество 9,8** |
| **натрия** | **73** | **40** | **09** | **81** | **59** |

Из этих цифр видно, что даже при значительной промывной норме мел оказался наполовину эффективнее гипса. Прибавка к мелу серы, а также органического вещества может сильно

Повысить его эффективность. В практике При всех видах мелиораций солонцов особо полезно внесение навоза.

В ряде случаев вместо гипса и извести для мелиорации солон­цов могут быть использованы карбонатно-гипсовые нижние гори­зонты самих солонцов. Однако потребная для этого масса грунта может стать значительной. Так, например, в тех же опытах В. Н. Филипповой на 1 га вносилось вместо 6—8 т гипса 375 т карбонатно-сульфатного слоя почвы.

Другие приемы мелиорации. Кроме гипса и извести, для мелиорации солонцов могут быть применены различные другие вещества: сера, хлорная вода, гумат аммония, гумофос, различные отходы промышленности, но эффек­тивность большинства этих химикатов находится пока в стадии первоначаль­ного экспериментального исследования.

Чистая сера в порошке (S) с успехом, и даже более эффективно, **че\*м** гипс, может быть применена для мелиорации солонцов на карбонатных почвах. Сера в почве под влиянием серобактерий окисляется в серный ангидрид, с водой он дает серную кислоту, которая переводит карбонат в гипс, и таким образом осуществляется нормальная мелиорация. В силу необходимости осу­ществления биологического процесса, мелиорирующий эффект серы наступает лишь через год после ее внесения, но бывает более сильным, чем при внесении готового гипса. На бескарбонатных солонцах вносить серу не рекомендуется.

Очень быстро химическая мелиорация солонца осуществляется при обработке его трехвалентпыми катионами, вносимыми в почву, например, в форме железного купороса или квасцов (KAI (S04)2 • 12 Н20).

Однако после такой мелиорации в некоторых случаях наблюдались отри­цательные сельскохозяйственные явления в виде понижения фильтрации и подавления биологической деятельности, почему этот метод требует даль­нейшего изучения.

Можно очень быстро вытеснить поглощенный натрий, применяя для про­мывки раствор серной или азотной кислоты. Однако в результате получится негодная кислая почва. Поэтому кислование может быть применимо на солон­цах карбонатных (содержащих СаС03), где будет мелиорировать уже каль­циевая соль.

Промывка солонцов водой может иметь успех в случае, когда последняя содержит значительные количества иона кальция.

С этой точки зрения заслуживают большого внимания минерализован­ные грунтовые воды, часто насыщенные гипсом.

Промывка чистой водой хотя и вызывает замещение ио^а натрия на водо­род, однако в силу малой концентрации водородного иона реакция осущест­вляется крайне медленно. Это можно иллюстрировать следующими резуль­татами одного из наших лабораторных опытов по промывке естественной солонцовой почвы Заволжья. Горизонт почвы 20—30 см (бескарбонатный) содержал всего 9,38 м.-экв. натрия (что составляет 20,6% емкости поглоще­ния) и промывался он методом последовательных водных вытяжек, в которых определялись хлор, серная кислота и сода. Полученные величины показаны в виде кривых на рисунке 52.

Кривая выщелачивания соды показывает ход вытеснения натрия ионом водорода. Мы видим, что в третьей водной вытяжке, когда хлористые и сернокислые соли почти выщелочились, количество соды достигло зна­чительной величины — почти 0,08% против 0,02% первой вытяжки. Затем в дальнейших вытяжках количество соды медленно убывает и достигает исходной величины лишь в 17-й вытяжке. Если принять этот пункт за конеч­ный для промывки, то оказывается, что на 100 г почвы необходимо 8,5 л воды. Пересчитав это на 10-сантиметровый слой почвы на гектар, мы получим вели­чину 102 000 м3, явно неприемлемую для практических условий; к тому же в силу плохой фильтрации солонцовых масс операция промывки потребует десятилетий, и в результате мелиорации получится кислая почва -- солодь.

Следует отметить, что в тех случаях, когда при мелиорации солонцов иллювиальный уплотненный горизонт В остается в своем естественном залегании (не вспахан и не разрыхлен), химической обработки с промывкой может оказаться недостаточно для пол­ного улучшения солонца. Зависит это от того, что плохие свойства горизонта В определяются не только присутствием в нем погло­щенного натрия, но одновременно и тем, что в него вмыто значи­тельное количество илистых частиц, в результате чего он часто представляет собой тяжелоглинистую массу. Поэтому химиза­ция может устранить полностью один вредный фактор — погло-

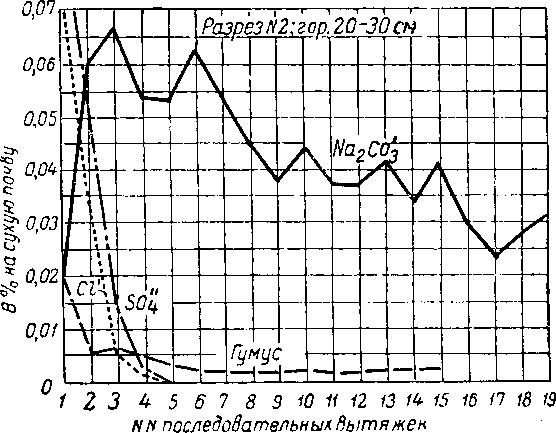


Рис. 52. Кривая выщелачивания соды из солонца.

щенный натрий, но далеко не сразу может исправить все неблаго­приятные свойства глинистой массы, в частности водные свойства ее могут еще быть плохими.

Мы исследовали коэффициенты фильтрации для трех моноли­тов района Тингутинской опытной станции, взятых на целинной степи в нескольких метрах друг от друга и получили следующие результаты (табл. 61).

Монолиты имели длину 98 см и сечение 15 X 16 см. Отличие монолитов заключалось в степени их солонцеватости (табл. 62).

Цифры показывают, что в почве, представленной монолитом № 13, процент поглощенного натрия лежит в пределах 3,26—4,78 емкости поглощения (почва практически несолонцовая), моноли­том № 14 — от 4,84 до 5,84 (почва слабосолонцеватая) и моно­литом № 15 — от 6,18 до 27,70 (почва сильносолонцеватая).

Коэффициенты фильтрации воды (в **см/сек)** для трех монолитов, взятых в районе Тингутинской опытной станции

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Монолит 13. Время про­хождения воды через монолит 6 час.** | | **Монолит 14. Время прохожде­ния воды через моно­лит 9 час.**  **15 мин.** | **Монолит 15. Время про­хождения воды через монолит 14 час. 30 мин.** | | **Монолит 15. Продолже­ние опыта с заменой воды раствором гипса** | |
| **Дата наблю-** | **Коэффи-** | **Коэффи-** |  | **Коэффи­** |  | **Коэффи­** |
| **дений (для** | **циент** | **циент** | **Дата наблю-** | **циент** | **Дата** | **циент** |
| **монолитов** | **фильтра-** | **фильтра-** | **дений** | **фильтра­** | **наблюдений** | **фильтра­** |
| **№ 13 и 14)** | **ции** | **ции** |  | **ции** |  | **ции** |
| **31/Ш** | **0,0004437** |  | **15/1V** | **0,0000010** | **13/У** | **0,0000017** |
| **1/1У** | **0,0004172** | **0,0000667** | **16/1У** | **0,0000013** | **15/У** | **0,0000018** |
| **2/1V** | **0,0003035** | **0,0000646** | **17/1У** | **0,0000015** | **21/У** | **0,0000022** |
| **3/1У** | **0,0002793** | **0,0000763** | **18/1V** | **0,0000014** | **30/У** | **0,0000021** |
| **5/IV** | **0,0002254** | **0,0000607** | **20/IV** | **0,0000013** | **7/VI** | **0,0000030** |
| **6/1У** | **0,0001901** | **0,0000532** | **21/1У** | **0,0000015** | **16/У1** | **0,0000032** |
| **7/1У** | **0,0002121** | — | **22/1V** | **0,0000016** | **24/У1** | **0,0000034** |
| **8/1V** | **0,0001811** | **0,0000461** | **23/1У** | **0,0000017** | **27/VI** | **0,0000034** |
| **9/1V** | **0,0001404** | **0,0000408** | **24/IV** | **0,0000017** | **1/УН** | **0,0000033** |
| **10/1V** | **0,0001317** | **0,0000355** | **25/1V** | **0,0000016** | **4/УП** | **0,0000040** |
| **15/1V** | **0,0001123** | **0,0000255** | **30/1У** | **0,0000016** | **6/VII** | **0,0000067** |
| **20/1У** | **0,0001721** | **—** | **5/У** | **0,0000016** | **8/У II** | **0,0000086** |
| **25/1V** | **0,0001043** | **0,0000219** | **7/У** | **0,0000016** | **9/УП** | **0,0000117** |
| **30/1У** | **0,0000753** | **0,0000016** | **8/У** | **0,0000018** | **11/УИ** | **0,0000120** |
| **5/У** | **0,0000611** | **0,0000154** | **9/У** | **0,0000018** | **12/УП** | **0,0000073** |
| **10/У** | **0,0000544** | **0,0000138** | **11/У** | **0,0000017** | **14/УП** | **0,0000071** |
| **13/У** | **0,0000533** |  | **12/У** | **0,0000019** | **18/УП** | **0,0000057** |

**Таблица 62**

Степень солонцеватости почвенных монолитов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ монолита** | **Горизонт** | **Глубина (в см)** | **Емкость по­глощения в (м.-энв.)** | **Поглощенные Ка\* + К'**  **(в м.-экв.)** | **Процент по­глощенного ЫаЧ-К\* от емкости** |
| **13** | **А** | **0-6** | **13,13** | **0,628** | **4,78** |
|  | **В,** | **11—20** | **22,48** | **0,822** | **3,66** |
|  | **в**2 | **26-34** | **25,02** | **0,818** | **3,26** |
| **14** | **А** | **0-8** | **27,61** | **1,612** | **5,84** |
|  | **В!** | **9—14** | **28,65** | **1,457** | **5,09** |
|  | **В**2 | **19—32** | **21,43** | **1,037** | **4,84** |
| **15** | **А** | **0—3** | **10,96** | **0,677** | **6,18** |
|  | **В!** | **3-13** | **30,35** | **7,194** | **23,70** |
|  | **в**2 | **18—25** | **23,30** | **4,857** | **20,85** |

Полученные показатели фильтрации свидетельствуют о том, что по мере увеличения солонцеватости коэффициент фильтрации резко падает. Так, если для начального момента фильтрацию монолита № 13 принять за 100, то для монолита № 14 она будет составлять 15 и для монолита № 15 всего 0,2. Эти различия пред­ставляют интерес потому, что они не соответствуют показаниям элементарного механического состава. Именно, в монолите № 15 количество илистой фракции с частицами менее 0,0005 мм не пре­вышает 17,5%, тогда как в монолитах № 13 и 14 количество той же фракции поднимается до 23,47 и 30,24%. Следовательно, почва монолита № 15 наиболее легкая по механическому составу, а фильтрационная способность ее в 500 раз меньше, чем монолитов № 13 и 14.

В монолитах № 13 и 14 поглощающий комплекс насыщен преимущественно кальцием, и потому ил находится в прочном агрегатном состоянии и почва хорошо фильтрует, несмотря на большое абсолютное количество ила.

В монолите «N\*215 ила хотя и мало, но он дисперсирован натрием, и потому почва не фильтрует. Эти различия сказываются и на динамике коэффициента фильтрации: в монолитах № 13 и 14 коэффициент фильтрации падает от начала к концу опыта, тогда как фильтрация солонцового монолита № 15 не уменьшается, а увеличивается. Этот ход явлений можно непосредственно свя­зать с составом поглощенных оснований. В самом деле, при про­мывании водой почвы, насыщенной кальцием, последний частично может замещаться ионом водорода, однако от этого заметного изменения фильтрации не произойдет. Наоборот, при замещении водородом иона натрия должно произойти увеличение фильтра­ции. В нашем случае мы наблюдаем такое соотношение явлений: несолонцеватый разрез № 13 дает к концу опыта уменьшение фильтрации почти в девять раз, слабосолонцеватый № 14 — только в 4—5 раз и сильно солонцеватый № 15 увеличивает фильтрацию почти в два раза.

В этом же опыте определялось изменение фильтрации моно­лита № 15 под влиянием гипса (табл. 61, крайняя правая графа). Для этого вода была заменена насыщенным раствором гипса, и фильтрация продолжалась без перерыва. Цифры показывают, что фильтрация медленно, но неуклонно растет, в конце второго месяца достигает своего максимума, превышающего в семь раз исходную величину, но в абсолютных цифрах эго увеличение все же незначительно (К = 0,0000120). Надо считать, что это является результатом уплотнения иллювиального горизонта, которое уже не может быть достаточно разрыхлено коагуляцией кальцием.

Для получения более серьезного улучшения почвы, кроме химизации, необходимо применять механическое рыхление чизе­лем и культуру глубоко укореняющихся растений, которые придадут этому горизонту прочную структуру.

Капиллярные явления в солонцовых горизонтах почти еще не изучены.

Имеются указания, что отдельные столбики солонца неделями не поднимают капиллярно воду — так плотны эти столбики и так узки в них капилляры. Однако при подведении к ним раствора бариевой или кальциевой соли он довольно энергично подни­мается. С этим обстоятельством нельзя не считаться, так как в при­родных условиях поднимаются всегда именно солевые растворы и, следовательно, возможно проникновение их через солонцовый горизонт на поверхность почвы.

Большой интерес представляет вопрос об изменении солонцо­вых почв под влиянием длительного орошения без дополнитель­ных мелиораций. Для его освещения мы располагаем некоторыми лабораторными экспериментами и полевыми наблюдениями.

В лабораторном опыте мы взяли три образца солонцовых бес- карбонатных почв Заволжья в монолитах сечением 15 X 15 см и высотой 2 м и осуществили на них поливы и промывки дистил­лированной водой по норме от 8000 до 18 000 м3/га. Монолиты послойно анализировались перед экспериментом и затем строго из тех же слоев проанализированы пробы после окончания поли­вов, а в некоторых случаях и в процессе промывок.

Полученные аналитические данные позволили наметить сле­дующие выводы.

1. Вынос воднорастворимых солей из солонцовых почв проте­кает довольно медленно и для полного выщелачивания 2-метро­вой толщи требуются значительные объемы воды — для удаления иона хлора 6—8 тыс. м3/га.
2. Изменение поглощающего комплекса идет в две фазы: а) в первую фазу даже в слабосолонцеватых почвах, с которыми мы имели дело, когда количество поглощенного натрия составляет лишь 5—12% общей емкости поглощения, после выноса водно­растворимых солей наступает резкое увеличение натриевой ще­лочности (это может оказаться вредным для растительности и, сле­довательно, потребует специфической химизации); при этом при промывках наблюдается заметное повышение солонцеватости ниж­них горизонтов почвы и одновременное увеличение емкости погло­щения; б) во вторую фазу, при очень большой норме промывки (до 18 000 м3/га), наблюдается заметное разрушение поглощающего комплекса и понижение емкости поглощения в горизонтах, ли­шенных солей.
3. Процесс промачивания солонцовых почв очень неравно­мерен в различных горизонтах, что может создать условия для капиллярного поднятия солей к поверхности почвы при орошении.
4. Коэффициент фильтрации в солонцовых почвах изменчив и в первые фазы промывок строго следует динамике натриевой щелочности, будучи прямо противоположен ей по знаку. Дина­мика щелочности характеризует в данном случае динамику дис­персного состояния почвы.
5. В случае заметного разрушения поглощающего комплекса почвы фильтрация все время ухудшается, повидимому, в связи с закупориванием почвенных пор выделяющимися коллоидными кремнекислотой и полутораокисями.

В условиях бескарбонатных почв мы изучили изменения поглощающего комплекса для незасоленных почв Тингутинской опытной станции, орошаемых около 30 лет. Почвы относятся к группе слабосолонцеватых каштановых и не подвержены прямому влиянию грунтовых вод, так как последние залегают на глубине 4 м. При исследовании анализировалась почва двух пар разре­зов, из которых один расположен на неорошаемой площади (стан­дарт для сравнения), а другой на орошаемой, в расстоянии 80— 160 м от первого.

Полученные результаты для первой пары разрезов (№ 1 и № 4) и для второй пары (№ 2 и № 3) приведены в таблице 63.

**Таблица 63**

Изменение емкости поглощения и солонцеватости почвы под влиянием орошения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **М разрезов** | **Гори­**  **зонт** | **Глубина (в см)** | **Емкость поглощения (в м.-экв.)** | **Поглощено натрия (в м.-экв.)** | **Процент поглощенного натрия от емкости** |
| 1**, неорошаемый** | **А,** | **0—7** | **21,507** | **1,237** | **5,75** |
|  | **А2** | **10—15** | **18,067** | **1,042** | **5,76** |
|  | **В,** | **22—28** | **27,702** | **0,850** | **3,07** |
|  | **в2** | **32—39** | **25,167** | **0,466** | **1,85** |
|  | **В,** | **48—55** | **19,311** | **0,717** | **3,71** |
|  | **С,** | **70—80** | **16,213** | **2,620** | **16,16** |
|  | **С2 ■** | **90—100** | **14,881** | **2,672** | **17,95** |
| **4, орошаемый** | **А,** | 0—10 | **17,285** | **• 0,826** | **4,77** |
|  | **А2** | **17—21** | **15,177** | **1,442** | **9,50** |
|  | **В,** | **22—32** | **25,028** | **2,370** | **9,47** |
|  | **В2** | **34-42** | **21,974** | **2,510** | **11,42** |
|  | **В3** | **53-62** | **20,167** | **2,481** | **12,30** |
|  | **В4** | **75-85** | **16,603** | **2,465** | **14,85** |
|  | с | **90—100** | **16,249** | **2,494** | **14,71** |
| 2**, неорошаемый** | **А,** | 0—10 | **14.22** | 0,86 | 6,1 |
|  | **А2** | **10—14** | **15,74** | **0,85** | **5,4** |
|  | **В,** | **15—25** | 20,22 | **1,05** | **5,2** |
|  | **В2** | **25-35** | **21,95** | **0,79** | **3,6** |
| **3, орошаемый** | **А1** | 0—10 | **17,91** | **0,99** | **5,54** |
|  | **А2** | **10—14** | **19,04** | **0,80** | **4,22** |
|  | **В1** | **14-30** | **21.26** | **0,72** | **3,41** |
|  | **В2** | **31—48** | **16,86** | 0,88 | **5,2** |

Рассматривая эти цифры, можно отметить противоречивость результатов: 1) в одном случае (первая пара разрезов) под влия­нием орошения произошло уменьшение емкости поглощения и увеличение солонцеватости верхних четырех горизонтов (до 40 см), т. е. имеет место общий сдвиг характера почвы в неблагоприятную сторону; 2) в другом случае орошение вызвало некоторое увели­чение емкости поглощения и уменьшение солонцеватости, т. е. изменение почвы произошло в положительную сторону.

Для второй пары разрезов сделано определение коэффициента фильтрации в монолитах. Эти цифры приводятся в таблице 64. Из нее видно, что коэффициент фильтрации для орошаемого моно­лита в течение всего опыта остается постоянным. Фильтрация неорошаемого монолита вначале в три раза выше, чем орошаемого, но уже через месяц разница сглаживается, а затем к концу опыта фильтрация этого монолита становится даже меньше. Таким обра­зом, все это свидетельствует о том, что при орошении не произо­шло каких-либо серьезных изменений почвенной массы.

В целом изменения тиигутинских почв должны быть оце­нены как незначительные. Там же, на Тингуте, но при лиманном орошении и под непрерывным покровом травы, Лисовский скло­нен констатировать коренное улучшение солонцовых почв, пре­вращение их в почвы степного типа почвообразования.

**Таблица 64**

Коэффициент фильтрации 1\*10~7 (см/сек) орошаемой и неорошаемой слабосолонцеватой почвы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ разрезов** | **Даты** | | | | | | | | | | | | |
| **м**  ьн  1-1  00 | 1—1  1—1  1—1  сх­  ем | 1—1  1—1  О  **СО** | **>**  **пн** | **>**  **со** | **>**  ьч | **>**  нч  о | **>**  **пн**  **йо** | **>**  **м**  о  см | **>**  ьч  **ю**  см | **>**  сч  о  **со** | **>** | **>**  О |
| 1. **неорошаемый** 2. **орошаемый .** | **4С5С**  **1501** | **3721**  **1089** | **3562**  2201 | **3563**  **1456** | **2084**  **1573** | **2445**  **1305** | **2578**  **1511** | **2551** | **1868** | **1496**  **1662** | **0682**  **1877** | **0747**  **1408** | **0604**  **1510** |

Широкое обследование орошаемых участков Заволжья Поч­венным институтом Академии наук дает основание считать, что изменения солонцовых свойств под влиянием орошения незна­чительны.

Существенно иначе могут протекать процессы в карбонатных солонцах.

В районе Ганджи (Закавказье) В. В. Акимцев наблюдал су­щественное изменение карбонатных солонцеватых каштановых почв. После длительного орошения профиль их оказывался как бы размытым и солонцеватость морфологически в значительной мерс сглаженной. Эти почвы лежат в условиях прекрасного естествен­ного дренажа, и потому орошение всегда связано с промыванием почвы. При этом, очевидно, карбонат кальция, растворяясь, последовательно вытеснял поглощенный натрий и, таким образом, видоизменял почву.

Повидимому, аналогичный случай имеет место в Караязах (там же). Местные каштановые почвы были частично, несомненно, солонцеваты, и потому в первые годы культура хлопчатника на них удавалась лишь с большим трудом, в силу плохих физиче­ских свойств. В дальнейшем эти трудности преодолены, что нужно, повидимому, поставить в связь с тем, что при длительном ороше­нии почвы промывались и кальций карбоната вытеснял погло­щенный натрий. Таким образом, эволюция карбонатных солон­цовых почв в условиях достаточного естественного дренажа пред­ставляется благоприятной.

Любопытное исключение, в смысле длительной устойчивости солонца в карбонатной среде, зарегистрировал В. П. Козлов в Голодной степи (поселок Верхне-Волынский).

Среди полей хлопчатника были обнаружены пятна, лишенные культурных растений, но в то же время и незасоленные. Два разреза, сделанные под хлопчатником и на голом пятне, показали, что в последнем случае имеет место как бы размытый профиль солонца. Анализ водной вытяжки и поглощенных оснований этих двух разрезов дал следующие результаты (табл. 65).

Таблица 65

Результат анализа водной вытяжки из двух образцов почвы (н %)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | **Водная вытяжка** | | |  | і  о |  | о |
|  |  |  |  | **Щелочность** | |  | РЗ  Рн  О |  | **Процент погл щенного Ка\* от емкости** |
| № **почвенного разреза и состояние посева** | **Глубина (в см)** | **плотный**  **остаток** | **общая** | **карбо­**  **натная** | **бикарбо-**  **натная** | **щелочно­**  **земельных**  **металлов** | **Емкость п щения** | **і Поглощен ный Ка\*** |
| 251, **хлопчатник нормаль­ный** | 0—10 | 0,070 | 0,038 | **Нет** | 0,023 | **Нет** | 0,313 | 0,009 | 2,84 |
|  | 40-45 | 0,090 | 0,036 | » | 0,015 | **»** | 0,277 | 0,002 | 0,62 |
| 252, **голое пятно** | 0-10 | 0,082 | 0,038 | **»** | 0,022 | **»** | 0,306 | 0,010 | 3.23 |
| 40-45 | 0,146 | 0,111 | 0,005 | 0,093 | **»** | 0,255|0,110 | | 43,11 |

Эти цифры показывают, что обе почвы действительно не содер­жат вредных хлористых и сернокислых солей, но в разрезе № 252 на глубине 40—45 см оказывается повышенная щелочность (0,111%) и присутствует даже нормальная сода (0,005%).

Анализ поглощающего комплекса показывает содержание в этом горизонте громадного количества поглощенного натрия (43,11% емкости), т. е. в данном случае почва представляет собой солонец. Хлопчатник здесь не растет, несмотря на глубокое зале­гание солонцового горизонта.

Уральская опытная станция наблюдала изменение поглощаю­щего комплекса каштановых карбонатных солонцовых почв в своем хозяйстве после двух лет орошения (табл. 66).

Изменение поглощающего комплекса после дв^х лет орошения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Участок** | **Горизонты (в см)** | **Емкость (в м.-экв.)** | **Состав поглощенных оснований (в процентах от емкости)** | | |
| **Са”** | **мг\*** | **N**8**\*** |
| **Пар неорошаемый. , . ,** | **А—0 —10** | **41,05** | **83,95** | 8,86 | **7,19** |
|  | **В-23 — 28** | **37,25** | **79,15** | **15,90** | **4,95** |
|  | **ВС-60 —70** | **33,15** | **56,55** | **28,07** | **15,38** |
| **Пар орошаемый** | **А — 0 —10** | **36,35** | **84,56** | **6,56** | 8,88 |
|  | **В-23 —28** | **36,05** | **71,17** | **19,80** | **9,03** |
|  | **ВС-60 — 70** | **27,37** | **37,94** | **36,00** | **26,06** |

Полученные результаты позволяют отметить следующее.

После орошения, несмотря на то, что почва карбонатна, наме­тилось некоторое уменьшение общей емкости поглощения и увели­чение солонцеватости, т. е. в целом изменения произошли в неблагоприятную сторону. Эти изменения в абсолютных цифрах не­значительны, тем не менее автор исследования (Орловский) отме­чает, что после орошения наблюдается пониженное количество кальция в почвенном растворе, повышенная щелочность, подавлен­ная нитрификация и, как следствие, пониженная урожайность.

Из приведенного краткого обзора можно сделать следующие общие выводы: 1) в случае карбонатных солонцовых почв можно рассчитывать на постепенное коренное улучшение их под влия­нием орошения, хотя в первой стадии могут наблюдаться и не­которые отрицательные результаты; 2) для почв бескарбонатных улучшения солонцовых почв даже при длительном их орошении не наблюдается.

Там, где орошение солонцовых почв вызывает вторичное их засоление, результат получается особенно резко отрицательным. Такой случай, по нашим наблюдениям, имел место на Валуйской опытной станции (Заволжье). Под влиянием орошения здесь произошло резкое повышение уровня грунтовых вод и значитель­ное засоление почв, содержание солей достигало 2,3%. Исследо­вание влияния засоления на поглощающий комплекс показало, что при этом происходит значительное насыщение его натрием, т. е. резкое усиление солонцеватости почвы. Так, в почвах неза­соленных процент натрия от емкости равен 5—б, после же засоле­ния он поднимается до 20—22. В данном случае мы имеем дело с бсскарбонатными почвами, и это является особенно отрицатель­ным обстоятельством, так как улучшение возникших солонцов может потребовать искусственной химизации.

Там же, но в других условиях, Ю. Г. Лопато и Усов наблюдали при засолении обогащение почв гипсом и, следовательно, как бы «самомелиорацию» солонцов.

Пестрота явлений засоления общеизвестна, тем не менее во\* всех случаях при орошении должно быть сделано все для пред­упреждения вторичного засоления.

В природной обстановке в течение длительных периодов до­бавочного увлажнения в понижениях на известных стадиях осоло- дения солонцов на последних часто поселяется луговая раститель­ность. Под влиянием ее в верхних горизонтах почвы накапли­вается гумус, т. е. восстанавливается запас органических коллои­дов, а с другой стороны, благодаря аккумуляции корнями солей кальция осуществляется и последовательное рассолонцевание почвы. Возникают дерновые темноцветные почвы удовлетвори­тельного сельскохозяйственного качества. Эволюция солонцов под влиянием травяной растительности в сторону остепнения наблюдается и в других случаях пониженных уровней грунтовых вод.

СОЛОНЦОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ПРОМЫВКЕ НАТРИЕВЫХ СОЛОНЧАКОВ

Первые классические лабораторные исследования промывки натриевых солончаков, на основе которых создана вся современная теория солонцового процесса, были осуществлены К. К. Гедройцем в 1912—1913 гг.

Эти исследования в основном заключались в следующем: образец бескарбонатного чернозема многократно обрабатывали хлористым или сернокислым натрием (искусственно приготовляли натриевый солончак), а затем его промывали водой по методу последовательных водных вытяжек. Оказалось, что при этом ионы хлора (или ЭО\*) выщелачивались по обычной падающей кривой, но одновременно наблюдалась совершенно оригинальная кривая поведения щелочности (ионов НСО' и СО'' соды): в пер­вых промывных водах соды не было совсем, в последующих про­мывках она появлялась, максимум ее оказывался в момент, когда ион хлора (или ЭО") был полностью вымыт, и, наконец, при дальнейших промывках щелочность медленно падала вплоть до нуля. Этот ход кривой виден из приведенных ниже цифр К. К. Гед- ройца.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ последовательных вытяжек** | 1 | 2 | **3** | **4** | **5** | 6 | **7** | 8 | **9** | 10 |
| **Количество соды (в %)** | 0,0 | 0,001 | **0,008** | **0,018** | **0,006** | **0,006** | **0,004** | **0,004** | 0,0 | 0,0 |

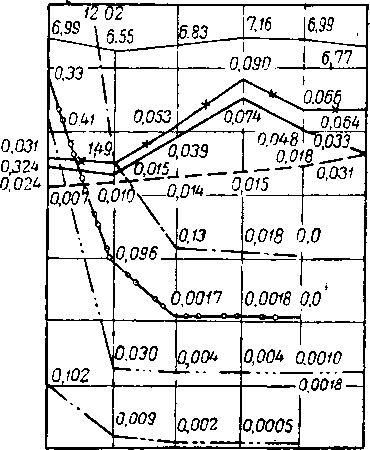
К. К. Гедройц впервые дал правильное истолкование отме­ченных явлений, заключающееся в следующем: при обработке почвы натриевой солью ион натрия поглощается, а анион свя­зывается с вытесняемым катионом кальция; при первых про­мывках, когда концентрация растворенной соли (в данном слу­чае СаС12 + КаС1) высокая, поглощенный натрий не диссоциирует и потому соды в растворе нет; по мере уменьшения в растворе концентрации соли, поглощенный натрий диссоциирует и дает щелочность по схеме: (Почва) Ка -> ШОН КаНС03 -► Ка2С03. В дальнейшем, по мере вытеснения натрия ионом водорода и раз­рушения поглощающего комплекса, количество соды постепенно падает до нуля. В этом и состоит сущность явлений солонцового процесса, развивающегося при промывке натриевого солончака.

Из этого эксперимента следует, что если бы этот способ мелио­рации натриевого солончака (именно промывку водой) применить в практике, то получились бы следующие результаты: 1) в момент отмывки солей почва приобретает наиболее ярко выраженные свойства солонца, т. е. оказывается непригодной к использованию; 2) дальнейшей промывкой поглощенный натрий вытеснить можно, но для этого, как указано выше, нужны колоссальные количества воды, и в результате получится почва с разрушенным поглощаю­щим комплексом (так называемая солодь), крайне низкая по своей сельскохозяйственной ценности.

Нами проведены опыты, аналогичные описанному (но по несколько расширенной программе), с естественными карбонат­ными солончаками Голодной степи и с карбонатными (15—20% СаС03) сероземами, искусственно засоленными хлористым и серно­кислым натрием. Результаты исследований при засолении хло­ристым натрием показаны на рисунках 53, 54, 55 и 56.

В качестве основных выводов из этих данных нужно отметить следующее: 1) солонцовые свойства почвы проявляются лишь после отмывки главной массы воднорастворимых солей; 2) эти свойства проявляются в резком повышении дисперсности почвы, ее щелочности и в разрушении поглощающего комплекса (появ­ление ЭЮз); кривые дисперсности и щелочности идут практи­чески параллельно друг другу; 3) проявление солонцовых свойств тем резче, чем сильнее исходное засоление почвы и, следовательно, чем больше в почве поглощенного натрия (рис. 53 и 54); 4) солон­цовые свойства, выраженные в максимуме при 2—3-й промывке,, полностью исчезают при 5—6-й промывке; это определяется мелиорирующим действием извести почвы. В практике такая мелиорация потребует очень больших объёмов воды; 5) сопостав­ляя нисходящий ход кривой выщелачивания воднорастворимых солей и восходящий ход кривых солонцовых свойств, казалось бы, можно уже при первых промывках подобрать такой момент (например, 3 на рис. 53), когда концентрация соли достаточно понизилась, а солонцовые свойства еще не проявились резко, и в это время мелиорацию закончить. В практике иногда пы­таются осуществить этот прием, так как он дает большую экономию воды и труда, но рекомендовать его как общий прием нельзя.

В момент неполной мелиорации возможно и полезно начать подготовительную культуру соле- и солонцовоустойчивых расте­ний (трав, зерновых), но для основных культур севооборота здесь всегда имеет место двойная угроза: во-первых, при сезонной ди­намике воднорастворимых солей возможно временное повышение.

*12 3\*56*

NN последовательных дытятен условные обозначения

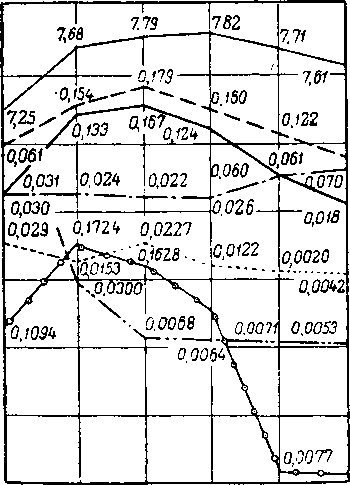
—оо— **У03"**

нС03/Са/ СаО

„ *1****На\*** ***Мао***

С1 —1« НС03 общая..

**Рис. 53. Кривые выщелачивания со­лей (содержание в процентах) при ис­кусственном засо­лении** 20**% раство­ром хлористого на­трия.**



\* 2 3 4 5 6

ПН последов а тельных вытяжек Условные обозначения

**Рис. 54. Кривые**

**выщелачивания солей при полном насыщении почвы ионом натрия из хлористого натрия.**

*РИ*

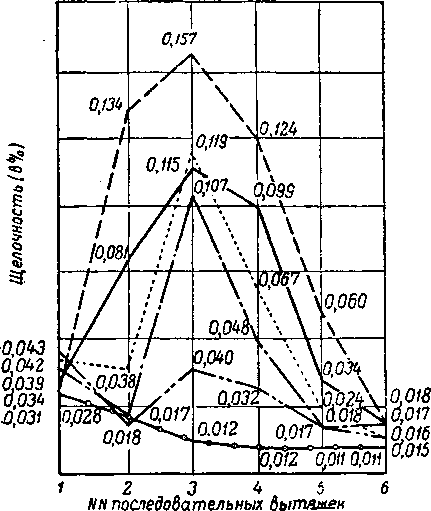
нсо\* общая в %

нсаі(Са) %і

*НС(Г3(На)* \*

**—** Органичесние вещества в %

о— Дисперсность частиц <0,001 .(вг/л)



***Условные обозначения: г>тхп* ^**

**■** НаС1 **-27Л%,Са50л** 0,0% **Рис- 55• КРивые „ ’ „** о/?? **щелочности приза-**

/,

**— — «** п **»3,**

***НаСЬнасыщено***

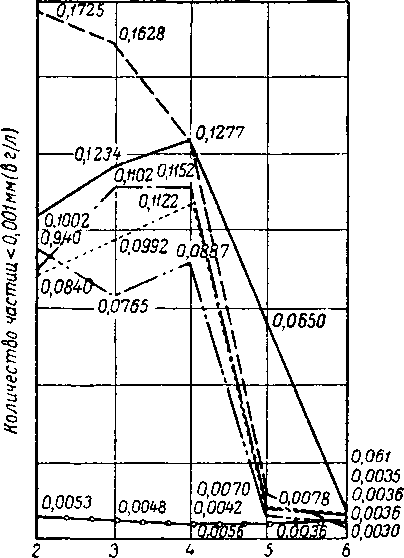
***—•—Естественная почва***

I**,///я**

***,50%***

***\15%***

**солении хлори-  
стым натрием и  
различными коли-  
чествами гипса.**



**Рис. 56. Кривые дисперсности при засолении хлори­стым натрием и различными коли­чествами гипса.**

ПН последовательных вытяжек Условные обозначения

*па Л -27ьса30ь -0,0%*

***-0,77%***

**„ „ -** 1,50%

**п \* -**3.15 %

насыщено ла

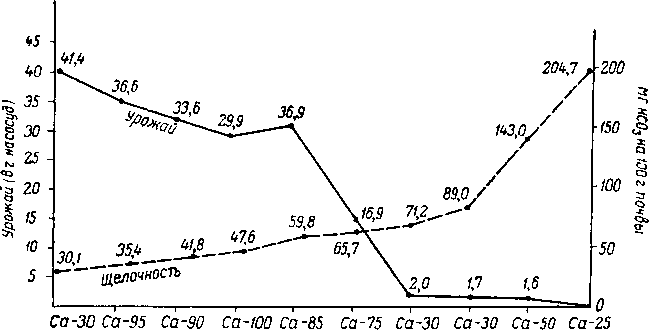
***—Естественная почва***

Концентраций, опксное ДЛй КулЫуры; йо-вторых, при Понижений концентрации соли возможна губительная вспышка высокой щелочности почвы.

Повидимому, впервые повышение щелочности при увеличении влаж­ности было отмечено в лабораторных опытах Бризеля (Аризона, США).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Отношение воды** | | **к навеске :** | **почвы** | **Влажность (в %)** | |
|  | **20 :1** | **5:1 1** | | 1:1 | **0,3 :1** | **18112** | **8** |
| **Количество СО£** | **0,0720** | **0,0450** | **0,0120** | **0,0036** | **Следы** | **—** |

Нами неоднократно наблюдалась в Голодной степи, на про­мытых солончаках, неожиданная и внезапная гибель культур (хлопчатника, люцерны) непосредственно после полива. Веро­ятнее всего, что эти солончаки были натриевыми, недостаточно



N0-10 N0-5 N0-10 N0-15 N0-15 Ыа-ЬО N0-55 N0-50 N0-75

Мд-10 Мд-10 Мд-10

Н-50 Н-20 Н-5

Рис. 57. Влияние общей щелочности на урожай яровой пшеницы.

Вегетационные опыты 1935 г.

промытыми и на них после полива появлялась щелочность, гу­бившая растительность. Влияние щелочности на урожай иллюст­рируется следующей диаграммой Н. В. Орловского (рис. 57).

На мелиоративной станции Федченко (Фергана) в 1940 г. отмечено следующее изменение щелочности после полива (табл. 67, В. А. Ковда).

На основании приведенных данных следует считать, что про­мывка натриевого солончака должна продолжаться до тех пор, пока количество поглощенного натрия в почве станет неопасным для культур.

Изменение щелочности после полива

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Горизонты (в см)** | **До полива 7/VII** | | | **После полива 10/VII** | | |
| **pH** | **НСОз** | **сої** | **pH** | **НСОз** | **сої** |
| **В** % | | **в** | % |
| **2—12** | **8,33** | **0,60** | **0,09** | **8,71** | **0,90** | **0,19** |
| **12—25** | **8,30** | **0,63** | **0,07** | 8,88 | **1,13** | **0,28** |
| **25—35** | **8,80** | **0,54** | 0,12 | **8,80** | **0,98** | **0,27** |
| **35—65** | **8,62** | **0,30** | **0,06** | **8,80** | **1,06** | **0,24** |

Для выяснения мелиорирующей роли гипса в тех же опытах были внесены различные дозы его с таким расчетом, что макси­мальная из них — 3,15% — создавала в данной концентрации хлористого натрия вполне насыщенный раствор, а минимальная — 0,77% — давала \*/4 насыщения. Полученные результаты по щелочности и дисперсности показаны на рисунках 55 и 56.

Оказывается, что уже наименьшая доза существенно влияет как на щелочность, так и на дисперсность. При этом влияние проявляется не столько в снижении максимума, сколько в умень­шении шага кривой, т. е. в уменьшении числа вытяжек, необхо­димых для выщелачивания натрия. Последующие увеличенные дозы гипса уменьшают одновременно как шаг кривой, так и ее максимум. Однако существенное понижение последнего наблю­дается только при максимальной дозе.

Обращает на себя внимание то весьма практически важное обстоятельство, что даже максимальная доза гипса в данных усло­виях еще не предотвращает полностью внедрения натрия в погло­щающий комплекс. Растворимость гипса, следовательно, мала для того, чтобы получить в растворе необходимое соотношение ионов натрия и кальция. Следовательно, практически в почве должен быть некоторый запас нерастворенного гипса, который, перейдя в раствор в последующих промывках, вытеснит оконча­тельно натрий.

В следующей серии опытов хлористый натрий был заменен эквивалентным количеством сернокислого натрия ^а2804), все же остальное было аналогичным. Результаты этих опытов в виде итоговых кривых щелочности и дисперсности показаны на рисун­ках 58 и 59.

Эти кривые позволяют констатировать следующее: в тех про­бах, где гипс отсутствует, действие на поглощающий комплекс сернокислого натрия оказывается совершенно одинаковым с дей­ствием хлористого натрия, т. е. количество натрия, внедряюще­гося в поглощающий комплекс, оказывается в обоих случаях одинаковым.

Однако другие стороны действия ^2804 оказываются сущест­венно иными, чем при хлористом натрии.

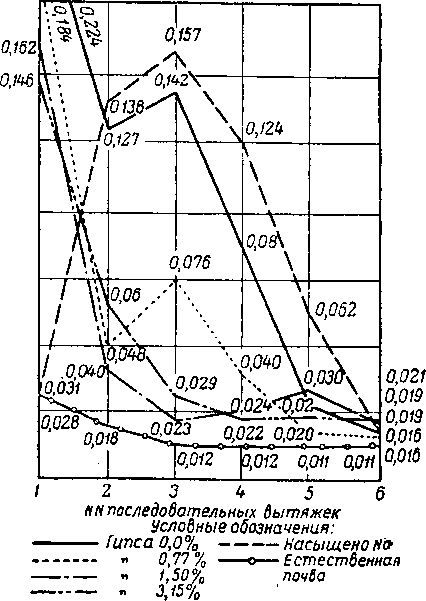
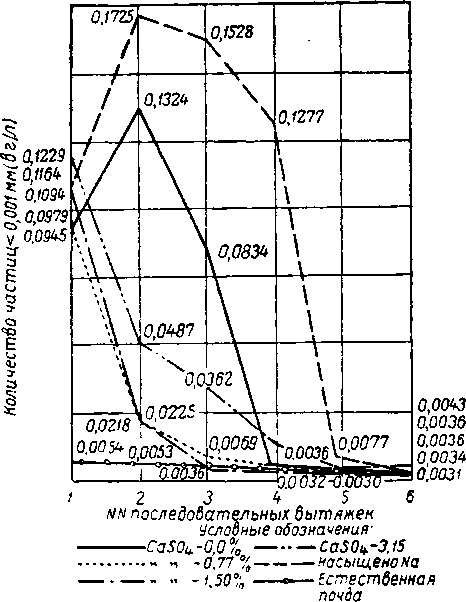


Рис. 58. Кривые щелочности при засолении N82804 и различными количествами гипса.



наг50ц. в эквивалентах ыаС1-27^%

Рис. 59. Кривые дисперсности при засолении N82804 и различными количествами 1ипса.

Во-первых, здесь везде в первых вытяжках оказывается боль­шое количество соды, чего совершенно не было при хлористом натрии. Причина этого отличия заключается в образовании соды по реакции Гильгардта:

Ка2304 + СаСОз = Ка2С03 + СаЭ04.

Эта сода вымывается из почвы так же, как любая воднораство­римая соль, и потому ее почти нет во второй вытяжке. Сода, но Гедройцу, дальше дает обычную выпуклую кривую.

Второе отличие кривых сернокислого натрия заключается в эффекте доз гипса. Кривые и щелочности и дисперсности пока­зывают, что здесь минимальная доза гипса — 0,77% — оказывается гораздо более эффективной, чем при хлористом натрии. Пови- димому, причина этого заключается, во-первых, в том, что фак­тическая концентрация гипса здесь повышается за счет реакции Гильгардта, а, во-вторых, гипс менее растворим в растворе серно­кислого натрия, чем хлористого, в силу чего он не сразу выщела­чивается из почвы и потому энергично действует в последующих вытяжках.

С этой точки зрения в практике мелиораций натриевых солон­чаков, повидимому, целесообразно различать группу хлоридных солончаков и группу сульфатных, как требующую меньших доз гипса.

Для почв Закавказья (Муганская степь, мелиоративная станция Джафархан) ясная картина развития солонцового про­цесса наблюдалась в опытах ВНИИГиМ при промывке монолитов.

Исследование отдельных порций фильтратов дало следующую картину изменения щелочности (табл. 68).

Здесь во всех случаях (за исключением одного песчаного монолита с очень малым засолением) видно, что щелочность в последовательных порциях фильтратов сначала резко возрастает и только в пятой порции вновь пони­жается. Особенно резко это явление выражено в первых двух глинистых монолитах, где, кроме бикарбоната натрия, появляется даже нормальная сода. Общий характер кривой щелочности в последовательных порциях фильт­ратов получается совершенно таким же, как и в последовательных водных вытяжках искусственно засоленных почв Средней Азии.

Наблюдения на Джафархане за опытными промывками почв в поле показали, что здесь также наблюдается повышение щелоч­ности после некоторых норм промывок. При последующих посе­вах хлопчатника наблюдалась резкая задержка его роста в пер­вый период развития, затем хлопчатник выправился и далее раз­витие его шло даже бурно.

Для борьбы с такими слабыми степенями солонцеватости почвы здесь был применен способ «перегара». Он состоит в том, что после промывки поле глубоко пашут и оставляют в таком виде для пол­ного просушивания («перегара»). При высоких температурах Закавказья на «перегаре» осуществляется частичная необратимая коагуляция коллоидов и солонцовые свойства проявляются менее резко.

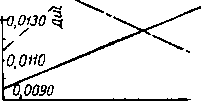
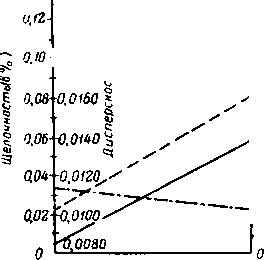
Изменение щелочности в различных порциях фильтратов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина взятия монолита, его мощность (в см) и** | **Плотный**  **остаток** |  |  |  | **Щелочность (в г/л)** | | |  |  |  |  |
| **первой**  **порции** | **I порция** | | **II порция** | | **III** | **порция** | **IV порция** | | **V порция** | |
| **характеристика грунта** | **фильтрата (в г/л)** | **^аСОз** | **КаНСОз** | **Ка2СО,** | **N31100,** | **N3,00,** | **тнсо,** | **N3,00,** | **N31100,** | **N8,00,** | **N81100,** |
| **Погребенный гумусовый, 113—142** | **11,258** |  | **0,058** |  | **0,156** | **0,004** | **0,150** |  | **0,126** |  | **0,058** |
| **Глинистый, 100—118 . .** | **5,465** | — | **0,062** | **0,012** | **0,328** | **0,024** | **0,324** | **0,048** | **0,424** | — | **0,288** |
| **Песчаный, 80—102 . . .** | **0,4970** | **0,054** | **0,382** | — | **0,200** | **—** | **0,072** | **0,038** | **—** | **0,040** |
| **Глинистый, 63—80 . . .** | **2,777** | — | **0,014** | — | **0,136** | **—** | **0,120** | — | **0,110** | **—** | **0,066** |
| **Песчаный, 80—100 . . .** | **9,345** | — | **0,102** | **—** | **0,104** | **—** | **0,168** | — | **0,132** | — | **0,084** |
| **Глинистый, 20—48 . . ..** | **17,840** | — | **0,072** | — | **0,214** | **—** | **0,094** | — | **0,0154** | **—** | **0,060** |
| **» 33—63 . . .** | **22,696** | **—** | **0,067** | **—** | **0,168** | **—** | **0.204** | **—** | **0,184** | **—** | **0,050** |

**Таблица 69-**

Вегетационный опыт промывки карбонатного солончака № 419 Алма-Атинской зональной опытной станции

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Способ обработки** | **СО** | **о**  **д** |  | **о**  **се +**  **Г }** | **а?**  **еч**  **се О (м**  ГУ  **5С +**  **§р-**  **се**  **Еоо** | **« +** | **се** | **Промытые раствором** | | | | | | **Почва + 20 мг N**81180**«, про­мывка дистил­лированной водой** |
| **Показатели** | **§**  **а**  **с**  **К** | **со**  **5**  **г**  **о**  **О.**  **К** | **88**  **1+**  **ОО**  **ЕЯ** | **Іо**  **£ПЯ**  **ЕЄ+** | **сеВ°.**  **§ и ао+о" 2о—о**  **еЗЗ+** | **2 а**  **СЄ »£ О**  **£ Я О. Зяо ,**  **Е о 0.0** | **©о** | **©о** | **«я**  **©О** | **я**  **©О** | **о**  **лЗ**  **о се** | **о**  **со**  **К** |
| **Сорго в возрасте 30 дней Вес растений (в г)** | **0,0**  **0,250**  **0,847**  **0,096**  **20,9**  **32,2**  **65,0** | **0,24**  **6**  **0,032**  **0,025**  **0,004**  **20,0**  **32.0**  **63.0** | **1,68**  **40**  **0,046**  **0,022**  **0,003**  **8,55**  **30.0**  **28.0** | **0,0**  **0,025**  **0,031**  **0,004**  **10,75**  **28,2**  **38,0** | **0,78**  **18**  **0,037**  **0,036**  **0,004** | **2,52**  **60**  **0,067**  **0,020**  **0,003** | **2,60**  **62**  **0,043**  **0,004**   1. **30,2**   **46.0** | **4,20**  **100**  **0,008**  **0,004** | **3,67**  **87** | **3,27**  **78** | **2,10**  **50** | **2,54**  **60** | **2,44**  **58** | **2,74**  **65** |
| **То же (в %)**  **Общая щелочность (в НСО**3**) • Серная кислота (в БО\*) .... Хлор (СГ)** |
| **Поглощенный Ха\*** |  |  |  |  |  |  |
| **Емкость поглощения** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Процент Ха’ от емкости....** | **—** | **—** | **—** | **—** | **—** |  | **—** | **—** | **—** |

В дельте р. Терека (Северный Кавказ) М. Ф. Буданов ставил по поручению Рисотреста в 1932 г. полевые опыты по промывке солончаков. Из отчета об этих опытах мы приведем некоторые данные, характеризующие проявление солонцового процесса.

условные обозначений дооі2

Д и сперснооь

*0* *щелочность*

0.018Р козффициен 7

£ фильтрации

ОДОЮ I

***0,3008***

***\0006***

*■отой*

0.0002

**Рис. 60. Изменение щелочности, дис­персности и коэффициента фильтра­ции при разных промывных нормах. Делянка В, норма промывки 8000 м3.**

0,12

\_ 0,10

**«о**

^ *ОМ*

1. •

г *о.№*

2

3 *Ц№-*

*от*

Условные обозначений'

*Дисперсность*

щелочность

— ***коэффициент***

***фильтрации*** /

0,0190 /

| ✓

**ЇЙюяА //**

**Э!**

**І**

**0,00\*2'|**

**С**

**-р**

**1-0.00/0 I э**

0,0008 "і

***\-0.0Г70*** 3

*0,0000*

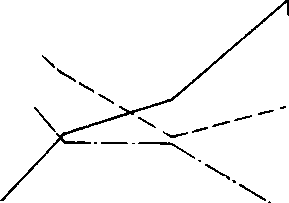
*''*0,0002

**Рис. 61. Изменение щелочности, дис­персности и коэффициента фильтра­ции при разных промывных нормах. Делянка Г, норма промывки 9864 м3.**

*-‘О*

Опыты ставились с разными нормами промывки, определялись щелочность, дисперсность и коэффициент фильтрации непосредственно перед промывкой и сейчас же после нее.

При нормах промывки в 8000 и 9864 м3/га (рис. 60 и 61) получалась ясная картина увеличения солонцеватости: в обоих случаях щелочность и дисперс­ность повысились, а коэффициент фильтрации соответственно уменьшился.

Дисперсность

*-0 ООП* \*

0,12

*0,10*

**4**

***0,06***

*ом*

ч

\

*-*0,0012

*0&-0,*

*ощ*

*■*0,0100

***Л0080***

***ЧиюЬные*** обозначения

Дисперсность

щелочность

Коэффициент

фильтрации

*),01б0\*

о.от

*■*0,0120

0,3010

0,0000

***0,0006***

***0,0004***

**Рис. 62. Изменение щелочности, дисперсности и коэф­фициента фильтрации при разных промывных нормах. Делянка Д, повторные промывки общей нормой 13 600 м3.**

**8**

**■в**

с:

**с;**

**-ъ**

**3**

**8**

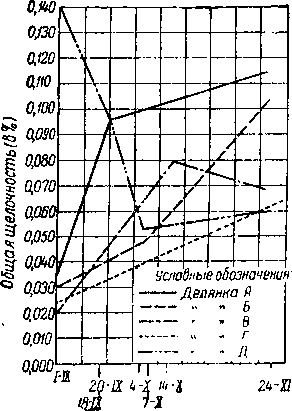
0,0002

До промывки 1-я промывка 2-я промывка 3-я промывка ^

**При промывке в три последовательных приема общей нормой 13 600 м3/га получилась несколько более сложная картина (рис. 62): щелочность после первой и второй промывок здесь падает по сравнению с исходной. Это вымы-**

вается готовая сода солончака. После третьей промывки щелочность вновь повышается и одновременно с этим резко возрастает дисперсность и падает коэффициент фильтрации. Солонцовый процесс захватывает в этих случаях не только верхний горизонт 0—20 см, но и более глубокий (20—40 см), что видно из рисунка 63 **(а** и б). Позднее аналогичные явления в дельте р. Терека многократно наблюдал С. В. Зонд.

Яркую картину проявления солонцового процесса получил в вегетацион­ных опытах 1932 г. И. В. Варфоломеев (ЦИНС). Он исследовал некоторые солончаки Алма-Атинской зональной опытной станции (Казахстан). Опыты ставились таким образом, что растения в сосуды высевали на почве, есте­ственно засоленной п промытой водой и затем промытой различными солями в целях изменения состава поглощенных оснований.

*0,130 0,1го* 0,110 0,100 \*§ *0,090*

*6*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **С** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **-Д** | 1 | **-—-** | **——** |  |  |  |  |  |
| **\** | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
|  | і |  |  |  |  | у |  |  |
|  | к | **/** |  | Г |  |  |  |  |
|  | **г Л** | **/**  **х\_.** | / |  | **V—** |  |  |
| **/** | **/** |  | А  , у | **'** |  |  |  |  |
| **/** | **/** | А | **У** |  |  |  |  |  |
| **//** | **/** | **У Услоі** | | | 1**ные обозначения**  І/Іип П О ГЛЛ.. 1 | | | |
| и |  | **—** | **-- - -** 6-3800**п** | | | | | |
| /у | **"Г** | **” «** и - о иии **«**  **- - Г**-9800**\***  **и** ™ **д гри после­довательные про мы в ни** 7800**М**200**\*** 1600=13600**м%а**  **■ і і** | | | | | | |

І-Ш 20-КЬ-Х /4 х *7-і*

24-17

В *0,080*

1 *0,070* § *0060*

§ 0,050

Л *о,т*

0,030 *0,020 0,010 от*,

Рис. 63. Динамика общей щелочности (НСОд) (в процентах) в период

промывки:

а — в горизонте 0—20 см; б — в горизонте 20—40 см.

После такой обработки аналитически определено количество оставшихся воднорастворимых солей, количество поглощенного натрия и, наконец, учтен урожай. Таким образом, по величине урожая можно судить о значении погло­щенного натрия для развития растений. Результаты одного из таких опытов с сорго (солсустойчивое растение) представлены в таблице 69 (см. стр. 203).

Как видно из таблицы:

1. на естественной почве, сильно засоленной и щелочной, растения не взошли;
2. наивысший урожай (100%) 'получился на почве, обрабо­танной гипсом и промытой;
3. на почве, промытой от воднорастворимых солей только водой, урожай получен в размере 6% от максимального (по гипсу); количество поглощенного натрия составило здесь 63% от общей емкости;
4. промывка водой, насыщенной углекислотой, понизила про­цент поглощенного натрия до 28 и соответственно повысила уро­жай до **40%;**
5. все другие обработки (СаС03, СаС12, КаН304) дали урожай в пределах 50—87% от максимального. Из этого следует, что любая из этих солей может быть эффективна, но в каждом частном случае необходимо подобрать оптимальную дозу ее.

Интересные данные получены А. Т. Морозовым для солонча­ковых почв опытного поля на р. Или (Казахстан). Здесь была выделена площадь в 0,72 га, разбитая на 18 делянок, на которых был посеян рис. В течение сезона, с 26 июня по 30 сентября, про­водилось наблюдение за развитием риса и скоростью впитывания на каждой делянке в условиях постоянного и одинакового по высоте слоя затопления водой.

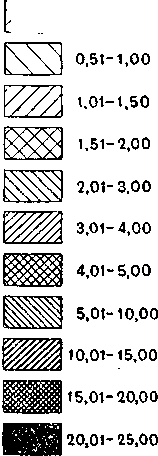
Полученные данные представлены в виде диаграммы (рис. 64). Из этой диаграммы следует, что в первую пятидневку (26—30/У1) ско­рость впитывания, которая перешла затем в фильтрацию, на всех делянках практически была одинакова. Дальше намечается уже ясная дифференциация делянок: на делянках первых номеров отмечается величина фильтрации порядка 1,4—4,2 л/сек, тогда как на других делянках она не спускается ниже 11,1—13,9 л/сек.

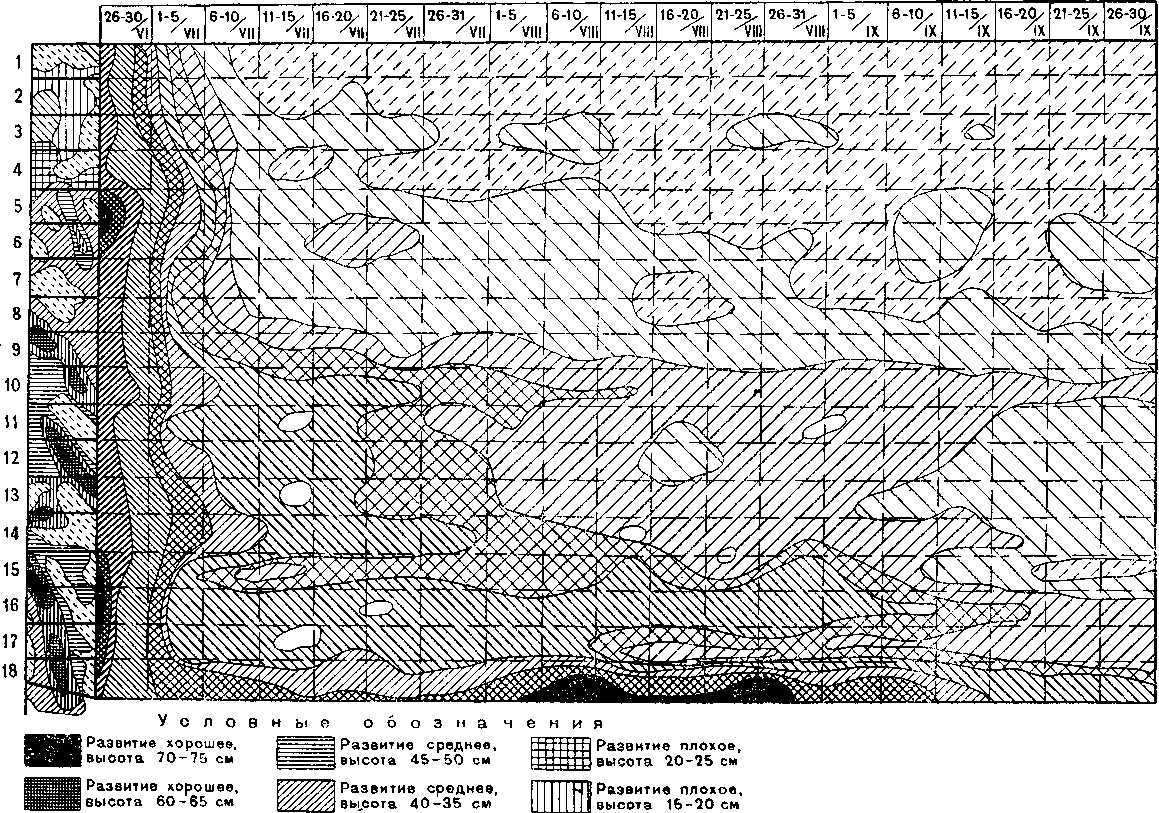
Эта дифференциация все более ярко проявляется в течение сезона. Так, на 1-й и 2-й делянках уже с половины третьей пяти­дневки установилась величина фильтрации 0—1,4 л/сек, т. е. фильтрация практически почти прекратилась, тогда как на делянке 18-й величина фильтрации до конца сезона не спустилась ниже 5,8—8,3 л/сек. Все другие делянки расположились почти пра­вильным рядом между этими крайними величинами, как это ясно видно на диаграмме.

Наблюдения за развитием риса показали, что на делянках 15—18 оно шло более или менее нормально и растения достигали высоты 60—75 см, тогда как на первых делянках, где фильтрация прекратилась, большая часть посева погибла, а высота уцелевших растений не превышала 30—35 см.

Результаты этого опыта следует понимать таким образом. Опытный участок был выбран возможно однородным по механи­ческому составу и видимой степени засоления. Засоление было высоким, но оказалось разным по составу солей: на первых де­лянках, очевидно, преобладали натриевые соли, а на последних — кальциевые. В первые дни затопления фильтрация была одина­ковой в силу коагуляции почвы высокой концентрацией соли. Однако, как только избыток солей был вымыт, на первых делян­ках проявился солонцовый процесс, в силу дисперсации почвы, прекратившей фильтрацию, и в силу щелочной реакции, убившей растения. На последних делянках солонцовый процесс проявился слабо, и растения развивались нормально.

Необходимо обратить внимание на то, что такая крайняя сте­пень пестроты засоления выявилась на очень малой площади,

I ы е е н и я



**Рис. 64. Водные свойства почвы и рост риса на солончаках различных типов засоления.**

У с л о в н о 6 о з н а ч

Скорость

**впитыва­**

**ния**

***(в мм/час) "'//'Х*** 0,0-0,50

**Гидро-  
модуль  
*(в л/с на 1 га)***

0.0-1,4

1. 4-2,8
2. 4,2
3. 5,8
4. 8,3
   1. 11,1
5. 1-13,9 13,9-27.8
6. 42

42-56

56-70

Развитие хорошее, высота 50-55 см

N^N^1 Развитие среднее, ^^очЧлу!высота 30-35 см

всего 0,72 га. Это — типичное явление для резко засоленных площадей, обязывающее относиться к нему с особым вниманием при исследовании.

При промывках на Золотоординской опытной станции (Малы­гин) в ряде случаев наблюдалось повышение щелочности, однако хлопчатник от этого не страдал. При промывках же рядом, на Улькун-Салыке (Бушуев, Розов, Лийдеман, 1916 г.) люцерна после промывок в ряде случаев погибала.

Опыты промывки солончаков во Фресно (Калифорния). Чрезвычайно поучительные данные получены проф. Келли в опытах по улучшению солон­чаков во Фресно, начатых еще в 1913 г. и законченных только после 1933 г. Ниже приводятся основные данные этих опытов.

Долина реки Jan Joagiri была орошена, повидимому, в начале 80-х годов, а уже в 1886 г. проф. Е. Гильгардт указывал, что многие ее части требуют дренирования. В 1909 г. площадь, требующая мелиораций, определялась ориентировочно уже в 200 000 акров[[18]](#footnote-18).

Собственно, площади Фресно около 1890 г. были лучшими виноград­ными землями долины. Однако вскоре, вследствие поднятия уровня грунтовых вод и начавшегося засоления, виноградники пришлось заменить люцерной. Последняя давала удовлетворительный урожай всего несколько лет и была заменена ячменем, как наиболее солеустоичивой культурой. Однако и ячмень перестал давать хозяйственно выгодные урожаи, и в 1913 г. возделывание культур на этих площадях было прекращено совсем. Орошаемая цветущая площадь превратилась в плохой дикий выгон для скота. На этой площади и был заложен осенью 1913 г. дренажный опытный участок площадью 160 акров.

Почвы — песчаные суглинки с невысоким засолением, от 0,2 до 3%, отдельными пятнами. Соли представлены главным образом NaCl и Na2C03, так что солончаки относятся к группе так называемых черных (black alkali soil), по американской терминологии. Содержание углекислого кальция (СаС03) составляло лишь 0,1%.

Грунтовые воды на участке не опускаются ниже 6 футов [[19]](#footnote-19) за весь год, в течение вегетационного периода они залегают не ниже 4 футов, а в июне — не ниже 2 футов, достигая временами поверхности почвы. Картина типичная для многих ирригационных недренированных районов.

Дренаж на участке был заложен обычный трубчатый, гончарный с глу­биной дрен в среднем 5,75 фута и коллектора — 7 футов. Расстояние между дренами 300 футов, длина дрен от 315 до 1700 футов. Дренажные воды отка­чивались насосной установкой.

В течение 1914—1916 гг. поля энергично промывались затоплением и засевались. Результаты получились следующие: грунтовые воды в среднем остались на том же уровне — 4—5 футов от поверхности, но амплитуда коле­баний их стала несколько меньше.

Динамика солей характеризуется следующими данными.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Годы** | **№ делянок** | **Содержание солей (в г/л)** | | |
| **NaCl** | **N а гСО в** | **суммарное коли­чество солей** |
| **1913** | **122** | **0,0972** | **0,0401** | **0,1373** |
| **1914** | **119** | **0,0276** | **0,0406** | **0,0682** |
| **1915** | **138** | **0,0208** | **0,0338** | **0,0546** |

За три года произошло уменьшение суммы солей на 60,3%, N801 на 78,6% и ^2С03 на 15,7%.

Из приведенных цифр видно, что в 1914 г. количество соды не только не уменьшилось, но даже увеличилось на 1,2 % и лишь в 1915 г. произошло незначительное уменьшение. Здесь мы наблюдаем типичную картину солон­цового процесса, как он проявляется и в лабораторных опытах. Авторы иссле­дования отметили слабую вымываемость соды по сравнению с хлористым натрием, однако полностью смысл явления не был тогда понят, так как аме­риканские исследователи в то время еще только начинали знакомиться со свойствами поглощающего комплекса, насыщенного натрием.

Посевы ячменя и овса на сено дали в некоторых случаях вполне удовле­творительные результаты, и потому общий эффект дренажа и промывок был в то время оценен как положительный. Поскольку смысл солонцовых явлений но был ясен, постольку дефекты промывок, выражавшиеся в массе голых пятен, нс дававших урожая, на которых вода не впитывалась, казались слу­чайными и ожидалось, что они будут устранены в дальнейшем. Однако эти ожидания не оправдались. В 1919 г. стала более ясной химическая природа явления, предыдущие результаты были признаны неудовлетворительными и приступлсно к организации новых опытов уже химической мелиорации.

Предварительно пришлось изменить и самую систему дренажа, заменив трубчатый дренаж калифорнийским колодцем диаметром 16 дюймов и глуби­ной 70 футов. Это дало возможность понизить уровень грунтовой воды до 8 футов. Откачиваемая грунтовая вода оказалась богатой кальциевыми солями и потому на все дальнейшие промывки употреблялась именно она, а не обык­новенная пресная оросительная вода.

Опыты химического улучшения почв были поставлены со следующими солями: гипсом в количествах от 11 до 15 тна акр, серой в количестве 0,454— 1,362 т на акр, сернокислым железом и квасцами по 9—И тна акр. После вне­сения солей делянки обильно промывались и затем на них производился посев культуры.

Полевые наблюдения проведены в период с 1920 по 1927 г. Ниже мы приводим полученные результаты исследований в отношении динамики водно­растворимых солей.

Таблица 70 дает результаты опытов с гипсом.

**Таблица 70**

Эффективность внесения гипса

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Варианты** | **Глубина взятия образцов (в дюймах)** |  | **На :** | **миллион частей почвы** | | |  |
| **частей СОз** | | | **частей СГ** | | |
| **май 1920 г. (до опыта)** | **октябрь 1921 г.** | **декабрь 1927 г.** | **май 1920 г.** | **октябрь 1921 г.** | **декабрь 1927 г.** |
| Делянка 3**,** | **0—12** | **253** | **5** | **0** | **248** | **30** | **18** |
| **гипс 12 т** | **12—24** | **116** | **33** | **0** | **256** | **42** | **27** |
| **на акр** | **24—36** | **143** | **96** | **45** | **227** | **17** | **27** |
|  | **36—48** | **110** | **84** | **135** | **250** | **24** | **35** |
| Делянка 4**,** | **0—12** | **283** | **17** | **0** | **116** | **16** | **18** |
| **гипс 15 т** | **12—24** | **147** | **73** | **0** | **162** | **18** | **18** |
| **на акр** | **24—36** | **128** | **105** | **75** | **137** | **22** | **27** |
|  | **36—48** | **44** | **60** | **105** | **114** | **32** | **35** |
| Делянка 5, | **0—12** | **315** | **99** | **45** | **220** | **13** | **27** |
| **контроль,** | **12—24** | **146** | **89** | **90** | **220** | **35** | **53** |
| **без гипса** | **24—36** | **127** | **146** | **240** | **205** | **145** | **177** |
|  | **36-48** | **44** | **86** | **210** | **120** | **194** | **204** |

Цифры таблицы показывают, что на гипсованных делянках в 1927 г. соды уже не обнаружено до глубины 24 дюйма, ниже количество се еще значительно, она сюда вмыта. На негипсованной делянке количество соды довольно велико во всех слоях.

Смысл этого эффекта ясен: с одной стороны, гипс уничтожает готовую соду по реакции:

N3^03 + СаБО[[20]](#footnote-20) = Ка2804 + СаС03,

а с другой — кальций гипса вытесняет поглощенный натрий и сода больше уже не образуется. На контрольной делянке поглощенный натрий вымывается крайне медленно, и потому понижение количества соды незначительно.

Ион хлора вымывается также неодинаково — лучше на гипсованных делянках. Это должно быть поставлено в связь с улучшением на них фильтра­ционных свойств, благодаря замещению натрия на кальций в поглощающем комплексе.

Таблица 71 показывает сравнительный эффект действия серы и гипса.

Сравнительная эффективность внесения серы и гипса

**Таблица 71**

**Па** миллион частей почвы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Варианты**  **опыта** | **Глу­бина образ­ца (в дюй­мах)** | **частей СОз** | | | | **частей СП** | | | | **частей Са“** | | | |
| **апрель 1 1921 г.\* !** | **октябрь 1921 г.** | **декабрь 1925 г.** | **декабрь 1926 г.** | **апрель 1921 г.** | **октябрь 1921 г.** | **декабрь 1925 г.** | **декабрь 1 1926 г. |** | **апрель 1921 г.** | **октябрь 1921 г.** | **декабрь 1925 г.** | **декабрь 1926 г.** |
| Делянка 10, | **0—12** | **346** | **144** | **3** | **0** | **544** | **48** | **50** | **36** | **Следы** | **Следы** | **32** | **28** |
| **серы 1,362 т** | **12—24** | **173** | **141** | **35** | **16** | **440** | **76** | **50** | **30** | **»** | **»** | **13** | **18** |
| **на акр** | **24—36** | **158** | **181** | **109** | **109** | **248** | **235** | **75** | **40** | **»** | **»** | **Следы** | **Следы** |
|  | **36-48** | **127** | **134** | **154** | **204** | **174** | **368** | **106** | **55** | **»** | **»** | **»** | **»** |
| **'**Делянка 11, | **0-12** | **221** | **37** | **32** | **16** | **491** | **35** | **50** | **32** | **Следы** | **27** | **15** | **21** |
| **гипса 10 т** | **12—24** | **162** | **92** | **124** | **106** | **376** | **41** | **67** | **36** | **»** | **Следы** | **Следы** | **Следы** |
| **на акр** | **24—36** | **127** | **88** | **221** | **235'264** | | **105** | **128** | **53** | **»** | **»** | **»** | **»** |
|  | **36—48** | **64** | **79** | **178** | **273|201** | | **209** | **244** | **93** | **»** | **»** | **»** | **»** |

Как известно, для проявления положительного действия серы нужно некоторое время (год и более), что и отражено в приведенной таблице.

В течение 1921 г. эффект от внесения серы ниже, чем от гипса, но в 1925 и 1926 гг. первая значительно превосходит последний. Таким образом, сера оказывается значительно более эффективной, несмотря на гораздо меньшие дозы ее. Опыты показали, что дозу серы можно снизить до 0,454 т на акр.

Результаты опытов с солями железа и алюминия приводятся в таблице 72.

Действие этих солей заключается в том, что при гидролитическом рас­щеплении они освобождают серную кислоту, которая и является уже активным агентом. Цифры таблицы 73 показывают, что действие обеих солей одинаково. Эффект их по отношению к контролю значителен, но по сравнению с гипсом и серой должен быть признан более слабым. Исследования в Аризоне пока­зывают, что в щелочных почвах гидраты алюминия (и, вероятно, железа) могут оказывать чрезвычайно неблагоприятное влияние на водопроницае­мость почв, закупоривая их поры. Возможно, что эффект, полученный во Фресно с солями алюминия и железа, должен быть поставлен в связь с этим явлением.

Эффективность внесения сернокислого железа и алюминиевых квасцов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Варианты**  **опыта** | **Глу­бина (в дюй­мах)** | **На миллион частей почвы** | | | | | | | | |
| **частей СО з** | | | **частей С1'** | | | **частей Са“** | | |
| **май**  **1922 г.[[21]](#footnote-21)** | **ноябрь 1922 г.** | **декабрь ; 1926 г.[[22]](#footnote-22)** | **май**  **1922 г.\*** | **ноябрь 1922 г.** | **декабрь 1926 г.\*\*** | **май**  **1922 г.\*** | **ноябрь 1922 г.** | **декабрь 1926 г.\*\*** |
| Делянка 14, | **0—12** | **356** | **185** | **210** | **598** | **40** | **' 70** | **Следы** | **Следы** | **Следы** |
| **без удобре­** | **12—24** | **132** | **72** | **225** | **246** | **260** | **177** | **»** | **»** | **»** |
| **ния** | **24—36** | **50** | **56** | **90** | **285** | **161** | **301** | **»** | **»** | **»** |
|  | **36-48** | **37** | **56** | **60** | **348** | **77** | **230** | **»** | **»** | **»** |
| Делянка 17, | **0—12** | **313** | **20** | **47** | **349** | **69** | **32** | **Следы** | **32** | **Следы** |
| **сернокислое** | **12—24** | **95** | **21** | **78** | **204** | **78** | **47** | **»** | **Следы** | **»** |
| **железо 9 т** | **24—36** | **49** | **51** | **71** | **134** | **117** | **134** | **»** | **»** | **»** |
| **на акр** | **36—48** | **27** | **16** | **27** | **86** | **138** | **128** | **»** | **»** | **19** |
| Делянка 18, | **0—12** | **298** | **2** | **41** | **314** | **109** | **65** | **Следы** | **256** | **Следы** |
| **квасцы И т** | **12—24** | **ИЗ** | **39** | **58** | **160** | **104** | **93** | **»** | **Следы** | **12** |
| **на акр** | **24—36** | **48** | **17** | **57** | **138** | **173** | **159** | **»** | **»** | **32** |
|  | **36—48** | **24** | **28** | **26** | **121** | **98** | **132** | **»** | **»** | **50** |

Изменения, которые произвели (через два года и более) рассмотренные выше соли в составе поглощенных катионов почвы, приведены в таблицах 73, 74, 75 и 76.

**Таблица 73**

Изменения в составе поглощенных катионов под действием гипса

(в миллиэквивалентах на 100 г почвы)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **До опыта** | | | | | **После опыта** | | | | |
| **Глубина (в дюймах)** | **К\*** | **Иа\*** | **Са“** | **сумма** | **Иа\* в % от**  **суммы** | **К\*** | **Иа\*** | **Са\*\* +** | **сумма** | **Иа‘ в % от суммы** |

*Делянка 4*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0-** | **-12** | **0** | **3,70** | **1,10** | **4,80** | **75** | **0** | **1,78** | **3,17** | **4,95** |
| **12-** | **-24** | **0** | **3,42** | **1,52** | **4,94** | **69** | **0** | **2,00** | **2,95** | **4,95** |
| **24-** | **-36** | **0** | **2,39** | **2,53** | **4,92** | **49** | **0** | **2,57** | **2,32** | **4,89** |
| **36-** | **-48** | **0** | **2,01** | **3,22** | **5,23** | **38** | **0** | **3,13** | **2,28** | **5,41** |

*Делянка 11*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0-** | **-12** | **0,49** | **3,44** | **1,12** | **5,05** | **68** | **0,11** | **1,97** | **2,92** | **5,00** |
| **12-** | **-24** | **0,05** | **3,24** | **2,10** | **5,39** | **60** | **0** | **2,33** | **2,96** | **5,29** |
| **24-** | **-36** | **0** | **1,71** | **4,38** | **6,09** | **28** | **0** | **2,33** | **3,73** | **6,06** |
| **36-** | **-48** | **0** | **1,18** | **5,18** | **6,36** | **19** | **0** | **1,49** | **4,87** | **6,36** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в дюймах)** | **До опыта** | | | | | **После опыта** | | | | |
| **К\*** | **N3\*** | **Са\*\* +А^\*\*** | **сумма** | **N3\* в % от сум­мы** | **К\*** | **N3\*** | **Са\*\* + Mg••** | **сумма** | **N8\* в % от суммы** |
| **0—12** | **0,40** | **3,68** | **0,87** | **4,95** | **74** | **0,09** | **1,72** | **3,04** | **4,85** | **35** |
| **12—24** | 0,00 | **2,90** | **1,82** | **4,72** | **61** | **0,04** | **1,37** | **3,22** | **4,63** | **30** |
| **24—36** | 0,00 | **3,61** | **1,84** | **5,45** | 66 | **0,04** | **1,89** | **3,22** | **5,15** | **37** |
| **36-48** | 0,00 | **3,47** | 1,86 | **5,33** | **65** | 0,00 | **1,84** | **3,19** | **5,03** | **37** |

**Таблица 76**

Изменения в составе поглощенных катионов под действием квасцов

**(в миллиэквивалентах на 100 г почвы)**

Цифры этих таблиц показывают, что все соли произвели заметное умень­шение количества поглощенного натрия почвы, однако вытеснили его далеко не полностью. Таким образом, улучшение почвы еще далеко не доведено до

**Таблица %**

**Изменения в составе поглощенных катионов под действием серы**

**(в миллиэквивалентах на 100 г почвы)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **До опыта** | | | | | **После опыта** | | | | |
| **Глубина (в дюймах)** | **К\*** | **N8’** | **Са‘\* +М^'\*** | **сумма** | **N8’ в**  **% от сум­мы** | **К\*** | **N3\*** | **Са\*’ + Мег** | **сумма** | **N8\* в % от суммы** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0**-** | -12 | **0,28** | **2,69** | **2,60** | **5,57** | **48** | **0,08** | 2,02 | **3,65** | **5,75** |
| 12**-** | **-24** | 0,12 | **3,07** | **2,40** | **5,59** | **55** | **0,05** | **1,35** | **4,15** | **5,55** |
| **24-** | **-36** | **0,04** | **2,81** | **3,20** | **6,05** | **46** | 0,02 | **157** | **4,62** | 6,21 |
| **36-** | **-48** | **0,07** | **2,50** | **3,38** | **5,95** | **42** | **0,05** | **1,73** | **4,35** | **6,13** |

*Делянка 10*

*Делянка 19*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0—12 | | **0,36** | **3,31** | **2,07** | **5,74** | **58** | **0,15** | **2,39** | **3,42** | **5,96** |
| 12 | **-24** | **0,09** | **2,85** | **2,93** | **5,87** | **49** | **0,04** | 2,10 | **3,41** | **5,55** |
| **24-** | **-36** | **0,08** | **2,72** | **3,39** | **6,19** | **44** | 0 | **2,05** | **3,90** | **5,95** |
| **36-** | **-48** | 0,10 | **2,82** | **3,78** | **6,70** | **42** | 0 | **2,18** | **4,48** | 6,66 |

**Изменения в составе поглощенных**

**Таблипа 75 катионов под действием**

**сернокислого железа**

**(в миллиэквивалентах на 100 г почвы)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **До опыта** | | | | | **После опыта** | | | | |
| **Глубина (в дюймах)** | **К\*** | **N3\*** | **Са'\* + МГ\*** | **сумма** | **N8\* в**  % **от сум­мы** | **К\*** | **N3\*** | **Са\*\* 4- 3^\*\*** | **сумма** | **N8\* в % от суммы** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 0-12 | **0,46** | **3,14** |
| **12—24** | 0,21 | **2,64** |
| **24—36** | 0,10 | 2,12 |
| **36—48** | 0 | **2,29** |
| 0—12 | **0,30** | **3.09** |
| **12—24** | 0,12 | **2^4** |
| **24—36** | 0,00 | **2,05** |
| **36-48** | **0,03** | **2,16** |

*Делянка 17*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **1,38** | **4,98** | **63** | **0,09** |
| **2,35** | **5,20** | **51** | **0,04** |
| **2,99** | **5,21** | **41** | 0,02 |
| **2,81** | **5,10** | **45** | **0,03** |

*Делянка 45*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **2,54** | **5,93** | **52** | 0 |
| **3,10** | **6,06** | **47** | 0 |
| **4,65** | **6,70** | **31** | 0 |
| **4,34** | **6,53** | **33** | 0 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **2,34** | **2,74** | **5,17** |
| **2,41** | **2,83** | **5,28** |
| **2,61** | **2,57** | **5,20** |
| **2,34** | **2,70** | **5,07** |
| **1,53** | **4,48** | 6,01 |
| 2,00 | **4,01** | 6,01 |
| **1,85** | **4,91** | **6,76** |
| 1,22 | **5,50** | **6,72** |

45

1. 50 46

25

33

27

18

конца. Й это тем более, что на разных делянках изменением захвачены или все, или же только верхние слои. Резких отличий в действии различных солей в этих цифрах незаметно; следовательно, чисто химический эффект их более или менее одинаков. Приведенные цифры количества поглощенного натрия очень важны с точки зрения установления допустимых норм солонцеватости. Оказывается, что в практически бсскарбонатных почвах и При очень низкой емкости поглощения, порядка 5 м.-экв., культура люцерны становится воз­можной уже при очень высокой солонцеватости (35—45% поглощенного натрия от емкости). Это, конечно, только частнщй случай, обобщать его нельзя, и авторы справедливо считают эту стадию мелиорации лишь началом улучшения почвы.

Действие разных доз гипса на урожай показано в таблице 77.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Делянки I** | **£**  **Химикаты [[23]](#footnote-23) [[24]](#footnote-24)** | **Тонн на акр** | **1920 г., яч­мень на сено** | **1922 г., яч- ; мень на сено >** | **1923 г., дон­ник индий­ский и коро­вий горох** | **1924** 1**\, дон­ник белый** | **1925 г., лю­церна** | **1926 г.** | **1927 г., люцерна** |
| **3** | **Гипс** | **12** | **875** | **2154** | **2 438** | **Запахан на** | **5 422** | **Не культи­** | **10 728** |
| **4** | **»** | **15** | **696** | **2 865** | **3 216** | **зеленое удо­** | **5 955** | **вировалась** | **11742** |
| **5** | **Без гипса** | **—** | **1428** | **1 770** | **2 584** | **брение** | **3 585** |  | **6 255** |

**Таблица 77**

Влияние внесения гипса

(урожай в фунтах на акр)

Мы видим, что урожай по гипсу значительно выше, чем без него, причем большая доза гипса дает и больший урожай люцерны.

Здесь уместно отмстить, что применение гипса для улучшения черных солончаков было предложено Гильгардтом еще в 80-х годах. При этом доза гипса должна была быть рассчитана по количеству соды в почве, для пере­вода ее в сернокислый натрий. По этому расчету доза гипса в данных усло­виях не должна была превышать 3 т на акр. Однако опыт показывает, что даже внесение 12 т но дает еще полного эффекта. Это лишний раз подтверждает справедливость современной точки зрения на процесс, требующий гипса не только на нейтрализацию наличной соды, но и на замещение поглощенного натрия.

На рисунках 65, 66, 67 и 68 показано изменение состояния поля под влиянием только промывки и гипса.

Сравнительная эффективность серы и гипса показана в таблице 78.

**Таблица 78**

Влияние внесения серы и гипса

(урожай в фунтах на акр)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **я** | **•**  **3**  **н**  **СО** | **Сумма на акр** | **о** 1 **в**  **сг а) В у**  **- СО** | **о 1 в**  **В У К У**  **- СО** | **1923 г., дон­ник индий­** | **1924 г.** | **1925 г.** | **1926 г.** | **1927 г.** |
| **ч** | **Ж**  **§**  X | **1921 г. мень н** | **1922 г, мень в** | **ский и коро­вий горох** |  | **люцерна** | |  |
| **10** | **Сера** | **3 600 фунтов** | **145** | **300** | **Запаханы на** | **4 000 [[25]](#footnote-25)** | **18 467** | **23 658** | **20138** |
| **И** | **Гипс** | **10 т** | **430** | **1815** | **зеленое**  **удобрение** | **1 500\*\*\*** | **12 838** | **14 368** | **15103** |

Мы видим, что эффективность серы в 1922 г. меньше, чем гипса, но с 1924 г. и до 1927 г. она по эффективности превышает гипс. Это является следствием биологической подготовки процесса.

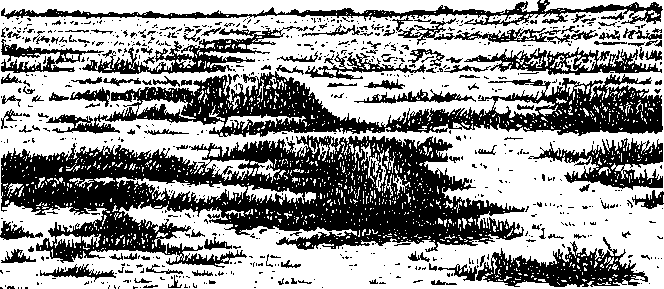


Рис. 65. Общий вид поля до мелиорации: голые пятна солончаков и площади сохранившегося ячменя (Фресно, Келли).

Действие солей железа и алюминия приводится в таблице 79(см. стр. 215). Эффект от внесения этих солей по сравнению с промывкой водой громаден и не ниже, чем от внесения гипса и серы. Тем не менее еще раз отметим, что использование солей железа и алюминия допустимо, повидимому, лишь

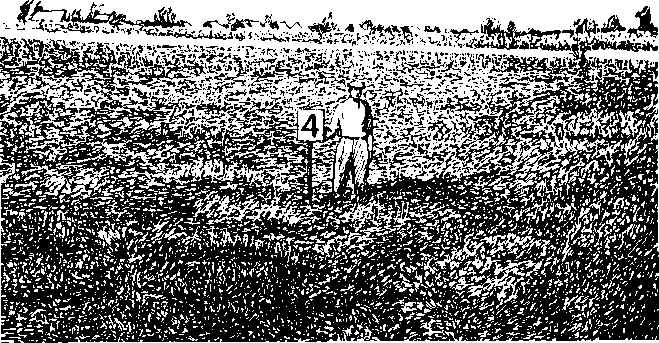


Рис. 66. Люцерна на солончаке, промытом с гипсом (15 т на акр) (Фресно, Келли).

с большой осторожностью ввиду возможного вредного действия коллоидных гидратов их на фильтрационные свойства почв.

В заключение сформулируем главнейшие выводы из этих экспериментов.

1. Непродуктивность почв типа Фресно определяется двумя факторами:

а) избытком воднорастворимых солей и, в частности, соды;

б) присутствием натрия в составе поглощающего комплекса почвы.

1. Улучшение таких почв возможно только йо линии воздействия на обё эти фактора.

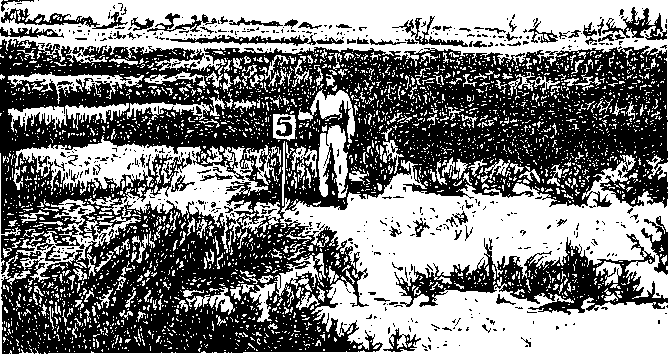


Рис. 67. Семь лет промывок без химизации. Среди люцерны видны голые

пятна (Фресно, Келли).

1. Обычным методом промывки только водой такие почвы улучшить нельзя. Одновременно необходима химизация, для которой лучшим материа­лом будет сера и гипс.

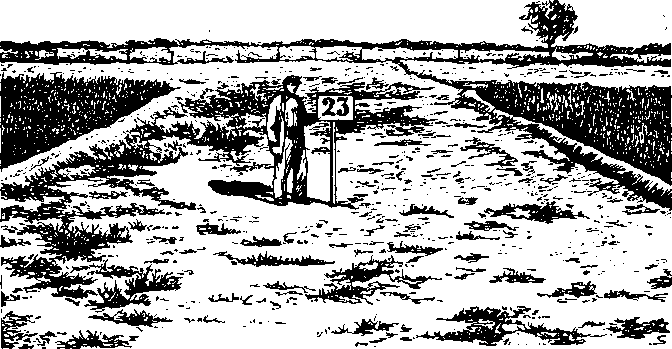


Рис. 68. Отсутствие эффекта промывки солончака без химизации на делян ке 23. Соседние делянки химизированы (Фресно, Келли).

1. Нормы химизации должны устанавливаться с учетом количества соды в почве и состава поглощенных катионов и проверяться экспериментально.
2. Улучшение почв типа Фресно невозможно сразу, а требует достаточно длительпых периодов времени, измеряющихся годами.
3. Самое улучшение в этих условиях неосуществимо без хороших дренаж­ных устройств.

**Влияние внесения сернокислого железа и квасцов (урожай в фунтах на акр)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Делянки |** | **Химикаты** | **Тонн на акр** | **1923 г., ячмень** | **1924 г., ячмень** | **1925 г., клевер** | **1926 г., люцерна** | **1927 г., люцерна** |
| **14** | **Без химикатов** |  | **528** | **192** | **Запахан на** | **60** | **618** |
| **17** | **Железо сернокислое** | **9** | **2 406** | **1 101** | **зеленое** | **И 880** | **19176** |
| **18** | **Квасцы \*** | **И** | **1014** | **801** | **удобрение** | **10 320** | **18 762** |
| **45** | **Желез э сернокислое** | **5** | — | **—** | **—** | **12 739** | **20 504** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0-** | **-12** | **0** | **0,25** | **0,05** | **0,04** | **0,10** | **Следы** | **Следы** |
| **12-** | **-24** | **0** | **0,30** | **0,05** | **0,05** | **0,12** | **»** | **»** |
| **24-** | **-36** | **Следы** | **0,50** | **0,07** | **0,07** | **0,07** | **»** | **»** |
| **36-** | **-48** | **0,30** | **0,62** | **0,07** | **0,10** | **Следы** |  | **»** |

*После опыта у 1931* г.

**0,24**

**0,28**

**0,57**

**0,79**

Весьма важные итоговые данные по описанному методу во Фресно опубли­ковал В. Г1. Келли в 1933 г.

Данные, относящиеся к воднорастворимым солям, обменным катионам и урожаю на делянках, удобренных гипсом, серой и не удобренных, а только промывавшихся, приведены в таблицах 80—86.

**Таблица 80**

**Воднорастворимые соли, делянка 4, внесен гипс**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в дюймах)** | **В миллиэквивалентах на 100 г почвы** | | | | | |
| **СОз** | **НСОз | И'** | **БОЇ | Са’\*** |  | **к-** | **N3\*** |

2,06 1,47 1,09 0,82

*До опытау 1920 г.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0-** | **-12** | **0,94** | **0,80** | **0,32** | **0,20** | **Следы** | **Следы** | **0,20** |
| **12-** | **-24** | **0,49** | **0,51** | **0,46** | **0,21** | **»** | **»** | **0,20** |
| **24-** | **-36** | **0,43** | **0,34** | **0,39** | **0,14** | **»** | **»** | **0,21** |
| **36-** | **-48** | **0,15** | **0,40** | **0,32** | **0,13** | **»** | **»** | **0,18** |

*После опыта*, *1931 г.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0-** | **-12** | **0** | **0,40** | **0,05** | **0,02** | **0,23** | **Следы** | **Следы** |
| **12-** | **-24** | **0** | **0,32** | **0,08** | **0,04** | **0,17** | **»** | **»** |
| **24-** | **-36** | **0,15** | **0,35** | **0,08** | **0,04** | **0,12** | **»** | **»** |
| **36.** | **-48** | **0,15** | **0,50** | **0,10** | **0,04** | **0,07** | **»** | **»** |

**Таблица 81**

**Воднорастворимые соли, делянка 10, внесена сера**

И ММ **ТТТТНЙНПИПЯ П0НТЯ** V пя 1

0,24 0,27 0,50 0,67

В миллиэквивалентах на 100 г почвы

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **(в дюймах)** | **СОЇ** | **НСОз** | **сг |** | **БОї і Са”** | **мг\* |** | **К- |** | **Иа\*** |
| **0—12**  **12—24**  **24-36**  **36-48** | **1,15**  **0,60**  **0,53**  **0,42** | **0,90**  **0,64**  **0,68**  **0,57** | До ОПЫТ **1,53 1,24 0,70 0,50** | па, 1921 г**.**  **0,65 Следы 0,41 » 0,19 » 0,12 »** | **Следы**  **»**  **»**  **»** | **ы>оо о о о о4** | **4,06**  **2,72**  **1,90**  **0,41** |

Воднорастворимые соли, делянка 5, промывки

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина** | **В миллиаквивалентах на 100 г почвы** | | | | | | |
| **(в дюймах)** | **СО'з** | **НСОа 1 С1'** | 80І | **Са”** |  | **к-** | **| N3\*** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0-** | **-12** | **1,05** | **0,73** | **0,62** | **0,33** | **Следы** | **Следы** | **0,14** |
| **12-** | **-24** | **0,49** | **0,52** | **0,62** | **0,26** | **»** | **»** | **0,11** |
| **24-** | **-36** | **0,42** | **0,38** | **0,54** | **0,17** | **»** | **»** | **0,24** |
| **36-** | **-48** | **0,15** | **0,38** | **0,34** | **0,10** | **»** | **»** | **Следы** |

*До промывки*, *1920 г.*

2,59

1,78

1,27

0,97

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0-** | **-12** | **Следы** | **0,52** | **0,05** | **0,05** | **0,06** | **Следы** | **Следы** |
| **12-** | **-24** | **0,15** | **0,45** | **0,07** | **0,06** | **0,04** | **»** | **»** |
| **24-** | **-36** | **0,55** | **0,50** | **0,07** | **0,03** | **Следы** | **»** | **»** |
| **36-** | **-48** | **0,70** | **0,65** | **0,12** | **0,05** | **»** | **»** | **»** |

*После промывки*, *1931 г.*

0,56

0,69

1,15

1,52

**Таблица 83**

Обменные основания, делянка 4, внесен гипс

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина** | **В миллиэквивалентах на 100 г почвы** | | **Натрий** |  |
| **(в дюймах)** | **Са\*\* + №&'\*** | **К\* | N8\* ] сумма** | **в %**  **к сумме** | **pH** |

*До опыта, 1920 г.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0—12** | **1,08** | **0,23** | **3,13** | **4,44** | **70** |
| **12—24** | **0,42** | **0,98** | **2,87** | **4,27** | **67** |
| **24—36** | **1,78** | **0,28** | **2,41** | **4,47** | **54** |
| **36г-48** | **2,57** | **0,34** | **1,59** | **4,50** | **35** |

*После опыта, 1931 г*.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0-** | **-12** | **5,05** | **0** | **0,27** | **5,32** | **5** | **7,53** |
| **12-** | **-24** | **4,59** | **0** | **0,40** | **4,99** | **8** | **8,10** |
| **24-** | **-36** | **4,63** | **0** | **0,43** | **5,06** | **8** | **8,30** |
| **36-** | **-48** | **4,13** | **0** | **1,00** | **5,13** | **19** | **8,70** |

**Таблица 84**

Обменные основания, делянка 10, внесена сера

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина** | **В миллиэквивалентах на 100 г** | | | **почвы** | **Натрий** |
| **(в дюймах)** | **Са"** | **К\*** | **N3\*** | **сумма** | **в % к сумме** |

*До опыта, 1921* г.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0—12** | **1,35** | **0,44** | **2,51** | **4,30** | **58** |
| **12—24** | **1,21** | **0,34** | **2,90** | **4,45** | **65** |
| **24^36** | **3,19** | **0,20** | **2,00** | **5,39** | **37** |
| **36-48** | **3,61** | **0,13** | **1,26** | **5,00** | **25** |

*После опыта, 1931 г.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0 12** | **4,06** | **0,29** | **0,21** | **4,56** | **5** |
| **12г—24** | **3,75** | **0,15** | **0,44** | **4,34** | **10** |
| **24—36** | **4,05** | **0,37** | **0,38** | **4,80** | **8** |
| **36—48** | **3,66** | **0,30** | **0,85** | **4,81** | **17** |

Обменные основания, делянка 5, не удобрена

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина** | **В миллиэквивалентах на 100 г** | | **1 почвы** | **Натрий** |  |
| **(в дюймах)** | **Са-т-МаГ | К[[26]](#footnote-26)** | **Ыа\*** | **сумма** | **В % к сумме** | **pH** |

*До промывок, 1920 г.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0—12** | **1,21** | **0,33** | **2,90** | **4,44** | **65** |
| **12—24** | **1,17** | **0,33** | **3,61** | **5,11** | **70** |
| **24—36** | **2,89** | — | **2,49** | **5,38** | **46** |
| **36—48** | **3,46** | **0,23** | **1,43** | **5,12** | **28** |

*После промывок, 1931 г.*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0-** | **-12** | **4,66** | **0** | **0,30** | **4,96** | **6** |
| **12-** | **-24** | **4,44** | **0** | **1,20** | **5,64** | **21** |
| **24-** | **-36** | **4,35** | **0** | **1,54** | **5,89** | **26** |
| **36-** | **-48** | **3,07** | **0** | **3,45** | **6,52** | **53** |

**Таблица 86**

Урожаи, полученные в опыте во Фресно

(в фунтах на акр)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Год** | **Культура** | **Делянка 4, гипс, 1920 г.** | **Делянка 5, промывки** | **Делянка 10, сера, 1932 г.** |
| **1921** | **Ячмень на сено** | **2865** | **1770** |  |
| **1922** | **» » »** | **3216** | **2584** | **3000** |
| **1923** | **Донник индийский** | **Запахан** | **на зеленое удобрение** | |
| **1924** | **» белый** | **То** | **же** |  |
| **1925** | **Люцерна** | **5955 |** | **| 3585** | **18 467** |
| **1926** | **»** | **Не культивировалась** | | **23 658** |
| **1927** | **»** | **И 742** | **6 255** | **20 138** |
| **1928** | **»** | **18\*858** | **15 446** | **5 873\*** |
| **1929** | **»** | **16 785** | **15 617** | **10 570** |
| **1930** | **»** | **19 082** | **17 494** | **18 902** |
| **1931** | **—** | **Не культивировалась** | | |
| **1932** | **Хлопчатник** | **1622** | **| 1874** |  |

Мы видим, что на 11-м году опыта на неудобренной делянке 5 получен такой же хороший урожай хлопка, как и на удобренных делянках. Этот ре­зультат достигнут благодаря систематическим обильным промывкам (к сожа­лению, объем работ неизвестен) водой, содержащей 0,250 г солей на литр, при

отношении **Р?**-**ТРИИ** — і : 3. Этот эффект, несмотря на длите ль-

кальции + магнии х

ность времени, через которое он получен, все же следует считать лишь началом коренного улучшения, так как сода удалена, а поглощенный натрий доведен до 6% емкости поглощения только в верхнем слое почвы мощностью 12 дюй­мов. Внесение гипса и серы обеспечило улучшение почвы на глубину 36 и даже 48 дюймов.

В результате рассмотрения различных мероприятий по про­мывке натриевых солончаков можно сделать следующие выводы.

1. При промывке натриевых солончаков солонцовый процесс (внедрение иона натрия в поглощающий комплекс) реализуется

При даче первой порций Промывной воды (Й-т); однако солонцб- вые свойства почвы (дисперсность, щелочность) в этот момент но проявляются благодаря коагулирующему действию высокой концентрации воднорастворимых солей.

1. По мере промывания воднорастворимых солей солонцовые свойства (высокая дисперсность, щелочность и разрушение по­глощающего комплекса) проявляются все более сильно, макси­мум их обычно имеет место в момент почти полного выщелачивания воднорастворимых солей. Следовательно, в момент вымывания воднорастворимых солей мелиорация натриевого солончака не закончена, а лишь наступает основная задача по устранению поглощенного натрия и связанных с ним вредных солонцовых свойств.
2. В некоторых частных случаях в период первоначальных промывок может наступить момент, когда концентрация водно­растворимых солей будет невысока, солонцовые свойства еще недостаточно сильно выявились и может создаться впечатление о законченности мелиорации. В практике на этом этапе иногда можно уже приступить к культуре соле- и солонцовоустойчивых растений, но заканчивать мелиорацию не рекомендуется, так как в этом случае остается реальная угроза: или временного, но губительного повышения концентрации солей, или, наоборот, при понижении концентрации солей, например, во время полива, столь же опасное проявление солонцовых свойств, в частности вспышки щелочности.
3. Для предупреждения возникновения солонцового процесса, а также для его устранения лучше всего внести на солончак необходимую дозу гипса. При наличии гипса в нижних горизонтах почвы он может быть добыт на месте. На солончаках карбонатных можно осуществить мелиорацию и без гипса, за счет имеющейся извести, но промывная норма при этом сильно возрастает благо­даря малой растворимости СаС03. В этих случаях внесение серы является целесообразным.
4. Мелиорирующая доза гипса, как правило, берется в коли­честве, эквивалентном количеству поглощенного натрия. Это последнее определяется или предварительным опытом, или по эмпирической таблице зависимости количества поглощенного натрия от соотношения катионов в растворе и их концентрации, или же, наконец, по одной из формул обмена катионов.

Промывная норма должна быть достаточной для растворения внесенного гипса, учитывая, что для растворения одной части гипса требуется 400 частей воды, а в полевых условиях, в силу технических причин, повидимому, около 1000 частей. Поэтому вопрос об отводе промывных вод при промывке натриевых солон­чаков требует особо тщательного анализа и решения.

1. Для промывки натриевых солончаков с успехом могут применяться минерализованные, богатые кальцием воды: грунто­вые, шахтные и др. После окончания вытеснения поглощенногонатрия оставшиеся воднорастворимые соли могут быть промыты небольшой нормой чистой оросительной воды.
2. Промытые солончаки лучше всего занимать культурой трав для обогащения органическим веществом и создания структуры, после которых обеспечивается наилучшая продуктивность всех других культур севооборота.

СОЛОНЦОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЧВАХ ПРИ ОРОШЕНИИ СОЛЕНЫМИ ВОДАМИ

Выше была отмечена возможность засоления почвы за счет солей оросительных вод. Там же указано и на увеличение солон- цеватости почвы, выразившейся в повышении щелочности. Теперь этот процесс развития солонцеватости ясен: при орошении водой, содержащей в себе натриевые соли, хотя бы и в слабых концентра­циях, мы систематически вытесняем из почвы поглощенный кальций и замещаем его натрием. Вытесняемый кальций в форме хлористой или сернокислой соли может выноситься в грунтовые воды или в нижнюю толщу почвы, а корнеобитаемые слои ее могут постепенно и неуклонно превращаться в солонец.

С этим явлением особенно приходится считаться при ороше­нии бескарбонатных почв, где нет запаса свободного кальция, и при использовании для орошения вод мелких засоленных источни­ков, грунтовых и фабрично-заводских вод, а также вод стенных водохранилищ.

Согласно лабораторным исследованиям В. Келли и др., не­

желательно, чтобы отношение ионов **м**~- в оросительной

воде превышало **1:1.** При отношении больше 2 становится заметным поглощение натрия, особенно при повышении кон­центрации почвенного раствора при просыхании почвы. Осо­бенно нежелательно присутствие ^НС03, когда Са(НС03)2 вы­падает в осадок. Карбонатные почвы задерживают поглощени натрия.

По наблюдениям Е. В. Иванова и А. Н. Розанова, при отноше­

N^4-К"

**нии в**

оросительной воде ионов 1 солонцеватость не

угрожает, при отношении между 1—4 развивается слабая солон­цеватость и при отношении больше 4 возникает угроза сильной солонцеватости.

Для правильного понимания всех этих приближенных пока­зателей необходимо учитывать, что вредное действие воды зави­сит от: 1) характера почвы, 2) характера культур и 3) системы удобрения; например, при внесении небольших доз гипса вредное действие воды может быть парализовано. С другой стороны, сла­бые степени солонцеватости могут постепенно усилиться. Та­ким образом, всегда желательно иметь местные исследования и наблюдения по этому вопросу.

ИСКУССТВЕННОЕ СОЛОНЦЕВАНИЕ КАНАЛОВ  
И ВОДОХРАНИЛИЩ

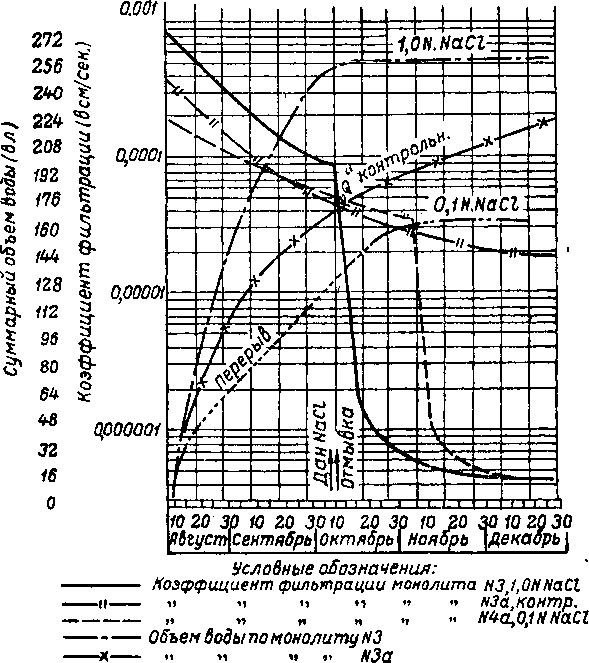
Свойства солонца, резко отрицательные с сельскохозяйствен­ной точки зрения, могут быть чрезвычайно эффективно использо­ваны в мелиоративно-гидротехническом строительстве для борьбы с потерями воды на фильтрацию.

В ирригационных системах потери воды на фильтрацию в грун­ты происходят в водохранилищах и во всех звеньях оросительных каналов через дно плотины, дамбы и пр. Эти потери очень велики. Так, например, в степных водохранилищах теряется на фильтрацию в хороших условиях 5—10% объема, а в более плохих до 20—40%; ряд прудов вовсе забрасывается, так как они не держат воды. В ирригационных системах считается хорошим коэффициент полезного действия 0,5; он редко поднимается до 0,6—0,7, но часто падает до 0,4—0,3. Это значит, что в каналах теряется на фильтрацию половина и больше всего количества воды, забираемого головным сооружением.

Потери на фильтрацию имеют громадное отрицательное зна­чение: во-первых, при отсутствии потерь гидротехническое строи­тельство обходилось бы на каждый орошаемый гектар почти вдвое дешевле; во-вторых, при каждом данном головном заборе площадь орошения была бы на 30—40% больше; в-третьих, обес­печенность культур поливной водой при ограниченном водо­источнике была бы почти в два раза лучшей; в-четвертых, при машинной водоиодаче расход горючего и износ машин были бы значительно меньшими; наконец, в-пятых, столь широко распро­страненные явления вторичного засоления почв при орошении и заболачивания были бы в большей своей части предотвращены.

Эти отрицательные последствия потерь воды на фильтрацию общеизвестны, и потому мелиоративная наука и практика давно ищут способов борьбы с ними. Можно считать установленным, что хорошая эксплуатация на больших инженерных системах с зем­ляными каналами может устойчиво обеспечить коэффициент полезного действия (к. п. д.), равный 0,5. Дальнейшее повышение к. п. д. требует применения специальных антифильтрационных мероприятий. В качестве последних предложены различного рода одежды каналов: бетонные, асфальтовые, глиняные и др.; практика, однако, показала, что все эти одежды решают удовле­творительно задачу лишь в отдельных частных случаях, преиму­щественно на крупных ответственных сооружениях. Как массовое мероприятие эти одежды не нашли себе применения в силу край­ней дороговизны и ненадежности действия на оросительных ка­налах. Вместе с тем антифильтрационные мероприятия приобре­тают существенное значение именно только тогда, когда они при­меняются в широком масштабе, поскольку главная масса воды теряется в средних и мелких каналах громадной общей протя­женности.

Советскими учеными в последние два десятилетия разработан и внедрен новый, оригинальный метод антифильтр ационных одежд, получивший название «метода искусственного солонцева- ния». Этот метод не требует дефицитных материалов, он прост и



— л >1 » « А/4а

Рис. 69. Изменение коэфициента фильтрации и суммарных объемов воды в монолитах бескарбонатыого южного чернозема Безенчук-

ского участка.

общедоступен в употреблении, следовательно, является массовым и вместе с тем вполне эффективным на всех обычных земляных каналах и водохранилищах. Метод разработан на основе теории К. К. Гедройца о солонцовом процессе, согласно которой всякая земляная масса, насыщенная в ее коллоидной части ионом нат­рия, приобретает высокую степень дисперсности и соответственно низкий коэффициент фильтрации. Поэтому, обработав земляную массу любой натриевой солью и затем промыв ее, мы получим солонцовую массу с ничтожной фильтрацией.

Впервые в полевых условиях прекращение фильтрации воды почвой после засоления ее хлористым натрием было экспериментально показано Д. 1\ Виленским в 1926—1927 гг. на опытном участке Харьковского сельско­хозяйственного института. Вскоре после этого, в 1930 г., А. Н. Соколовский внес предложение об использовании искусственного солонцевания в мелио­ративно-гидротехнической практике. Далее было установлено, что этот метод применялся кое-где населением уже давно: например, в Сальских степях засыпали поваренную соль в пруды, которые плохо держат воду; в Средней Азии некоторые опытные мастера подсаливали глину, употреблявшуюся для смазки крыш, и т. д. Все это подкрепляло правильность идеи использования солонцевания, но еще не представляло метода, пригодного для использования в мелиоративной практике. Этот метод начал разрабатываться в УкрНИИГиМ (В. А. Шкарупо), на кафедре почвоведения Харьковского сельскохозяйствен­ного института (Крупский), НИХИ и САНИИРи, ЮжНИИГиМ, Институтом сахарной промышленности, кафедрой мелиоративного почвоведения МГМИ и некоторыми другими. Наиболее всесторонняя и систематическая разра­ботка метода солонцевания осуществлена в почвенно-мелиоративной лабо­ратории ВНИИГиМ, где с 1933 г. под нашим руководством были начаты (Л. Ф. Маманиной и частично А. Т. Морозовым) широкие лабораторные иссле­дования, а затем систематические длительные полевые опыты и проектные разработки (инж. С. П. Засосовым). Отдельные опыты и исследования осу­ществлены здесь же инж. В. К. Жегаловым, С. Л. Миркиным, Г. С. Каган, П. С. Рымарь, М. С. Гаража, И. А. Берниковской и др.

В опытах Л. Ф. Маманиной на монолитах черноземов и каш- тановых почв Заволжья и в аналогичных опытах А. Т. Морозова на черноземах Западной Сибири и сероземах Средней Азии при солонцевании хлористым натрием было получено устойчивое по­нижение фильтрации по сравнению с контролем в 11—20 раз, а в отдельных случаях в 200 и 500 раз. Пример изменения кривой фильтрации показан на рисунке 69. Доза натрия рассчитывалась по емкости поглощения 10-сантиметрового слоя почвы. Распреде­ление поглощенного натрия, конечно, не ограничивается 10-сан­тиметровым слоем, а захватывает большую толщу, как это видно из следующих цифр, полученных С. П. Засосовым в полевом опыте солонцевания канала на безенчукском черноземе нормой в 3 кг соли на 1 м2 поверхности.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Поглощенный натрий (в м.-экв.)** | **Процент натрия от емкости поглощения** |
| **0—5** | **7,0** | **17,5** |
| **5—10** | **4,0** | 10,0 |
| 10—20 | **3,5** | **8,7** |
| **20—40** | 1,2 | **3,0** |
| **40—50** | 1,0 | **2,5** |

При больших дозах натрия степень солонцеватости будет выше, солонцевание затронет более глубокие слои и в резуль­тате антифильтрационный эффект еще более возрастет.

Ё полевых опытам антифильтрационный эффeкf солонЦёйанйй оказывается меньшим, чем в лаборатории, но все же столь зна­чительным, что практически вполне удовлетворительно решает задачу борьбы с потерями воды на фильтрацию. Это видно из таблицы 87, составленной С. П. Засосовым.

**Таблица 87**

Сокращение потерь воды на фильтрацию при солонцсвании каналов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Потери воды (в %) на 1 км длины канала** | | | |
| **Место проведения опытов** | **Год** | **до солонцевания** | | **после солонцевания** | |
|  |  | **от — до** | **среднее** | **от — до |** | **среднее** |
| **Безенчук, Куйбышевский рай­он Куйбышевской области.** | **1936** | **22-37** | **29** | **3-7** | **5,0** |
| **То же** | **1937** | **53.-65** | **59** | **19—31** | **24,0** |
| **Елшанская оросительная сис­тема, Бузулукский район Чкаловской области** | **1937** | **6—25** | **И** | **0-5** | **2,5** |
| **То же** | **1938** | **10—15** | **12** | **0-6** | **3,0** |
| **Марийский район Туркмен­ской ССР** | **1937** | **5—10** | **7** | **1-2** | **1,5** |
| **Геокчайский район Азербай­джанской ССР** | **1936** | **7/—9 -** | **8** | **1-3** | **2,0** |
| **Савинки Саратовской области** | **1936** | **12.—18** | **16** | **1,5—2,5** | **2,0** |
| **Брилевская опытная станция УССР** | **1934** |  | **20** | **1,5-2,5** | **2,0** |
| **Молдавская опытная станция** | **1934** | — | **22** | **5—7** | **С,0** |
| **Каменский опорный пункт УССР** | **1936** | **14—26** | **19** | **0,5—2,5** | **1,5** |

Данные таблицы показывают, что в большинстве случаев после солонцевания потери в каналах почти соответствуют расходу воды на испарение (т. е. фильтрации почти нет). В менее благо­приятных условиях потери уменьшаются в 3—4 раза. Хлори­стый натрий применялся в опытах по норме от 3 до 5 кг на 1 м2 поверхности канала.

Кроме прямого антифильтрационного действия, солонцевание в сильной степени подавляет в первые годы развитие в каналах сорной растительности (рис. 70), что также уменьшает потери воды на фильтрацию и сильно понижает эксплуатационные рас­ходы на очистку каналов.

Солонцевание осуществляется простейшим способом: очищен­ные от сорняков и профильтрованные дно и откосы канала не­сколько рыхлят и затем по ним разбрызгивают необходимое коли­чество крепкого раствора соли. После этого канал по отдельным отсекам заполняют водой для промывки соли, и когда вода впи­тается, канал готов к действию.

Эффективность солонцевания может быть еще более повышена: 1) увеличением дозы дисперсатора (соли); 2) применением более совершенной техники солонцевания. В настоящее время наиболее эффективным в полевых условиях оказывается «скрытое солон- цевание» (С. П. Засосов), заключающееся в том, что сухая соль вносится по периметру канала на глубину 10—15 см от поверх-

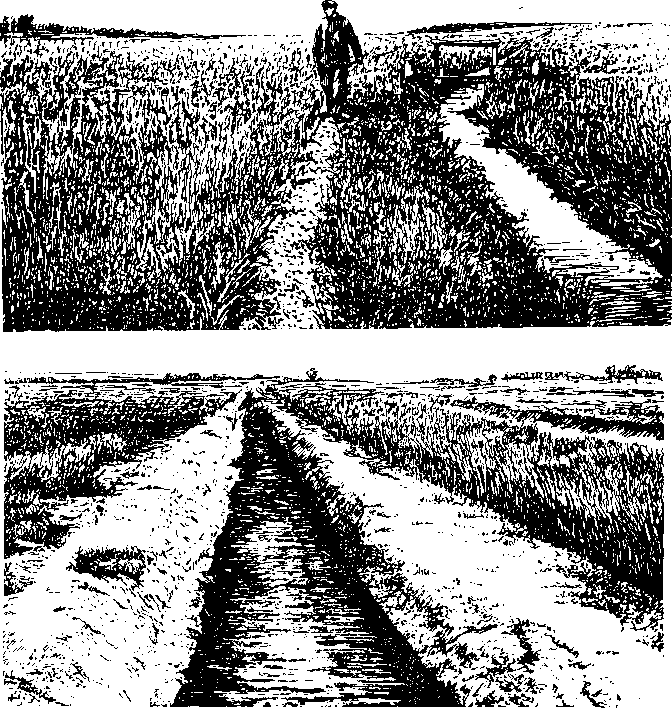


Рис. 70. Влияние солонцеваннн на зарастание каналов:

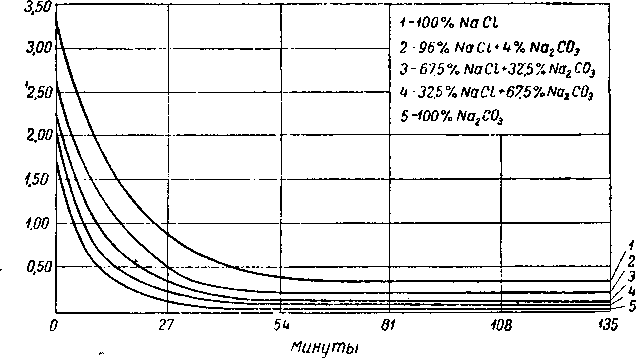
вверху--незасолонцованный магистральный напал, заросший сорной растительностью, через ь0 дней после прокашивании; внизу — засолопцошшный канал на третий год службы; норма — 5,Г) иг соли на 1 м\*.

ности; 3) применением более энергичных дисперсаторов, а именно, щелочных вместо нейтральных.

Почти все работы по солонцеванию в Советском Союзе про­ведены с хлористым натрием потому, что эта соль наиболее деше­вая и общедоступная. Вместе с тем известно, что в щелочной среде внедрение натрия в поглощающий комплекс осуществляется более энергично, дисперсация и, следовательно, аптифильтрационный

эффект будут большими. Эксперименты подтверждают это. Так, в наших исследованиях фильтрационным методом Оствальда

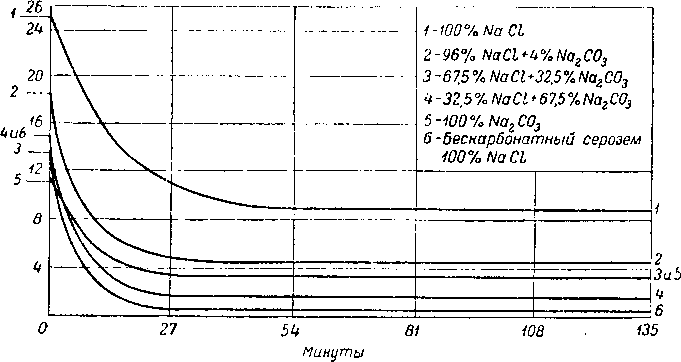
***см3***



**Рис. 71. Кривые фильтрации чернозема при внесении хлористого**

**натрия и соды.**

получены для двух типов почв следующие относительные кривые фильтрации при подщелачивании содой с одновременным внесе­нием хлористого натрия (рис. 71 и 72).



**Рис. 72. Кривые фильтрации серозема при внесении хлористого натрия**

**и соды.**

В параллельных опытах с карбонатным сероземом (М. С. Га­ража и И. А. Берниковская), проводившихся в асбестоцементных

8 **л.** П. Розов

**225**

трубах диаметром 7,5 см и высотой почвенной колонны 135 см, получены следующие результаты (табл. 88).

Эффективность солонцевания различными дисперсаторами при разных  
дозах и способах обработки почвы (на 96-й день опыта)

**Таблица 88**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Показатели** | **Кон-** | **Поверхностная обработка рас­твором NaCl** | | **Скрытая обработка сухой солью NaCl** | | **Поверхностная обработка раствором смеси NaCl+NaOH, соответствующей дозе 3,25 кг/м[[27]](#footnote-27)** | | | |
| **троль** | **доза**  **3,25**  **кг/м\*** | **доза**  **6,5**  **кг/м\*** | **доза**  **3,25**  **кг/м\*** | **доза**  **6,5**  **кг/м\*** | **99 ч. NaCl и 1 ч? NaOH** | **90 ч. NaCl и 10 ч. NaOH** | **75 ч. NaCl и 25 ч. NaOH** | **100 ч. NaOH** |
| **Коэффициент фильтрации (в см/мин).** | **0,0125** | **0,0043** | **0,0009\*** | **0,0024** | **0,0006** | **0,0013\*** | **0,0012** | **0,0008\*** | **0,0003** |
| **Уменьшение против кон­троля (ко­личество раз) ....** | — | **3,0** | **14,0** | **5,2** | **21,0** | **9,6** | **10,5** | **15,6** | **42,0** |

В полевом опыте на террасовом черноземе Елшанской ороси­тельной системы С. П. Засосов при применении для солонцева­ния одного хлористого натрия и NaCl + NaOH получил следую­щие результаты (табл. 89).

**Таблица 89**

Скорость впитывания воды при применении различных дисперсаторов

(в % от показателей по несолонцованному контролю)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Дозы химикатов** | **1-Й** ГОД | **2-й год** | **3-й год** |
| **5 кг на 1 м2 NaCl** | **2,7** | **19,4** | **57,0** |
| **3 » » 1 » NaCl + 0,15 кг/м2 NaOH** | **2,3** | **7,3** | **47,0** |
| **4 » » 1 » NaCl+ 0,25 » NaOH** | **2,7** | **2,4** | **15,0** |

Приведенные данные показывают, что щелочные дисперсаторы не только значительно усиливают первоначальный антифильтра- ционный эффект солонцевания, но и делают его более длительным.

Однократное солонцевание оказывает существенный анти- фильтрационный эффект в течение минимум 3—5 лет. Эта длитель­ность действия должна считаться в практике вполне достаточной, так как затраты на солонцевание полностью погашаются эконо­мией воды и другими выгодами уже в течение первого года. Огра­ничение действия солонцевания 3—5 годами объясняется тем, что ирригационные воды минерализованы обычно преимуще­ственно солями кальция, под влиянием которых канал постепенно и рассолонцовывается. Для восстановления антифильтрационного эффекта необходимо повторное солонцевание.

Чрезвычайно важным является то обстоятельство, что повтор­ное солонцевание, при меньших дозах дисперсатора, может давать эффект более высокий, чем первое. Это видно, например, из данных С. П. Засосова, полученных на канале Безенчукской опытной стан­ции (табл. 90).

**Таблица 90**

Эффективность повторного солонцевания канала

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Скорость впитывания воды** | | | |
|  |  |  | **(в % от контроля)** | |  |
| **Солонцевание** | **Доза ЫаС1** |  |  |  |  |
|  |  | **1-й год** | **2-й год** | **3-й год** | **4-й год** |
| **Первичное** | **3,1 кг/м2** | **22** | **38** | **87** |  |
| **Повторное** | **2,5 »** | **19** | **36** | **57** | **60** |

Повторное солонцевание КаС1 по норме, составляющей 80% от первоначальной, повысило эффект солонцевания и устойчи­вость его во времени.

Этот факт определяется тем, что солонцевание есть не только дисперсация почвенной массы, но и придание ее коллоидам подвиж­ности. При дисперсации коллоидные массы приобретают способ­ность вмываться в толщу почвы и закупоривают ее поры, в ре­зультате на некоторой глубине формируется иллювиальный водо­непроницаемый слой.

В опыте Л. Ф. Маманиной передвижение коллоидов зареги­стрировано в толще более 50 см (табл. 91).

**Таблица 9І**

Перемещение коллоидных масс в результате солонцевания

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Объект исследования** | **Горизонты (в см)** | **Содержание частиц меньше 0,0005 мм (в %)** | |
| **до опыта** | **после опыта** |
| **Монолит безенчукского** | **8—20** | **24,42** | **21,05** |
| **чернозема № 3** | **20—30** | **22,48** | **18,67** |
|  | **30—40** | **22,25** | **18,28** |
|  | **40 г-50** | **28,34** | **23,89** |
|  | **50—60** | **30,72** | **21,69** |

Вынос коллоидов из монолита подтвержден и анализами филь­тратов, в которых часто наблюдалось массовое выпадение хлопье­видных осадков гидратов кремния и полутораокисей.

При повторных солонцеваниях иллювиальный горизонт будет последовательно расти, и можно ожидать, что после нескольких солонцеваний создастся постоянная водонепроницаемая глинистая мембрана, которая будет действовать независимо от того, насы­щена она натрием или кальцием.

В настоящее время начата разработка метода искусственного ускорения образования таких мембран путем введения в толщу почвы гипса для создания коагулирующего экрана. Так, в опы­тах С. П. Засосова и М. С. Гаража с сероземами Вахта и Мур- габа в асбестоцементных трубах оказалось, что экран из той же почвы с добавкой 4 и 8% гипса значительно повышает антифильт- рационный эффект как нейтральных, так и щелочных дисперса- торов, в ряде случаев полностью и на длительный срок прекра­щая фильтрацию. Это действие экрана заключается в том, что вмываемые коллоиды не распыляются по всей толще почвы, а концентрируются над экраном. Во многих районах орошения такие коагулирующие экраны в почвах существуют в естествен­ном виде.

Несомненно, что, располагая только имеющимися теоретиче­скими данными о поведении коллоидов, можно широко управлять процессами вмывания коллоидов и формирования водонепрони­цаемых мембран. Исследования Иенни и Смит показали, что про­цесс вмывания есть по существу процесс просеивания тонких дисперсных частиц через поры почвы. Следовательно, при каждой данной порозности возможность образования иллювия будет определяться тремя условиями: 1) количеством дисперсирован­ной массы; 2) степенью ее крупности и 3) устойчивостью дисперс­ной системы против коагуляции. Все эти три фактора мы можем регулировать. Так, известно, что степень дисперсации почвы зависит от применяемого дисперсатора. Для иллюстрации при­ведем некоторые данные.

В наших исследованиях бескарбонатного чернозема и карбо­натного серозема при разных дисперсаторах получились следую­щие количества тонких частиц (табл. 92).

**Таблица 92**

Количество тонких частиц при применении различных дисперсаторов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Дисперсатор** | |  |  |
| **Показатели** | **100 ч. ИаС1** | **96 ч. ИаС1 + 4 ч. N8\*00,** | **67,5 ч. ШС1 32,5 ч. Ка2С08** | **32,5 ч. ИаС1 67,5 ч. Ка2СОз** | **100 ч. N3,00,** |
| **Относительное количе­ство частиц меньше 0,00015 мм в черноземе** | **100** |  |  | **280** | **320** |
| **То же, в сероземе частиц меньше 0,0005** | **100** | **ИЗ** | **160** | **—** | **175** |

В этих опытах через 85 суток суспензия нейтрального дис- персатора осветлилась почти полностью на глубину 20—22 см, тогда как суспензия щелочного дисперсатора осела всего на 5—6 см.

Van Aladar Toldvari для карбонатного лесса получил следующие коли­чества частиц меньше 0,002 мм в лессовых суспензиях при различных методах обработки (табл. 93).

**Таблица 93**

Количество частиц меньше 0,002 мм в лессовых суспензиях при различных

методах обработки

а) в весовых процентах, б) относительное количество частиц (за 100 приняты  
полученные результаты по Аттербергу)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование почвы** | **В дистил­лирован­ной воде** | **Аммиак 0,1 iV** | **Оксалат**  **натрия**  **0,0057V** | **Метаси­**  **ликат**  **натрия**  **0,0057V** | **В аппара­те Аттер- берга** |
| **Pacsirta Berg а** | **1,84** | **6,88** | **11,43** | **10,01** | **25,30** |
| **б** | **6,09** | **27,19** | **45,18** | **39,57-** | **100,0** |
| **Ördögoram а** | **5,14** | **12,54** | **13,71** | **6,94** | **21,28** |
| **б** | **24,20** | **58,93** | **64,43** | **32,61** | **100,0** |

Из этой таблицы видно, что: 1) различные почвы разрушаются одинако­выми дисперсаторами в различной степени; 2) наибольшую дисперсацию для обеих почв дает оксалат натрия; 3) метасиликат натрия и аммиак действуют на разных почвах различно.

Полученные суспензии были испытаны на их устойчивость в водной среде в течение 34 суток. Эти данные приводятся в таблице 94.

**Таблица 94**

Устойчивость суспензий, полученных под действием различных

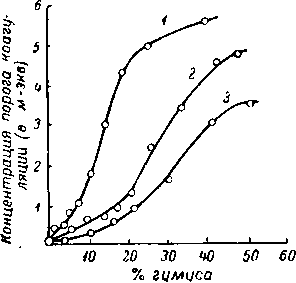
дисперсаторов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Дни** | **Оксалат натрия 0,0057V** | **Метасиликат**  **натрия** | **Оксалат натрия 0,0057V** | **Метасиликат**  **натрия** |
| **Исходный** | **11,5903** | **10,4862** | **12,4696** | **10,8000** |
| **1** | **11,30** | **10,41** | **7,70** | **6,94** |
| **2** | **9,83** | **9,72** | **9,78** | **7,31** |
| **3** | **11,47** | **10,01** | **12,67** | **7,41** |
| **4** | **10,35** | **10,31** | **12,83** | **8,61** |
| **5** | **10,44** | **10,41** | **15,32** | **7,31** |
| **6** | **8,88** | **10,45** | **13,87** | **6,94** |
| **7** | **5,95** | **9,43** | **12,27** | **6,94** |
| **10** | **2,76** | **9,62** | **11,47** | **7,22** |
| **14** | **1,90** | **10,11** | **11,23** | **7,41** |
| **21** | **0,86** | **10,01** | **0,24** | **7,31** |
| **28** | — | **10,41** | — | **7,87** |
| **29** | — | **11,11** | — | **8,24** |
| **30 .** | — | **10,01** | **—** | **7,96** |
| **31** | **,—** | **10,41** | — | **7,96** |
| **32** | — | **10,11** | **—** | **4,04** |
| **33** | **.—** | **10,11** | **—** | **7,50** |
| **34** | **’г—** | **9,03** | **—** | **6,20** |

Таблица наглядно показывает различное стабилизирующее влияние анионов и вторичных соединений, возникающих при этих двух дпсперсаторах: оксалат натрия, вызывая наибольшую дисперсацию, вместе с тем дает

неустойчивую суспензию, оседающую полностью на 21-й день; наоборот, сус­пензия метасиликата и на 34-й день остается практически неизменной. Здесь

выступает защитная роль коллоидной кремнекислоты и иона ОН'.

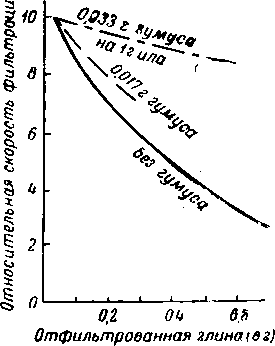


**Рис. 73. Защитное действие кол­лоидного гумуса при коагуляции нейтрального золя глины хлори­стым натрием:**

Иенни и Смит исследовали ста­билизацию глинистой суспензии, определяя для нее изменение по­рога коагуляции при прибавлении различных нейтральных гумусо­вых экстрактов. Полученный ре­зультат показан на рисунке 73. Из него видно, что для исходной суспензии порог коагуляции соста­вляет менее 0,1 м.-экв., и с при­бавкой гумуса он повышается до 5,0—5,5 м.-экв., т. е. устойчивость суспензии возрастает во много раз. Поведение таких стабилизирован­ных суспензий при их фильтра­ции авторы проверили в опытах с трубками высотой 5—10 см, на­полненными кварцевым песком. Результат показан на рисунке 74. Из него видно, что для исходной суспензии без гумуса кривая скоростей фильтрации и количества выносимых через песок гли­нистых частиц очень круто падает, т. е. заиление песка идет очень энер­гично. Для суспензий, стабилизиро­ванных гумусом, кривые распола­гаются значительно выше и падение их более замедленно. Следовательно, в этих условиях иллювиальный го­ризонт может образоваться на зна­чительно большей глубине.

**1 — гумус (гумусового экстракта, при\*  
бавленного к суспензии из северного  
торфа); 2 — гумус из почвы прерий;  
3 — гумус из чернозема.**

\*



**Рис. 74. Снижение возможно­сти образования уплотненного слоя в присутствии коллоид­ного гумуса (Гельцер).**

При искусственном солонцевании каналов мы обычно заинтересованы в более глубоком вмывании глини­стых частиц. Метасиликат натрия в наших лабораторных опытах дал в этом отношении очень хороший результат.

Итак, целесообразно используя различные способы дисперсации и стабилизации коллоидов, применяя в каждом случае соответствующую технику солонцевания, мы можем в ближайшее время при соответствующих изысканиях и иссле­дованиях получить антифильтрационные эффекты, гораздо ббль-шие, чем те, которые имеются в настоящее время. Ведущиеся работы по механизации процесса солонцевания обеспечат еще большее удешевление этого метода.

В настоящее время метод солонцевания настолько разработан и проверен в полевых условиях, что может быть уверенно приме­нен в широкой практике, особенно на черноземах и каштановых почвах. В отношении сероземов также имеется большое коли­чество длительных и вполне убедительных лабораторных опытов, показывающих высокую эффективность и устойчивость солонце­вания и в этих условиях.

Помимо уже приведенных данных, необходимо отметить опыты С. П. Засосова и М. С. Гаража, проводившиеся в 1,5-метровых асбестоцементных трубах, в которых карбонатные сероземы р. Вахш и, особенно, р. Мургаб дали очень высокий эффект солонцевания, притом почти не снижавшийся в течение 17 месяцев непрерывных наблюдений. Ряд одногодичных наблюдений в поле на каналах (С. Л. Миркин, П. С. Рымарь, Коган и др.) подтверждает лабо­раторные показания, но все же здесь не хватает длительных поле­вых опытов. Поэтому в сероземной хлопковой зоне (Средней Азии и Закавказья) следует осуществить широкие производственно­показательные опыты солонцевания, которые позволят приспо­собить технику солонцевания к специфическим условиям карбо­натных почв.

Первоочередными объектами солонцевания следует считать площади машинного орошения, маловодные системы и системы, угрожаемые по подъему грунтовых вод и засолению; на этих объектах в первую очередь следует солонцевать каналы постоян­ного действия, как дающие наибольшую фильтрацию в грунто­вые воды.

В первый период развития метода солонцевания с применением хлористого натрия возникали опасения относительно возможного вредного влияния иона хлора на орошаемые поля. Многочислен­ные специальные исследования бригады ВНИИГиМ по этому вопросу позволяют в настоящее время констатировать следующее.

1. Продукт обменной реакции в виде СаС12 и MgCl2 полностью вмывается под канал при его замочке; качество оросительной воды, поступающей на поля по солонцованному каналу, остается неиз­менным.
2. Растекание солей в стороны от канала обычно локализуется его дамбами; неизвестно ни одного случая появления иона хлора даже в частях полей, непосредственно примыкающих к каналу. Если бы, в исключительных случаях, ион хлора здесь и появился, то его легко удалить ограниченной нормой воды, так как он будет в форме хлорида кальция и магния.
3. Соли после солонцевания поступают в грунтовые воды и повышают их минерализацию. Однако простой балансовый под­счет показывает, что это повышение минерализации, отнесенное к единице орошаемой площади, совершенно незначительно: наири- кер, в Хорезм с оросительными водами Аму-Дарьи ежегодно поступает значительно больше хлоридов, чем потребовалось бы внести хлористого натрия для солонцевания всех каналов в этом районе.
4. При глубоких грунтовых водах небольшие изменения их минерализации вообще не имеют практического значения; при близких грунтовых водах повышение их минерализации может быть нежелательно. Однако здесь необходимо учитывать следую­щее:

а) те незначительные изменения минерализации, которые могут иметь место при солонцевании хлористым натрием, вполне укладываются в обычную амплитуду колебаний минерализации грунтовых вод засоленных районов; общая картина пестроты грун­товых вод от этого не меняется;

б) так как после солонцевания произойдет понижение уровня грунтовых вод, то это вполне может компенсировать повышение их концентрации;

в) вместо хлористого натрия можно применить другой диспер- сатор (Ка2С03к ХаОН, Ха2ЗЮ3 и т. д.) и тогда вопрос о вредности полностью снимается.

Таким образом, при проектировании солонцевания для ка­ждого конкретного объекта должен быть проанализирован его солевой баланс, и это позволит при всех условиях выбрать рацио­нальную форму солонцевания.

*ГЛАВА IV*

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЧВЕ  
И ИХ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Почву населяет громадное количество микроорганизмов, изме­ряющееся сотнями миллионов и даже миллиардами особей на 1 г почвы. Они представлены здесь в основном бактериями, актино- мицетами, грибами и простейшими (Protozoa).

Микробиологическая деятельность играет большую роль в поч­вообразовании. Достаточно вспомнить, что все процессы разложе­ния органического вещества, образование различных форм гу­муса есть результат микробиологической деятельности. Гумус же существенно влияет на все другие процессы, а также свойства почв, а именно: на энергию и характер химического выветрива­ния пород, количество и характер поглощающего комплекса почвы, структуру почвы, водные и тепловые свойства ее и пр.

Зависимость плодородия почвы от микробиологических про­цессов до недавнего прошлого (80-е годы XIX столетия) была неизвестна агрономии, и потому во всех случаях, когда получен­ный урожай не мог быть объяснен влиянием известных в то время физических и химических свойств почвы, говорили о действии в почвах некоторого мистического «неизвестного фактора».

С того момента, как было доказано, что во многих случаях этим «неизвестным фактором» являются микробиологические про­цессы в почве, возникло представление, что теперь познана самая сущность процессов плодородия почвы и что на основании от­дельных микробиологических показателей легко можно будет предусматривать степень плодородия каждой почвы и его регу­лировать.

Такое упрощенное представление нельзя считать правильным: во-первых, микробиологический комплекс явлений оказался при ближайшем исследовании настолько сложным и взаимосвязан­ным со всеми другими свойствами почв, что использование отдель­ных микробиологических явлений как прямых показателей пло­дородия почв во многих случаях вовсе не оправдывалось. Тем не менее эти идеи о значении микробиологического фактора стимули­ровали большой ряд специальных почвенно-микробиологических исследований, которые в целом были чрезвычайно плодотворными.

Основное их значение заключается в том, что в настоящее время установлено, что круговорот и сезонная динамика основных элементов, необходимых для развития растений, таких, как азот, фосфор, сера, железо и др., определяются главным образом микро­биологическими процессами.

Каждый микробиологический процесс в отдельности, так же как и любой их комплекс, в высокой степени зависит от тех усло­вий, которые создаются в почве в каждый данный момент времени. В частности, определяющими факторами здесь являются водно­воздушный режим, реакция почвы, солевой режим, температура. Изменяя последние, мы будем существенным образом влиять и на ход микробиологических процессов в почве, так что действи­тельно здесь имеет место чрезвычайно широкий путь для регули­рования элементов плодородия. Мелиорация дает, как известно, наиболее широкие возможности для регулирования водно-воздуш­ного и солевого режима почв и их реакции и тем самым, следо­вательно, микробиологических процессов и плодородия. Прове­денные исследования показывают чрезвычайно глубокие изме­нения микробиологической деятельности почв под влиянием мелиорации вообще и в связи с режимом орошения, техни­кой полива и пр. Дальнейшее изучение этих связей открывает широкие перспективы для направленного регулирования элемен­тов плодородия и, следовательно, общего поднятия урожайности мелиорированных полей.

Ниже дается краткая характеристика некоторых главнейших микробиологических процессов в условиях орошаемого поля.

РАЗЛОЖЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕ И ОБРАЗОВАНИЕ УГЛЕКИСЛОТЫ

Главнейшим продуктом, образующимся в результате разложе­ния органических веществ в почве, является углекислота (С02). Родь углекислоты чрезвычайно разнообразна и важна. Так, она

является главным фактором химического выветривания в почве. В солонцовых почвах крупная роль ее заключается в том, что она переводит наиболее вредную соль в менее вредную двууглекислую соду по уравнению:

Na2C03 + С02 + Н20 = 2NaHC03.

В этом процессе заключается одна из главнейших сторон поло­жительного действия навоза на солонцовых почвах, поскольку он повышает содержание С02 в почве. Наконец, углекислота является, как известно, основным источником питания растения. Образуясь в почве за счет разрушения органического вещества, она диффундирует в воздух и здесь ассимилируется растением. Исследования показывают, что обычного содержания углекислоты в воздухе недостаточно для пышного развития растений. Отсюда возникал ряд попыток прямого удобрения полей газообразной углекислотой, которые дали обещающие результаты; практически этот прием применяется в тепличном хозяйстве. Ближайшим источником для обогащения воздуха углекислым газом может быть сама почва, если в ней форсировать разложение органического вещества.

Некоторые исследователи (Христензен, Стоклаза) считают, что уже теперь доказана прямая связь, существующая между энергией выделения почвой углекислоты и ее плодородием. Эта связь иллюстрируется данными таблиц 95 и 96 (Mitt. d. J. В. G., 1926, 3).

**Таблица 95**

Связь между энергией выделения почвой С02 и ее плодородием

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика почвы** | **Количество COj, выделяемое 1 кг почвы в 24 часа (в мг)** | **Количество СО а, выделяемое слоем почвы в 30 см на пло­щади 1 га за 200 дней (в ц)** | **Примечание** |
| **Плодородная, дает хлебов 25—30 ц/га и корнепло­дов (репа) 350—400 ц/га .** | **60-120** | **480** | **Многолетние наблюдения и анализы, при** |
| **Менее плодородная** | **30-60** | **240** | **влажности** 20**%** |
| **Неплодородная** | **15-20** | 120 | **и температуре** 20**°** |

Прямые наблюдения в поле за количеством С02, выделяемой путем диффузии при 13—17° под различными растениями почвами разного плодородия, дали следующие результаты (табл. 96).

В обеих таблицах прямая связь между продукцией С02 и уро­жаем ясно выражена.

На основании такого рода данных Стоклаза делает следую­щие выводы: 1) продукция углекислоты есть показатель легко разлагаемых веществ в почве; 2) углекислота, выделяемая поч­вой, есть источник ассимиляции, находящейся вообще в мини­муме; 3) продукция углекислоты в почве всецело зависит от внеш­них условий и потому может быть регулируема.

Таблица 96

Выделение С02 почвами разного плодородия

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Почвы** | **Количество СОв на 1 га (в ц)** | **Продукция углерода в урожае (в ц/га)** |
| **Плодородная** | **120-160** | **32,73-43,63** |
| **Малоплодородная ....** | **80-100** | **. 21,82-27,27** |
| **Неплодородная** | **40—60** | **10,91—16,36** |

Динамика углекислоты почвенного воздуха в условиях оро­шаемого поля изучалась в Средней Азии на Ак-Каваке (Ф. Ю. Гель- цер),. Полученные результаты приводятся в виде графиков, отно­сящихся к пару, неорошаемому, удобренному и не удобренному навозом и, наконец, к делянке орошаемого хлопчатника (рис. 75, 76, 77 и 78).

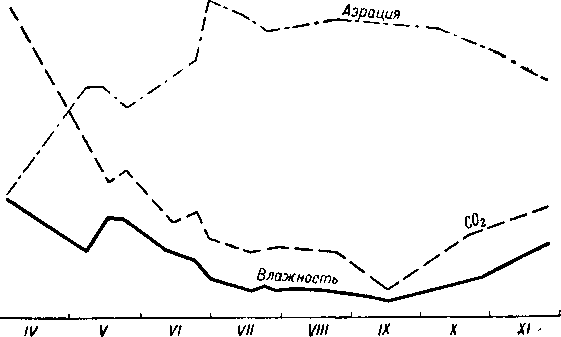
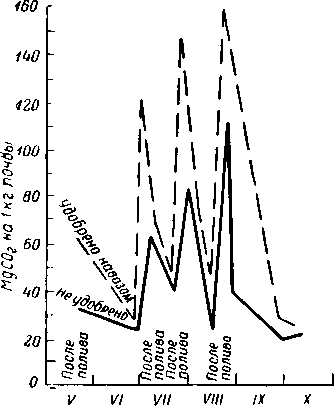
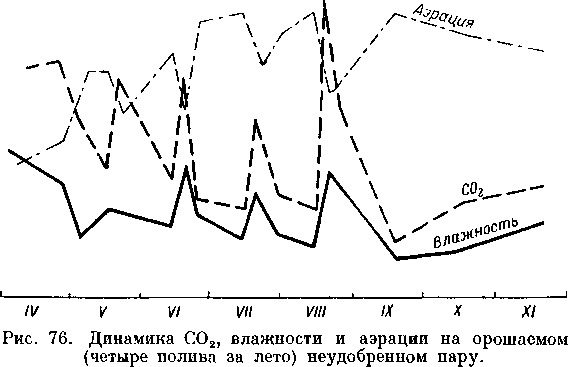


Рис. 75. Динамика С02, влажности и аэрации на орошаемом неудобренном пару.

На этих графиках видна теснейшая связь количества С02 почвенного воздуха с увлажнением и количеством в почве энер­гетического материала. Неорошаемый пар продуцирует значи­тельно меньше С02, чем все орошаемые делянки. На этих послед­них везде моментам полива соответствуют резкие пики выделе­ния углекислоты, занимающие период 2—3 дней после, полива. Внесение навоза и находящаяся в почве корневая система (хлоп­чатник) значительно повышают количество С02 в почвенном воз­духе (сравни рис. 76 и рис. 77 и 78).

Повышенная энергия выделения С02 в почве оценивается кай положительный фактор и потому еще, что с этим связывается

I

I

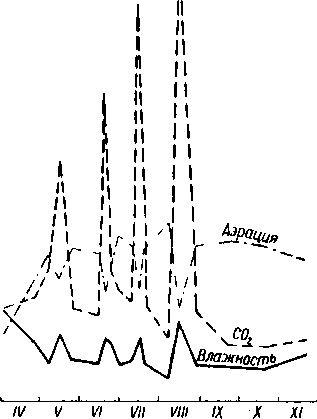


Рис. 77. Динамика С02, влажности и Рис. 78. Динамика С02на орошаемом аэрации на политом четыре раза за хлопковом поле,

лето удобренном пару.

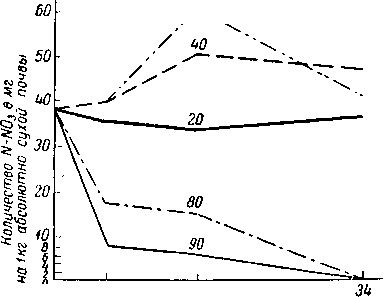
увеличение в последующий период времени количества азотной и, отчасти, растворимой фосфорной кислоты, т. е. улучшение общего пищевого режима растений.

Из приведенных данных следует, что в условиях орошения мы можем ставить задачу регулирования продукции С02 в тече­ние вегетации растения в довольно широких пределах.

В регулировании С02 есть и другая сторона: всякое увеличе­ние С02 означает уменьшение общих запасов органического веще­ства почвы, ее гумуса. Стоклаза подсчитал, что, например, при содержании 3—5% гумуса в почве и энергии выделения С02 в 40 ц на 1 га, запас углерода почвы будет полностью израсходо­ван в 20 лет. Корни растений дают всего 1938—5167 кг органи­ческого вещества на 1 га и, следовательно, компенсировать потери полностью не могут. Таким образом, почва последовательно должна обедняться гумусом, что является отрицательным факто­ром. Действительно, наблюдения Драчева на подзолистой почве показывают потерю гумуса на 13-летнем пару в размере 43% по сравнению с дерниной; в почвах штата Индиана потери гумуса за 30—60 лет составили 47%, в штате Ныо-Джерси за 20 лет 24,1%. Ф. Ю. Гельцер дляАк-Кавака определила потери за 1,5 года в 19%. Цифры эти, конечно, ориентировочные, но тем не менее они подчеркивают серьезность явления [[28]](#footnote-28). Прямым способом ком­пенсации этих потерь гумуса является искусственное внесение в почву органического вещества в виде навоза или сидератов. Однако одновременно нам кажется возможным ставить вопрос и о более целесообразном использовании того органического вещества, которое в любой форме попадает в почву, иначе говоря, о регулировании процесса гумусообразования.

Мы знаем, что в условиях резко выраженного аэробиозиса и при высоких температурах разложение органического вещества идет очень быстро и до конца, не давая прочного гумуса в почве. При этом, например в условиях Средней Азии, это разложение идет почти непрерывно круглый год и, таким образом, органиче­ское вещество тратится бесполезно. Вместе с тем и эксперименты (см. опыты П. А. Костычева) и наблюдения в природе показывают, что в течение осенне-зимнего периода легко создать условия, способствующие фиксации гумуса в почве, его накоплению, а не разрушению. Для этого достаточно создать в почве некоторый избыток влажности. Кажется вероятным, что простого поздне­осеннего полива достаточно для того, чтобы при низких темпера­турах обеспечить консервацию органического вещества и сохра­нение его, по крайней мере, для ближайшего вегетационного сезона. Нам кажется, что эта задача регулирования гумусонакоп- ления заслуживает экспериментальной проверки, и тогда, может быть, можно будет рационализировать общие приемы внесения органического вещества в почву в виде навоза, сидерации и в дру­гих формах.

Азот является важнейшим элементом питания для растений. Он усваивается корнями растений главным образом в окислен­ных формах. Азот газообразный и азот органических веществ (за исключением некоторых частных случаев) не усваивается растением. Минеральные окисленные формы азота чаще всего оказываются в почве в минимуме, и потому на азотном балансе почвы и приемах его регулирования мы остановимся более по­дробно. Ниже характеризуются два элемента этого баланса — процесс нитрификации и процесс связывания газообразного азота

свободно живущими в почве 60 бактериями Azotobacter и

6 /6

Длительность опыта в сутках

**Рис. 79. Влияние влажности на процесс •нитрификации (М. М. Кононова).**

Clostridium Pasteurianum.

Кроме этих микроорга­низмов, большую роль в азотном балансе играют Вас. radicicola, или клу­беньковые бактерии, жи­вущие на корнях бобовых растений.

II итрификация. Про­цесс нитрификации в целом состоит в окислении азота органического вещества в азотную кислоту [[29]](#footnote-29). Про­ходит он в три фазы: в пер­вой фазе под влиянием раз­нообразных микробов об­разуется аммиак (NH3), во второй фазе аммиак окисляется нитратными бактериями (Nitro- somonas) (нитрозный микроб) в азотистую кислоту (HN02) и, наконец, в третьей фазе азотистая кислота окисляется нитратными бактериями Nitrobacter в азотную кислоту (HN03). Следова­тельно, общая схема этих превращений имеет следующий вид:

N органический NH3 HN02 HN03.

Процесс нитрификации, как окислительный, осуществляется только в аэробных условиях. В условиях анаэробных процесс может пойти в обратную сторону, причем часто выделяется сво­бодный газообразный азот. Этот процесс носит название денитри­фикации и является отрицательным с сельскохозяйственной точки зрения.

Нитрификационный процесс в высокой степени зависит от влажности и солевого режима почвы и потому может быть широко

регулируем. Для иллюстрации зависимости этого процесса от влажности почвы приведем данные, относящиеся к серозему Средней Азии (Ак-Кавак, М. М. Кононова, табл. 97).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **20** | **40** | **60 |** | **1 80 1** | **90** |
| **Первоначальный анализ** | **38,19** | **38,19** | **38,19** | **38,19** | **38,19** |
| **Через 6 суток** | **36,61** | **40,45** | **40,45** | **17,63** | **9,04** |
| **» 16 »** | **34,52** | **51,41** | **60,79** | **15,70** | **6,44** |
| **» 34 »** | **38,65** | **48,36** | **42,71** | **Следы** | **Нот** |

**Таблица 97**

Интенсивность нитрификации при различной влажности почвы

Количество N—N**03** (в мг на 1 кг почвы)

Продолжительность опыта

Влажность (в % от полной влагоемкости)

Эти же цифры представлены на рисунке 79.

Полученные данные показывают, что при влажности 20% от полной влагоемкости (что соответствует 7,3% от веса почвы) нитрификация практически не идет.

При влажностях в 40 и 60% от влагоемкости она протекает энергично, а при избыточном увлажнении, в 80 и 90% (что отве­чает 29,3 и 32,9% от веса почвы), интенсивно развиваются про­цессы денитрификации, приводящие к безвозвратной потере азота.

Зависимость нитрификационного процесса от концентрации воднорастворимых солей весьма значительна. По данным амери­канских исследователей, предельные концентрации солей для отдельных фаз нитрификации выражаются следующими вели­чинами (в процентах).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **N301** | **N**30804 | **N**82003 |
| **Аммонификация** | 0**,**1**—**0,2 0,01 | **0,4**  **0,35** | 2,0  **0,025** |
| **Нитрификация** |
|  |

Эти данные свидетельствуют о большой чувствительности нит­ратных микробов к солям.

Рубель в биологических фильтрах наблюдал несколько боль­шую устойчивость тех же микробов, а именно: нитратный микроб выдерживает концентрации Ха2С03 от 0,05 до 0,1% и прекращает развитие при 0,3—0,4%. Хлористый натрий при содержании 0,6—0,8% стимулировал деятельность нитрозного микроба и останавливал его развитие при 2%. Нитратный микроб оказался несколько чувствительнее к ХаС1.

Стимулирующее действие на нитратных бактерий небольших доз солей наблюдал в полевой обстановке П. Е. Простаков на Гусельском участке Саратовской области при искусственном засолении.

**Таблица 98**

Азот нитратов (в миллиграммах на 1 кг сухой почвы)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Варианты** | **Сахарная**  **свекла** | **Черный пар** |
| **Контрольная (без засоления)** | **7,77** | **3,96** |
| **0,25% N301** | **6,62** | **5,42** |
| **0,25% N э2804** | **10,42** | **5,56** |
| **0,25% Ма2СОз** | **10,42** | **22,98** |
| **0,25% N301+ N3^0«** | **10,46** | **15,26** |
| **0,25% N301 + N3^0.,** | **11,28** | **18,55** |
| **0,25% ^2804 + ^**2**С**03 | **9,49** | **12,79** |
| **0,25% N301+ N**32804 **+ N3.00,** | **9,54** | **17,15** |

Весьма показательные данные о действии солей на бактерий аммонифи­кации и нитрификации получили в лабораторной обстановке Липман и Бургес. Опыты ставились следующим образом: к 100 г почвы прибавлялся 1 г сухой крови и испытуемые соли и затем определялось количество образующихся нитратов. Полученные данные приводятся в таблицах 99 и 100.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **В процентах к сухой почве** | | | **Азот ни­тратов (в мг)** | **В процентах к сухой почве** | | | **Азот ни­тратов (в мг)** |
| **N301** | | **N**3^04 | **N**33804 | | **N301** |
|  | 0,0 | 0,0 | **23,4** |  | 0,0 | 0,0 **.** | **23,4** |
|  | 0,20 | 0,0 | **10,5** |  | **Г 0,35** | 0,0 | **19,5** |
|  | **Г** 0,20 | **0,05** | **29,7** |  | **0,35** | **0,05** | 21,1 |
|  | 0,20 | 0,10 | **28,9** | **Токсиче­** | **0,35** | 0,10 | 22,0 |
| **Токсиче­** | 0,20 | **0,15** | **28,3** | **ская доза** 1 | **| 0,35** | **0,15** | **23,7** |
| **ская доза <** | 0,20 | 0,20 | **27,8** |  | **0,35** | 0,20 | **15,5** |
|  | 0,20 | **0,25** | **23,4** | **і** | **[0,35** | **0,25** | **9,8** |
|  | 0,20 | **0,30** | 20,6 |  |  |  |  |

**Таблица 99**

Действие хлористого и сернокислого натрия на ход нитрификации

Таблица 100

Действие соды ^а2С03) на ход нитрификации

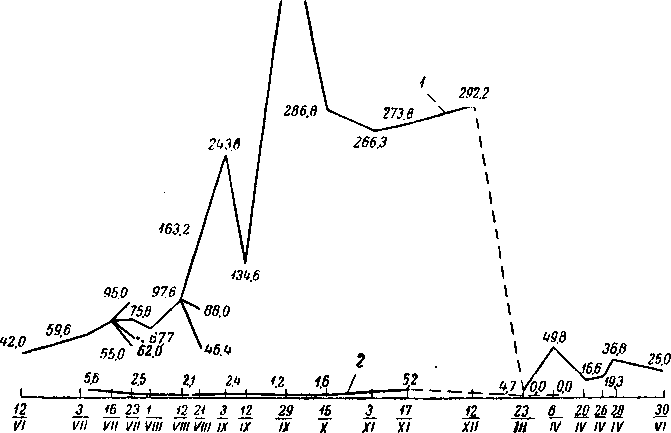
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **В процентах к сухой почве** | | | **Азот ни­тратов (в мг)** | **В процентах к сухой почве** | | | **Азот ни­тратов (в мг)** |
| **^аС**03 | | **N**801 | **^аСОз** | | **N**83804 |
|  | 0,0 | 0,0 | **23,4** |  | 0,0 | 0,0 | **23,4** |
|  | **[0,05** | 0,0 | 6,0 |  | **(0,05** | 0,0 | 6,0 |
|  | **0,05** | **0,05** | **8,4** |  | **0,05** | **0,025** | **10,9** |
| **Токсиче­** | **0,05** | 0,10 | **18,2** |  | **0,05** | **0,05** | **10,9** |
| **ская доза** | **0,05** | **0,15** | **22,5** | **Токсиче­** | **0,05** | 0,10 | **18,9** |
|  | **0,05** | 0,20 | **25,9** | **ская доза -** | **0,05** | 0,20 | **27,7** |
|  | **0,05** | **0,25** | **15,3** |  | **0,05** | **0,30** | **27,9** |
|  |  |  |  |  | **0,05** | **0,40** | **29,7** |
|  |  |  |  |  | **0,05** | **0,50** | **25,6** |
|  |  |  |  |  | **(0,05** | **0,60** | 21,1 |

Данные этих лабораторных опытов иллюстрируют лишь возможный характер явлений в природной обстановке. Общий смысл этого явления

заключается в том, что пары солей действуют гораздо менее вредно, чем оди­ночные соли, а иногда пары солей даже стимулируют жизнедеятельность микробов. Так, например, токсическая доза соды (0,05%) понижает нитри­фикацию с 23,4 до 6,0 мг, т. е. почти в четыре раза. Прибавка к соде хлористого натрия в количестве 0,05% понижает уже несколько это токсическое действие: при комбинации 0,05 Ка2С03 **+0,15** &аС1 продукция нитратов приближается к контролю (22,5), при увеличении до 0,20% превышает контроль (25,9 против 23,4) и только при больших дозах вновь наступает резкое угнетение нитри­фикации. Этот тип явления выражен во всех приведенных таблицах.

Если мы сравним абсолютные величины концентраций в опытах Липмана (табл. 99 и 100) с данными таблицы 98, то увидим, что последние значительно ниже.

*<\*720*



**Рис. 80. Содержание нитратов (в миллиграммах 1Ч03 на 1 кг почвы) в гори­зонте 0—7 см:**

1 **— на паровой делянке;** 2 **— в целинной степи.**

Систематических полевых наблюдений за солевыносливостью нитрифи­цирующих бактерий не велось, а поэтому еще не установлены определен­ные нормы засоления, вредно действующие на их развитие.

Можно считать, что солеустойчивость многих бактерий лежит в тех же пределах, что и солеустойчивость растений.

Характеристику общих закономерностей нитрификационных процессов при орошении мы даем главным образом по материалам Средней Азии, так как здесь они изучены наиболее широко.

Как известно, степень влажности почвы оказывает большое влияние на энергию нитрификации. Поэтому, если мы сравним количество нитратов на неорошаемой почве с количеством их в условиях орошения, то обнаружим значительную разницу. Для условий Средней Азии (Голодная степь) это соотношение может бытьилшострировано следующими данными наших опытов (рис. 80).

Делянка под паром не орошалась. Увлажнение ее происхо­дило за счет боковой фильтрации с соседних орошаемых делянок и грунтовой воды, находящейся на глубине 1,5 м. Целина увлаж­нялась только атмосферными осадками весной. Мы видим, что на целине количество нитратов не превышает 5,6 мг на 1 кг почвы, тогда как на паровой делянке максимум их достигает 472 мг, а в среднем осенью составляет около 280 мг на 1 кг почвы (превы­шение против целины в 50 раз).

Исследования М. М. Кононовой показали, что при орошении увеличивается число нитрифицирующих бактерий и их активность. Это видно из следующих данных для Голодной степи (Пахта-Арал\* табл. 101).

Таблица 101

Изменение числа бактериЗ под влиянием орошения

|  |  |
| --- | --- |
| **Участки** | **Количество нитрифи­цирующих организ­мов на 1 г почвы. Анализ 10/Х 1927 г.** |
| **Пар неорошаемый** | **1000** |
| **» орошаемый** | **10000** |
| **Хлопчатник с 1927 г. по целине .** | **10 000** |
| **» » 1926 » » »** | **100000** |
| **» » 1924 » » »** | **100 000** |

Для тех же делянок была определена активность нитрифици­рующих бактерий по способности их окислять (ГШ4)2804. Полу­ченные данные приведены в таблице 102.

Таблица 102

Активность нитрифицирующих бактерии в различных условиях

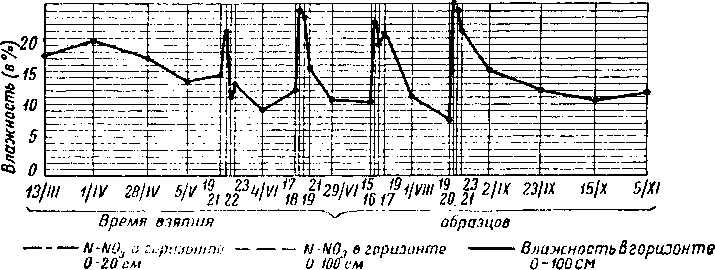
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Участки** | **Количество N—N**03**, образовавшегося за 20 дней (в мг на 1 кг почвы)** | | | | | | **опыта** |
| **2 5 /VII 1927 г.** | **25/УШ 1927 г.** | ю/х  **1927 г.** | **4/У 1928 г.** | **7/VI 1928 г.** | **10/ІХ 1928 г.** | **22/X 1928 г.** |
| **Пар неорошаемый....** | **4,79** | **2,40** | **5,60** | **9,50** | **8,41** | **7,70** | **8,99** |
| **» орошаемый**  **Хлопчатник с 1927 г.** | **8,68** | **4,57** | **11,86** | **13,51** | **11,41** | **11,33** | **10,33** |
| **по целине**  **Хлопчатник с 1926 г.** | **4,63** | **4,18** | **5,13** | **7,57** | **7,86** | **6,44** | **8,70** |
| **но целине**  **Хлопчатник с 1914 г.** | **8,83** | **6,62** | **9,04** | — | — | — | — |
| **по целине** | **11,12** | **11,92** | **11,12** | **12,00** | **11,46** | **10,85** | **12,23** |

Из приведенных двух таблиц мы видим, что орошение резко увеличивает число микробов в почве и вместе с тем заметно повы­шает их физиологическую активность. Таким образом, в целом нитрификационный процесс на орошаемых почвах становится совершенно иным, чем на неорошаемых.

Если целина достаточно увлажняется атмосферными осадками, то прирост нитратов от орошения становится менее значительным, а в некоторых случаях может стать даже отрицательным. Это объясняется специфическим влиянием различных способов полива.

Типичный ход кривой нитрификации в течение вегетационного сезона на орошаемом поле показан на рисунке 81 (Ак-Кавак, М. М. Кононова). Это делянка пара, орошаемая затоплением ежемесячно по норме 1500 м3/га.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ь 5 ч  і!2®  0' |  |  |  |  |  |  | . |  |  | ' г |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1. |  |  | / | ч |
|  |  |  |  |  |  |  |  | ) | л |  |  | 7~  У | \ |
|  |  |  |  |  |  |  |  | / | і | ~7 |  | / | 1 |
|  |  |  |  |  | А |  |  | \( |  |  | N | Г |  |
|  |  | У |  | 11 | / | М | ч |  | Г |  |  |  |  |
|  | Ьч | ^г~  / |  | 'у | т 1 { |  | —  N. |  |  |  |  |  |  |
|  |  | г |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  |  |  |
|  | -г.—- | \*. -4 | к— |  | ~7 г \ | Гя\* | ■ г | —1 | о | г" |  |  |  |

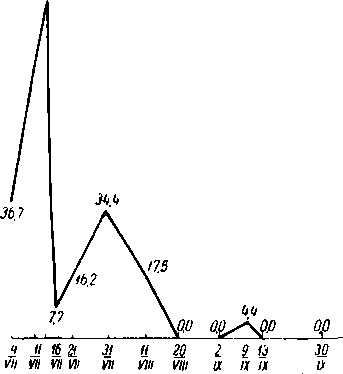


Рис, 81. Кривая нитрификации и влажности на орошаемой делянке.

Динамика процесса нитрификации под хлопчатником может быть иллюстрирована рисунком 82 (Голодная степь, Л. П. Розов). Общие закономерности этого процесса следующие. Па паровой делянке нитраты постепенно накапливаются от весны к осени, причем этот процесс особенно резко (скачкообразно) проявляется с начала августа. Так, на рисунке 81 (верхняя кривая) среднее количество нитратов в 1-метровом слое до 1 августа составляет приблизительно ЗО мг на 1 кг почвы, тогда как после 1 августа — в среднем 55 мг.

На делянке хлопчатника (рис. 82) ход кривой за сезон совер­шенно иной. Здесь максимум содержания нитратов приходится на начало вегетации, по мере же развития растений количество их падает, а в период созревания урожая минеральный азот часто полностью исчезает из почвы. Причина такого изменения запасовнитратов под культурой объясняется энергичным потреблением их растением, особенно в период плодообразования. Полное исчез­новение нитратов свидетельствует об азотном голодании растений в этот период и обязывает к принятию специальных мер против этого, во избежание снижения урожая.

Этот недостаток нитратов устраняется, в частности, внесением азотных удобрений. По наблюдениям Н. К. Балябо в Андижан­ском районе (1938 г.), содержание нитратов под хлопчатником на делянках с разными дозами удобрений менялось следующим

образом (рис. 83): на кон­троле без удобрения содер­жание нитратов в активном слое 5—40 см в течение вегетации вообще низкое, в августе оно опускается до нуля и не восстанавли­вается в течение всего сен­тября. На удобренной де­лянке содержание нитра­тов во время вегетации значительно выше, но в конце августа все же имеет место почти нулевой ми­нимум, в дальнейшем, по- видимому, быстро исчезаю­щий. При двойной норме удобрения августовский минимум совершенно лик­видируется, и культура, следовательно, голодания не испытывает.

***923***

Полив /3/1//^

Полив в/VIII начало раскры­тия коробочек

Попив 6/(Х

*ор*

***13***

*X*

**Рис. 82. Динамика нитратов на делянке хлопчатника (в миллиграммах И03 на 1 кг сухой почвы) в горизонте 0—7 см.**

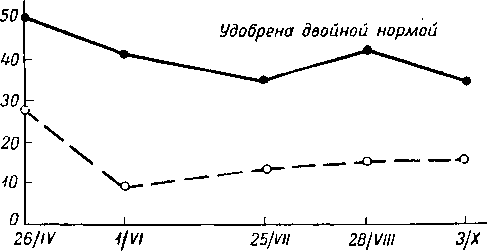
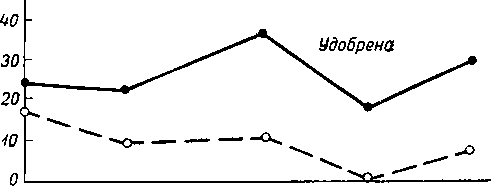
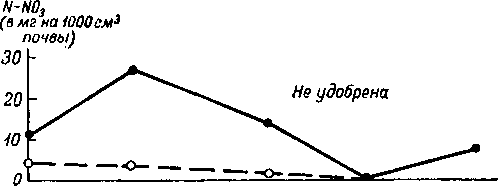
конец

вегетации

Н. К. Балябо, на осно­вании работ андижанской бригады ВИУАА в 1936— 1938 гг., считает, что «если в период бутонизации содержание подвижного азота в почве равно примерно 50—70 кг/га, то без дополнительного внесения удобрений в период цветения наблю­дается азотное голодание, и урожай бывает сравнительно низким (2р—25 ц) даже при высокой агротехнике». Запас азота 100 кг/га обеспечивает урожай до 40—50ц/га (а при соответствующей агро­технике, вероятно, и выше).

Вторая особенность динамики процесса нитрификации заклю­чается в следующем. Как видно из рисунка 81 (нижняя кривая), в моменты полива почва находится в состоянии избыточного увла­жнения. На кривой нитрификации этим моментам соответствует резкое падение процесса.

Причина этого явления заключается в двух обстоятельствах: во-первых, поливная вода выщелачивает нитраты в глубокие

горизонты. Этот процесс наглядно представлен на рисунке 32 (стр. 111). Полив проведен по норме 1200 м3/га по мелким бороз­дам. На второй день после полива нитраты оказались уже на глу­бине 40—100 см, но на пятый день они вновь поднялись капиллярно

***Условные***

***обозначения***

**■ ■ ■■■■ — *Горизонт 0-40 см*  *Горизонт 5-40 см***

**Рис. 83. Динамика нитратов (в миллиграммах N**03 **на 1000 см3 почвы) для горизонта 0—40 см и активного гори­зонта 5—40 см при разных дозах удобрений.**

к поверхности. Следовательно, это — динамика чисто физического порядка. Однако в других случаях, особенно при поливе затоп­лением, наблюдается абсолютная потеря азота в первые моменты после полива.

Причина отрицательного действия поливов затоплением заклю­чается в том, что при этом в значительной мере разрушается

(расплывается) структура почвы, все поры ее оказываются запол­ненными водой, аэрация отсутствует и развиваются восстанови­тельные процессы вообще и в частности денитрификация.

М. М. Кононова (Ак-Кавак) для выяснения судьбы нитратов при разных способах и степенях увлажнения почвы поставила лабораторные опыты в трубах и получила следующие результаты (табл. 103).

**Таблица 103**

Влияние способа увлажнения на изменение содержания минерального азота в почве. Длительность опыта — 12 дней

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Характер увлажнения и влажность почвы** | **Содержание азота (в мг на 1 кг сухой почвы)** | | | | | | **Потери** |
| **до опыта** | | **после** | **опыта** | **изменение** | | **минераль­**  **ного** |
| **N—N03** | **N—N113** | **о**  **£**  **!**  **£** | **N—NHз** | **N—N0,** | **N—N113** | **азота** |
| **Капиллярное 32%** | **58,08** | **2,07** | **55,24** | **2,46** | **-2,84** | **+0,39** | **2,45** |
| **Некагшллярное 90%** | **58,08** | **2,07** | **нет** | **22,47** | **-58,08** | **+20,40** | **37,64** |

Мы видим, что при избыточном увлажнении нитраты быстро исчезают, превращаясь частично в аммиак, а в большей части в газообразный азот, и, следовательно, теряются безвозвратно (последнее доказано специальными экспериментами). Таким обра­зом, здесь имеет место типичный случай денитрификации.

Наличие общих восстановительных условий в почве при из­быточном увлажнении показано М. М. Кононовой путем изуче­ния так называемого окислительно-восстановительного потен­циала, т. е. потенциала в вольтах, который получает платиновая пластинка при погружении в исследуемый раствор. Чем выше окислительно-восстановительный потенциал ЕИ, тем больше оки­слительное и меньше восстановительное напряжение среды, и на­оборот.

В одном из опытов в трубках получены следующие резуль­таты (табл. 104).

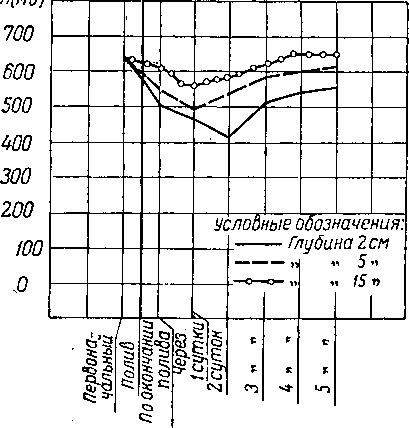
**Таблица 104**

Значение **ЕН** и количество азота при различных способах увлажнения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Значение ЕН** | | **(в вольтах)** | |  | **Количество N—** | | **■N0« и N** | **—N113** |
| **Характер**  **увлажнения** | **св** |  | **через**  **сутки**  1 | **к**  **о** | **К**  **О** | **К**  **О** | **до опыта** | | **после** | **опыта** |
| **Н**  **О**  **о**  **«** | **черег 6 ча<** | **черег 2 суі** | **через 3 суі** | **черве 4 суі** | **N—N03** | **N—N1^3** | **2**  **1**  **2**  **о** | **N—N113** |
| **Некапил­** | **0,667** | **0,557** | **0,557** | **0,264** | **0,179** | **0,129** | **45,2** | **Следы** | Нет | **16,7** |
| **лярное**  **Капил­**  **лярное** | **0,585** | **0,595** | **0,002** | **0,607** | **0,607** | **0,607** | **45,2** | **»** | **42,9** | **Следы** |

Мы видим, что при избыточном увлажнении Ек стремительно падает с 0,667 до 0,129 на четвертые сутки, и нитраты при этом полностью исчезают. При капиллярном увлажнении Ек и коли­чество нитратов остаются неизменными. Аналогичные измерения сделаны непосредственно в поле на пару, орошаемом затоплением, и на хлопчатнике, орошаемом по бороздам. Результат полу­чился аналогичный, как это показано на рисунках 84 и 85. Здесь видно, что после затопления в течение трех суток имеет место резкое понижение Ек.

При поливе по бо­роздам это понижение наблюдается только но дну борозды лишь на глубину 2 см, тогда как на гребне потенциал остается неизменным.



**Рис. 84. Изменение окислительно-восстано­вительного потенциала** Ек **при поливе за­топлением.**

Сравнительный ход нитрификации при бо­роздковом поливе и за­топлении изучен Ф. Ю.

Гельцер на Ак-Каваке.

Данные, полученные ею в течение 1929 и 1930 гг., представлены на рисун- ке86, из которого видно, что кривая нитрифика­ции при поливе инфиль­трацией идет все время выше, чем при поливе затоплением. При бо­роздковом поливе про­цесс нитрификации в са­мой борозде, по которой идет вода, и в гребне, который увлажняется лишь капиллярно, протекает также различно, а именно: в борозде, так же как и при затоплении, — на низком уровне, а в гребне — на более высоком. Это показано на рисунке 87.

Общая схема процесса в течение сезона показана на рисунке 88.

Итак, можно констатировать, что эффект нитрификации суще­ственно различен при разных способах полива: при затоплении он значительно ниже, чем при поливе по бороздам. Наблюдения показывают, что иногда при затоплении нитрификация за сезон оказывается даже более низкой, чем на неорошаемом поле (но, понятно, при достаточном атмосферном увлажнении).

Причина лежит здесь в значительных потерях азота в про­цессе денитрификации. При бороздковом поливе эти отрицатель­ные явления наблюдаются иногда лишь при чрезмерно больших оросительных нормах, достигающих 1600 м3/га.

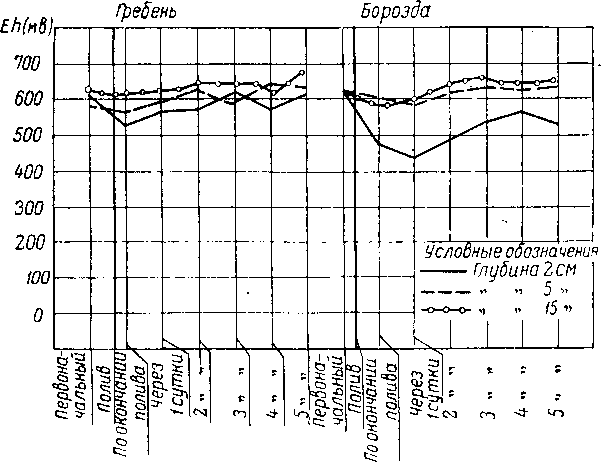


Рис. 85. Изменение окислительно-восстановительного потенциала Ек при поливе по бороздам (хлопчатник).

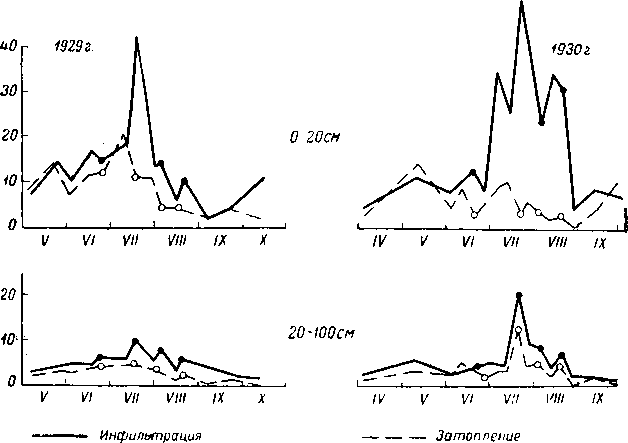
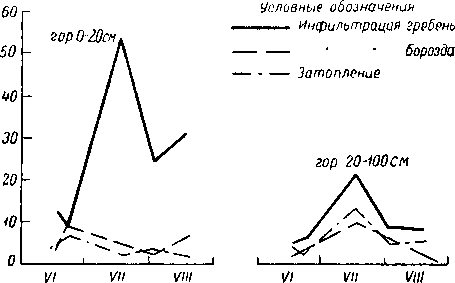


Рис. 86.. Нитрификация (в миллиграммах на 1 кг) при поливе затоплением.

и. по> бороздам».

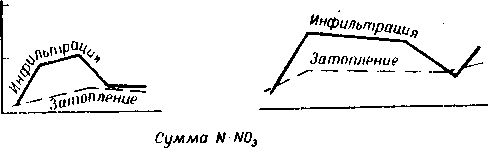
Резюмируй все сказанное о нитрификации В условиях ороше­ния, следует констатировать, что соответственно подобранной системой орошения мы можем регулировать этот процесс в пгиро-



**Рис. 87. Нитрификация (в миллиграммах на 1 кг) на гребне, в борозде и при затоплении.**

ких пределах и тем воздействовать на урожайность сельскохозяй­ственных культур.

В настоящее время известны три группы микроорганизмов, связывающих атмосферный азот, это: Вас. га(Нс1со1а — клубень-



200

т

о

за весь опыт /\*////5

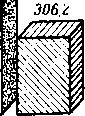
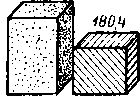


image101image103Мнфиль- Затоп- трация лрниР

2976



*Имфиль- Затоппе- трация ние*

Рис. 88. Диаграмма процесса нитрификации при затопле-  
нии и инфильтрации. Динамика нитратного азота в мил-  
лиграммах на 1 кг почвы (Гельцер).

ковые бактерии, живущие в клубеньках на корнях различных бобовых растений, и две группы бактерий, свободноживущих в почве: аэробные — Azotobacter и анаэробные — Clostridium Pasteurianum.

Посевы бобовых (клевера, люцерны, эспарцета и др.) как метод обогащения почвы азотом основывается именно на использовании работы клубеньковых бактерий.

Значение для растений жизнедеятельности Azotobacter и Clos­tridium Pasteurianum было окончательно доказано классическим опытом Трюфо и Бессонова. Они посеяли кукурузу в песок, снаб­женный всеми элементами пищи растений, за исключением азота, причем в одном случае песок был стерилен, а в другом искусственно заражен Azotobacter и Clostridium Pasteurianum. Учет количества азота в выросших растениях показал следующее:

стерильная культура 16,2—20,9 мг

зараженная » 170,1—394,8 »

Во втором случае все дополнительное количество азота могло поступить в растение только за счет жизнедеятельности бактерий- азотособирателей.

Очень подробному изучению с этой точки зрения были подверг­нуты почвы Крымских табачных плантаций (П. А. Костычев). Здесь десятилетиями бессменно выращивался табак без удобре­ния, и никакого азотного голодания не обнаруживалось. При определении содержания азота на плантациях разного возраста и в разные годы получены следующие результаты (табл. 105).

**Таблица 105**

Содержание азота под культурой табака

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Число лет культуры** | **Граммов** | **азота на 1 кг** | **почвы** |
| **1924 г.** | **1925 г.** | **1926 г.** |
| **40 лот** | **2,348** | **2,758** | **2,760** |
| 2 **года** | **1,096** | **1,204** | 1,120 |
| 1 **год** | **1,228** | 1,686 | **—** |

Из приведенных цифр видно, что старая плантация оказывается значительно богаче азотом, а по годам идет не уменьшение, а на­копление этого элемента в почве.

Единственным источником такого обогащения может быть работа азотособирающих бактерий. И действительно, исследова­ние почв показало чрезвычайное богатство их обоими видами азото- собирателей. '

Определение энергии жизнедеятельности бактерий на кремне­вых пластинках показало, что они могут мобилизовать за 10 дней значительные количества азота, а именно: на почве целины 1,7— 3,4 мг и на орошаемой почве 8,6—9,1 мг на 1 г почвы.

Мы видим, что на орошаемой почве процесс протекает значи­тельно более активно, чем на целине. При этом оказалось, что при орошении посменно и с равной энергией работают то Агокь Ьасіег при хорошей аэрации, то СІозПійіит при затрудненной аэрации.

Усвоение азота на кремневой пластинке с маннитом, по Вино­градскому, может достигнуть 20 мг на 1 г почвы за 10 дней. Если бы в природе когда-либо могла осуществиться такая интенсив­ность процесса, то 1 га почвы (слой толщиной в 10 см) получил бы за 10 дней 24 т азота. Наши почвы превратились бы тогда в зло­стные азотнокислые солончаки, борьба с которыми обычными методами стала совершенно непосильной.

В действительности же, как общее правило, жизнедеятельность азотособирателей оказывается настолько слабой, что наши почвы всегда имеют в первую очередь в минимуме азот. Причина этого заключается, с одной стороны, в некоторых физиологических особенностях азотособирателей, а с другой стороны — в неуме­нии создать для работы бактерий подходящую обстановку.

Характерной физиологической чертой азотособирателей яв­ляется то, что они очень чувствительны к кислой реакции среды и не развиваются при pH менее 5,8. Соответственно этому, как правило, азотособирателей совсем нет в наших северных целин­ных землях. Вместе с тем эти бактерии требуют для своего разви­тия извести. Поэтому, например, Христензен считает, что реакция на АгЫоЬа^ег является хорошим показателем потребности почвы в известковании.

В южных почвах азотособиратели развиты широко. Благо­приятными предпосылками для этого являются насыщенность почв кальцием и значительная солеустойчивость бактерий. Послед­няя может быть характеризована следующими предельными кон­центрациями солей (в процентах).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Виды микроорганизмов** | **ЫаС1** | **N8.80«** | **ЫааСО,** |
| **Азотособиратели ....** | 0**,5-0,6** | **1,25** | **0,4-0,5** |
| **Нитратные бактерии . .** | **0,01** | **0,35** | **0,025** |

Мы видим, что азотособиратели гораздо более солевыносливы, чем бактерии нитрификации. Особенно обращает на себя внима­ние терпимость их к соде. Вероятно, в связи с этим стоит чрезвы­чайно оригинальное распределение Агс^оЬасЬег’а в солонцовых комплексах и в толще солонцов (Б. А. Келлер). Так, в солонцо­вом комплексе черноземной зоны было отмечено следующее рас­пространение бактерий.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Столбчатый со­лонец, горизонт 1—4 см** | **Корковый со­лонец, горизонт 0—1 см** | **Подзоловидная почва, горизонт 3—13 см** | **Нормальный**  **чернозем** |
| **720000** | 2 **978300** | **115 000** | **75000** |

Следовательно, максимум числа бактерий приходится на наи­более злостный корковый солонец.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **0—4 см** | **13 см** | **50—85 см** | **105—115 см** |
| **Нет** | **Порядочно** | **Много** | **Есть** |

Распределение азотособирателей по глубинам глубокостолбча­того солонца было установлено следующее.

Бактерии оказались проникшими чрезвычайно глубоко в почву, и максимум их сосредоточен в сильно щелочном горизонте.

Еще одна физиологическая черта Агс^оЬасЬег’а является чрез­вычайно важной практически — это крайняя устойчивость его к высушиванию. Омелянский показал, что культура, хранившаяся у него в течение 10 лет в сухом виде, дала хороший рост при пере­несении в питательную среду. Во второй генерации активность этой культуры была почти такой же, как у культуры, не подвер­гавшейся высушиванию. Это свойство представляется особенно важным для южных и, в частности, орошаемых районов; здесь часто летом почва пересыхает до такой степени, что многие микро­организмы гибнут, тогда как Аго!юЬас1ег, следовательно, будет сохраняться и возобновлять свою полезную деятельность.

Некоторому исследованию вопрос об азотособирателях под­вергнут в Средней Азии. Оказалось, что в целинных сероземах Агс^оЬа^ег’а нет, не развивается он и при обработке почвы без орошения. В противоположность этому, на орошаемых полях Агок>Ьас1ег обилен. Иллюстрацией этому служат следующие данные, полученные в Пахта-Арале (Голодная степь, М. М. Ко­нонова, табл. 106).

**Таблица 106**

Наличие азотобактера в сероземах и фиксирование им азота

**Участки, на которых  
проводились наблюдения**

**Усвоено N (в мг на і кг почвы)**

**1927 г.**

**25/УИ 125/УШ | 10/Х**

**1928 г.**

4/V | 7/VI | 22/X

**Целина неорошаемая:**

**в слое** 0**—3 см . . . » » 3—20 » . . .**

**Целина орошаемая:**

**в слое** 0**—3 см . . . » » 3—20 » . . .**

**Пар неорошаемый . . . .**

**Пар орошаемый**

**Люцерна**

**Кукуруза**

**Хлопчатник по целине**

**с 1926 г**

**» 1926 »**

**» 1924 »**

**Рост азотобактера отсутствует  
То же**

**3,5**

**4,1**

**3,0**

**4,6**

**4,3**

2,0

0,2

**Рост азотобактера То же**

2,2

**3,8**

**отсутствует**

**3,2**

**1,7**

**6,3**

6,6

1,1-2,2 **1,7-1,5 1,4-2,3**

1. **3,4 5,8—5,9**
2. 6,2

**1,9**

2,0

2,2

**1,5**

6,1

**3,3**

**3.3**

**6.3**

**3,8**

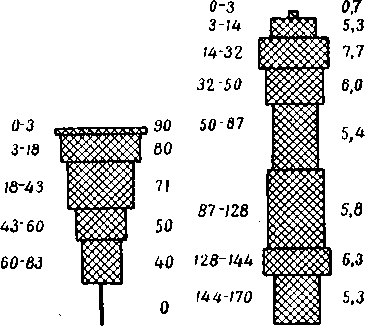
**4,0**

**4,0**

**6,3**

6,8

Таблица наглядно показывает следующее: 1) азотобактер начинает развиваться в почве с первого же года орошения. Зано­сится он сюда оросительной водой; 2) энергия его работы возра­стает в первые годы куль­туры, что видно из сравне­ния цифр по хлопчатнику за 1924, 1926 и 1927 гг.

Любопытно, что глу­бина проникновения азото­бактера в толщу почвы тесно связана с длитель­ностью орошения (М. М. Ко­нонова). Это наглядно по­казано на рисунке 89, где цифры слева характери­зуют глубины, на которых обнаружен азотобактер, а цифры справа — величины связывания азота в милли­граммах. В условиях Буха- рыисключительно глубокое распространение азотобак­тера определяется тем, что сами почвы представляют здесь ирригационные нано­сы, отложившиеся в резуль­тате векового орошения.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **0-16** Щ | ЯЯЯ ГС **Щ 5,1** | за  **0,0 16-35** |  |
| **16-30** ( | **] ОЛ** | **35-65** |  |

65-93

5-6

0-1

93-115

63-110

**Рис. 89. Количество азотобактерий по гори­зонтам почвы в разных условиях орошения.**

Парадоксальным является то обстоятельство, что и на глубине более 1,5 м бак­терии сохраняют ту же активность, что и в верх­них слоях почвы.

Резюмируя все изло­женное выше об азотособирателях, можно с уверенностью считать, что при правильном использовании этой природной силы наши поля, в частности хлопковые, не испытывали бы того азотного дефицита, который наблюдается теперь. Изучение вопроса об учете и регулировании деятельности азотособирателей должно явиться важной задачей в работе наших исследовательских учреждений \*.

ЧАСТИЧНАЯ СТЕРИЛИЗАЦИЯ ПОЧВ

Эффект частичной стерилизации почв известен уже более 40 лет. Достигается стерилизация различными приемами: применением

**\* В**

**настоящее время промышленностью выпускаются разнообразные**

**, азотобактерин, фосфоробактерин, кото-**

**бактериальные удобрения: нитрагин, рые широко применяются на полях колхозов и совхозов**

*Ред.*

антисептиков, просушиванием почвы и др. Во всех этих случаях наблюдается обычно значительное, а часто и совершенно исклю­чительное повышение урожаев.

Простейшим приемом частичной стерилизации является высу­шивание. А. Н. Лебедянцев многочисленными опытами в вегета­ционных сосудах установил, что деградированные черноземы дают в среднем повышение урожайности после высушивания на воздухе на 45% против контроля, причем в 12—14% случаев наблюдений это увеличение достигало 123%.

В опытах Б. Д. Оношко с торфом были получены следующие результаты.

|  |  |
| --- | --- |
| **Подготовка торфа.** | **Общий вес урожая (в %)** |
| **Свежий, неаэрированный и непро- сушенный торф** | 100 |
| **Аэрированный (20 дней), но непро- сушенный (поливка) торф** | **241** |
| **Аэрированный (20 дней), просушен­ный на воздухе при обыкновенной температуре до 32,8% влажности торф** | **G62** |
| **То же, но высушенный до 13,8% влажности** | **759** |
|  |

Полученные прибавки урожая должны быть оценены как со­вершенно исключительные по своей величине.

Замечено, что чем чаще почва подвергается увлажнению, тем больше она реагирует на высушивание. Соответственно этому можно предполагать, что орошаемые почвы должны хорошо отзываться на этот прием. Некоторые имеющиеся наблюдения подтверждают это. Так, Ф. Ю. Гельцер (Ак-Кавак) наблюдала, что в местных сероземах после высушивания повышается коли­чество воднорастворимого гумуса и С02. М. М. Кононова (там же) установила значительное повышение после высушивания нитри­фикации, что видно из рисунка 90. Все это должно сказаться на повышении урожая.

Причины действия частичной стерилизации вообще много­образны и сложны, но главным образом они заключаются в изме­нении биологических качеств почвы. Так, установлено, что после высушивания общее количество микроорганизмов в почве сильно понижается, но вскоре некоторые виды их начинают развиваться особенно усиленно. К таким видам принадлежат, в частности, нитрификаторы и, повидимому, азотособиратели.

В почве, кроме микробов, обитает громадное количество про­стейших организмов (Protozoa). Роль их обычно отрицательная, так как они пожирают бактерий и, следовательно, тормозят раз­витие полезных микробиологических; процессов, Простейшиеорганизмы, вообще говоря, очень неустойчивы и массами поги­бают при высушивании. Некоторые исследователи приписывают этому обстоятельству существенную роль в положительном эф­фекте частичной стерилизации вообще и высушивания в частности.

Рар орошаемый

*35°С*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 25°С | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
|  |  |  |  | **252** |  | **274** |  | 230 |  | 223 |  | |
| 100 | м | пз |  |  |  |  | **@** |  |  |  |  | 100 |

Пар неорошаемый

35°С

**о**

**хэ**

**:э\***

**0**

**С:**

**ос**

**\***

**о**

**<ъ ^**

**«о**

**о**

**с:**

§

**\***

**<ъ**

**^5**

25 °С

**О |**

О

**S3 S3**

**5**

**\***

**с**

§

392

**<§**

**:>**

**О**

**с**

**\***

**CJ**

**1**

**'SD**

**«ёэ**

**Г-**

О « о

**оэ з**

**Л?'**

**>б/**

**S а З з ї \***

**З а**

\*2^ І? ■Si Ja

5

**.3 ё**

**:е :**

**CS**

2

•g5 'gS

**їа із**

**'Ъ 3**

**О ^**

**О**

**з**

**«о**

53

**^ ГЭгч О**

**«О**

**^ 'VJ з**

**«З ‘**

**а**

**\***

**QJ**

Рис 90. Влияние высушивания на нитрификационную способность  
почвы (в миллиграммах N03 на 1 кг почвы).

Исследование развития простейших организмов в почвах Сред­ней Азии показывает, что при орошении количество их очень сильно возрастает, как это видно из следующего примера по Пахта- Аралу (Л. П. Беляева, табл. 107).

**Таблица 107**

Количество Protozoa в почвах Пахта-Арала

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Общее количество протозоа** | |
| **Участки** | **на 1 1** | **ничиы** |
|  | **7/Х 1927 г.** | **12/X 1928 г.** |
| **Неорошаемая целина, слой 0—3 см.** | 22000 | **92 750** |
| **Целина орошаемая, слой 0—3 см. .** | **131 000** | **237 600** |
| **Хлопчатник с 1927 г. по целине . .** | 22000 | **190 900** |
| **» » 1926 » » »** | **230 000** | **232 500** |
| **» » 1924 » » »** | **241 000** | **243 300** |

Весьма интересна динамика количества простейших организ­мов в почве в связи с поливами. Она иллюстрируется данными таблицы 108 (Л. П. Беляева).

В качестве общей закономерности отмечается, что количество протозоа перед поливом, в сухой почве, незначительно, на 3—4-й день после полива оно максимально и далее опять понижается. Нельзя не отметить, что с моментом наличия максимума протозоа

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **16/Vl** | **20/УІ •** | **30/УІ** | **17/УІІ** | **18/УІІ** |  |
| **Protozoa** | **до полива** | **4 дня после полива** | **14 дней после полива** | **до полива** | **1-й день после полива** |  |
| **Влажность** | | | | | |
|  | **9,5** | **14,8** | **11,4** | **7,2** | **28,7 |** | |
| **Flagellata . . . Rhizopoda . . .** | **61 050 5 500** | **14 000 100 000** | **55 000 55 000** | **05 050 10 000** | **10 500 5 050** |  |

часто совпадает момент минимума нитратов после полива. Воз­можно, что эти два явления связаны между собою причинно.

Исследование распространения Protozoa по глубине почвен­ного профиля показало, что здесь, так же как и для азотобактера, имеется некоторая связь с длительностью периода орошения почвы. Это иллюстрируется следующими графиками (рис. 91), справа около которых проставлено число протозоа на 1 г почвы.

Мы видим, что если на целине Пахта-Арала Protozoa не встре­чается глубже 38 см, то на почвах древнего орошения Бухары они проникают на глубину 170 см от поверхности.

Если согласиться с утверждением многих исследователей, что обильное развитие Protozoa является отрицательным факто­ром, то нужно будет признать, что орошение, форсируя развитие этих организмов, неизбежно приводит к некоторым вредным последствиям; учитывая же большую неустойчивость простейших, возникает возможность сравнительно легкой борьбы с ними, путем частичной стерилизации методом высушивания.

Возможности применения этого метода представляются чрез­вычайно благоприятными в условиях наших хлопководческих районов, где летом почти не выпадает дождей, а температуры очень высоки. Исследования показывают, что наилучший эффект дости­гается обычно высушиванием при температурах около 60—80°. Для иллюстрации можно привести следующие данные вегетацион­ного опыта Лебедянцева (табл. 109).

**Таблица 109**

Влияние прогревания почвы на урожай (в относительных цифрах)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вид продукции** | **Обычная температура** | | **Прогревание при температуре (в град.)** | | | | | | |
| **почва сырая** | **почва**  **высушенная** | **35** | **45** | **55** | **65** | **75** | **85** | **95** |
| **Общий вес. . . Зерно** | **100**  **100** | **117**  **107** | **93**  **86** | **121**  **115** | **135**  **126** | **158**  **147** | **142**  **119** | **150**  **128** | **180**  **161** |
|  |

**Таблица 108**

в почве в связи с поливами (на 1 г почвы)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **21/VII** | **1/УШ** | **17/УШ** | **18/УІІІ** | **21 /VIII** | **1 /IX** |
|  | **4 дня после** | **14 дней после** | **до полива** | **1-й день** | **4 дня после** | **14 дней после** |
|  | **полива** | **полива** | **после полива** | **полива** | **полива** |

почвы (в %)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **16,4** | **10,8** | **9,5** | **33,0** | **17,7** | **12,2** |
|  | **6 050** | **10 000** | **111 500** | **115 000** | **55 000** | **10 100** |
|  | **105 500** | **5 000** | **5100** | **101 000** | **60 000** | **600** |

В условиях наших хлопководческих районов поверхность почвы часто нагревается до температур 60—70°, так что стерили­зация может осуществляться естественным путем, если почва к тому подготовлена соответствующим образом. В практике зем­леделия коренного населения Средней Азии имеется один прием, высоко им ценимый, который, возможно, имеет связь именно с этим явлением, — это так называемый «глыбистый пар». Со­стоит он в том, что сухое поле после уборки весенней культуры (например, ячменя) пашут возможно глубже. При этом по­верхность поля приобретает резко выраженный глыбистый ха­рактер.

В таком виде поле остается в течение жаркого периода лета, а перед посевом его поливают и разделывают, как обычно.

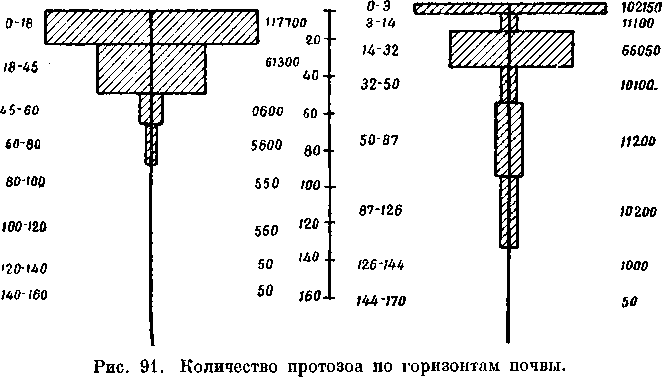
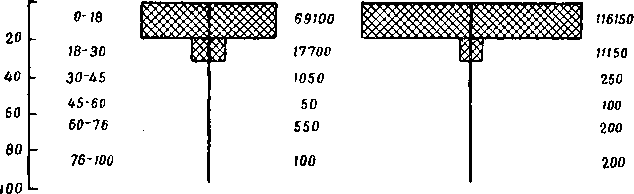
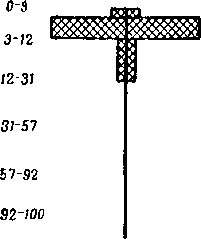
Сами земледельцы рассматривают этот прием главным образом как метод борьбы с сорняками, но по существу в нем, несомнен­но, осуществляется и частичная микробиологическая стерили­зация.

' Аналогичным образом могут быть объяснены и результаты сравнительного изучения некоторыми опытными учреждениями «сухого» и «мокрого» (орошаемого) пара. Первый дает в большин­стве случаев лучший эффект.

Таким образом, можно считать, что уже в настоящее время имеется ряд практических показателей, говорящих за примени­мость и эффективность высушивания почвы в условиях поливного земледелия.

Необходимо лишь более широкое и систематическое изучение этого вопроса в различных местных условиях. Тогда возможно, что элементами действительно рациональной системы земледелия на орошаемых землях явятся два крайних — противоположных — приема воздействия на почву, а именно — орошение, с одной стороны, и возможно сильное периодическое высушивание — с другой.

Частичная стерилизация имеет во многих случаях крупное значение как метод дезинсекции (уничтожения вредных насеко-

мых и личинок) и метод борьбы с сорняками. Из химических веществ для частичной стерилизации, повидимому, наиболее перспективными будут хлорпикрин и хлор.

*о*

*2 О 40 60*

*во - 100* -

*о-з*

3-15

15-38

**38-73**

7 *З-ЮО*

41100

650

50

*О*

*О*

12.100

61500

510

*О*

*О*

*О*

МЕЛИОРАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ПОЧВЕННЫХ ЗОН И ОТДЕЛЬНЫХ  
МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

*ГЛАВА V*

ТИПЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ

Каждая почва в ее естественном залегании представляет ре­зультат совокупной деятельности пяти основных факторов почво­образования: климата, растительного и животного мира, свойств материнской породы, рельефа и возраста страны [[30]](#footnote-30).

Климат определяет общее направление выветривания пород, типы растительного и животного мира и характер перераспреде­ления продуктов выветривания и гумусообразования.

Растительный и животный мир определяют количество и каче­ство поступающей в почву органической массы, вместе с тем тип растительной формации может существенно влиять и на клима­тические условия.

Физические и химические свойства материнской породы (напри­мер, песчаная или глинистая, карбонатная или бескарбонатная) прямо видоизменяют темпы, а иногда и направление почвообра­зовательных процессов.

Различные элементы рельефа (например, водораздельное плато и шлейф склона) имеют различный микроклимат, различную расти­тельность и, следовательно, различные условия почвообразова­ния.

Каждому возрасту страны, или периоду времени, в течение которого развивается почва, соответствует своя фаза, или стадия почвообразования, с присущими ей специфическими чертами. Различные комбинации факторов почвообразования приводят к формированию громадного разнообразия почв в природе. Кроме того, каждый вид почвы не представляет собой неизменного обра­зования: почва есть система динамическая, непрерывно меняю­щаяся как под влиянием физико-географических условий, так и деятельности человека, являющейся шестым мощным фактором

почвообразования. Это еще более увеличивает фактическое раз- нообразие почв.

Познание всего этого разнообразия почв становится практи­чески невозможным, если мы не отметим в нем основных характе­ристик или линий развития, которые позволили бы объединить отдельные мелкие единицы в классификационные группы.

Классификация почв представляет собой задачу сложную и не вполне решенную до настоящего времени. Обычно при класси­фикации применяют два принципа: первый заключается в том, что берется какой-либо один характерный показатель, на осно­вании которого почвы и разбиваются на группы. В качестве класси­фикационных исторически брались различные показатели, а именно: растениеводческий (почвы пшеничные, овсяные, карто­фельные и т. д., т. е. почвы, специфически пригодные для этих культур), признак механического состава (глины, суглинки, пески и т. д.), химический состав (гипсовые почвы, известковые, силикатные и т. д.), характер почвообразующей породы и т. д.

Однако нужно признать, что создать общую классификацию почв па основе таких отдельных признаков нельзя. Так, глини­стая почва Ленинграда не может быть объединена с глинистой почвой Северного Кавказа или какого-либо другого района. Точно так же любой химический признак, важный сам по себе, будет иметь совершенно различное значение в разных зонах и т. д. Следовательно, все эти отдельные характерные и важные свой­ства почв могут и должны быть классификационными призна­ками, но не общими, а лишь частными, внутри более узких, огра­ниченных групп почв.

Основное общее подразделение почв на группы производится в настоящее время на основе условий возникновения и развития, условий происхождения почв. Классификации, построенные по этому признаку, носят общее название генетических классифи­каций.

Значение генетического принципа классификации заключается в том, что он утверждает наличие (при каждой данной комбина­ции основных факторов почвообразования) единства основного направления почвообразования и основных свойств почвы при любом разнообразии частных признаков. Так, например, подзо­листые почвы могут быть крайне разнообразными по механиче­скому составу, количеству гумуса и другим признакам, но все они объединецы определенным сочетанием факторов почвообра­зования, которое приводит к господству выщелачивания верхних горизонтов почвы в кислой среде. То же единство имеет место и в других основных генетических типах почв.

Докучаевым и Сибирцевым, а также позднейшими исследова­телями был дан ряд конкретных классификаций, построенных по генетическому типу. Последние десятилетия внесли в общий генетический принцип существенное обогащение, так как удалось в ряде случаев ближе уяснить самое существо процесса почвооб­разования, осуществляющегося при тех или иных главнейших комбинациях условий почвообразования.

Особенно существенный вклад в это дело внес К. К. Гедройц, установивший связь типов почвообразования с характером погло­щенных катионов почвы. Главнейшие формы процессов почво­образования назвали типами почвообразования и именно их поло­жили в основу классификации.

В настоящее время различают пять основных типов почвооб­разования, а именно: 1) подзолистый, 2) болотный тип с подтипом солончаковым, 3) степной, 4) солонцовый и 5) латеритный.

К. Д. Глинка так описывает их распространение на земной поверхности:

«Каждый из этих типов имеет свою область распространения, свою зону, но может встречаться отдельными пятнами и остров­ками в других зонах.

Почвенные зоны закономерно сменяют друг друга от экватора к полюсам, не образуя, однако, сплошных полос, опоясывающих земной шар. Этого не может быть потому, что любая полоса зем­ной поверхности, лежащая в одной и той же географической ши­роте, изменяет свой климат, переходя от внутренних частей мате­рика к берегам морей и океанов. Кроме того, горные кряжи и высокие плоскогорья, находящиеся в какой-либо климатической зоне, меняют климат не только в пределах самих возвышенностей, но и на прилегающих равнинах, как это можно наблюдать к се­веру от Крымской Яйлы, в Предкавказье и к западу от горной системы Алтая.

Таким образом, большинство почвенных зон дают ленты неоди­наковой ширины в различных частях зоны, причем местами эти ленты прерываются, распадаются на отдельные островки, полоски, а иногда обрываются совершенно, не захватывая, например, приморских частей материка. Все эти кажущиеся неправильности на самом деле вполне закономерны и всегда могут быть объяс­нены.

Почвенные зоны, сменяющие друг друга в направлении от экватора к полюсам, называются горизонтальными зонами. Кроме них, существуют еще вертикальные зоны. Под последними пони­маются те закономерные смены почв, которые наблюдаются в гор­ных странах, начиная от предгорий до вершин горных кряжей. Эти смены обусловливаются теми постепенными изменениями климата, которые наблюдаются в горных странах по мере подня­тия в высоту.

Изучая какую-либо почвенную зону, мы убеждаемся прежде всего в том, что один и тот же тип почвообразования в различных местах зоны выражен не вполне одинаково. Такие изменения одного и того же типа почвы наблюдаются как в меридиальном, так и в широтном направлении. Поэтому почвенная зона может быть разбита на подзоны, сменяющие друг друга в том же направ­лении, в каком сменяются и почвенные зоны, а также иногда и на провинции, устанавливаемые в направлении с запада на восток (для СССР).

В любой почвенной зоне, кроме преобладающего типа почвы, можно встретить и ряд других типов и разностей, так как, кроме общих условий, определяющих почвенный лик страны, всегда имеется и ряд местных условий, которые способны изменить ха- рактер почвенного процесса. Такими условиями являются: рельеф местности, характер растительности, свойства материнских по­род, а иногда и предшествовавшая история почвообразовательных процессов.

Различные элементы рельефа, даже в пределах одной и той же зоны, получают неодинаковое количество тепла и влаги, что справедливо не только по отношению к крупным элементам рель­ефа (макрорельефу), но и к мелким, едва уловимым на глаз эле­ментам так называемого микрорельефа.

Лес и степь или лес и луг, находящиеся в пределах одной и той же климатической полосы, также получают неодинаковое количество влаги и тепла, а потому и характер растительности оказывает влияние на процесс почвообразования.

Материнская порода может влиять как своим механическим составом, так иногда и химическими свойствами. Породы рыхлые (пески) и плотные (глины), твердые (гранит, базальт) и мягкие не одинаково способны удерживать воду и не одинаково могут нагреваться. Химические свойства породы могут изменять как энергию распада органического вещества почвы, так и подвижность последних.

Прежняя история почвообразования могла оставить в качестве наследства такие почвы, которые совершенно не соответствуют со­временным условиям почвообразования. Правда, такие почвы начи­нают в новой обстановке менять свой облик, но не всегда настолько, чтобы дойти до современного состояния почв местной зоны.

Из всего сказанного ясно, что не может быть такой почвенной зоны, которая имела бы даже в небольших своих площадях одно­родный почвенный покров. Везде он более или менее пестр, но эта пестрота не случайная, а закономерная и потому всегда поддаю­щаяся объяснению.

Иногда пестрота настолько велика, что трудно бывает выде­лить господствующую почву; при этом нередко смена почвенных типов и разностей происходит быстро, т. е. на очень коротких расстояниях. В таких случаях говорят о почвенных комплексах.

Каждой почвенной зоне свойственны свои интразоналъные почвы (Высоцкий, Афанасьев), которые, таким образом, являются также как бы зональными. В этих случаях можно говорить о зо­нальных комплексах. При исследованиях в Западной Сибири было отмечено (Хаинский), что иногда по интразональной почве можно судить о том, в какой зоне исследователь находится.

Даже почвы речных долин, когда-то считавшиеся Н. М. Си- бирцевым азональными, на самом деле зона льны, причем обычно границы этих зон располагаются несколько южнее границ поч­венных зон плато.

Конечным выводом будет следующее положение: как геогра­фия, т. е. размещение в пространстве почвенных зон, подзон и провинций, так и топография почв, т. е. размещение их внутри зон, представляются вполне закономерными».

На основе принципа выделения типов почвообразования и зонального распределения их по поверхности земли возможно составление целого ряда классификационных систем. Мы будем придерживаться схемы, предложенной К. Д. Глинкой и несколько видоизмененной нами в целях более наглядного выявления раз­новидностей почв, важных в мелиоративном отношении.

1. **Подзолистый** **тип**
2. Подзолы.
3. Дерново-подзолистые почвы (сильно-, средне- и слабопод­золистые).
4. Дерновые почвы лесных областей.
5. **Болотный тип Подтип А. Собственно болотные**
6. Подзолисто-глеевые.
7. Торфяно-подзолисто-глеевые.
8. Торфяно-глеевые.
9. Торфяные (верховые, низинные, переходные).
10. Лугово-болотные (иловато-болотные, дерновые заболочен­ные).

**Подтип Б. Солончаковые**

1. Солончаки.
2. Солончаковатые.
3. **Степной** **тип**
4. Черноземы и их аналоги [выщелоченный, тучный, обыкно­венный, южный (бедный), приазовский (предкавказский)].
5. Каштановые (темные и светлые) и их аналоги.
6. Бурые (темные и светлые).
7. Сероземы (темные и светлые).
8. Красноцветные субтропических пустынных степей.
9. **Солонцовый** **тип**
10. Солонцы.
11. Выщелоченные солонцы (солоди).
12. Солонцеватые.
13. **Латеритный** **тип**
14. Типичные латериты.
15. Красноземы субтропических широт.
16. Красноземы и желтоземы умеренно теплых широт.

Эта классификационйая схема отмечает только главнейшие, основные группы почв.

Ниже дается краткая характеристика условий почвообразо­вания и основных черт отдельных почвенных зон. Приближен­ные площади, занимаемые отдельными почвами в пределах СССР, показаны в таблице 110 [[31]](#footnote-31).

**таблица но**

Площадь различных почв в СССР

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **ПлоЩадь** | |
| **Наименование почв** | **в Тыс. кма** | **в % ко всей площади СССР** |
| **Почвы тундры** | **1 668** | **7,6**  **31,4** |
| **Дерново-подзолистые почвы лесной зоны** | **6 998** |
| **В том числе торфяно-болотные почвы** | **1 500** |
| **Серые лесные почвы лесостепи** | **716** | **3,2 2,1 6,5 „ 6,4**  **6,9** |
| **Черноземы, выщелоченные лесостепи** | **474** |
| **Черноземы лугово-степной зоны** | **1431** |
| **Каштановые почвы сухой степи** | **1207** |
| **В том числе солонцы и солончаки**  **Сероземы пустынной степи** | **350 1 547** |
| **В том числе солончаки** | **100** |
| **Развеваемые пески** | **562** | **і**  **1 "со СП** |
| **Пойменнолуговые почвы \*** | **423** |
| **Красноземы** | **3** |
| **Горнотундровые почвы** | **1455** | **6,5** |
| **Горнолуговые почвы** | **244** | **1Д**  **20,3**  **0,5**  **1,8**  **0,1**  **1,8** |
| **Горноподзолистые почвы \* . . . .** | **4 522** |
| **Горные буроземы** | **101** |
| **Горностепные почвы** | **407** |
| **Горнопустынные почвы \*** | **22** |
| **Воды (окраинные и внутренние)** | **405** |
| **Льды и вечные снега** | **93** | **0,4** |
|  |
| **Всего** | **22 298** | **100,0** |
|  |

*ГЛАВА VI*

ЗОНЫ ПОДЗОЛИСТОГО И БОЛОТНОГО ТИПОВ  
ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

СЕВЕРНАЯ ПОДЗОЛИСТО-БОЛОТНАЯ ЗОНА

Общая характеристика. Северная подзолисто-болотная зона простирается в Советском Союзе вдоль Ледовитого океана от западной его границы до Тихого океана, распространяясь на юго-западе до 50-й параллели, а на восток от Волги примерно до 55-й параллели. Площадь этой области равна приблизительно 14 600 тыс. км2, что составляет более 65% всей территории Совет­ского Союза. Она включает в себя две почвенные зоны:

1. тундровую безлесную, с господством болотных почв и редко почв подзолистых, расположенных преимущественно на песчаных материнских породах, и
2. таежную, с господством подзолистых почв, но одновременно и со значительным участием различного вида заболоченных мине­ральных почв и типичных торфяных болот.

Подзолисто-болотная зона — это область преимущественного развития осушительных мелиораций; можно считать, что 70—80% всей ее территории (болота и минеральные заболоченные почвы) нуждаются в тех или иных видах осушительных мелиораций. Сле­дует отметить, что при интенсификации сельского хозяйства на­ряду с осушительными мероприятиями в эту зону начинает энер­гично внедряться и орошение. Еще в дореволюционное время отдельные хозяйства применяли здесь орошение лугов павод­ковыми водами. В настоящее время совхозы и колхозы, особенно вокруг Москвы, Ленинграда и других городов, широко применяют орошение огородов и лугов, используя для этого сточные город­ские воды, а также воду из водоемов. Поливы осуществляются как самотечные, так и с помощью дождевальных установок. Эф­фективность орошения здесь чрезвычайно высокая.

Условия почвообразования. Климат подзолисто-болотной зоны холодно-умеренный. Количество осадков составляет 300—400 мм в районе г. Архангельска, 500—600 мм в районе Москвы и 700— 800 мм в Прибалтике. Везде, однако, количество осадков больше величины испарения, и потому водный баланс территории является положительным.

Подзолисто-болотная зона Советского Союза в основном яв­ляется областью бывшего оледенения. Начало ледникового периода относится к концу неогена, а центром накопления льдов явилась Скандинавия и частью Тиманский кряж и Северный Урал. Отсюда ледниковый покров распространился на значительную часть Европы.

В Сибири льдом были покрыты северная часть бассейнов рр. Оби и Енисея, Алтай, Саяны и др. В европейской части нашей страны ледник проникал двумя языками на юг примерно до Днепропет­ровска (р. Днепр) и устья Усть-Медведицы (р. Дон).

После таяния ледников на поверхности земли осталась мощ­ная толща морен, представляющих собой несортированную гли­нистую массу с валунами. На значительных площадях морена перерабатывалась водными потоками, в результате чего возникли сортированные породы: пески (флювиогляциальные и аллювиаль­ные), безвалунные суглинки и глины (так называемые «покровные» отложения, часто лессовидные) и, наконец, разного рода озерные отложения. Все эти отложения и являются основными материн­скими, или почвообразующими, породами данной области.

Основная морена скандинавского оледенения произошла от разрушения главным образом гранитов и песчаников и потому может быть названа силикатной кислой мореной, очень бедной растворимыми солями и известью (СаС03). Карбонатные морены встречаются в области лишь отдельными локальными площа­дями.

Мощность моренных отложений колеблется в широких пре­делах: от 2—4 и до 20—30 м. В европейской части СССР имело место несколько оледенений: древнейшее, окское, днепровское — максимальное, московское, калининское, осташковское. Поэтому ледниковая свита часто переслаивается отложениями межледни­ковых эпох.

В качестве примера может служить разрез на р. Оке у г. Чекалина (Яков­лев), где имеют место две морены:

1. суглинок безвалунный — 2 м;
2. морена (глина с валунами) — 3—10 **м;**
3. лесс с костями мамонта и носорога — 8—9 **м;**
4. серо-голубой мергель — 2 м;
5. темносерый мергель — 2—3 м;
6. листоватый мергель — 1м;
7. землистая серая глина с остатками деревьев — 0,75 **м;**
8. синевато-серая глина с конкрециями — 2 м;
9. морена (пески с валунами);
10. девонские известняки и мергели.

В качестве общей черты глинистых морен нужно отметить их значительную вязкость и слабую водопроницаемость. Только тогда, когда в составе морены приобретай^ развитие песчаные линзы и гнезда, водопроницаемость ее может повыситься.

Из неледниковых отложений подзолистой зоны следует от­метить на самом севере обширную область Бореальной транс­грессии, сложенную глинами, и Северо-Западную область озерно­морских отложений.

В период отступания ледника в Южную Финляндию и Скан­динавию на северном побережье Балтийского моря создался подпор ледниковых талых вод, образовавших обширное холод­ное пресноводное озеро. Оно обнимало собой все современные большие озера Северо-Западной области — Ильмень, Чудское, Ладожское, Онежское. В качестве осадков этого озера остались тонкослоистые, тяжелые, так называемые ленточные глины. В даль­нейшем это пресное озеро сменилось последовательно соленым Иольдиевым морем, пресным Анциловым озером, соленым Лито- риновым морем и, наконец, современным Балтийским. В период этих смен происходили значительные размывы суши и образова­ние террас, а также общее выравнивание рельефа. Этот равнин­ный рельеф является мощным фактором развития заболачивания.

Поскольку все названные породы Северной ледниковой области откладывались и осушались не одновременно, постольку и почвенный покров ее должен рассматриваться как разновоз­растный.

В рельефе ледниковой области можно различать три основ­ные формы, а именно:

1. типичный моренный, холмистый, или мелкоозерный. Этот тип рельефа характерен для отложений основной морены. На повышенных элементах рельефа сток вполне обеспечен, наоборот, межбугровые пространства часто бессточные и являются местом застоя вод и заболачивания;
2. равнинный моренный ландшафт. Он свойствен, по пре­имуществу, областям развития безвалунных сортированных глин. К этому типу рельефа, ввиду его бессточности, часто приурочи­вается особенно широкое развитие заболачивания;
3. особую форму представляет собой рельеф песчаных занд- ровых пространств — мелкобугристых, бессточных, недрениро- ванных. Здесь особенно широко развиты болота как низинного, так и верхового типа.

**Подзолообразовательный процесс;  
подзол и его характеристика**

Развитие подзолистых почв приурочено к области развития лесной, таежной растительности. Наиболее типичного выраже­ния развитие подзолистых почв достигает под пологом леса. Самый процесс подзолообразования акад. В. Р. Вильямс описывает следующим образом.

Под пологом леса поверхность земли покрыта рыхлым слоем лесной подстилки, состоящей из отмершей хвои, листьев и мел­ких веток. Лесная подстилка обладает большой влагоемкостью и вместе с тем хорошей водопроницаемостью, что обеспечивает здесь господство нисходящего тока воды, фильтрующегося через толщу грунта. В силу своего химического состава лесная под­стилка обладает кислой реакцией, почему здесь развивается грибной тип разложения органического вещества, дающий в ре­зультате креновую кислоту. Последняя выщелачивает из верх­него слоя морены основания (кальций, магний, калий) и даже полутораокиси (железо, алюминий и марганец).

Кроме того, она разрушает и каолин (Н2А1281208-АгН20), при­чем алюминий выщелачивается, а пылеватая окись кремния (ЭЮ2) остается на месте.

Этот процесс выщелачивания оснований и обогащения пыле­ватой кремнекислотой и есть процесс формирования подзолистого горизонта почвы.

Фильтрующиеся в толщу почвы растворы кальция и полуто- раокисей обычно на некоторой глубине выпадают в осадок, це­ментируют породу и образуют плотный, так называемый орт- штейновый (рудяковый) горизонт. В песчаных почвах ортштейн иногда приобретает характер сплошной камнеобразной плиты, а часто он представлен многими тонкими прерывистыми сцементи­рованными прослойками (ортзандами). В глинистых почвах ортштейн не имеет столь резко очерченного выражения, как в пе­счаных почвах, и представляет собой вязкий красно-бурый уплот­ненный горизонт. Широко развиты также ортштейны в виде отдельных конкреций и бобовин, размерами от просяного зерна до крупных горошин и бобов. Ортштейновые горизонты резко снижают водопроницаемость почвы, а иногда делают ее и совер­шенно водонепроницаемой.

Самый процесс формирования ортштейнового горизонта В. Р. Вильямс объясняет следующим образом. Лесная подстилка благодаря развитию в ней энергичного аэробного микробиологи­ческого процесса оказывается биологическим фильтром, пре­пятствующим проникновению кислорода воздуха в глубокие горизонты почвы. В силу этого на некоторой глубине от поверх­ности почвы устанавливаются анаэробные условия и креновая кислота восстанавливается анаэробными бактериями в кислоту апокреновую. А так как соли апокреновой кислоты нераство­римы в воде, то они и выпадают в осадок, формируя орт- штейновый горизонт. Таким образом, с этой точки зрения ортштейновый горизонт является скоплением апокреновых солей кальция, алюминия, железа, марганца. Одновременно этот био­логический процесс приводит к концентрации в ортштейнах таких необходимых для растений веществ, как фосфор, калий, азот.

Другими исследователями процесс формирования ортштей- на трактуется с физико-химической точки зрения следующим образом. В кислой среде поверхностного горизонта (разнообраз­ные фульвовы кислоты) кальциевые соли просто растворяются, а окиси железа, алюминия и марганца переходят в коллоидное состояние, образуя золи. Одновременно поглощающий комплекс почвы насыщается водородом и, разрушаясь под действием воды, дает коллоидные гидраты полутораокисей и кремнекислоту, которая сразу выпадает в осадок. Все растворы и соли движутся с нисходящим током воды из верхнего горизонта в нижние и здесь задерживаются на некоторой глубине, во-первых, в силу явлений механического поглощения в тонких капиллярах, а главным образом в силу явлений коагуляции.

Возможность передвижения золей полутораокисей и их выпа­дения экспериментально проверена рядом исследователей (Фила­тов, Аарнио). Н. П. Ремезов, на основании своих исследований, указывает на значительную роль в подзолообразовании поглощен­ного аммония, периодически насыщающего коллоидный ком­плекс почвы под лесом; при этом осуществляется высокая диспер- гация коллоидов (аналогично солонцовому процессу) и они при­обретают способность передвигаться вниз.

Ниже ортштейнового горизонта в подзолах часто залегает так называемый глеевый горизонт, характеризующийся присут­ствием закисных соединений железа и особенно фосфорнокислой закиси железа [Ре3(Р04)2-8Н20]. Внешне он ясно выступает на разрезе почвы в виде Голубовато-серого слоя, обычно вязкой консистенции[[32]](#footnote-32).

Ниже идет материнская порода, часто также в той или иной степени оглеенная. Итак, профиль типичного подзола слагается из следующих горизонтов:

горизонт Аг — лесная подстилка мощностью 3—7 см;

» А2 — подзолистый мощностью 5—10 см и более;

» В — иллювиальный, ортштейновый, охватывающий толщу

в 30—35 см и более;

» С — глеевый разнообразной мощности;

» Б — материнская порода.

Процесс подзолообразования заключается, следовательно, в общем резком разрушении и выщелачивании поверхностного горизонта Айв аккумуляции этих выщелачиваемых веществ в слоях нижележащих (горизонт В). Этот тип явлений вполне подтверждается аналитическими данными. Так, исследование состава поглощенных катионов и реакций почвенного раствора отдельных горизонтов сильноподзолистой почвы показывает следующее (табл. 111).

**Таблица 111**

Состав поглощенных катионов и pH сильноподзолистой почвы  
на валунном суглинке (А. А. Родс)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Горизонты** | **Поглощенные основания** | | | | | | | |
|  | **в м.-** | **экв.** |  | **в процентах к сумме оснований** | | | **pH** |
| **Са”** |  | **ІГ** | **Сумма** | **Са”** | **м<г** | **н\*** |
| **5—10** | **А!** | **0,32** | **0,35** | **18,40** | **19,07** | **1,7** | **1,8** | **96,5** | **4,01** |
| **20—25** | **Аа** | **0,29** | **0,35** | **1,60** | **2,24** | **13,0** | **15,5** | **71,4** | **4.96** |
| **30—35** | **А„В** | **0,71** | **0,30** | **2,30** | **3,31** | **21,4** | **9,1** | **69,5** | **5,13** |
| **40—45** | **в;** | **3,22** | **1,90** | **3,50** | **8,62** | **37,4** | **22,0** | **40,6** | **5,15** |
| **60-65** | **в2** | **6,39** | **3,30** | **1,90** | **11,59** | **55,1** | **28,5** | **16,4** | **5,37** |
| **95 -100** | **с** | **5,32** | **2,55** | **0,50** | **8,37** | **63,6** | **30,4** | **6,0** | **6,91** |

Из таблицы видно, что верхние горизонты почвы насыщены преимущественно водородом и кислы; емкость поглощения гори­зонта А2 сильно понижена, т. е. его коллоиды разрушены.

Изменение по горизонтам количеств кремнекислоты и полу- тораокисей (в процентах) видно из следующих данных.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Горизонты** |  | **Ге203** | **А120з** |
| **А2 — подзолистый ....** | **78,01** | **2,05** | **14,52** |
| **В — иллювиальный . . .** | **67,65** | **4,78** | **18,19** |

Сравнение данных анализа подзолистого горизонта и ортштей- на дают следующие цифры (табл. 112).

**Таблица 112**

Содержание некоторых веществ в подзолистом горизонте и ортштейне

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Горизонты** | **Содержание (в** | | **%)** |
| **Р\*Ов** | **А1\*0,** |  |
| **Подзол** | **0,049** | **1,677** | **0,546** |
| **Ортштейн** | **0,0338** | **3,845** | **0,784** |

В обоих случаях процесс выщелачивания подзола и обогаще­ния иллювиального горизонта выступает совершенно отчетливо. Этот процесс перемещения веществ вниз захватывает и вообще илистую часть почвы, что хорошо видно из данных механического анализа, приводимых в таблице ИЗ.

**Таблица ИЗ**

Процентное содержание фракций меньше 0,0015 мм в различных  
горизонтах почвы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Горизонты и глубины (в см)** | | | | |
| **А,**  **2—12** | **о**  **со**  **сч** | в  **45—65** | **С**  **65—100** | в  **125—135** |
| **Процент почвенных частиц меньше 0,0015 мм ....** | **3,60** | **3,43** | **19,47** | **19,52** | **13,06** |

Данные таблицы ИЗ свидетельствуют о том, что в иллювиаль­ном горизонте количество илистой фракции возрастает в 5—6 раз.

Блестящее экспериментальное подтверждение характера про­цессов подзолообразования дал В. Р. Вильямс своим многолет­ним лизиметрическим опытом. Лизиметры были заложены в 1904 г. на валунном суглинке. Один из них находился непрерывно под посадкой молодой ели, а другой под посевом травы. Через 34 года (в 1938 г.) в моренном суглинке были обнаружены следую­щие изменения: 1) морфологически под елями сформировался подзолистый горизонт, а под травой бурый зернистый горизонт; 2) количество гумуса под елями оказалось равным 0,36%, под травой — 3,54%; 3) емкость поглощения материнской породы 16,8—18,2 м.-экв., горизонта 6—15 см под елями 12,6—13,3 м.-экв. и горизонта 0—10 см под травой 23,9—24,2, т. е. под елями коллоидный комплекс разрушился, а под травой обогатился органическим веществом.

Агрономические свойства подзола определяются прежде всего степенью выщелоченности его верхнего подзолистого горизонта.

Когда подзолообразовательный процесс зашел далеко, подзо­листый горизонт превращается практически в бесплодную квар­цевую пыль. В иллювиальном горизонте скапливается обычно значительный запас питательных веществ, но он трудно доступен растениям, во-первых, потому, что залегает на значительной глубине, а во-вторых, потому, что окислительные процессы здесь сильно затруднены.

Вторым неблагоприятным обстоятельством является обычная кислая реакция подзолов. Практика показывает, что когда вели­чина pH опускается ниже 4,5—5,5, то высеваемые культуры не дают нормального урожая или даже совсем не развиваются.

Наконец, третьим отрицательным качеством подзолов явля­ются их неблагоприятные физические свойства. Подзолистый горизонт обладает обычно тонкопылеватым механическим соста­вом и совершенно бесструктурен, так как беден коллоидными частицами и гумусом. Иллювиальный ортштейновый горизонт чрезмерно плотен и еще больше затрудняет фильтрацию и аэра­цию почвы.

Все перечисленные выше неблагоприятные свойства подзолов делают их малоценным сельскохозяйственным объектом, и про­дуктивное освоение их требует затраты многолетних специаль­ных усилий. В первую очередь подзолы требуют значительных количеств удобрений как минеральных, так и особенно органи­ческих в виде навоза и сидератов (зеленого удобрения). Послед­ние обогащают почву гумусом и способствуют созданию структу­ры. Для устранения кислой реакции необходимо известкование.

В последние годы сотрудниками СевНИИГиМ (Б. Г. Гейтман и др.) проведены удачные опыты мелиорации подзолов с помощью глубокого рыхления иллювиального горизонта В.

Подзолы залегают обычно на плоских водораздельных про­странствах рельефа, занятых лесами, и составляют в общем мень­шую часть площади подзолистой зоны. На всех других элементах рельефа, кроме водоразделов, обычно залегают почвы, сформи­ровавшиеся под переменным воздействием двух почвообразова­тельных процессов: подзолистого и дернового. Соответственно этому такие почвы и носят название дерново-подзолистых, или, для краткости, просто «подзолистых» почв.

**Дерновый процесс и дерново-подзолистые почвы**

Дерновый почвообразовательный процесс протекает не под лесной растительностью, а под травяной луговой. Соответственно иному химическому составу травяных растительных остатков (бблыпая зольность и отсутствие дубильных кислот), разложение их осуществляется под влиянием не грибов, а бактерий. Самый тип разложения в разные периоды года протекает различно: во влажный осенний период он преимущественно анаэробный, ле­том аэробный. В результате этих бактериальных процессов в по­верхностном горизонте почвы накапливаются ульминовая и гу- минован кислоты и формируется гумусовый горизонт с ясно вы­раженной структурой.

Процесс формирования дерново-подзолистой почвы пред­ставляется в следующем виде. Под сплошным пологом леса тра­вянистая растительность не развивается в силу недостатка света. В этот период развития леса здесь господствует подзолообразо­вательный процесс. Однако по мере естественного старения лес изреживается, осветляется, и тогда здесь поселяется травянистая растительность.

В. Р. Вильямс намечает следующие фазы развития травяных формаций: сначала поселяются корневищевые злаки (вейник, костер, зубровка и др.), использующие своей мелкой корневой системой главным образом аэробную среду лесной подстилки. По мере накопления органического вещества и связывания им доступных минеральных форм питательных веществ (азот, фосфор, калий и др.) корневищевые злаки вытесняются группой так называемых рыхлокустовых злаков (полевица, тимофеевка и др.), обладающих глубокой корневой системой. С помощью последней эта растительная формация использует большую толщу почвы и, в частности, питательные запасы ортштейнового горизонта. В эту стадию развития гумусовый горизонт может достигнуть значительного развития и приобрести зернистую структуру.

В последующую стадию развития, в связи с угнетением аэроб­ных процессов и уменьшением количества доступных форм азота и фосфора, рыхлокустовые злаки сменяются плотнокустовыми (щучка — ЬезсЬатр81а саеврНаза, белоус — КагсЬдБ э^^а, овся­ница — РеБ^са оута) и наступает фаза болотообразования, завершающаяся в конечной стадии формированием сфагнового торфяника.

Заселение травянистой растительностью лесных площадей про­исходит также после лесных пожаров и больших вырубок. Вообще же смена леса лугом и обратно совершается в течение развития почвы многократно.

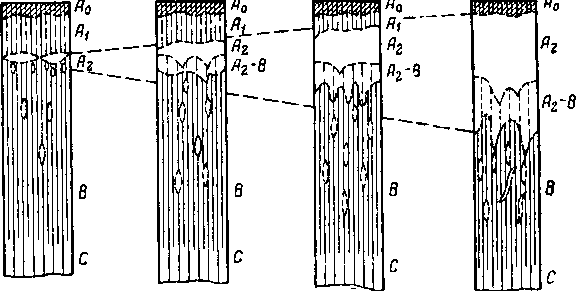
В результате длительно перемежающегося или одновре­менного действия на породу двух процессов — подзолистого и дернового — и формируется дерново-подзолистая почва, отличаю­щаяся от типичного подзола развитием в верхней части профиля более или менее значительного дернового гумусового горизонта,

На основании различных соотношений мощности горизонтов, дернового и подзолистого, обычно эти почвы подразделяются на сильноподзолистые, среднеподзолистые, слабоподзолистые и скрытоподзолистые[[33]](#footnote-33). Схематически соотношение строений этих вариантов почв показано на рисунке 92.

Очевидно, что чем меньше выражена степень оподзоленности почвы, тем она относительно ценнее с сельскохозяйственной точки зрения.

Слабооподзоленнал Среднеоподзоленнал Сильнооподзоленная Подзол

5 -



**Рис, 92, Схема связи между степенью оподзоливания почвы и ее строением**

**(Филатов).**

ю --

15 - **20** - 25 - 30 - 35 - 40 -- 45 - 50 - 55 - **60 ■■** 65 - 70 -I-

**Почвы болотного типа почвообразования**

Болотный тип почвообразования складывается при условии избыточного увлажнения и, следовательно, недостаточной аэра­ции. В этих условиях разложение органических остатков идет медленно, и в поверхностных горизонтах почвы накапливается не только ульминовая кислота, но и полуразложившиеся и даже совсем неразложившиеся растительные остатки. При длительном развитии этого процесса на поверхности почвы накапливаются целые слои органических остатков, так называемый торф. Такие почвы носят название торфяно-болотных.

В первых стадиях болотный процесс дает лишь обогащение верхних минеральных слоев почвы органическим веществом. Такие почвы носят название иловато-болотных, лугово-болотных.

Кроме накопления органических веществ, для болотных почв всегда характерно господство восстановительных процес­сов, приводящих к образованию различных закисных форм соеди­нений. Обычно здесь имеют место аммиачные соединения, соли азотистой кислоты, фосфорнокислая закись железа, вивианит (Бе3(Р04)2, пирит (РеЭ2), углекислое железо (БеС03) и др. Внеш­ним выражением восстановительных процессов является разви­тие глеевого горизонта или оглеение всей толщи почвы, начи­ная с поверхности.

Болотные почвы обычно несут в себе большой запас пита­тельных веществ, особенно фосфора и азота, но в формах, не­доступных для усвоения сельскохозяйственными растениями.

Мелиорация (осушение) и последующая надлежащая агротехника делают болотные почвы часто более ценными угодьями, чем не­заболоченные минеральные земли.

По определению конференции 1934 г. при Гидрологическом институте «...болотом называется избыточно увлажненный участок земной поверхности, покрытой слоем торфа глубиной не менее 30 см в неосушенном и 20 см в осушенном состоянии. Являясь в естественном состоянии определенным элементом географиче­ского ландшафта, болото возникает и развивается при постоянном или весьма продолжительном периодическом избыточном увлаж­нении поверхностных слоев земной коры, следствием чего является наличие характерной для болота растительности и специфиче­ского направления почвенных процессов, ведущих к накоплению торфа».

В нашем изложении мы относим к болотному типу почвообра­зования все почвы с признаком оглеения и оторфования, незави­симо от мощности торфяного слоя и длительности избыточного увлажнения. Иногда почвы с незначительным оторфованием или только с оглеением называют «полуболотными». Однако мы этого термина также не употребляем.

Условия избыточного увлажнения могут сложиться под влия­нием следующих основных причин:

1. характера почвообразовательного процесса;
2. добавочного притока воды за счет поверхностного стока;
3. добавочного увлажнения из грунтовых или грунтово­напорных вод;
4. избыточности атмосферных осадков;
5. общей слабой водопроницаемости почвы при большой влажности.

Соответственно разнообразию условий заболачивания болот­ные почвы встречаются во всех климатических зонах, начиная с Крайнего Севера и кончая Крайним Югом, и проявляются в раз­личных формах минеральных заболоченных почв, а также почв торфяных. Ниже даются характеристики наиболее распростра­ненных заболоченных почв.

Подзолисто-глеевые и торфяно-глеевые почвы. Процесс форми­рования дерново-подзолистых почв сам по себе является мощной предпосылкой для развития болотной стадии почвообразования.

Во-первых, в подзолообразовательном процессе, при доста­точном развитии иллювиального (ортштейнового) горизонта, водо­проницаемость всей толщи почвы сильно уменьшается. Над орт- штейновым горизонтом часто возникает верховодка, что ведет к заболачиванию всей почвы[[34]](#footnote-34).

Во-вторых, при смене подзолообразовательного процесса дер­новым последний в стадии плотнокустовых злаков (образование кочек на поверхности почвы) приводит к затруднению поверх­ностного стока, а с другой — на поверхности почвы создается слой органической массы, настолько влагоемкой, что все атмо­сферные осадки задерживаются им, и это вызывает хотя бы и временное, но избыточное увлажнение.

Биологические процессы, энергично развивающиеся в самом верхнем органическом горизонте, поглощают большую часть кислорода воздуха, здесь образуется как бы биологический фильтр, вследствие чего в нижних горизонтах устанавливается анаэро- биозис с восстановительными процессами, в результате которых и развивается оглеение. Таким образом, на базе дерново-под­золистой почвы последовательно развивается подзолисто-глеевая почва.

При данном количестве атмосферных осадков очень сущест­венным фактором заболачивания отдельных территорий служит приток дополнительной воды к пониженным элементам рельефа. Такие элементы рельефа, во-первых, представляют широко раз­витые на плоских водоразделах неглубокие впадины, являющиеся центрами стока поверхностных вод с окружающих пологих скло­нов[[35]](#footnote-35). Здесь развиваются тогда подзолисто-глеевые и даже торфяно- глеевые почвы, а иногда образуются даже временные озерца. Торфянистая масса формируется в этих почвах за счет отмирания богатой влаголюбивой травяной растительности (кислые злаки, осоки, хвощи и пр.). Почвенный покров таких водоразделов становится комплексным, слагающимся из подзолов и пятен более темноцветных оглеенных почв.

Аналогичные условия дополнительного увлажнения созда­ются обычно также на всех пологих шлейфах склонов, где скаты­вающиеся с водораздела струи воды замедляют свое движение и даже застаиваются[[36]](#footnote-36). Чем тяжелее механический состав почвы, тем более резко проявляются в этих условиях черты болотного типа почвообразования.

Особенно широко развиваются глеевые процессы там, где почвы формируются на двучленном наносе, представленном сверху супесями, а внизу суглинками и глинами; здесь на плоско­сти раздела осуществляются временные застои воды и, следовав тельно, восстановительные процессы. Эти условия особенно широко развиты на нашем северо-востоке (Ю. А. Ливеровский). Кроме того, на этих элементах рельефа часто дополнительным источником избыточного увлажнения являются и грунтовые воды, близко подходящие к поверхности земли. В силу этих причин на шлейфах склонов обычно развиваются обширные площади почв различных степеней заболачивания.

Общая схема перехода по склону почв подзолистых в болот­ные показана на рисунке 93.

Рассмотренные разновидности почв занимают в СССР громад­ные площади. Избыточное увлажнение таких почв обычно наблю­дается периодически — весной, осенью и в периоды затяжных дождей, что очень часто вредно отражается на сельскохозяйст­венных культурах.

Поэтому борьба с вредными последствиями временного из­быточного увлажнения заболачивающихся площадей имеет боль­шое значение.

Как показывают опыт и современная практика, мелиорация рассмотренных почв оказывается чрезвычайно эффективной.

Схематическая характеристика коллоидов рассмотренных раз­новидностей почв (по Н. П. Ремезову) приводится в таблице 114.

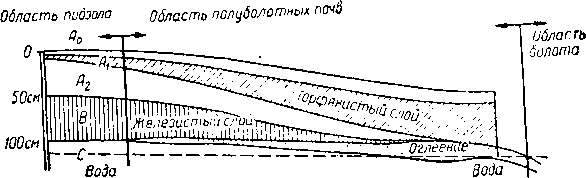


Рис. 93. Схема перехода от подзола к болоту через зону полуболот- ных почв (Филатов).

Торфяно-подзолисто-глеевые и торфяные почвы. Как было указано, этапы подзолообразовательного процесса периодически сменяются этапами дернового процесса. В стадии плотнокусто­вых злаков дернового процесса растительная масса отмирает лишь поздней осенью, разложение этой массы осуществляется очень медленно и преимущественно в анаэробных условиях. В силу этого главная масса минеральных веществ довольно быстро оказывается связанной в форме органо-минеральных соединений, недоступных для усвоения обычной зеленой растительностью, и она постепенно выпадает, замещаясь мепее требовательными растениями, мхами, сначала зелеными, а затем белыми — сфагно­выми (Sphagnum). Для развития сфагновых мхов обычно оказы­вается достаточным то количество минеральных элементов пищи, которое поступает на земную поверхность с атмосферными осад­ками; скапливающиеся на сфагновом покрове осадки, как пра­вило, не стекают в силу громадной влагоемкости моховой массы.

С момента заселения поверхности почвы мхами начинается формирование типичной торфяно-подзолисто-глеевой почвы. Для характеристики этого типа почв приведем описание разреза торфянистого заболоченного подзола на валунной глине под еловым лесом, с моховым покровом из Polytrichum communis и Sphagnum sp. (Ю. А. Ливеровский):

Характеристика коллоидов почв зоны избыточного увлажнения

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование**  **почвы** | **Неорганические коллоиды** | **Органические коллоиды** | **Емкость поглощения (в м.-экв. на неорга­ническую часть почвы)** | **Степень ненасы- щенности (% пони­жения от емкости)** | **Состав обменных катионов** | **Преобла­дающая pH почвы** |
| **Подзолистые таежной зоны, глинистые и суглинистые** | **По мере оподзолива- ния в элювиальном горизонте А содержание неорганических коллои­дов уменьшается, а в иллювиальном В увели­чивается; одновременно иллювиальный горизонт обогащается полутора- окисями, а элювиальный обедняется ими** | **Сильное количествен­ное и качественное ос­лабление в горизонте А ацидоидной части и уве­личение содержания в горизонте В неоргани­ческих коллоидов, час­тично базоидных]** | **10—15 в гори­зонте А, снижение в А2 и повышение в горизонте В до 20—30** | **30—70** | **Преобладает Са“, меньше Мд“ и значительное количество иона Н\*** | **0**  **1**  **05**  **О** |
| **То же, пес­чаные** | **То же** | **То же** | **В горизонте А 2—5, резко пони­жается в А2 и по­вышается в В** |  | **В горизонте В сильно повы­шается содержа­ние обменного Мд“, почти срав­ниваясь с содер­жанием Са"** | **4,0—5,0** |
| **Подзолисто-**  **глеевые** | **То же, что в подзо­листых** | **По мере заболачива­ния возрастает содержа­ние ацидоидов (гуматов)** | **Возрастает по мере заболачива­ния до 20—50** | **50—90** | **То же, но выше ненасыщенность** | **ю**  **ЧИ**  **1**  **Ю**  **СО** |
| **Торфяно-**  **глеевые** |  | **Сильно возрастает со­держание органических ацидоидов** | **Около 100** | **80—90** | **Преобладает Н', немного Са“ и Мд“** | **3,5—4,5** |
| **Иловато-**  **глеевые** |  | **Очень сильно возра­стает содержание аци­доидов** | **То же** | **0-50** | **Преобладает Са", затем Мд“, возмож­на ненасыщенность** | **5,0—7,5** |

А0—0—10 см. Торфянисто-подстилочный горизонт;

Ах—10—13 см. Черно-серый, коричневатый, по химическому составу — органо-минеральный;

А2—13—43 см. Белесый, с оливковым оттенком, местами с сизыми и небольшими коричнево-желтыми пятнами; по механи­ческому составу тяжелосуглинистый, вязкий;

В — желтовато-коричневый с кирпичным оттенком и с неболь­шими сизыми пятнами: по механическому составу глинистый, вязкий, распадается на угловатые отдельности. Книзу приобре­тает однородную коричневую окраску и постепенно переходит в горизонт С.

Мощность торфянистого горизонта и степень оглеения в раз­ных случаях может значительно варьировать. Поглощенные основания этого разреза характеризуются цифрами, приведен­ными в таблице 115.

**Таблица 115**

Состав поглощенных оснований торфянисто-подзолистой почвы

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Горизонты** | **Глубина (в см)** | **Поглощенных катионов (в м.-экв. на 100 г почвы)** | | | **Емкость поглощения (в м.-экв.)** | **Процент поглощенного водорода от емкости** |
| **Са"** | **Mg"** | **Н-** |
| **Ах** |  | **5,15** | **1,0** | **31,50** | **37,65** | **84** |
| **А2** | **20—30** | **2,35** | **1,12** | **1,0** | **4,47** | **22** |
| **в** | **50—60** | **7,75** | **4,08** | **0,0** | **11,83** | **0** |
| **ВС** | **75—85** | **6,35** | **3,42** | **0,0** | **9,77** | **0** |

Из цифр видно, что торфянистый горизонт на 84% насыщен водородом, тогда как в горизонте В водорода уже нет.

**Торфяники верхового типа.** По мере дальней­шего развития сфагновых мхов на месте торфяно-подзолисто- глеевой почвы развивается типичное сфагновое болото. Оно возникает, следовательно, преимугцественно на водоразделах, как следствие истощения питательных ресурсов почвы в результате подзолообразовательного и дернового процесса; поэтому сфагновые торфяники водоразделов чаще всего подстилаются песком, как наиболее бедным субстратом. Избыточное увлажнение торфяника определяется только влагоемкостью моховой массы, удерживаю­щей в себе все выпадающие атмосферные осадки. Поэтому эта форма болот и получила наименование верховых болот атмосфер­ного питания, а образующиеся на них торфяники — верховых торфяников.

Основными торфообразователями верхового болота являются белые сфагновые мхи. Главнейшими биологическими чертами их являются: 1) способность поглощать воду в количестве, до 20 раз большем своего сухого веса; 2) чрезвычайно малое потребление зольных питательных элементов; 3) сфагнумы прекрасно разви­ваются в кислой среде и не выносят извести. Так, по данным

Пауля, Sph. rubellum отмирает при содержании в воде 77 мг извести на 1 л воды, a Sph. medium — при 134 мг.

Из травянистых растений на верховом болоте обычны пушицы (Eriophorum), шейхцерия (Scheuchzeria palustris), из кустарников— клюква (Oxycoccus palustris и др.), подбел-багульник, Кассандра, болотный вереск (Lyonia calyculata). Из древесных пород на верховом болоте наиболее распространена сосна.

Сфагновый торфяник довольно энергично растет, распростра­няясь по периферии и поднимаясь вверх. Ежегодные приросты сфагнового покрова вверх достигают 20—25 мм. Ежегодные при­росты мощности собственно торфяной залежи за большие периоды времени (учитывая осадку и уплотнение торфа) составляют 1—5 мм в год, что дает прирост до 50 см за 100 лет.

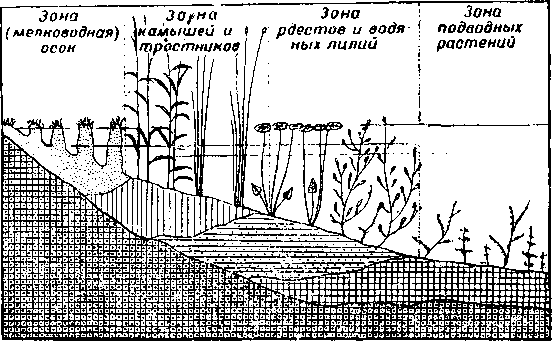
На Лайбахском болоте в верховьях р. Савы (приток Дуная) раскопана на глубине 1,2 м бревенчатая дорога времен Юлия Цезаря с римской монетой 41 года до нашей эры. Здесь для обра­зования слоя торфа в 1,2 м потребовалось время около 2000 лет (Дубах).

В силу условий своего роста вверх типичные сфагновые тор­фяники имеют выпуклую форму, при этом правильная и ровная поверхность торфяного бугра сохраняется редко, обычно вслед­ствие неравномерной осадки торфа, разрывов, выгорания и про­чих причин, поверхность бывает более или менее деформирован­ной и в понижениях возникают мочажины и иногда даже озерца.

Мощность верховых торфяников рассматриваемого типа весьма разнообразна и достигает 5—6 м[[37]](#footnote-37). Вертикальное строение тор­фяной толщи обычно неоднородное. В развитой и достаточно мощной залежи можно наблюдать следующие слои: 1) верхний, так называемый очес, мощностью иногда до 40 см, сложен живыми и свежеотмершими неразложившимися стеблями мха; 2) слой нормального торфа с разложением 20—40% массы, сло­жен преимущественно Sph. medium или Sph. fuscum, встре­чаются прослои сосновых пней; 3) слой торфа высокой степени разложения (45—70%), так называемый пограничный горизонт. Слой состоит из сильно разложившегося торфа пушицы и Sph. medium, а также древесных остатков кустарников и сосны. Мощ­ность слоя 20—50 см. Залегает он на глубине 2—3 м, часто почти водонепроницаем. Возникновение пограничного горизонта свя­зывают с изменением климата приблизительно за 3000 лет до нашей эры, когда теплый и влажный (атлантический) период сменился теплым и сухим (суббореальным) периодом, длившимся прибли­зительно 2500 лет, в течение которого рост торфяников приоста­новился, а минерализация их усилилась; 4) слои нормального сфагнового торфа, также иногда с прослоями древесных пней; 5) минеральное дно болот — подзол.

Другая форма торфяных болот сфагнового типа возникает при зарастании водных бассейнов.

Ледник, отступая, оставил на территории Советского Союза, особенно в области моренных и зандровых ландшафтов, большое количество озер, которые последовательно зарастают. Первым этапом заполнения озерной котловины часто является отложение на ее дне озерного мергеля, возникающего за счет выноса с водо­сборной площади извести и тонких глинистых суспензий.

С развитием в воде растительного и животного мира на дне озера начинает откладываться отмирающая органогенная масса, так называемый сапропель (гниющий ил). После уплотнения

***Торф ^ осоковый***

**М *Торф тро***- **гттттті *Торф са***- ***Сапропе-***

223 ***сатиновый*** ШіШ ***пропелевыи'—\* литы***

**Рис. 94. Распределение растительности зарастающих озер.**

сапропелевая масса приобретает плотную, однородную, студне­образную консистенцию, обычно листового сложения, и именует­ся тогда «сапропелитом». Мощность озерных отложений дости­гает иногда нескольких десятков метров.

Одновременно в береговой полосе поселяется богатая зеленая растительность, располагающаяся в виде следующих зон (по В. Н. Сукачеву, рис. 94):

1. мелководная — до 1 м глубиной, занята преимущественно осоками (Сагех gracilis и др.), ситником (Heleocharis palustris), стрелолистом (Sagittaria sagittifolia), водяными лютиками (Ranun­culus circinnatus и др.), рдестом (Potamogeton gramineus) и др.;
2. зона камышей, глубина до 2—3 м, занята преимущественно тростником (Phragmites communis), камышом (Scirpus lacustris), водяным хвощом (Equisetum limosum) и др.;

3 и 4) — зоны широколистных рдестов и водяных лилий, глубина до 5 м, заняты преимущественно рдестами (Potamogeton perfoliatus и др.), водяной лилией (Nymphaea), водяными кув­шинками (Nuphara), плавающим рдестом (Р. natans) и другими растениями;

1. зона макрофитов, главным образом цветковых и частью споровых, занята по преимуществу зарослями харовых водо­рослей (Chara, Nitella), роголистника (Ceratofyllum demersum), узколистных рдестов (Р. obtusifolius, Р. mucronatus) и некото­рых мхов (Calliergon giganteum);
2. зона микрофитов, представленных исключительно споровыми растениями, главным образом синезелеными водорослями, немно­гими зелеными и диатомовыми; из более крупных зеленых водо­рослей представлены Vaucheria, Cladofhora и др.

При отмирании растительности в каждой зоне на дне озера откладывается специфическая растительная масса, т. е. форми­руется торф определенного вида. По мере заполнения каждой зоны торфяной массой и поднятия ее ближе к поверхности воды на ней поселяется менее глубоководная растительная формация, т. е., например, вместо рдестов поселяются камыши, а вместо ка­мышей — осоки. В целом, следовательно, травы (камыши и осоки) как бы надвигаются от берега к центру озера и через известный промежуток времени заполняют его нацело. Получается осоковое болото с разнообразными слоями травянистого торфа.

Минеральное питание травяных формаций на таком болоте осуществляется главным образом за счет капиллярных токов воды через толщу торфа и за счет разложения, минерализации поверхностных горизонтов самого торфа.

По мере увеличения мощности торфяника и, следовательно, удаления его поверхности от минерального дна, а также по мере все большего связывания минеральных питательных элементов органической массой условия питания травяной формации ста­новятся все более плохими, и она последовательно вытесняется менее требовательными мхами, сначала зелеными (Нурпшп и др.)» а затем белыми (Sphagnum).

Таким образом начинается стадия формирования обычного сфагнового торфяника верхового типа. Чем слабее минерализо­вана вода озера и чем менее приток минеральных элементов со стороны водосбора, тем быстрее наступает сфагновая стадия развития болота.

В некоторых случаях озера зарастают не укореняющимися на дне растениями, а образующими плавающий ковер. Чаще всего это будет трифоль (Menyanthes trifoliata), сабельник (Coma- rum palustre), белокрыльник (Calta palustris), некоторые осоки и мхи из родов Calliergon, Drepanocladus, Sphagnum и др. Такой плавающий ковер затягивает постепенно озеро с поверхности, разлагаясь, создает почву для поселения осок и других трав, после чего может наступить сфагновая стадия.

Мощность торфяников, возникающих при зарастании озер, достигает 15 м и более, однако распространение их, повидимому, не превышает 10% общей площади наших болот.

Сфагновые торфяники представляют ценный топливный фонд, реже они используются для сельскохозяйственных целей.

**Торфяники низинного типа** возникают в усло­виях избыточного увлажнения и одновременно обеспеченного минерального питания. Местом залегания низинных торфяников являются: 1) плоские, периодически затопляемые берега озер;

1. поймы рек с необеспеченным стоком паводковых вод; 3) зандро- вые пространства, не обеспеченные стоком; 4) места выхода на­порных и безнапорных грунтовых вод; 5) шлейфы склонов и западины рельефа, аккумулирующие делювиальные воды, и пр. Во всех этих случаях постоянный или часто повторяющийся приток воды со стороны обеспечивает не только избыточное увлаж­нение, но и минеральное питание богатой зеленой растительности, не позволяя здесь развиться сфагновой стадии болота.

Установление в каждом отдельном случае источника водного питания болота является главной мелиоративной задачей, по­скольку основные мелиоративные мероприятия в этих условиях имеют целью прежде всего борьбу с источниками заболачивания данной территории.

Основными торфообразователями торфяников низинного типа являются следующие группы растений: 1) травы, осоки, тростник, хвощ, вахта (трифоль), шейхцерия; 2) зеленые мхи родов Бге- рапос1ас1из, СаШе^оп и др.; 3) низинные сфагновые мхи — ЭрЬ. 8иЬ8есшк1ит, ЭрЬ. оМизит и др.; 4) древесные породы — береза, ольха, ель и реже сосна.

Соответственно преобладающему торфообразователю среди низинных торфов различают три основные группы: 1) лесную с преобладанием древесных остатков; 2) топяно-лесную, где господствуют травы, но древесных остатков может быть до 30%;

1. топяную, где полное господство принадлежит травам и мхам.

Мощность низинных торфяников обычно 1,5—2 м, но дости­гает и 7 м. Степень разложения торфа значительная (30—50%), реакция нейтральная или слабощелочная.

Примером болот этого типа могут служить болота белорусского Полесья. В. Г. Касаткин дает такую общую характеристику строения торфов этих болот: 1) верхний слой торфа, мощностью 5—20 см, представляет слабо разло­жившуюся дернину, плохо режущуюся лопатой, бурого цвета, густо прони­занную корнями и неразложившимися остатками осок, злаков и других трав; 2) второй слой, до глубины 40—70 см, представляет однородную мелковолок­нистую массу торфа осокового типа, буровато-желтого, бурого или темно­бурого цвета, медленно темнеющую на воздухе; иногда присутствуют в не­большом количестве остатки тростника. Степень разложения торфа различная, но в большинстве случаев малая; 3) третий слой, наиболее мощный, характе­ризуется значительным, иногда большим содержанием остатков тростника, однако редко образующего сплошные слои (в отдельных случаях отмечались прослойки тростника в 5—7 см). Окраска тростниково-осокового слоя, в зави­симости от степени разложения, изменяется как в разных разрезах, так и на различной глубине одного и того же разреза и бывает светложелтой, светло- бурой и темпобурой, почти черной. На воздухе торф быстро чернеет, при копке торфа выделяется сероводород; 4) при переходе к минеральному грунту тро­стниково-осоковый торф сменяется четвертым слоем, мощностью в 15—25 см,буровато-черного цвета, полуторфянистым, однородным, мажущимся, в ниж­них частях обогащающимся песком.

Поскольку автор принимает, что происхождение местных болот связано с зарастанием послеледниковых озер, постольку четвертый слой является как бы сапропелевым; однако нам кажется, что его следует считать просто первичным дерновым слоем[[38]](#footnote-38).

Описанная схема строения торфа характерна в общих чертах для всех травяно-осоковых болот Полесья, но в некоторых слу­чаях третий тростниково-осоковый слой почти отсутствует, а в других слоях присутствуют древесные остатки. В отдельных слу­чаях отмечается начало третьей стадии развития болота: на по­верхности местами появляется сплошным покровом сфагнум. Описанный тип низинного болота характеризуется следующими показателями химического состава (табл. 116, Касаткина).

**Таблица 116**

Болота низинного типа чрезвычайно широко распространены в нашей стране и по своему богатству являются первоочередным объектом сельскохозяйственного освоения.

**Характеристика низинного болота по химическому составу**

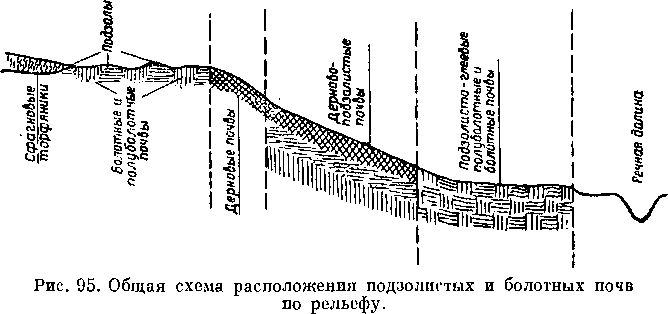
**(в процентах)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование**  **болота** | **Глубина взя­тия образца (в см)** | **Органические**  **вещества** | **Зола** | **Азот** | **Фосфорная**  **кислота** | **Окись каль­ция (СаО)** | **Окись маг­ния (MgO)** | **Сумма окиси железа и алюминия** | **Нераствори­мый остаток** |
| **Скавшинское** | **5—25**  **45—65** | **92,71**  **91,31** | **7,29**  **8,69** | **2,05**  **2,66** | **0,346**  **0,280** | **1,97**  **2,40** | **0,028**  **0,029** | **2,76**  **3,00** | **1,51**  **2,57** |

**Торфяники переходного типа** чаще всего за­легают в зонах перехода верховых торфяников к низинным, в условиях значительного обводнения, но пониженного зольного питания. Торфообразователями здесь являются смешанные ассо­циации верховых и низинных торфяников.

Резюмируя все вышеизложенное, можно представить общую закономерную смену почвообразования на водораздельных про­странствах подзолисто-болотной области в виде схемы, приведен­ной на рисунке 95. Из рисунка видно, что на плоских водоразде­лах господствуют подзолы в комплексе с заболоченными почвами пониженного рельефа. Здесь же развиты купола сфагновых торфя­ников. Эта область распахивается менее других. В верхней трети относительно крупных склонов развиваются преимущественномаломощные дерновые почвы, с участием слабоподзолистах. Средние трети склонов заняты наиболее типичными дерново- подзолистыми почвами разных степеней оподзоливания. Это область наибольшей распашки.

Нижняя, более пологая часть склона, занята обычно почвами разных степеней заболачивания, начиная с глеево-подзолистых и кончая типичными болотными, преимущественно травяными (так называемые низинные болота) и травяно-моховыми (пере­



ходные болота). Это область богатых почв, но для использо­вания в наибольшей степени нуждающихся в осушительных мели­орациях.

Физико-химические и биологические свойства торфов. С сель­скохозяйственной точки зрения, по богатству питательными ве­ществами торфы подразделяют на три группы:

1. ьвтотрофпые — богатые питательными веществами: низин ные, травяные;
2. мезотрофные — со средним содержанием питательных ве­ществ: древесные и зелено-моховые;
3. олиготрофные — бедные питательными веществами, сфаг­новые.

**Таблица 117**

Зольность растений-торфообразователей верховых и низинных болот

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Верховые болота** | **Процент золы в растениях** | **Низинные болота** | **Процент золы в растениях** |
| **Сфагновые мхи**  **Пушица**  **Сосна, береза, ольха . .** | **2,4—2,9 Около 2,8 1,6—1,9** | **Осоки**  **Тростник**  **Хвощи**  **Гипновые мхи....** | **5,3—7,9**   1. **5,0 12,7—15,9** 2. **6,0** |

Богатство торфов питательными веществами определяется зольностью первых и составом этой золы.

Зольность растений-торфообразователей верховых и низинных болот характеризуется следующими цифрами (табл. 117).

Соответственно этому составу растений-торфообразователей зольность верховых торфов обычно не превышает 5%, низинных (без посторонних минеральных примесей) 8—15%, переходных обычно от 5 до 8%.

Количество питательных элементов в золе разных торфов также различно (табл. 118, Б. Д. Оношко).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование элемента** | **Верховой**  **торф** | **Низинный**  **торф** |
| **Окись кальция (СаО):** |  |  |
| **максимум** | **1,40** | **36,90** |
| **минимум** | **0,24** | **0,34** |
| **среднее** | **0,65** | **3,48** |
| **Фосфорный ангидрид (Р206):** | **0,98** | **1,42** |
| **максимум** |
| **минимум** | **0,01** | **0,11** |
| **среднее** | **0,23** | **0,43** |
| **Азот (N):** |  |  |
| **максимум** | **2,56** | **3,94** |
| **минимум** | **0,48** | **1,14** |
| **среднее** | **1,29** | **2,69** |
| **Окись калия (К20):** |  |  |
| **максимум** | **0,11** | **0,60** |
| **минимум** | **0,01** | **0,01** |
| **среднее •** | **0,05** | **0,14** |

Таблица 118

Химический состав различных торфов

(в процентах к сухому весу)

Количество золы и ее состав для каждого данного вида торфа не остаются постоянными: как правило, по мере разложения торфа его зольность и содержание азота увеличиваются.

Например, для одного сфагнового торфяника зольность по горизонтам изменялась следующим образом: слаборазложив-

шийся верх залежи — 2,70%, средиеразложившаяся середина залежи — 3,65 и, наконец, наилучше разложившийся нижний горизонт — 4,65%. Количество азота в торфе по горизонтам было равно: с поверхности — 0,8%, на глубине 2 м — 2,1 и на глубине 4 м — 4,1%.

Кислотность верховых торфяников (pH солевое) обычно ле­жит в пределах 2,8 — 3,5, тогда как у низинных она колеблется от 4,7 до 7,8.

Приведенные данные показывают, что верховые торфяники, как правило, бедны питательными веществами (олиготрофный тип), низинные же чаще богаты ими, особенно азотом (автотроф­ный тип). Именно поэтому верховые торфяники используются главпым образом для заготовки топлива (малая зольность их является в этом случае положительной чертой), тогда как низин­ные торфяники являются обычно богатейшим сельскохозяйствен­ным мелиоративным фондом. Особенно богаты низинные торфя­ники азотом, запасы которого здесь в десятки раз превышают наличие его в минеральных почвах.

По физическим свойствам торфы также сильно отличаются от минеральных почв.

Так, гигроскопичность и коэффициент завядания могут быть охарактеризованы следующими цифрами:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Почвогрунты** | **Гигроскопичность (в весовых про­центах)** | **Коэффициент завядания (в весовых процентах к весу сухого торфа)** |
| **Песок** | **0,84** | **1,3** |
| **Суглинок . . .** | **4,0** | О  О  **1**  о  **со** |
| **Торф** | **17,5** | **50,0** |

Оптимальная влажность для роста растений на торфах на Бременской станции, по данным Таке, была определена в 150% к весу сухого торфа.

Высота капиллярного поднятия воды в торфах большая, но скорость поднятия очень мала. Так, в опыте Новгородской болот­ной станции были получены следующие данные.

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование почвы** | **Высота капиллярного поднятия (в см) через 40 суток** |
| **Минеральная .....** | **51** |
| **Низинный торф . . .** | **15** |
| **Верховой » ...** | **5** |

Пересохший торф к тому же в силу обволакивания частиц смолистыми веществами часто почти не смачивается водой.

Вследствие этих причин в ряде случаев поверхностные гори­зонты торфа сильно страдают от пересушки, несмотря на сравни­тельно близкий уровень грунтовых вод. Поэтому излишнее пони­жение уровня грунтовых вод при мелиоративном осушении торфов может отрицательно отразиться на урожае сельскохозяйствен­ных культур[[39]](#footnote-39). Так, на Бременской болотной станции получены следующие результаты (табл. 119).

Влагоемкость торфов очень велика и составляет для сфагно­вого торфа 1000—1500, низинного — 300—700% к сухому весу.

Влияние понижения уровня грунтовых вод на торфянике (в сантиметрах) на урожай зерновых культур

(в центнерах с 1 га)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Культуры** | **Урожай при глубине горизонта грунтовых вод (в см)** | | | | |
| **50** | **75** | **100** | **125** | **150** |
| **Рожь** | **16,9** | **15,0** | **12,0** | **8,5** | **8,0** |
| **Овес** | **28,0** | **28,1** | **27,3** | **23,9** | **21,2** |
| **Картофель** | **228,4** | **211,9** | **202,1** | **194,8** | **194,0** |

Коэффициент фильтрации торфов приближается к коэффи­циенту фильтрации суглинков и глин. По данным А. Брудастова, для разных торфов он равен:

торф сфагновый среднеразложившийся 0,0002—0,0001 см/сек

» » ма лор аз ложившийся 0,0020—0,0008 »

» гипновый среднеразложившийся 0,0008—0,0002 »

» » ма лор аз ложившийся 0,0060—0,0020 »

Теплопроводность торфов невелика, и она тем меньше, чем суше торф. Поэтому торфяники промерзают на небольшую глу­бину и оттаивают очень медленно. Летом, в течение дня, поверх­ность торфа может перегреваться настолько сильно, что это влечет к выгоранию всходов. Ночью, наоборот, поверхность торфа может настолько охлаждаться, что утром наблюдаются заморозки. Поэтому на осушенных торфяниках заморозки обычно чаще, чем на неосушенных. Хорошим техническим приемом, улучшающим тепловой режим осушенного торфяника и, следо­вательно, повышающим урожай, является покрытие его поверх­ности слоем минеральной почвы, супесчаной или суглинистой.

Биологические процессы в торфах характеризуются следую­щими основными показателями:

1. в торфянике господствует аммонификация; при культуре аммонификация в пахотном слое сильно повышается;
2. нитрификация в целинном торфянике отсутствует, а на засеваемом культурами она возникает при достаточном коли­честве извести (около 20 ц СаО на 1 га);
3. денитрификация развита в торфе как до, так и после осушки; при известковании денитрификация часто усиливается, в чем и заключается одна из причин отрицательного эффекта неправиль­ного известкования;
4. ни в одной пробе не констатировано свободно живущих азотособирателей;
5. клубеньковые бактерии обычно в верховых торфяниках отсутствуют, но заносятся сюда при пастьбе овец; в низинных торфяниках эти бактерии имеются, причем количество их воз­растает при культуре болота.

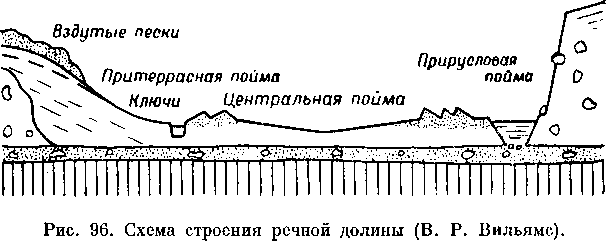
Следовательно, если в целинных торфяниках биологический свойства, как правило, не соответствуют сельскохозяйственным потребностям, то после правильной осушки и при правильной агротехнике эти свойства легко приводятся к необходимому состоянию.

Строение и почвенный покров речных долин

Очень важным и широко распространенным объектом осуши­тельных мелиораций являются долины рек как северных, так и южных.

Условия заболачивания долин обычно закономерно связаны с элементами их типового строения (В. Р. Вильямс).

Цоперечный профиль полно развитой долины слагается из следующих элементов (рис. 96). Вдоль самого русла располо­жена узкая полоса молодых отложений — бечевник. За пей располагается более широкая повышенная полоса, сложенная

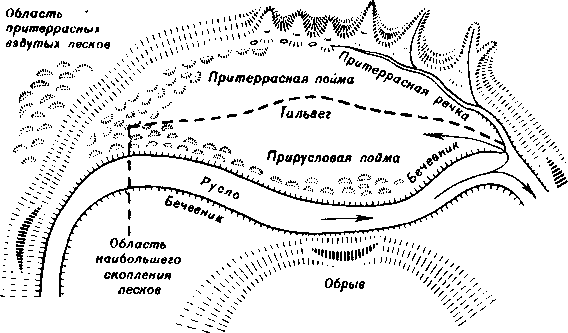


относительно песчанистым материалом, — прирусловый вал. Фор­мирование его связано с вихревыми токами воды во время павод­ков.

Основную часть долины занимает центральная пойма. Она представляет собой равнину, часто с заметным понижением по средней оси (тальвег). По характеру сложения почв различают два типа центральной поймы: пойму зернистую и пойму слоистую. Каждая из них формируется при особых условиях паводков реки и имеет различное хозяйственное значение.

**Зернистая пойма** образуется на реках или участках рек, водосбор которых значительно облесен и заболочен. При этих условиях весенний паводок на реке растянут во времени и относительно низок. Мутная полоса воды заходит на пойму снизу (рис. 97) и несет в себе только тонкий ил. Перед спадом паводка на пойму обычно успевает прийти с водораздела грунто­вая вода, значительно более минерализованная. Соли, содержа­щие ион кальция [Са(НС03)2], коагулируют ил, и он осаждается тонким слоем. При высыхании наилок растрескивается (рис. 98), затем оплетается корнями трав, пропитывается гумусом и, таким

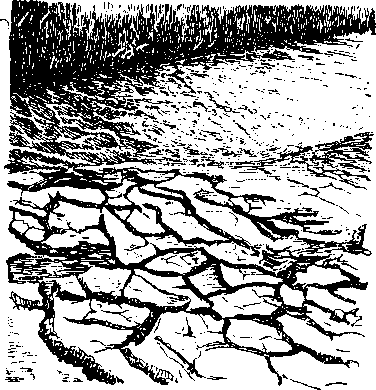
образом, в результате дернового процесса формируется струк­турная, зернистая пойма.



**Рис. 97. Схема формирования зернистой поймы (В. Р. Вильямс).**

Зернистые поймы представляют собой лучшие заливные луга, занятые корневищевыми злаками.

Основным свойством этих лугов является то, что они не исто­щаются, так как ежегодно удобряются свежими речными нано­сами и не заболачиваются в процессе развития дер­нового процесса. Заболачи­вание их наступает обычно лишь с изменением режима реки, созданием на ней подпоров и, следовательно, ухудшением стока.



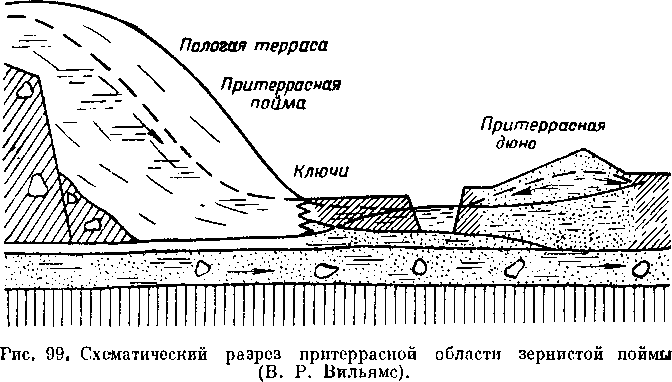
**Рис. 98. Корка наилка на берегу старицы реки Клязьмы (Григорьев).**

**Слоистая пойма** образуется на реках, водо­сбор которых безлесен.

При этих условиях весен­ние паводки протекают бурно, они кратковре­менны, но высоки по уровню. Вода прорывается в центральную пойму че­рез прирусловой вал и забрасывает сюда не только ил, но и грубые песчаные наносы. При быстром спаде вод пески остаются на пойме в виде более или менее мощных слоев, гряд и нагромождений, илистые же части задержи­ваются лишь в понижениях, из которых нет стока. При повторных

Паводках понижения могут быть забросаны песком, па йес- Напых же территориях отложится ил. Таким образом возникает резко слоистая, часто с преобладанием песчаных элементов, аллювиальная свита, откуда и возник самый термин — слоистая пойма.

Характерным для этого типа пойм является обычная крайняя невыровненность рельефа, с большим количеством местных лож­бин, стариц и замкнутых котловин. К последним часто приуро­чивается заболачивание. В силу отмеченных черт, слоистая пойма имеет меньшую хозяйственную ценность, чем пойма зернистая.



Основным видом коренной мелиорации слоистых пойм должно явиться изменение самого типа паводков, что может быть достиг­нуто путем облесения водораздельных площадей, питающих реку.

Следующей и последней зоной речной долины является так называемая притеррасная пойма. Эта зона поймы находится в своеобразных условиях, а именно: она прежде всего воспри­нимает на себя весь поверхностный сток водораздела и, кроме того, что наиболее важно, здесь выклиниваются или подходят близко к поверхности напорные грунтовые воды водораздела (рис. 99). Эти воды и являются основной причиной развития грунтово-напорного притеррасного болота. Торф здесь сильно- раз ложившийся, рыхлый, полужидкий, богат минеральными веществами. Иногда здесь отлагаются слои извести, охры и вивиа­нита, приносимых с водораздела. В поймах южных рек в этой зоне происходит концентрация воднорастворимых солей и обра­зуются наиболее злостные солончаки.

Кроме осок, камышей и прочей травяной болотной раститель­ности, здесь обычно развиваются заросли ольхи (олыпаниковые топи).

Мелиорация притеррасной поймы должна обеспечить свобод­ный сток притеррасной речки, если она имеется, и главным обра­зом перехватить и отвести грунтовый поток, питающий болото.

Мелиорация подзолистых и заболоченных  
минеральных почв

Общая характеристика мероприятий. Состояние поля, на котором происходит процесс заболачивания, характеризуется следующим: 1) весенние талые воды на нем долго застаиваются, оно медленно просыхает. Начало полевых работ сильно запазды­вает, и вегетационный период, следовательно, сокращается; 2) осенью поле переувлажняется и в таком виде идет в зиму. Это приводит к вымочке озимых посевов; 3) летом, во время пе­риодических затяжных дождей, оно замокает, в почве развиваются анаэробные процессы и корневая система растений часто загни­вает.

Основные задачи осушительных мелиораций в этом случае заключаются в устранении названных явлений. Методы их устра­нения могут быть разбиты на три следующие группы:

1. улучшение водно-физических свойств почвы;
2. регулирование поверхностного стока;
3. регулирование внутреннего стока — дренаж.

Задача улучшения водно-физических свойств подзолистых почв в основном заключается в улучшении подзолистого гори­зонта и в нарушении водонепроницаемости иллювиального (орт- штейнового) горизонта.

Подзолистый горизонт беден поглощающим комплексом (мало коллоидных элементов), бесструктурен, беден питательными ве­ществами и обладает кислой реакцией. Улучшение этих свойств достигается систематическим внесением значительных доз ор­ганического вещества (навоз, запашка зеленого удобрения — сидерация), посевом трав, известкованием. При известковании осуществляется замещение поглощенного водорода кальцием по схеме:

Н

(Почва) 1 +СаС03=: (Почва) Са **+Н20** + С02.

Н

В результате почва приобретает лучшую для растений ней­тральную реакцию.

Борьба с ортштейновым горизонтом более трудна. Посевы глубоко коренящихся растений (например, клевер) способствуют постепенному разрушению ортштейна. В последнее время приме­няется механическое разрушение ортштейновых слоев с помощью специальных плугов. Очень существенное значение может иметь закладка дренажа, который способствует улучшению аэрации, развитию окислительных процессов и постепенному разрушению ортштейна.

Известкование не только устраняет кислую реакцию почвы, но улучшает и ее физические свойства, благодаря коагуляции илистых частиц и, вероятно, путем рыхления породы выделяю­щимся углекислым газом. Это имеет особенно крупное-значение для тяжелых глинистых почв.

В начальной стадии заболачивания, заключающейся в развитии дернового процесса, т. е. процесса накопления неразложившихся влагоемких растительных остатков на поверхности почвы, основ­ной задачей является ускорение процессов аэробного разложения дернины. Это может быть достигнуто введением севооборота с черным паром и пропашным клином.

Регулирование поверхностного стока в подзолистой зоне является наиболее старым приемом.

Большое значение для улучшения стока имеет правильное проведение вспашки и посева вдоль склона, а не поперек его. Серьезную роль должно сыграть широкое внедрение в практику приема бороздования полей, разработанного Северным научно- исследовательским институтом гидротехники и мелиорации. Прием этот состоит в том, что на поле поперек склона проводятся борозды плугом с отвалом в низовую сторону через каждые 5—15 м. Бо­роздам придается достаточный уклон, а низовые концы их объе­диняются более глубокой водосборной бороздой или канавкой. Такая система борозд, ежегодно возобновляемых, значительно ускоряет сток воды с полей и повышает их урожайность[[40]](#footnote-40).

К мероприятиям по регулированию поверхностного стока можно отнести так называемый кротовый дренаж. Он закладывается редко на глубину, большую чем 40—50 см от поверхности, и потому способствует быстрому осушению этих верхних слоев почвы. Громадным преимуществом кротового дренажа является простота его устройства и дешевизна. Недостаток же его — не­устойчивость дрен: кротовина, заложенная в неподходящей почве или технически неправильно, может заплывать почти немедленно\* и затраченная работа оказывается мало эффективной. Однако в подходящих почвах кротовые дрены могут существовать про­должительное время.

Янерт дает следующую справку о результатах своего обследо­вания кротовых дрен в хозяйственных условиях (табл. 120).

Из этого примера видно, что в ряде случаев дрены хорошо работают 5—7 лет. Учитывая исключительную дешевизну заклад­ки кротового дренажа (по стоимости, очевидно, близкой к стои­мости вспашки), можно полагать, что он будет вполне приемлем при сохранении устойчивости дрен даже 1—2 года.

Многочисленные исследования последних лет, проведенные ВНИИГиМ и СевНИИГиМ, показывают, что кротовый дренаж заметно повышает урожай даже тогда, когда он в первый же сезон частично заплывает. Таким образом, можно считать, что за кро­товым дренажем имеются большие перспективы.

Таблица 120

Продолжительность действия кротового дренажа

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Продолжительность суще­ствования дрены (в годах)** | **Действие дрен (число случаев)** | | |
| **хорошее** | **посред­**  **ственное** | **плохое** |
| **0-2** | **2** |  | **2** |
| **2—4** | **3** | **3** | **2** |
| **4—5** | **9** | **7** | **1** |
| **5—6** | **3** | **3** | **1** |
| **6—7** | **1** | **—** | **—** |
| **Сумма. . . .** | **18** | **13** | **6** |

Для выбора почв, в которых дрены наиболее устойчивы, Янерт предложил следующий показатель: теплота смачивания почвы не менее 4 калорий на грамм и отношение процента фракции мельче 0,02 мм к теплоте смачивания не более 8. Чем меньше это отношение, тем дрена устойчивее.

По существу, это отношение означает следующее: теплота смачивания может быть принята как показатель количества коллоидной фракции в почве. Фракция мельче 0,02 мм включает в себя всю группу пылеватых частиц и ил. Таким образом, пред­ложенное отношение есть, по существу, содержание ила во фрак­ции пыли и ила, вместе взятых, т. е. характеризует отношение в почве двух фракций — пыли и ила. Пылеватые массы являются, как известно, наименее устойчивыми в воде (плывуны), ил же является цементирующим фактором. Таким образом, их отноше­ние действительно может явиться рациональным показателем для характеристики устойчивости дрен и потому оно заслуживает экспериментального изучения и проверки. М. Н. Глотов предло­жил определять устойчивость и пригодность почв для кротового дренажа по оплыванию стенок шурфа или скважины. Этот простой и доступный полевой метод дает, по автору, хорошие результаты.

Метод кротового дренирования в последние годы довольно разно­сторонне изучался в Советском Союзе (ВНИИГиМ и СевНИИГиМ) и начал широко внедряться в практику.

Дренаж — наиболее универсальный метод борьбы с избыточным увлажнением почв. Основным его назначением является пони­жение уровня грунтовых вод за пределы распространения основ­ной массы корневой системы растения. Поэтому дренаж должен быть обязательным мероприятием везде, где грунтовые воды, временно или постоянно, находятся близко у поверхности земли.

Дренаж является мерой борьбы не только с избыточным увлаж­нением, но и с засухой. Это действие дренажа осуществляется следующим образом. Весной грунтовые воды стоят наиболее высоко; период этот совпадает со временем формирования корне­вой системы культурной растительности. Корни, встречая на своем пути грунтовые воды, развиваются только в верхних горизонтах. Летом грунтовые воды опускаются, перестают подпитывать эти горизонты, и растения вынуждены удовлетворять потребность во влаге только за счет атмосферных осадков. А так как летом часто бывают значительные интервалы в выпадении осадков, то поверхностный слой почвы пересыхает и растительность страдает от засухи. Дренаж на таких почвах, отводя воду весной, позволяет корневой системе уйти значительно глубже в почву и во время засухи потреблять воду из этих нижних слоев.

Наблюдения Джесс X. Ниль на плантациях сахарного трост­ника показали значительное повышение устойчивости урожая при этих условиях. Аналогичные условия могут иметь место у нас в Колхидской низменности, а также в Северной подзолистой зоне во время наблюдающихся периодических летних засух.

Исследования наших опытных станций показывают, что на дренированных полях, как правило, влажность почвы во влажные периоды меньше, а в сухие периоды больше, чем на полях не- дренированных. Следовательно, дренаж создает условия более выровненного режима влажности почвы за вегетационный пе­риод.

В заграничной практике для осушения минеральных почв применяется закладка дренажа на глубине от 1,2 до 1,6 м и на расстояниях одна от другой от 8 до 40 м.

Глубина закладки дрен обусловливается главным образом глубиной промерзания почв, которая может вызвать деформацию дрен.

С агрономической точки зрения такие глубины, повидимому, не всегда необходимы. Исследования последних лет в Чехосло­вакии приводят к убеждению о рациональности уменьшения глубины дренажа до 0,9 м, причем такой дренаж оказывается наиболее эффективным во влажные годы, в сухие же благоприятно действует более глубокий дренаж. Непосредственных материалов, подтверждающих эту точку зрения, пока не опубликовано. Необ­ходимо подчеркнуть, что рациональная глубина закладки дренажа во многом зависит от строения почвенного профиля: дрены надо стремиться закладывать в наиболее водопроницаемом слое, а не в толще иллювиальных слоев или под ними.

Что касается расстояний между дренами, то они зависят от механического состава почв и, следовательно, их фильтрационных свойств.

За границей применяются следующие расстояния между дренами при глубине закладки их в 1,25 м (табл. 121, А. Н. Ко­стяков).

Расстояние между дренами (в метрах) в зависимости от механического состава почвы\*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **П роцент частиц мельче** 0,01 **мм** | **По Герхардту** | | **По**  **Копецко-**  **му** |  | **Силезская** | **Отношение расстояния о к глубине** к | | |
| **Почвы** | **продоль­**  **ный**  **дренаж** | **попереч­**  **ный**  **дренаж** | **По**  **Фаузеру** | **генераль­**  **ная**  **комиссия** | **Конецкий** | **Фаузер** | **Силезская**  **генеральная**  **комиссия** |
| **Тяжелые глины . . .** | **>75** | 8—10 | 8—12 | **8—9** | **9—10** | 10—12 | **7,0** | **7,0—8,0** | **3-10** |
| **Обыкновенные глины** | **75—50** | 10—12 | **10—15** | **9—10,5** | 10—12 | **—** | **7,5** | **00**  **0**  1  **со**  **о** | **—** |
| **Суглинок тяжелый .** | **50—40** | **12—\* 14** | **12—18** | **10,5—12** | **12—13** | **12—14** | **7,5-9,0** | **9,0-10,5** | 10—12 |
| **Суглинок обыкновен­ный** | **40—30** | **14—16** | **14-—21** | **12—14** | **13—15** | **14—16** | **9,0—10,5** | **10,5—12,0** | **12-14** |
| **Суглинок песчаный .** | **со**  **0**  1  **ю**  **о** | **16—20** | **17—25** | **14-16** | **15-18** | **16-20** | **10,5—12,0** | **12,0—14,0** | **14—16** |
| **Супесок** | 20-10 | **20—24** | **21—30** | **16—18** | **18—22** | **20—24** | **12,0-14,0** | **14,0—16,1** | **16-20** |
| **Песок средний ....** | **10—5** | **24-30** | **25—35** | **18—22** | **22—24** | **24—27** | **14,0-15,5** | **16,0-19,0** | 20—22 |
| **Песок крупный . . .** | **<5** | **30—35** | **35—40** | **22—24** | **24—27** | **27—30** | **—** | **—** | **22—2^** |

При всех прочих равных условиях выбор одного из двух зна­чений расстояний, указанных в таблице, зависит от следующих местных условий:

1. величины испарения — южные склоны испаряют больше, чем северные, и потому на первых дренаж может быть реже;
2. уклона местности — при больших уклонах дренаж может быть реже;
3. положения дрен по отношению к грунтовому потоку — при поперечном положении дрены могут быть реже, так как они лучше захватывают воду, чем при продольном положении.

Другие авторы\* пытаются установить зависимость расстояний между дренами от величины гигроскопичности почвы (Брейтен- бах, Роте) или ее удельной поверхности. По существу, это тоже показатели механического состава, но лишь в другом выражении.

Следует отметить, что все приведенные выше зависимости носят эмпирический характер и определены на основе оценки работы хозяйственных дренажей. При установлении теоретических зави­симостей необходимо будет считаться со строением и трещинова­тостью естественных почв, их агрегатным составом и динамикой агрегатности.

Влияние дренажа на почвенные процессы. Производственное значение дренажа заключается в том, что под влиянием его из­меняется направление и темпы почвенных процессов, от которых зависит плодородие почвы. В первую очередь изменяется водный режим и в почву начинает поступать больше воздуха, улучшается аэрация. В силу этого анаэробные процессы подавляются, а раз­витие аэробных усиливается. Окислительные процессы и выщела­чивание могут существенно изменить реакцию почвы. Наконец, большая сухость дренированной почвы может привести к некото­рому растрескиванию ее, образованию структурных отдельностей, что резко изменит влагоомкость почвы и ее фильтрационную спо­собность. Эти изменения еще недостаточно изучены эксперимен­тально.

В течение 1927—1932 гг. нами велось изучение почвенно-динамических процессов на дренированных гончарными трубами полях Бутырского хутора под Москвой. Почвенный покров представлен здесь среднеподзолистыми оглеенными суглинками на грубой валунной бескарбонатной морене, частично перемытой. Залегает участок на нижней трети склона в предвершинной ложбине речек Каменки и Останкинского ручья, в силу чего уклоны поверхности здесь незначительны, порядка 0,0015, и не обеспечивают поверхностного стока. Грунтовые воды в среднем держатся на глубине 1,3—1,5 м, но во влажные периоды поднимаются близко к поверхности и вредят развитию растительности. Питание грунтовых вод происходит главным образом за счет атмосферных осадков, но отчасти и за счет ]рунтового потока, стекающего с более высоких элементов водораздела.

Исследования проведены на хозяйственном дренаже глубиной 1,2 м, при расстояниях между дренами в 20 м и длине дрен 80 м, и в большей части на опытном участке, расположенном на соседнем поле.

Опытный участок площадью около 7,5 га имел девять вариантов дренажа с различными глубинами закладки дрен (1,2,1,0 и 0,7 м) и расстоянием между дренами (10, 20 и 30 м). Длина дренажных линий 100 м.

Основным методом исследования было сравнение хода процессов у самих дрен и посередине между дренами, на расстоянии 15 м от них. За период наблюдений количество осадков за год колебалось от 295,5 (сухой год) до 597,8 мм (влажный год). Ниже приводятся результаты исследования.

**Режим влажности.** Систематические наблюдения за режимом влажности по всему почвенному профилю показали, что динамика ее в течение лета локализуется в наших условиях главным образом в двух поверхностных горизонтах Ах и А2 и лишь в незначительной мере и периодически захватывает гори­зонты на глубине 50—60 см. Это видно на следующих кривых хода влажности по горизонтам (рис. 100).

Сравнение влажности у дрен и посередине между дренами показало, что у дрен она ниже на 0,5—2%. При этом различий в поведении влажности в сухие и влажные годы не отмечалось. В противоположность этому на Приладожской опытно-мелиора­тивной станции наблюдались резкие различия в соотношениях влажности в сухие и влажные периоды, а именно: во влажные периоды недренированные участки были влажнее дренированных, в сухие периоды, наоборот, дренированные участки оказались влажнее, чем недренированные. Это видно из таблицы 122.

Таблица 122

Влажность почвы при различных глубинах дренажа в засушливые и влажные

годы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика условий** | **Влажность почвы (в %)** | | |
| **без дре­нажа** | **при глубине дренажа (в м)** | |
| 0,6 | 1,0 |
| **Засушливые годы** | 6,8  **19,0** | **13,7**  **17,3** | **16,6**  **17,3** |
| **Влажные »** |
|  |

Следовательно, режим влажности на дренированном поле оказывается гораздо более устойчивым и благоприятным, чем на недренированном.

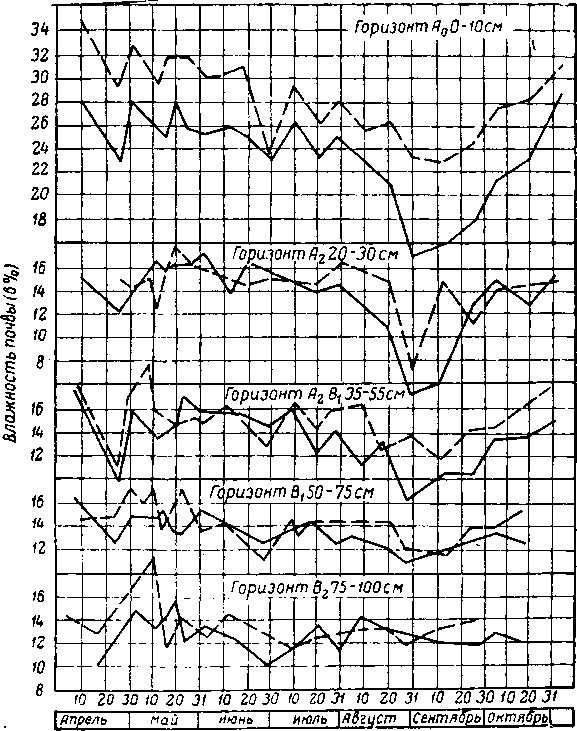
Влажность почвы на участках с дренажем, заложенным на разной глубине, была следующая:

1. запасы воды, полезной для растений, при мелком дренаже оказались не меньшими, чем при глубоком, как во влажные, так и в сухие периоды;
2. весенний спад влажности почвы при мелком дренаже про­исходит быстрее, чем при глубоком (рис. 101).

В целом благоприятное влияние на водный режим дренажа проявилось в том, что весной поле раньше освобождалось от воды, раньше начиналась вспашка и сев, осенью хорошо отра­стала отава, тогда как на недренированном участке отавы не было. В результате вегетационный период удлинялся на 10—14 дней.

**Изменение физических свойств.** Под влия- нием^изменения режима влажности почвы должны изменяться и

ее физические свойства — главным образом структурность и водопроницаемость. Широко распространено мнение, что \*под влиянием осушения почва приобретает трещиноватость, коллоиды

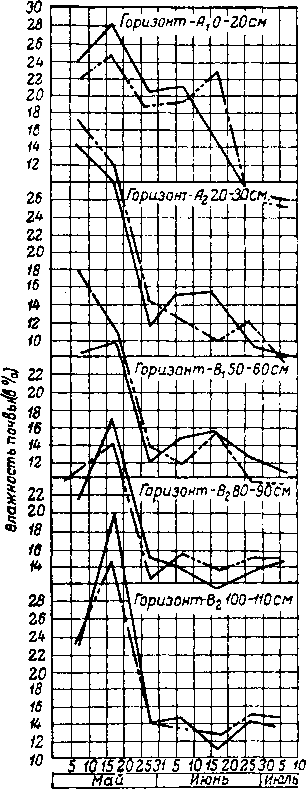


условные обозначения. **-— -** Дренированный учосток недренированныи

Рис. 100. Режим влажности почвы на дренированном и недре- нированном участках.

ее коагулируют и в общем почва становится более водопроницаема и лучше поглощает воду. С другой стороны, наблюдения показали, что дренаж со временем начинает работать хуже. Это явление склонны объяснять передвижением к линии дрен коллоидных частиц и закупоркой пор почвы.

По обоим этим Вопросам, однако, мало наблюдений, и эти Важные явления требуют дальнейшего тщательнога изучения.

**Биологический ре­жим.** Биологическая деятель­ность почвы характеризуется нами по данным о ходе про­цесса нитрификации. Сравнение этого хода у дрен и посередине между дренами показало, что по среднему уровню нитрифика­ции существенных различий здесь нет, однако качественно ход нитрификации в различных условиях дренированности раз­личен: при наличии дренажа ход нитрификации в течение вегета­ционного периода сравнительно плавный, без дренажа он харак­теризуется скачками вверх и вниз. Кроме того, в условиях недостаточного дренирования не-

***Глубина дренажа 120см***

***Условные обозначения- Средина между дренами*** У ***арены***

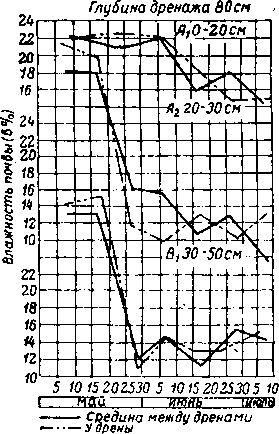


Рис. 101. Весенний спад влажности на глубоком и мелком дренаже.

устойчивость хода биологических процессов отмечается периоди­ческим появлением в почве аммиака, что свидетельствует о недо­статочной энергии окислительных процессов. Количественно эти явления показаны на рисунке 102.

Все эти явления могут вредно отражаться на раз­витии растений.

Весьма любопытно, что невыравненность хода био­логических процессов за­регистрирована только на глубоком дренаже, на мел­ком же она не отмечена. Это обстоятельство хорошо увязывается с описанным выше наблюдением о том, что мелкий дренаж быстрее освобождает почву от из­бытка воды, чем глубокий.

4Ц,0

43.0

42.0

41.0

40.0

9.0

8.0

1. 60
2. <\*>0

*3.0*

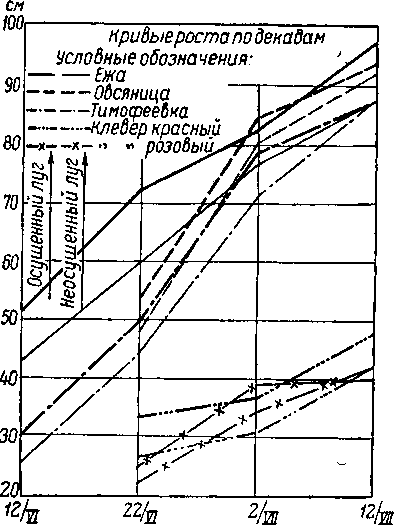
1. *<.0*

*О*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 1\_.  1  Л  У |  | **Условные обозначения**.  —— ■ **У дрен**  **Средина**  **между**  \_\_ **дренами**  **Не дрени­ровано** | | |
| — | 1  II |  |
| — |  | **1** |  |  |
|  | **1** | \ |  |
|  | Г | V |  | Г | —— \х |  |
|  | ( | \_\ |  |  | Л |  |
|  | п | Г \ |  | \тт |  | 'чЧ |
|  | **1** |  |  | **тт** |  |  |
|  | и | V 1 | . |  |  |  |
|  | **у** |  |  | **1** |  |  |

15/ V 31/У 26/VI 40/VII 20/VIII 27/1Х 2Ч/Х

**Рис. 102. Кривые накопления аммиака (в миллиграммах на 1 кг почвы) в различ­ных условиях дренированности.**



**Рис. 103. Влияние дренажа на рост трав.**

Потери нитратов с дре­нажными водами в обычных условиях культуры неве­лики (не превышают 1 — 2 кг азота с гектара в год), а иногда и вовсе отсут­ствуют. Потери могут воз­расти лишь на паровых по­лях, где потребление нит­ратов растениями отсут­ствует, а фильтрация может быть увеличена.

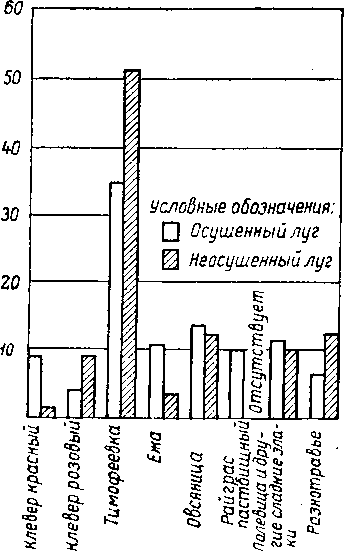
**Изменение реак­ции почвы.** Изучение актуальной кислотности (величины pH) в течение трех лет на одних и тех же точках дает возможность отметить общую тенденцию увеличения кислотности почвы вод влиянием дре­нажа на величину 0,2— 0,4 pH.

Причина этого явления заключается в увеличении при дренаже выноса из почвы оснований, главным образом кальция. Анализы дренажных вод и подсчет показывают, что за год таким образом может те­ряться до 80 кг кальция с гектара. Отсюда следует,

**300**

что дренаж подзолистых почв, кислых уже в своем **ИСХОД­НОМ** состоянии, следует сочетать с известкованием или гипсова­нием, чтобы избежать отрицательного влияния кислотности на урожай.

Внесение в почву при дренаже кальция в обеих названных формах весьма полезно и потому, что он может улучшить фильтра­ционную способность почвы в 2—9 раз против исходного со- % стояния. Очевидно, что уве­личение фильтрации повысит эффективность дренажа.



**Рис. 104. Состав растительности в мо­мент укоса.**

**Влияние дренажа на растительность.**

Наблюдения в течение двух лет за состоянием и разви­тием искусственной травяной смеси на дренированном и недренированном поле позво­лили установить следующие различия: а) на дренирован­ном поле развитие расти­тельности начиналось на 7—

10 дней раньше и рост рас­тений был более мощным (рис. 103). Осенью после укоса на дренированном лугу быстро наступало отрастание отавы, тогда как на недрени­рованном участке этого не наблюдалось; б) состав расти­тельности резко изменяется (рис. 104) — на недрениро­ванном участке совершенно выпадает райграс пастбищ­ный, почти выпадает клевер красный, сильно развивается разнотравье и клевер розовый. Общее смеси оказывается неблагоприятным.

**изменение состава траво-**

Ориентировочные кратковременные наблюдения за ур8жай- ностью ржано-пшеничного гибрида на делянках с разной глуби­ной закладки дренажа и при разных расстояниях между дренами не дали возможности констатировать ясных преимуществ дренажа глубокого и частого (1,2 X 10 м) по сравнению с дренажем мелким и редким (0,7 X 30 м). Это обстоятельство заставляет признать, что для условий, аналогичных изучавшимся, при дальнейших исследованиях следует обратить особое внимание на дренаж сравнительно мелкий и редкий, как на форму наиболее дешевую и легкую для осуществления.

Варабинская низменность представляет собой Обь-Иртышский водораздел, лежащий между 54 и 57° северной широты (около 400 км) и 74 и 83° восточной долготы (около 500 км), рассекаемый почти посередине Сибирской магистралью от Омска до Новоси­бирска. Площадь ее около 12,5 млн. га.

Основной чертой всей Барабы являются чрезвычайно неболь­шие уклоны и общая слабость как поверхностного, так и внутрен­него (подземного) стока. Например, участок железной дороги Омск — Татарск на протяжении около 130 км лежит в пределах отметок 105—110 м, с уклонами порядка 0,0008. Участок железной дороги Татарск — Славгород на протяжении около 300 км лежит в пределах отметок 107—111 м, причем уклоны здесь составляют около' 0,0003. Весь этот юго-западный район не имеет поверхност­ного стока в р. Иртыш, так как отгорожен от нее барьером с высотными отметками порядка 115—139 м. Значительно боль­шими уклонами обладает склон к р. Оби. Здесь хорошо выражены древние террасы, из которых третья возвышается над меженью на 30—40 м, а вторая на 10—15 м.

Рельеф Барабы своеобразен: на севере он совершенно ровный, а на северо-востоке для него характерно широкое развитие блю­дец диаметром до 100 м, иногда сплошь занимающих как водораз­делы, так и склоны. Для центральной и юго-западной Барабы особенно характерен так называемый гривный рельеф. Эти гривы представляют собой плоские возвышения, созданные деятельно­стью ледниковых вод и вытянутые с северо-востока на юго-запад. Гривы сложены более легким материалом (40—60% частиц менее 0,01 мм), а межгривные понижения — более тяжелым (до 84% таких частиц).

Геологически Варабинская низменность рассматривалась до недавнего времени как обширная и очень плоская впадина, вы­полненная в основном морскими третичными соленосными гли­нами, иногда близко подступающими к поверхности земли. За такие морские отложения в особенности принимали плотные серые и синие засоленные глины, залегающие в восточной части Барабы на глубине 10—30 м, в центральной Барабе на 8—15 м и на юге на 3—5 м. К этим глинам приурочены обычно и минерализованные грунтовые воды.

В настоящее время взгляд на отложения Барабинской низ­менности, как на морские, можно считать окончательно отвергну­тым.

Варабинская (также и Кулундинская) котловины рассматри­ваются, как выполненные целиком континентальными осадками, а именно, ледниковыми, северными и флювиогляциальными, при­несенными с юга Алтайскими оледенениями, подпертыми на севере (около Самарово) большим Сибирским ледником. В этой подпертой, бессточной области в течение ряда оледенений акку-

мулировались не только твердые осадки, но и воднорастворимые соли, возникавшие в процессах выветривания. Это соленакопле- ние, повидимому, особенно энергично шло в некоторые межледни­ковые эпохи с жарким сухим климатом и пустынным типом вы­ветривания.

Схема геологических напластований Барабы имеет, по Право- славлеву, следующий вид.

1. Кровля из бурых лессовидных суглинков и неправильно слоистых супесей. Есть погребенные почвы. Типичны наземные образования мощностью 30—40 м и более. Лессовидный характер до 2 м. В механическом составе 36—56% частиц менее 0,01 мм. Ниже залегают плотные желто-бурые или серо-золеные глины, являющиеся ложем первого горизонта грунтовых вод. Таких слоев глины несколько, и они горизонтально перемежаются с пе­ском.
2. Толща рыхлых неправильно- и перекрестно-слоистых песков болотно-речного типа, мощностью 30—40 м.
3. Синевато- и зеленовато-серые глины, пресноводные, с рас­тительностью болот. Мощность более 150—170 м от уреза р. Оби.

Только ниже этой свиты, по Кучину, на глубине 300—400 м, залегают подлинно морские глины.

В Барабинской низменности различают четыре основных типа грунтовых вод:

1. воды со значительным содержанием углекислых солей каль­ция и магния, при незначительном содержании СГ и ЭО'';
2. воды, богатые щелочными бикарбонатами (содой), с незна­чительным содержанием кальция и магния;
3. галлоидные воды с содержанием 4—14 г С1г на 1 л;
4. галлоидно-сульфатные воды, содержащие 6 г СГ и 6 г **БО''** на 1 л.

Два первых типа вод особенно отчетливо указывают на кон­тинентальный источник их засоления. Наибольшая пестрота состава засоления грунтовых вод присуща верхней 30-метровой толще пород.

Общая степень засоления закономерно изменяется таким об­разом, что на севере и северо-востоке преобладают воды пресные, тогда как на юго-западе 30—40% скважин дают соленую воду.

В периоды оледенений вся Бараба, повидимому, представляла единый бассейн. После последнего оледенения и, следовательно, с устранением северного ледяного подпора произошло оконча­тельное формирование русел рр. Оби и Иртыша, понижение базиса их эрозии и соответственно этому орографическое расчленение самой площади Барабы. Это расчленение привело к формированию здесь трех основных орографических единиц, а именно: 1) северо­северо-западной, представляющей собой бассейны рр. Тары и Оми, притоков Иртыша; 2) небольшого восточного массива сравнительно крутых склонов к р. Оби; наконец, 3) всей южной половины Барабы, представляющей собой замкнутый бассейн оз. Чаны с впадаю­щими в него речками Каргат, Чулым и Баган, а также других более мелких озер.

В пределах Барабинской низменности, по направлению с се­вера на юг, отмечается большое разнообразие климатических условий и растительности.

На юге количество осадков составляет 250—300 мм, в средней полосе 300—400 мм. На севере количество осадков возрастает до 500 мм. Растительность на юге степная. Средняя полоса пред­ставляет собой типичную лесостепь с березовыми колками. В се­верной части начинают преобладать лес и мхи.

Соответственно этим изменениям основных почвообразователей, почвы Барабы представлены черноземами на юге и подзолистыми почвами с типичными гипновыми и сфагновыми болотами на се­вере.

Специфической чертой почвенного покрова Барабы, вытекаю­щей из ее геологического прошлого, является частое совмещение заболачивания и засоления. На юге нередки открытые солончако­вые болота, по мере же движения на север заболоченные простран­ства хотя и опресняются сверху, тем не менее содержат в ряде слу­чаев воднорастворимые соли в своих более глубоких горизонтах. Поэтому Барабу справедливо определяют как переходную солон­чаково-болотную зону.

Второй особенностью Барабинской низменности является исклю­чительно широкое развитие солонцовых почв всякого рода, а имен­но: слабосолонцеватых, типичных солонцов с количеством погло­щенного натрия до 50—60% емкости поглощения и, наконец, солодей. Наличие этого рода почв позволяет заключить, что в на­стоящий период времени Бараба переживает фазу выщелачивания на значительной части своей территории, что связано с расчлене­нием ее на отдельные геоморфологические области, получающие лучшие условия дренирования.

Общее соотношение площадей различных типов почв в Ба­рабинской низменности характеризуется следующими цифрами (табл. 123).

Из этой таблицы видно, что незасоленныо болотные почвы, главным образом гипновые и частью сфагновые, занимают 38,2%. Расположены они в основном в верховьях рр. Тары и Оми.

Засоленные почвы всякого рода и почвы солонцовые состав­ляют 24,3% площади Барабы и занимают ее центральную часть. Взаимное расположение этих типов почв исключительно пестрое, но в общем солонцовые почвы залегают на территориях относи­тельно (хотя и слабо) дренированных, тогда как солончаковые почвы приурочены к замкнутым, очень плоским, бессточным по­нижениям.

В настоящее время в Барабе можно выделить следующие основные почвенно-мелиоративные и геоморфологические районы (рис. 105).

1. Подзолисто-болотный, охватывающий весь бассейн р. Тары, верховья р. Оми и левые притоки р. Оби. Это территория сплош­ного распространения преимущественно гипновых и частью сфагновых болот. Плоские повышения заняты подзолистыми поч­вами. Засоления нет, кроме местных луговых известковых акку­муляций.

**Таблица 123**

Размер площадей, занимаемых различными типами почв **(по Б. Ф. Петрову)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Почвы** | **Площадь** | |
| **в тыс. га** | **в %** |
| **Подзолистые** | **1 180,0** | **10,0** |
| **Лугово-черноземные и луговые .** | **1 279,7** | **10,9** |
| **Осолоделые и солоди.** | **525,3** | **4,6** |
| **Торфяно-болотные** | **4 465,2** | **38,2** |
| **Черноземы** | **1 295,2** | **11,0** |
| **Солонцы и солончаки** | **2 294,2** | **19,7** |
| **Аллювиальные** | **191,3** | **1,6** |
| **Итого** | **И 230,9** | **96,0** |
| **Под водой** | **506,7** | **4,0** |
| **Всего** | **И 737,6** | **100** |

1. Бассейн р. Оми в ее среднем и нижнем точении почти сплошь занят слабосолонцеватыми почвами, повидимому, эволюциони­рующими в сторону дальнейшего остепнения. Отдельными мас­сивами расположены черноземы, особенно западнее широты ст. Чаны. Солончаковые площади занимают наименее дренированные территории, повидимому, еще не успевшие связаться с общей гидрографической сетью р. Оми.
2. Плоский, почти безуклонный и недренированный равнин­ный водораздел бассейна р. Оби и оз. Чаны, простирающийся вдоль железной дороги от ст. Чаны до Обского склона.

Этот геоморфологический район характеризуется почти сплош­ным распространением солонцовых почв всех степеней солонце- ватости. По понижениям мезорельефа широко развиты болотно­солончаковые образования. В целом район может рассматриваться как территория широкого природного рассоления и остаточных солонакоплений.

1. Бассейн оз. Чаны и высохших озер Сумы-Чебаклы и Абыш- кан естественно подразделяется на два подрайона:

а) обширные склоны от Обского плато к оз. Чаны, рассеченные речками Каргат, Чулым и^Баган. Это район начавшегося осуше­ния и рассоления. Поскольку, однако, речки эти недостаточно

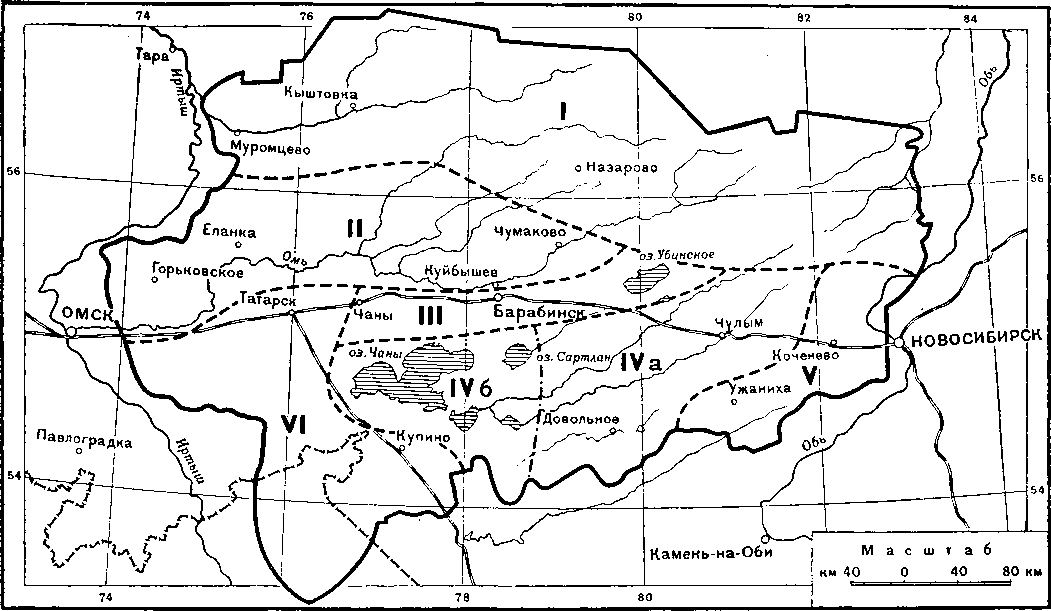


Рис. 105. Схема геоморфологических районов Барабинской низменности.

развили свои русла и далеко еще не вовлекли в орбиту своего гидрографического влияния междуречные пространства, по­стольку здесь сохранились заболоченные и засоленные простран­ства, повидимому, преимущественно остаточного характера сме­шанного кальциево-натриевого засоления;

б) котловины озер Чаны, Сартлан, Урюм и др. и район дельт вышеназванных речек. Это область продолжающейся современной аккумуляции воды и солей. Поэтому здесь, наряду с широким развитием солонцовых почв, приобретают громадное распростра­нение типичные солончаки и солончаково-болотные почвы, при­том, повидимому, преимущественно натриевого типа.

1. Район Обского склона наиболее хорошо дренирован и поэтому здесь господствуют незасоленные почвы: на юго-востоке черноземы, на северо-востоке подзолистые. Солонцово-солонча­ковые и заболоченные территории широко представлены только на Обских террасах (Колывань, Новосибирск).
2. Район очень пологого Иртышского склона занят об­ширными площадями черноземов и одновременно солонцеватых почв.

В целом Барабинскую низменность по степени ее дренирован­ное™ можно охарактеризовать следующими ориентировочными цифрами:

1. хорошо дренированные территории (обский склон) — 3%;
2. слабодренированные территории (бассейн рр. Тары, Оми, Каргата, Чулыма, Багана) — 85%;
3. полностью недренированные (дельты внутренних рек и котловины озер) — 12%.

В настоящее время наиболее актуальным мелиоративным объек­том в Барабе является ее центральная часть, где развито интен­сивное молочное животноводство. Основным кормовым фондом здесь служат болотно-солончаковые и лугово-солончаковые пло­щади, требующие мелиораций.

Крупные осушительные работы, направленные на улучшение поверхностного стока в реки, были начаты здесь еще в 80-х го­дах прошлого столетия (экспедиция Жилинского), однако, в ряде случаев они дали неблагоприятный результат. А. И. Хаинский, производивший почвенные исследования в Барабе в 1912—1913 гг. по этому поводу пишет: «Обширные мероприятия по осушению болот Барабы во многих случаях вызвали превращение высох­ших болот в солончаки.

Почвы же лесных лугов с осушением в свою очередь стали засоляться, процесс засоления в гривных почвах усиливается еще благодаря интенсивному уничтожению лесов. Неоднократно встречались и такие явления, когда лес стал погибать в силу за­соления местности.

Причины указанных явлений заключаются в том, что неко­торые из этих болот значительно засолены уже в своем исходном состоянии.

На основании этого и других данных следует признать, что для типичных засоленных болот метод простого осушения путем сброса поверхностных вод нельзя признать рациональным и прием­лемым с хозяйственной точки зрения. [[41]](#footnote-41)

КОЛХИДСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ

Колхидской низменностью называют часть побережья Черного моря в низовьях рр. Суисы, Риона, Хопи, Ингура и их притоков. Низменность лежит в области влажных субтропиков с количеством осадков около 1500 мм в год.

Поверхностными породами Колхиды являются преимуществен­но суглинистые и глинистые делювиально-аллювиальные отло­жения, выносимые с гор, окаймляющих долину с востока. Только на самом западе, в приморской полосе, они сменяются непосред­ственно береговыми отложениями моря. Подстилаются эти су­глинки всюду песками с магнитным железняком. Мощность пес­ков значительна и бурениями не пройдена. Характер и мощность покрывающих суглинков закономерно изменяются в направле­нии с запада на восток; в западной части, до горизонтали 2 м от­ложения наиболее тяжелые илистые, но мощность их невелика и не превышает 3 м; на восток от этой горизонтали мощность суглинков выше 3 м, а по механическому составу они более легки.

Господствующим типом растительности в условиях влажного субтропического климата является лесная и луговая, соответ­ственно чему основными направлениями почвообразования здесь являются подзолообразование и дерновый процесс. Причем, в силу местных гидрологических условий (осадки, геоморфология и топография, гидрогеология), здесь имеются условия избыточ­ного увлажнения, соответственно чему значительное распростра­нение приобретает болотный процесс почвообразования. Таким образом, в целом Колхида оказывается подзолисто-болотной областью влажных субтропиков.

Почвы Колхиды представлены следующими категориями:

1. Речной современный аллювий.
2. Почвы повышенной предгорной части равнины:

а) слабоподзолистые; б) подзолистые; в) перегнойно-карбо­натные.

1. Почвы низких междуречных долин: а) приморские пес­чаные; б) примитивные приречные аллювиальные; в) аллювиаль- но-оглеенные; г) подзолисто-глеевые; д) дерново-глоовые; е) коль- матационные; ж) плавневые; з) подзолисто-глеевые сильно за­болоченные; и) иловато-болотные; к) аллювиально-болотные; л) дерново-глеевые сильно заболоченные; м) торфяно-болотные осоковые и н) то же, сфагновые.

Торфяные почвы в Колхиде занимают три крупных массива (13,7 тыс. га, или 7%) в низовьях междуречья Рион—Хопи и вокруг оз. Палеостон. Происхождение этих торфяников связано, неви­димому, с зарастанием мелководных бассейнов. Торф, значительно разложившийся, достигает мощности 15—16 м, пропитан водой, часто неустойчив.

Иловато-болотные почвы залегают преимущественно до гори­зонтали 2 м и характеризуются следующими показателями: иссле­дованная толща около 1,2 м представляет собой тонкий вязкий ил сизовато-ржавых тонов, перемешанный с полуразложившимися остатками травяной и древесной растительности. Водные свой­ства этих илов, повидимому, чрезвычайно плохи. В природе вода подолгу задерживается на поверхности таких почв, при определе­нии же водопроницаемости в лаборатории в трубках за 2 суток не наблюдалось просачивания почти ни одной капли воды. Влаго- емкость почвы весьма значительна. Химические анализы пока­зали для некоторых разрезов довольно большую кислотность (pH до 5,5) и заметные количества закиси железа.

Все эти признаки говорят о резко выраженных явлениях заболачивания, создаваемых, главным образом, поверхностными затоплениями.

Следующий район, расположенный выше по рельефу, занят комплексом подзолисто-заболоченных почв. Здесь мы имеем дело уже с достаточно выраженными подзолистыми процессами в сово­купности с резкими явлениями заболачивания, проявляющимися в оглеении горизонтов почти уже с поверхности. Накопление органического вещества незначительно, около 3%. Карбонаты вымыты на глубину 30—70 см. По механическому составу почвы не так тяжелы и содержат физической глины от 30 до 50%. Грун­товая вода залегает на глубине около 1,5 м.

В более высоких частях района залегают подзолисто-глеевые почвы с лучше выраженными чертами подзолистого процесса, с более слабыми признаками заболачивания в виде оглеения глубоких горизонтов. По механическому составу это тяжелые почвы с 46—51% физической глины. Явления заболачивания опреде­ляются здесь только временными застоями ливневых вод.

Еще выше и ближе к горам развиты подзолистые почвы без заболачивания.

Минеральные почвы по степени их заболоченности и необхо­димой интенсивности осушения могут быть ориентировочно раз­биты на три следующие группы:

1. — слабозаболоченные й незаболоченные;
2. — среднезаболоченные;
3. — сильнозаболоченные.

Методы мелиорации Колхидской низменности разнообразны й во многих случаях должны применяться комплексно.

Одной из основных мелиоративных задач для Колхиды является устранение затоплений из рек. Эта задача решается двумя спо­собами: 1) обвалованием берегов рек и 2) кольматированием низ­менности до уровней, превышающих отметки паводков.

Обвалование рек в основном закончено. Опытный кольматаж осуществлен на значительной площади.

Следующим мероприятием должно быть урегулирование ливне­вых вод, скатывающихся в изобилии с гор по руслам на низмен­ности.

Далее,- как на источник заболачивания можно указать на обильные атмосферные осадки.

В условиях Колхидской низменности в течение 10 месяцев в году осадки значительно превышают испарение и часто носят ливневый характер. Максимальный, отмеченный в Поти, ливень дал за сутки 200 мм осадков. Осадки свыше 70 мм в сутки наблю­даются в среднем три раза в год.

При полной недостаточности поверхностного стока, в силу ничтожно малого уклона и наличия западин, а также очень пло­хой водопроницаемости почв, воды осадков нередко покрывают почвы на длительный срок.

Отсюда следует, что задачей мелиорации здесь является уско­рение поверхностного стока, что может быть достигнуто устрой­ством системы открытых канав на расстоянии 100—200 м одна от другой. На межканавных пространствах должны устраиваться «квали», т. е. выпуклые гряды шириной 3 м и высотой 40—60 см.

Для слабозаболоченных и незаболоченных почв достаточной окажется только водосборная сеть, для среднезаболоченных необходимо совмещение водосборной сети и квалей.

Что касается сильнозаболоченных почв, то названный комплекс мероприятий пригоден лишь для периода первоначального освое­ния, но недостаточен для обеспечения полного развития многолет­них культур и получения высоких и устойчивых урожаев.

Водосборная сеть и квали сбрасывают большую часть поверх­ностных вод, однако совершенно недостаточно обезвоживают толщу почв, принадлежащих к третьей мелиоративной группе, для того, чтобы обеспечить в них нормальное развитие корневых систем растений и течение физико-химических и биологических процессов окисления. При этом нужно учитывать, что с течением времени процент сбрасываемой квалями воды уменьшается, вслед­ствие невозможности поддерживать их непрерывно в состоянии идеальных гидравлических условий для стока, а также улучше­ния физических свойств почвы и, следовательно, увеличения ее фильтрационной способности.

Таким образом, квали нужно рассматривать, как обязательное мероприятие для первоначального периода освоения, но недоста­точное для получения устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Высказывавшееся предположение о том, что дренаж в гли­нистых заболоченных почвах Колхиды не будет работать, должно быть полностью отклонено. [[42]](#footnote-42) Практика показала, что он работает здесь, как обычно на осушаемых минеральных почвах, давая су­щественное обезвоживание почвенной толщи при модулях стока от десятых долей секундо-литра и до 10 секундо-литров.

По сравнению с квалями эффективность дренажных сооружений более высока. При этом необходимо учитывать, что работа дренажа постепенно будет улучшаться одновременно с улучшением физи­ческих свойств почвы.

Для первых лет эксплуатации абсолютный эффект дренажных сооружений, за исключением, может быть, наиболее густо рас­положенных (через 5 м), должен быть признан недостаточным. Поэтому для почв третьей группы необходимо совмещение дре­нажа и квалей, тем более, что нет никакой необходимости загру­жать дренаж пропуском через него всей массы поверхностных вод.

Такое совмещение квалей и дренажа обеспечит наиболее быстрое улучшение свойств почвы, совершенно нормальное раз­витие корневой системы культур и полную эффективность агро­технических мероприятий на сильнозаболоченных землях.

Земли этой группы расположены по преимуществу в запад­ной части Колхиды, наиболее ценной по климатическим условиям для разведения субтропических культур.

В этой зоне водосборной сети должно быть придано такое рас­положение и размеры, чтобы она обеспечивала дренажный сток без подпоров дренажных сооружений.

Вопрос об орошении в Колхиде может возникнуть, невиди­мому, лишь в трех случаях: 1) при плохой агротехнике и поверх­ностном распространении корней, когда водный режим стано­вится неустойчивым; 2) при очень высокой агротехнике и при желании получить рекордные урожаи, когда необходимо совер­шенно уйти от случайностей неравномерного естественного увлаж­нения; 3) при возделывании культур огородного типа, высеваемых несколько раз в год и развивающих корневые системы преи­мущественно в верхнем пахотном горизонте.

Необходимо, однако, помнить, что орошение в Колхиде может дать положительный эффект лишь на фоне хорошего дренажа.

В настоящее время орошение различных культур целесообразно подвергнуть широкому опытному изучению.

В заключение необходимо отметить роль интенсивного осуше­ния и дренажа для обеспечения зимостойкости субтропических культур.

Как известно, в Колхиде наиболее влажным периодом явля­ются август — сентябрь. В этот период субтропические куль­туры часто начинают второй цикл вегетации, и молодые ветви, не успев одревеснеть, идут в зиму и обмерзают. Это вредно от­ражается на урожайности культуры.

Для того чтобы предотвратить вторую вегетацию, необходимо хорошо осушить почвы, что может быть достигнуто, по крайней мере для почв третьей категории, только совмещением всех эле­ментов осушительных сооружений, а именно — водозаборов, квалей и дренажа.

ПОЧВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ  
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Всякому проектированию осушительных систем должно пред­шествовать почвенно-мелиоративное обследование территории.

На основе почвенных исследований решаются следующие основные мелиоративные задачи: 1) устанавливают принципиаль­ные схемы мелиораций, требующиеся для типов почв, имеющих место на данной территории; 2) на основании этого выбирают для мелиорации лучшую по почвенным условиям площадь, удовлет­воряющую поставленным народнохозяйственным требованиям;

1. устанавливают почвенные расчетные элементы, необходимые для технического проектирования и эксплуатации системы;
2. дают сельскохозяйственную характеристику почв и, если нужно, растительных ассоциаций.

Основные схемы мелиораций определяются прежде всего условиями водного питания заболоченных почв: грунтового

безнапорного, напорного, атмосферного, делювиального, аллю­виального. Соответственно этому первой задачей почвенных исследований является возможно более полное установление условий заболачивания каждого контура почв данной террито­рии на основе геоморфологического, гидрогеологического и топо­графического анализа. Торфяные почвы исследуются всегда во всей толще торфяной залежи до минерального дна, минераль­ные заболоченные почвы — по крайней мере до 3—5 м глубины.

Почвенными показателями для установления расчетных эле­ментов осушения являются степень заболачивания (оглеение и оторфование) и водные свойства почвенной толщи. Возможно подробнее должны быть охарактеризованы степени оглеения почв по горизонтам и степени их оторфования. Одновременно необ­ходимо определить все формы кислотности (обменную, гидроли­тическую, актуальную), что даст основу для расчета химических мелиораций (известкование, гипсование).

Фильтрационные свойства почв являются основным расчетным элементом при проектировании дренажных сооружений. Они могут быть частично охарактеризованы механическим и агрегатным анализом минеральных почв, степенью разложения и ботаническим составом торфяных почв. Лучше, однако, характеризовать филь­трационные свойства почв прямыми определениями на монолитах или в поле методом откачек или по X. А. Писарькову из наблюде­ний за грунтовыми водами.

Скорости впитывания воды в почву при разных влажностях являются основой для расчета величин поверхностного стока, и потому они также должны быть определены.

Для уяснения проектного (после осушения) режима влажности почвы необходимо определить ее предельную влагоемкость, величину и характер водоотдачи. Так как обычно проектная глу­бина уровня грунтовой воды лежит в пределах 80—120 см, то предельную влагоемкость и водоотдачу следует определять для колонн этой мощности с уровнем грунтовой воды внизу. Величина предельной влагоемкости (П) даст характеристику запаса воды по горизонтам почвы, остающуюся после осушения. При сопостав­лении с величиной порозности (Р) она характеризует аэрацию почвы. И, наконец, нижняя часть графика предельной влагоемкости даст характеристику высоты и степени насыщенности капиллярной зоны.

Параллельно, определения скорости капиллярного поднятия будут характеризовать условия подпитывания грунтовыми водами корнеобитаемой зоны и возможности регулирования влажности почвы методом шлюзования осушительной сети. Водоотдача должна быть определена но только суммарно, как разность Р—П, но и в форме кривой водоотдачи во времени. Наконец, весьма важно установить для основных почвенных разностей суточные и сезон­ные величины потерь на испарение с поверхности почвы при раз­ных состояниях поверхности поля и влажности почвы, соответ­ствующих, по возможности, условиям проектируемого севооборота. Эти определения следует сделать или в поле на площадке, или в лаборатории на монолитах (какие возможно).

Для характеристики агрономических свойств почв следует произвести обычные определения количества питательных эле­ментов и установить тип и степень разложения торфа. Исследо­вания последних лет показали, что в некоторых торфах (и, по- видимому, в других кислых почвах) для нормального развития культурных растений не хватает так называемых микроэлементов (марганец, бор и др.) и среди них особенно часто меди; поэтому испытания на микроэлементы для заболоченных почв также необ­ходимы.

В качестве графического материала в результате почвенных исследований должна быть дана карта генетических типов и разностей почв, карта почвенно-мелиоративных районов и от­дельные наиболее существенные почвенно-гидрогеологические про­фили.

Кроме заболоченных почв описанных выше тип< в, осушитель­ные мелиорации осуществляются в ряде случаев на болотах

минерализованных или засоленных, т. е. содержащих в себе вредные воднорастворимые соли, а также в поймах степных рек, также часто засоленных. Во всех этих случаях нужно детально исследовать характер засоления, чтобы получить необходимые показатели для рационального регулирования солевого режима почвы.

*Г ЖАВ Л VII*

ЗОНЫ СТЕПНОГО, СОЛОНЦОВОГО И СОЛОНЧАКОВОГО ТИПОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Общая характеристика. Область степного, солонцового и солончакового почвообразования формируется в континенталь­ных частях зоны умеренного и субтропического климата, где годовая сумма осадков оказывается всегда меньше суммы по­терь на испарение, т. е. в условиях отрицательного водного баланса.

В Советском Союзе эта область занимает громадное простран­ство степей и полупустынь от западной границы с Румынией до Дальнего Востока и от южной границы подзолисто-болотной об­ласти до границы с Афганистаном и Ираном, в Средней Азии и Закавказье.

В почвенном отношении область разбивается на следующие почвенные зоны, начиная с севера на юг: 1) зона черноземов; 2) зона каштановых и бурых почв и 3) зона сероземов.

С этими зонами почв степного типа почвообразования зако­номерно совмещаются почвы солонцового и солончакового типов следующим образом: в черноземной зоне, в специфических гео­морфологических и топографических условиях, появляются солонцы и редко солончаки; в каштаново-бурой зоне солонцовые почвы становятся равнозначным с каштановыми почвами компонентом почвенного покрова, а в ряде случаев даже преобладают; со­лончаки здесь все еще относительно редки; в зоне сероземов равнозначным с ними или часто преобладающим компонентом почвенного покрова становятся солончаки, а солонцы встре­чаются лишь спорадически. Таким образом, по общему ха­рактеру почвенного покрова область можно разбить на три зоны, а именно: 1) черноземную с незначительным участием

солонцов, 2) каштаново-солонцовую и 3) сероземно-солонча­ковую.

В мелиоративно-хозяйственном отношении эти три зоны также существенно различны. Черноземная зона является зоной искон­ной культуры пшеницы и сахарной свеклы без орошения; оро­шение в прошлом применялось здесь лишь на отдельных незначительных участках огородных и садовых культур. Кашта­ново-солонцовая зона является также пшеничной и вместе с тем наиболее подверженной периодическим засухам и неурожаям; оро­шение здесь было развито также крайне слабо. [[43]](#footnote-43) Сероземно­солончаковая зона является зоной исконного орошения и раз­вития таких специфических ценных культур, как хлопчатник, рис, виноград и др. В наше время орошение в этой зоне интен­сивно развивается и совершенствуется, что позволило, в частности, обеспечить Советский Союз своим хлопком.

ЧЕРНОЗЕМНАЯ ЗОНА

Черноземные почвы. Черноземы — наиболее типичные почвы степного типа почвообразования. Они распространены в северной части степной области и развиваются при несколько большем ко­личестве осадков, чем каштановые почвы.

Существенная черта черноземов — их значительная гумус- ность. Ясно окрашенные гумусом горизонты распространяются обычно до глубины 60—80 см, а иногда достигают 100 и 120 см. Весовое количество гумуса колеблется от 4,5 до 10—12%; ка­чественно это преимущественно гумусовые соединения.

По количеству гумуса, мощности гумусовых горизонтов и другим морфологическим признакам различают следующие раз­новидности чернозема (Глинка): выщелоченный; мощный, или тучный; обыкновенный, или средний; южный, или бедный; приазовский, или предкавказский.

Первые четыре разновидности последовательно сменяют одна другую по направлению с севера на юг. Распределение и количе­ство гумуса в них показано в таблице 124.

**Таблица 124**

Количество гумуса в различных черноземах

Весовой процент гумуса

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **выщелочен­ный чернозем** | **мощный**  **чернозем** | **обыкновенный**  **чернозем** | **южный**  **чернозем** | **предкапказ- ский черно­зем** |
| **1—5** | **8,0** | **10,5** | **7,0** | **4,5** | **4,0—6,0** |
| **20—25** | **6,5** | **9,0** | **5,5** | **3,0** | **Окрашен** |
| **40—45** | **5,0** | **7,5** | **4,0** | **1,5** | **часто** |
| **60—65** | **3,5** | **6,0** | **2,5** | **1,0** | **до** |
| **80-86** | **2,0** | **4,5** | **1,0** | **0,5** | **140 см** |
| **110—120** | **0,5** | **1,5** | **0,5** | **—** |  |

Из этой таблицы видно, что для черноземов характерно весьма равномерное и постепенное уменьшение количества гумуса книзу.

Одним из существенных следствий большой гумусности чер­ноземов является их хорошая зернистая структура, прочно сце­ментированная органическим веществом и слабо размокающая в воде. Примерное соотношение структурных элементов в черно­земной почве приводится в таблице 125.

**Таблица 125**

Характер структурных элементов в черноземе

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Разновидности**  **черноземов** | **Размеры зерен (в мм)** | | | | | | | **0,25 и менее** |
| **10—7** | **7-5** | **5—3** | **3—2** | **2—1** | **1—0,5** | **0,5—**  **0,25** |
| **Мощный** | **0,44** | **2,40**  **1,19** | **15,02**  **13,50** | **19,80**  **12,20** | **31,95**  **35,33** | **12,63**  **14,98** | **8,10**  **11,12** | **10,10**  **11,24** |
| **Выщелоченный ....** |

Здесь около трети зерен обладает размером 1—2 мм. Следствием структурности черноземов являются особо бла­гоприятные водно-воздушные их свойства, выражающиеся в боль­шой предельной влагоемкости (рис. 106) и одновременно значи-

Влатость(6%)

***0 5 10 15 20 25 30 35***

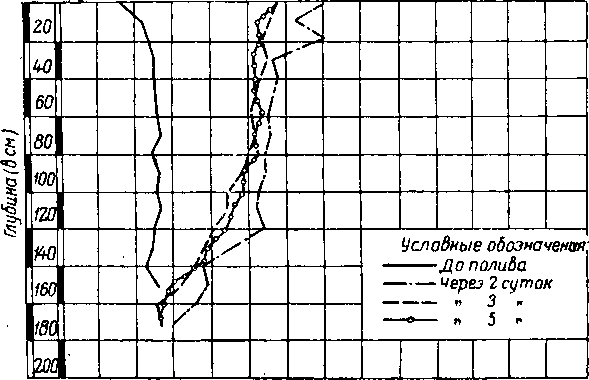


Рис. 106. Предельная влагоемкость южного чернозема.

тельной порозности (табл. 126), хорошей водопроницаемости и аэрации.

Высокая предельная влагоемкость почвы определяется пропи­тыванием водой тонкокапиллярной массы структурных отдель­ностей, а водопроницаемость и аэрация создаются наличием межструктурных полостей и ходов. Эти водно-воздушные свой­ства являются особо благоприятными как с общей сельскохозяй­ственной, так и специально мелиоративной точки зрения.

Объемный вес и порозность чернозема Каменностепной опытной станции (по А. Ф. Лебедеву)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Горизонты и глубины (в см)** | **Объемный**  **вес** | **Порозность (в %)** |
| **Горизонт А** |  |  |
| **0—10** | **1,16** | **56** |
| **10—20** | **1,12** | **58** |
| **20—30** | **1,24** | **53** |
| **Горизонт В** |  |  |
| **30—40** | **1,24** | **53** |
| **40—50** | **1,37** | **49** |
| **50—60** | **1,34** | **49** |
| **Горизонт Bi** |  |  |
| **60—70** | **1,44** | **46** |
| **70—80** | **1,44** | **46** |
| **Горизонт G** |  |  |
| **80—90** | **1,59** | **41** |
| **90—200** | **1,64** | **39** |

Из числа названных выше разновидностей худшей и наименее прочной структурой обладают черноземы южные и предкавказ- ские.

Другие важные в мелиоративном отношении признаки типичных черноземов следующие: воднорастворимые соли обычно вымыты на значительную глубину (4—5 м) и количество их не превышает 0,1% (табл. 127). Гипс встречается часто с глубины 2—3 м, а

**Таблица 127**

Водная вытяжка (3-минутная) из тучного (мощного) чернозема Тамбовской опытной станции (в процентах, по Л. И. Прасолову)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Составные элементы** | **Горизонты (в см)** | | | | | |
| **1—5** | **20—25** | **40—45** | **60—65** | **80—85** | **100—110** |
| **Сухой остаток** | **0,091** | **0,090** | **0,079** | **0,082** | **0,089** | **0,085** |
| **Общая щелочность: в НСО£ . . .** | **0,018** | **0,019** | **0,017** | **0,019** | **0,040** | **0,047** |
| **Si02** | **0,006** | **0,007** | **0,005** | **0,004** | **0,003** | **0,004** |
| **СГ** | **Нет** |  |  | **Следы** | |  |
| **SO?** | **0,002** | **0,002** | **0,001** | **0,001** | **0,001** | **0,001** |
| А120з **+ Fe203** | **0,004** | **0,003** | **0,003** | **0,003** | **0,003** | **0,002** |
| **CaO** | **0,013** | **0,012** | **0,014** | **0,017** | **0,027** | **0,026** |
| **MgO** | **0,003** | **0,003** | **0,002** | **0,003** | **0,002** | **0,003** |
| **Сумма K20 + Nao0** | **0,012** | **0,013** | **0,009** | **0,011** | **0,010** | **0,011** |

известь выщелочена на 50—100 см. Перемещения по профилю полуторных окислов (железа и алюминия) обычно не наблю­дается.

Бескарбонатность черноземов, с мелиоративной точки зрения, должна рассматриваться, как некоторый отрицательный признак, так как при орошении известь является существенной защитой от разрушения поглощающего комплекса и структуры, а с другой стороны, при возможном засолении, хотя бы и слабом, она яв­ляется буфером, затрудняющим развитие солонцеватости.

Поглощающий комплекс черноземов насыщен главным образом кальцием с небольшим участием (10—20% от емкости) магния. Общая емкость поглощения гумусных горизонтов значительна, в среднем она составляет около 50 м.-экв., а в ряде случаев дости­гает 95 м.-экв.; в нижних горизонтах емкость опускается до 20— 30 м.-экв.

Оценивая перечисленные признаки черноземов с мелиоратив­ной точки зрения, нужно признать, что типичные черноземы являются безупречным объектом орошения.

Однако орошение может разрушить структуру чернозема, и потому при орошении таких почв необходимо применение соот­ветствующих агротехнических мероприятий (посев трав, умень­шенные нормы полива, дождевание и пр.) для поддержания и восстановления структуры.

Южные черноземы обладают несколько худшими физическими свойствами (меньшая структурность) и меньшей выщелоченностыо воднорастворимых солей, появляющихся здесь часто уже на глу­бине 1,5—2 м.

В ряде частных случаев, при особых условиях залегания, в черноземах (особенно южных) развивается солонцеватость и даже возникают типичные солонцы, преимущественно содовые.

Черноземная зона представляет обширную территорию, про­стирающуюся от юго-западных границ Советского Союза до верховьев р. Амура. Северная граница черноземов проходит на западе примерно около 50, а за Волгой по 55 парал­лели.

По общему характеру гидрогеологических условий и самого почвообразования (а следовательно, и с мелиоративной точки зрения) черноземную зону можно подразделить на две части: а) лежащую в европейской части Советского Союза и б) залегаю­щую на равнине Сибири.

Черноземная зона европейской части СССР. Почвы этой зоны развиваются вообще на разнообразных материнских породах (делювий, древний аллювий — террасы рек, элювий коренных пород), но господствующую роль здесь играют так называемые лессы (до р. Волги).

Лессы — это своеобразная рыхлая порода, характеризующаяся в своем типичном выражении следующими признаками: 1) не- слоистостью в вертикальном разрезе; 2) значительной пористостью

(поры часто имеют вид трубочек); 3) высокой карбонатиостыо (10—20% СаС03); 4) однородностью механического состава,

с резким преобладанием (до 70—80%) частиц пыли диаметром от 0,05 до 0,005 мм; 5) палево-желтым цветом; 6) хорошо выражен­ной способностью удерживаться (при достаточной плотности) в вертикальных обрывах; 7) хорошей водопроницаемостью.

Мощность европейских лессов значительна и часто превышает 10 м.

Вопрос о происхождении лессов остается до настоящего вре­мени окончательно невыясненным. Наиболее существенными можно считать следующие гипотезы.

1. Эоловая гипотеза происхождения европейских лессов, наи­более подробно развитая акад. Тутковским. Сущность ее сводится к следующему. Над надвигавшимся с севера ледником господ­ствовал антициклон и, следовательно, воздушные токи (ветры) направлялись главным образом с севера на юг. Опускаясь вниз, токи нагревались, высушивали и развевали предледниковые осадки. Грубые песчаные элементы оставались на месте, а тонкая пыль уносилась на юг, где постепенно оседала и образовывала ту породу, которую называют лессом.

В настоящее время эта гипотеза имеет немного сторонников: во-первых, самые условия возможности развевания достаточно сложны и трудно доказуемы; во-вторых, ряд существенных свойств самих лессов не оправдывается гипотезой. К таким свойствам относится наличие в ряде случаев в толще лессов валунов, а также обычно теснейшая связь лессовых толщ с подстилающими их породами, например моренами.

1. В настоящее время наиболее приемлемой гипотезой про­исхождения лессов является представление об отложении лес­совых пород из ледниковых вод. Воды сортировали измельченный ледниковый материал и затем, широко разливаясь по равнинной территории юга Советского Союза, не имевшей еще в то время вполне разработанных речных долин, всюду в области медленных течений и разливов отлагали только тонкую пыль, которая, по­степенно оседая, и образовала сравнительно однородную толщу лессов.

С точки зрения этой гипотезы затруднительно, однако, объ­яснить характерную для лессов рыхлость и порозность, обычно не свойственные водным наносам.

1. Л. Берг выдвинул мысль о том, что в вопросе о происхождении лессов следует различать два момента, а именно: а) процесс от­ложения породы и б) процесс приобретения этой породой свойств лесса. Наблюдения в природе показывают, что в подходящих условиях почти все породы — глинистые, суглинистые и даже супесчаные, коренные, делювиальные и аллювиальные — могут приобрести характер типичных лессов. Такими условиями яв­ляются выветривание и почвообразование в условиях сухого и жаркого климата. Существо самих этих процессов остается еще недостаточно выясненным, но в основном, повидимому, оно свя­зано с насыщением поглощающего комплекса кальцием. С этой точки зрения южнорусские лессы могут быть признаны породами, отложившимися из ледниковых вод и позднее изменившимися в условиях сухого климата в сторону приобретения лессового характера.

Существенными мелиоративными чертами южнорусских лессов являются их относительно слабая засоленность воднорастворимыми солями и хорошая водопроницаемость. Слабая засоленность связана с происхождением лессов из малозасоленных коренных пород, разрушавшихся ледником. Имевшееся все же незначитель­ное количество солей выщелочено из верхних слоев лесса, бла­годаря достаточному количеству осадков и хорошей его водопро­ницаемости.

Поглощающий комплекс лессов считается обычно насыщенным главным образом кальцием. Однако глубокие слои лессов слабо исследованы в этом отношении. Имеющиеся данные дают основа­ние считать, что с глубиной увеличивается доля участия в составе поглощенных катионов магния. На некоторой глубине, повидимому, не исключено участие и поглощенного натрия.

Грунтовые воды на территориях с залеганием лесса обычно находятся на глубине более 15—20 м. По химическому составу они могут быть как пресными, так и солоноватыми.

В значительном числе случаев зеркало грунтовых вод имеет ясно выраженный уклон, отвечающий общим уклонам местности, и потому здесь следует признать наличие грунтового потока.

Для значительных территорий черноземной зоны европей­ской части Советского Союза является характерным сильное раз­витие овражной сети. Овраги, достигая значительной глубины, дренируют местность. С этой точки зрения овражная сеть яв­ляется благоприятным мелиоративным признаком, так как исклю­чает возможность поднятия здесь грунтовых вод при ороше­нии. Однако в ряде случаев рост овражной сети приобрел угро­жающий характер, ^'неотложной мелиоративной задачей являет­ся их закрепление. Дренажные свойства их от этого не стра­дают.

Наряду с описанным характером местности в черноземной зоне встречаются плоские широкие бессточные водоразделы. Для них характерно широкое развитие местных неглубоких понижений. В северной части зоны центры такцх понижений часто покрыты осиновыми кустами с заболоченными и оподзоленными почвами, вокруг же них располагаются кольцом комплексы луговых солон­цовых почв. На юге Украины такие понижения носят название «подов». Площади их значительны, заняты комплексом луговых, часто солонцеватых почв. Грунтовые воды здесь повышены и имеют затрудненный отток.

Такие водораздельные пространства не вполне благоприятны с мелиоративной точки зрения. Орошение может вызвать на таких землях заболачивание, а сами почвы частично нуждаются для улучшения их физических свойств в химизации.

Кроме водоразделов и подов, солонцовые комплексы, преиму­щественно с содовыми солонцами, в черноземной зоне часто встре­чаются в области древних и современных речных долин, а также на шлейфах склонов к ним. Эти пониженные территории часто являются наиболее доступными и, следовательно, первоочеред­ными объектами орошения. Однако почвенный покров и гидро­геологические условия здесь менее благоприятны, и мелиоратив­ная оценка их оказывается более низкой, чем это установлено для типичных (идеальных) черноземов.

Черноземная зона Сибири. Черноземы Сибири вообще, и Западно-Сибирской равнины особенно, занимающие обширные пространства, существенно отличаются от европейских по следую­щим основным мелиоративным признакам:

нет типичных лессовых отложений. Материнскими породами являются суглинки и глины (реже супеси), лишь в верхней части приобретающие признаки лессовидности. Вследствие этого водные свойства этих пород здесь хуже, чем у лессов;

солевой состав пород также значительно хуже, чем лессов. Как общее правило, породы Сибири уже с небольших глубин сильно соленосные. Это обстоятельство объясняется близким подстиланием третичных солсносных морских осадков и общей очень слабой дренированностыо сибирских равнин, способство­вавшей процессам континентального соленакопления;

черноземные степи то плоские, то увалистые, обычно очень слабо обеспечены стоком. Здесь нет развитых овражных систем и часто обширные области представляют собой местные замкну­тые водосборы с озерами и болотами в центре;

соответственно этому грунтовые воды здесь часто подни­маются довольно близко к поверхности (до 2—3 м) и при этом обычно соленые. Оттока грунтовых вод или нет или он очень слаб. Поэтому здесь даже ледниковые отложения часто соленосны (Бараба, Кулунда), так как солям некуда было выще­лачиваться;

в полном соответствии с описанными условиями почвообра­зования, для зоны сибирских черноземов характерно широкое развитие солонцеватых разновидностей черноземов, солонцов и местами солончаковых (содержащих воднорастворимые соли на небольших глубинах — 70—90 см) почв. В ряде районов комплекс­ность настолько сильно выражена, что типичные черноземы по площади играют подчиненную роль.

Оценивая все эти условия с мелиоративной точки зрения, необходимо отметить, что орошение сибирских равнин в ряде случаев будет создавать угрозу быстрого подъема минерализо­ванных грунтовых вод и, следовательно, вторичного засоления. При этом засоление, повидимому, часто будет натриевым и по­следующая мелиорация таких почв потребует химизации.

Признавая типичные черноземы первоклассным объектом оро­шения, следует различать в пределах черноземной зоны три основ­ных типа их залегания: 1) хорошо дренированные склоны, где орошение не создает угрозы засоления и лишь диктует некоторые агротехнические приемы, способствующие поддержанию струк­туры; 2) бессточные равнины и плоские, водоразделы с широко развитыми солонцовыми комплексами; 3) области шлейфов, скло­нов и речных долин также с солонцовыми комплексами. Послед­ние два типа залегания черноземных почв в мелиоративном от­ношении стоят значительно ниже первого и в каждом частном случае проектирования орошения требуют тщательного исследо­вания.

КАШТАНОВО-СОЛОНЦОВАЯ ЗОНА

Непосредственно южнее черноземов распространены каштано­вые и далее на юг бурые почвы.

Отношение бурых почв к сероземам, с одной стороны, и к каш­тановым — с другой, до настоящего времени не установлено с полной ясностью ни в смысле генетической их связи, ни в отно­шении географического распространения. Л. И. Прасолов на своей почвенной карте относит бурые почвы в одну группу с се­роземами. Наоборот, К. Д. Глинка хотя и выделяет бурые почвы в самостоятельную группу, однако при описании почвенных зон объединяет их с каштановыми, чем признает, очевидно, их близ­кую родственную связь. С практической мелиоративной точки зрения мы считаем более удобным объединить бурые почвы с каш­тановыми. Основанием к этому служит как солевой режим этих почв, так и обычное проявление в них солонцеватости. Поэтому ниже мы и будем рассматривать бурые и каштановые почвы как одну зону.

Каштановые и бурые почвы являются более южными, чем черноземы, представителями степного типа почвообразования. Они развиваются в условиях несколько более сухого климата (ориентировочно 150—350 мм осадков), чем черноземы. Соответ­ственно этому растительный покров здесь более слабый, он короче вегетирует и оставляет после отмирания меньшую массу органи­ческих остатков для гумусообразования.

Количество гумуса в бурых почвах составляет около 2%, а в каштановых — около 3,5—4,5%, поднимаясь иногда до 5%. По степени гумусности различают светлобурые и темнобурые почвы, а среди каштановых — светлокаштановые, каштановые и темнокаштановые разновидности. Степень гумусности в общем воз­растает с юга на север. В каштановых почвах гумусовый горизонт ясно выделяется по своей окраске, мощность его составляет 30— 40 см и как максимум достигает 60 см. В бурых почвах гумусовый горизонт обычно окрашен слабо и с трудом отличим по этому при­знаку от других горизонтов.

В каштановых почвах гумусовый горизонт часто обладает ясно выраженной комковатой структурой, тогда как бурые почвы обычно бесструктурны, пылеваты.

Поглощающий комплекс типичных каштановых почв насыщен кальцием и частично магнием и, следовательно, обладает высокими качествами с сельскохозяйственной и мелиоративной точек зре­ния. Общая емкость поглощения каштановых почв измеряется 25—30 м.-экв. Однако такие типичные почвы встречаются в при­роде сравнительно редко.

Характерной и широко развитой чертой каштановых почв является их солонцеватость, химически выражающаяся в при­сутствии натрия в поглощающем комплексе, а морфологически проявляющаяся в наличии непосредственно под гумусовым гори­зонтом уплотненного бурого горизонта В.

Количество поглощенного натрия может быть различным (обычно от 5 до 20% к общей емкости поглощения), и хотя часто не достигает значений, непосредственно вредных для растений, тем не менее физические свойства таких почв всегда ухудшаются, и потому этот признак является отрицательным и с сельскохозяй­ственной и с мелиоративной точек зрения.

Степень солонцеватости в общем закономерно изменяется следующим образом: она слаба в темнокаштановых почвах, на­растает в каштановых, максимально выражена в светлокаштановых и обычно вновь заметно падает в бурых почвах. Таким образом, по признаку солонцеватости наиболее отрицательными в мелио­ративном отношении являются области распространения светло- каштановых почв.

По степени выщелоченности перечисленные почвы распреде­ляются в правильный убывающий ряд от темнокаштановых к бурым. Ориентировочно можно принять следующие глубины залегания воднорастворимых солей (в количестве более 0,2%): темнокашта­новые почвы — в конце второго метра от поверхности, каштано­вые — во втором метре, светлокаштановые — в конце первого метра и бурые почвы — уже в первом полуметре. В солонцева­тых разностях всех почв солевой горизонт, как правило, подни­мается ближе к поверхности.

Оценивая глубины залегания воднорастворимых солей с сель­скохозяйственной и мелиоративной точек зрения, можно отметить следующее: в темнокаштановых и каштановых почвах залегание солей таково, что оно практически не влияет на нормальное раз­витие растений. Подъем солей вверх при орошении без прямого подпора уровня грунтовых вод или невозможен, или во всяком случае сильно затруднен. В светлокаштановых почвах солевые горизонты уже могут вредить глубоко коренящимся культурам. Подъем солей вверх при увлажнении возможен, хотя и затруднен. В бурых почвах солевые горизонты настолько близки к поверх­ности, что нормальное развитие корневых систем здесь несомнен­но затруднено. Подъем солей вверх при увлажнении может осуществляться здесь достаточно легко.

Таким образом, по признаку засоления наименее удовлетво­рительным объектом являются бурые почвы, а также солонцева­тые разности светлокаштановых почв, солевые горизонты в ко­торых поднимаются на ту же высоту, как и в бурых почвах. Если, однако, учесть, что солонцеватые светлокаштановые почвы, кроме воднорастворимых солей, содержат в себе еще и поглощенный натрий, по сумме этих обоих признаков наихудшим сельско­хозяйственным и мелиоративным объектом в рассмотренном ряду почв нужно признать светлокаштановые солонцеватые почвы.

Известь (СаС03) обычно выщелочена из верхних горизонтов как каштановых, так и бурых почв. Это наблюдается на большей части территории Европейской части Советского Союза и Сибири. Такое положение с мелиоративной точки зрения является отри­цательным по двум причинам: 1) отсутствие извести понижает устойчивость структуры почвы при орошении и 2) облегчает раз­витие солонцового процесса как при подъеме солей снизу, так и при использовании для орошения солоноватой воды.

Каштановые и бурые почвы занимают обширную область, как в Европейской, так и в Азиатской части Советского Союза. Северная граница зоны может быть намечена по таким пунктам: Крымский перешеек, Сталинград, далее за р. Урал по 50 параллели через Актюбинск и Казалинск на Семипалатинск, за которым зона уже деформируется горными массивами. Ширина зоны **с** севера на юг в степных областях достигает 600—700 км.

Несмотря на громадную протяженность зоны по широте и долготе, здесь можно отметить ряд общих существенных мелио­ративных черт.

Важнейшие из них следующие.

1. Почти на всем протяжении зоны почвообразование протекает на породах не лессового характера. Так, на побережье Черного и Азовского морей почвообразующей породой яв;гупотся шоколад­ные глины послетретичного возраста, но неопределенного проис­хождения; в Поволжье широчайшее распространение имеют осадки Каспийской трансгрессии и так называемые сыртовые глины; в Сибири почвообразование идет преимущественно на продуктах выветривания третичных пород и частью на ледниковых отло'же- ниях.

Все эти породы, по сравнению с лессами, характеризуются, как общее правило, меньшей карбонатностыо и рыхлостью и часто значительно большей соленосностью своих толщ. Признаки эти очень существенны не только с точки зрения почвообразования вообще, но и в прямом мелиоративном отношении.

Каштановые и бурые почвы на лессе широко распространены только в Юго-Восточном Казахстане (бывшее Семиречье) и ча­стью на Северном Кавказе. Соответственно этому общий характер почвенного покрова оказывается здесь более однородным и более высокого качества.

1. Господствующим типом рельефа каштановой и бурой зон является плоская или слабо волнистая равнина, со слабым поверх­ностным стоком. Ввиду относительно незначительного количе­ства осадков и слабо расчлененного рельефа поверхностные водо­токи в виде овражных и балочных систем здесь слабо развиты. В противоположность этому часто широко представлены замкну­тые плоские впадины, являющиеся местными водоприемниками поверхностного стока. Это так называемые лиманы и поды, превра­щающиеся иногда, при достаточной глубине их, в более или менее постоянные мелкие озера и разливы.
2. Грунтовые воды каштаново-солонцовой зоны большей частью глубокие в своем первобытном состоянии, примерно 6—20 м и более от поверхности земли, но, как общее правило, они обладают весьма слабым оттоком или даже совершенно бес- сточны. Они обычно засолены и нередко значительно (более 5 г солей на 1 л). В силу этого при орошении в рассматриваемой зоне чаще всего приходится считаться с вероятностью быстрого подъема уровня грунтовых вод к поверхности.
3. Самой важной чертой почвенного покрова зоны является боль­шая его пестрота, или так называемая солонцовая комплексность. Основными элементами, слагающими этот комплекс, являются со­лонцы, солонцеватые почвы, лиманные почвы и частью солончаки.

В основной части зоны весьма редко можно встретить сколько- нибудь значительные массивы сплошного залегания каштановых и бурых почв — основных почв зоны. Обычно они испещрены пятнами солонцов и солонцеватых почв, которые занимают редко 10%, а чаще 25—50 и даже 75% всей площади. Поэтому данная зона с одинаковым правом может называться «солонцовой зоной».

Самый характер солонцовых почв и их мелиоративная оцен­ка были подробно рассмотрены нами выше.

Кроме солонцов, иногда существенную пестроту в почвенный покров вносят лиманы. Общая схема почвенного покрова области лимана имеет следующий вид: центральная часть лимана занята темноцветной, гумусной, почвой, развивающейся под воздействием луговой растительности. Благодаря весеннему избыточному увлаж­нению эти почвы обычно выщелочены от воднорастворимых солей, но одновременно они часто солонцеваты. В естественном своем состоянии лиманы являются луговыми угодьями, но нередко рас­пахиваются под посевы без орошения. Грунтовые воды под лима­нами всегда повышены по сравнению с окружающей степью, но одновременно и опреснены. Орошение лиманов может давать хорошие результаты, однако при непременном условии исклю­чения поднятия уровня грунтовых вод. Поднятие же этого уровня осуществляется здесь быстро благодаря повышенному исходному его положению и полной бессточности.

По периферии лимана нередко располагается узкая полоса солончаковых почв, а далее более широкая зона солонцов и со­лонцовых почв. Последние постепенно переходят в нормальные каштановые или бурые почвы. При наличии многих лиманов, рас­положенных недалеко друг от друга, солонцовые зоны их могут сливаться между собой, и тогда «нормальные» почвы сохраняются лишь пятнами или даже полностью исчезают.

На основании изложенного можно установить следующий об­щий принцип мелиоративной оценки рассматриваемой зоны.

Зона характеризуется комплексностью почвенного покрова. В состав комплекса могут входить почвы степного типа почво­образования (каштановые и бурые), солонцы, лиманные почвы и солончаки. Сельскохозяйственная и мелиоративная ценность их различна. Поэтому долей участия в почвенном покрове каждой разновидности, или, вообще говоря, степенью комплексности, и определяется в каждом частном случае ценность той или иной территории в пределах зоны. Наибольшая комплексность свой­ственна подзоне светлокаштановых почв; к северу, в области каштановых и темнокаштановых почв, и к югу, в области бурых почв, комплексность уменьшается.

Учитывая всю сумму охарактеризованных выше свойств зоны, а именно — ее географические, топографические, гидрогеологи­ческие и, наконец, почвенные условия, нужно констатировать, что в целом это довольно сложный объект мелиоративного исполь­зования. Исключением могут являться лишь области предгорных лессовых равнин.

Заволжье. На громадном протяжении в 650 км с севера на юг, от Куйбышева до Каспийского моря, залегают последовательно следующие почвенные зоны: черноземная, каштановая, солон­цовых комплексов и бурая (рис. 107). По условиям залегания здесь следует различать три основные области: а) область сыртов, б) область Каспийской низменности и в) область речных террас р. Волги и ее притоков. ч

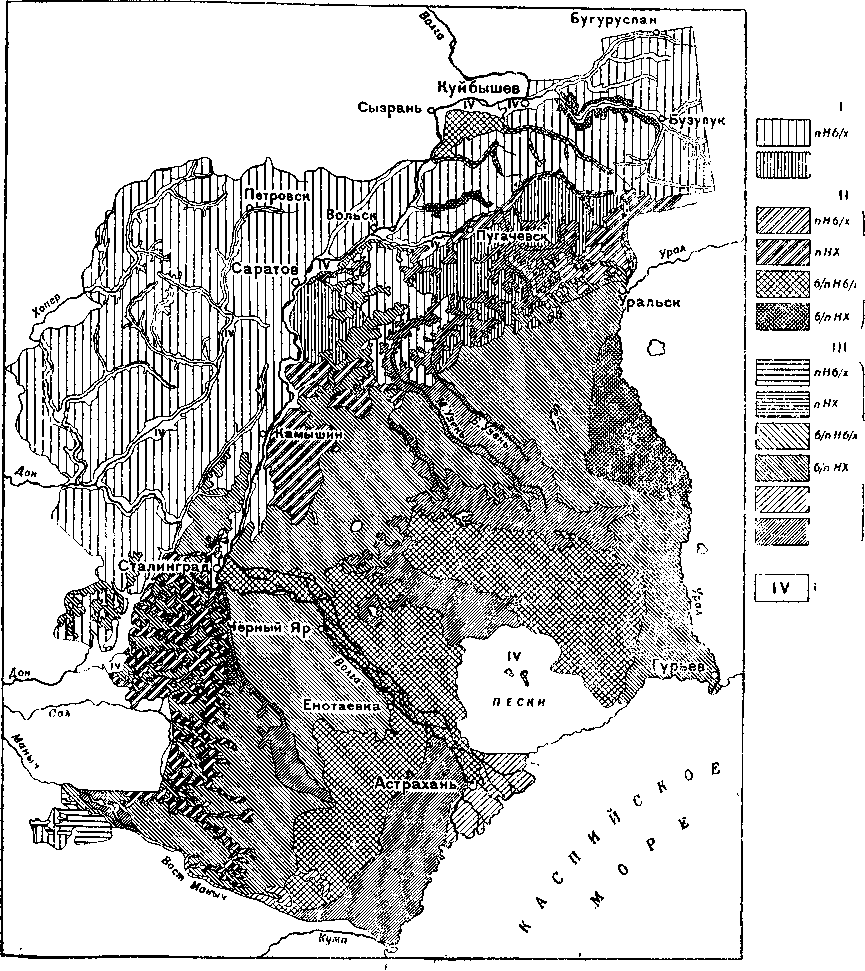
**Область сыртов.** Областью сыртов называют воз­вышенную волнистую равнину, занимающую все пространство между р. Волгой на западе, возвышенностью общего сырта на востоке, р. Самаркой на севере и примерно широтой устья р. Еру- слана на юге. Общее падение сыртовой равнины на запад, к Волге, и с севера на юг примерно от 170 до 40—30 м над уровнем моря.

Сырты сложены желто-бурыми неслоистыми глинами с угле­кислой известью континентального происхождения, связанного, повидимому, с ледниковыми водами. Они расчленяются по глу­бине на следующие слои, начиная сверху (Ф. П. Саваренский):

1. желто-бурые глины, иногда рыхлого элювиального харак­тера. Мощность на водоразделах до 30 м;
2. глины коричнево-бурые, мощность до 20—25 м;
3. глины красно-бурые, иногда переходящие книзу в пестрые и зеленовато-серые. Мощность 10—15 м;
4. глинистые слоистые подсыртовые пески.

Механический состав сыртовых отложений вообще тяжелый.

Количество частиц меньше 0,01 мм составляет 50—75%. В юго- западной части (западнее меридиана, проходящего через Красный

УСЛОВНЫЕ

Количество солзй в метровом слое 0,2-0,5%

► Допуснает солеустсйчивыо | сорта культур при специ­альной агротехнике

М а с ш т а 6

км 50 О 50 100 «м

**Рис. 107. Карта засоления и солонцеватости почв Поволжья.**

ОБОЗНАЧЕНИЯ

**группа**

(

Количество солей о метровом слое меиое 0,2% Допускает все культуры

**группа**

**руппа**

Количество солеи в метровом слое более 0,5% >Г1еред посевом культур не­обходимы предварительные промывки солей

\ б/л Ь Ь/х | б/л Ь X

IV группа

Почвы непригодные для орошения

Примечание л -потон грунтовы\* вод б/л - без потока

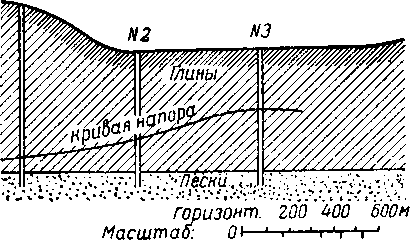
^-глубина залегании грунтовых вод >5« б - глубина залегания грунтовых вод < 5 м б/д - без химизации X - химизации

Кут) сырты опесчанены и местами здесь на поверхность выходят пески. Сложение сыртовых глин плотное, фильтрационная способ­ность их мала.

Сыртовые отложения засолены сульфатами и хлоридами. Од­нако поверхностные слои их выщелочены, причем это выщелачива­ние на севере достигает глубины 2,5—3 м, тогда как на юге оно не превышает 1 м. В нижних горизонтах количество солей дости­гает 2%. Вообще несколько больше выщелочены западные опо- счаненные сырты.

Основной постоянный горизонт грунтовых вод лежит в подсыр- товых песках на севере на глубине до 55 м и на юге до 15 м. Мощ­ность водоносного горизонта 3—10 м, уклон его с севера на юг около 0,0004. Часто отмечается напор, достигающий высоты 30 м.

***N1***



вертим. ю 101530/1

Рис. 108. Кривая напора грунтовых вод в Заволжье (Саваренский).

На севере водоносный горизонт (пески) поднимается до 60 м абсолютной высоты и прорезывается рр. Иргизом и Камеликом, которые, таким образом, дренируют его. Наоборот, на юге ру­сла рр. Большого и Малого Узеней, а также Еруслана лежат выше песчаной толщи и потому скорее питают ее водой.

Эти основные грунтовые воды обычно засолены, количество солей в них достигает 30—50 г на 1 л. В составе солей преобладают хлориды.

Весьма важной чертой местных грунтовых вод является слабая их горизонтальная подвижность, что видно из следующих на­блюдений Ф. П. Саваренского.

В 1915 г. им были заложены 3 скважины к северо-западу от г. Новоузенска близ с. Лаптевки: одна на гребне узкого сырта, про­стирающегося от водораздела к востоку в сторону долины Большого Узеня на отметке 56,59 м, вторая у подножья склона этого сырта на отметке 43,43 м и третья на середине балки (Сербинской), рас­ширяющейся ниже с. Лаптевки в широкую долину, сливающуюся с террасой р. Большого Узеня на отметке 44,88 м (рис. 108).

Все три скважины прошли толщу глин и на отметке 15—16 м встретили водоносный горизонт песков, воды которого обладали

различным качеством и различной высотой напора, что видно из приводимых ниже данных (табл. 128)

Таблица 128

Изменение напора и минерализации грунтовых вод по элементам рельефа

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Местоположение скважины, ее дебит** к **химический состав воды** | **№ 1**  **йа бугре** | **№ 2 у под­ножья бугра** | **№ 3**  **в долине** |
| **Абсолютная отметка устья (в м)** | **56,59** | **43,43** | **44,88** |
| **» » водоносного. .** |  |  | **14,90** |
| **горизонта (в м)** | **15,85** | **15,77** |
| **Вода встречена на отметке (в м) . .** | **15,85** | **15,77** | **19,36** |
| **Напор (в м)** | **3,44** | **8,30** | **10,67** |
| **Абсолютная отметка уровня напора** |  |  |  |
| **(вм)** | **12,29** | **24,07** | **30,00** |
| **Дебит (в л/сек)** | **Незначи­**  **тельный** | **150** | **360 •** |
| **Плотный остаток (в мг на 1л)....** | **8 544** | **4686** | **591** |
| **С1' (в мг на 1 л)** | **3 480** | **1984** | **26** |
| **80д (в мг на 1 л)** | **931** | **365** | **44** |

Как видно из таблицы 128, грунтовая вода под дном балки обладала значительным напором и дебитом и была совершенно пресной, тогда как под бугром напор и дебит были незначительны, а минерализация сильная [[44]](#footnote-44).

В силу малой водопроницаемости сыртовых глин для них ха­рактерно, по крайней мере для южной зоны, частое нахождение верховодки или хотя бы ясного избыточного увлажнения так называемых заплывов.

По условиям расчлененности поверхности и рельефа сырто- вая область легко подразделяется на две части: 1) восточную и се­верную часть (севернее рр. Камелика и Иргиза), значительно расчлененную реками и балками и, соответственно этому, обла­дающую большими местными уклонами, и 2) западную и южную часть (бассейны рр. Большого и Малого Узеней и Еруслана), харак­теризующуюся слабой расчлененностью и малыми местными укло­нами.

Ориентировочно площади по величине уклрна могут быть распределены следующим образом (табл. 129).

Из таблицы видно, что к югу количество площадей с малыми уклонами сильно возрастает, площади же со значительными укло­нами исчезают совсем.

Почвенный покров северной части сыртовой области (включая бассейн р. Камелик) представлен обыкновенными и южными черно­земами. В тех и других воднорастворимые соли обычно выщело­чены на глубину до 2,5—3 м. Эта наиболее дренированная часть

сыртовой области может быть оценена как вполне надежный объект орошения, не угрожаемый в отношении вторичного засоления.

**Таблица 129**

Типы рельефа сыртовой области

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Районы** | **Процент площади с уклонами** | |
| **0,001—0,01** | **0,025—0,05** |
| **Восточный** | **6,8** | **21,0** |
| **Центральный** | **22,25** | **27,1** |
| **Южный** | **70,5** | **0,0** |

Па отдельных небольших территориях, приуроченных или к шлейфам склонов, или к выходам коренных пород (Татарский ярус), черноземы становятся иногда солонцеватыми и появляются даже солонцы. Эти площади отзывчивы к химизации (гипсование), они менее выщелочены, часто угрожаемы по подъему грунтовых вод и, следовательно, могут засоляться.

Почвенный покров южной части сыртовой области представ­лен разновидностями каштановых почв. Выщелоченность водно­растворимых солей варьирует здесь от 2,5 м для темнокаштановых почв до 1 м для светлокаштановых. Для этих почв очень харак­терно широкое развитие признаков солонцеватости, которая возра­стает от темнокаштановых к светлокаштановым разновидностям. Однако на водоразделах солонцеватость не достигает таких сте­пеней, чтобы серьезно понизить сельскохозяйственную и мелио­ративную ценность почв. Наоборот, на шлейфах склонов солонце­ватость почв часто значительно возрастает и появляется много типичных солонцов; почвенный покров приобретает характер ти­пичных солонцовых комплексов, вследствие чего сельскохозяйст­венная и мелиоративная ценность таких территорий сильно по­нижается.

Грунтовые воды на шлейфах склонов обычно залегают на уровне 8—10 м от поверхности, и угроза дальнейшего поднятия их после орошения становится здесь реальной.

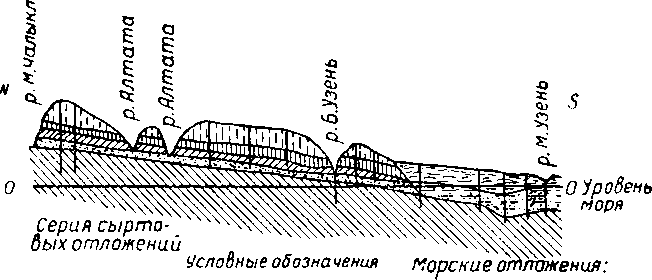
**Каспийская низменность.** Сыртовая область по направлению на юг, на отметках 40—30 м, переходит в Каспий­скую низменность не крутым, но заметным склоном, который получил название сыртового уступа.

Каспийская низменность занимает громадную территорию от сыртов вплоть до Каспийского моря и в общем представляет собой идеальную, совершенно бессточную равнину. На всем протяжении между Волгой и Уралом ни одна река, ни один водоток не рассе­кает эту равнину. С сыртов сюда стекает всего две речки, Большой и Малый Узени, но они при выходе на равнину скоро теряют свое русло и разливаются по обширным плоским впадинам.

Древнедельтовый тип строения присущ многим частям **Кас­пийской низменности.** Характерной и важной чертой

устройства ее поверхности является громадное количество мест­ных, очень мелких, плоских понижений, так называемых лима­нов. Размеры лиманов различны — от нескольких гектаров до сотен квадратных километров. Все лиманы являются местными приемниками поверхностного стока. Наиболее глубокие лиманы сохраняют иногда воду в своих центральных частях в течение всего года, однако громадное большинство их обычно пересыхает уже в середине лета.

Геологически Каспийская низменность сложена следующей свитой каспийских отложений, начиная снизу: 1) глины и пески

НЛП Желто-бурые глины Щ Каспийсние г™ Коричнево-бурые

и бурые глины сёз 6аминские

Е22 Красно-бурые глины

Ш Песни Е£3 Якчагыльские

Рис. 109. Схематический разрез Заволжья (Саваренский).

Бакинского яруса, лежат непосредственно на Акчагыльских слоях; 2) пески и глины Хазарского яруса; 3) континентальные суглинки Ательского яруса; 4) глины и пески Хвалынского яруса.

Выше осадков Хвалынского яруса с морской фауной часто залегает еще свита слоев с фауной пресноводной или совсем без фауны, которые, начиная снизу, располагаются следующим об­разом: 1) грязнобурые и темносине-серые глины с пресноводной фауной; 2) пески с пресноводной фауной; 3) шоколадные сланце­ватые глины; 4) бурые лессовидные суглинки.

Вся эта последняя свита полупресноводных отложений в своем залегании часто прерывиста и неустойчива. Кроме самой низмен­ности, эти осадки проникают и далеко на север, в сыртовую об­ласть, по долинам рек, особенно Еруслана, Большого и Малого Узеней.

Общая схема строения низменности с показом строения сыртов дана на рисунке 109. В этой схеме нужно отметить два момента: 1) каспийские отложения покрывают сыртовые глины, чт. е. отло­жились позднее их, и 2) подсыртовые водоносные пески непосред­ственно переходят в бакинские отложения.

Общая водоносность Каспийской низменности вследствие ее бессточности больше водоносности сыртовой области. Питание грунтовых вод осуществляется здесь не только за счет атмосфер­ных осадков, но и за счет поверхностного стока с сыртов. Первый горизонт грунтовых вод залегает часто в Хвалынских осадках на Ательских суглинках. Второй, более постоянный горизонт воды приурочен к Хазарским пескам. Глубина грунтовых вод варьирует от 3—4 и до 30—40 м от поверхности. Грунтовые воды практически бессточны и сильно засолены.

Существенную гидрологическую роль в Каспийской низменно­сти играют лиманы. Являясь аккумуляторами поверхностного стока, они одновременно представляют собой области наиболь­шего питания грунтовых вод, более высокого их уровня, выщела­чивания грунта и опреснения грунтовых вод.

Эта роль лиманов ярко выявлена следующим исследованием Ф. П. Саваренского.

В бассейне лимана Липин (в 20 км к юго-западу от с. Алек­сандров Гай) площадью до 5 км2 и глубиной 0,7 м было заложено четыре скважины: одна в степи, в 128 м от края лимана, осталь­ные в лимане на расстоянии 170, 490 и 980 м от первой. В каждой скважине исследована минерализация грунтовых вод на разных глубинах.

Как выяснилось, верховодка в степи сильно минерализована, в лимане же она относительно пресная, и это опреснение прости­рается до глубины 17 м от поверхности. Одновременно и дебит верховодки в лимане значительно больше, чем в степи.

Почвенный покров Каспийской низменности представлен сле­дующими типами:

1) в лиманах залегают темноцветные луговые почвы, часто солонцеватые; 2) все межлиманные пространства заняты обычно ярко выраженным комплексом светлокаштановых почв, солон­цеватых и солонцов.

Воднорастворимые соли наиболее выщелочены из лиманных почв, в комплексе же сухой стопи засоление резко возрастает от светлокаштановых почв к солонцам. Эта закономерность изменения степени засоления ясно видна из цифр, приводимых в таблице 130 (из'анализов Францессона) и рисунка 110.

Оказывается, что лиманная почва промыта на всю 6-метровую толщу, в каштановой почве максимум солей в 2% лежит на глу­бине 150 см, в солонцеватой почве — на 115 см и в солонце—всего на 35 см от поверхности.

Доля участия в почвенном покрове солонцовых почвенных разновидностей неодинакова для отдельных территорий и часто поднимается до 50 и 75%. В силу этого все эти комплексы почв приходится квалифицировать не только как солонцовые, но и как резко засоленные в корнеобитаемой зоне.

**Таблица 130**

**Степень** засоления различных почв района'г. Новоузенска

Засоленность почв (в % от абсолютно  
сухой навески)

**Показатели**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **0,8** | **20—30** | **40—50** | **70—80** | **100—** | **200—** |
|  |  |  |  | **115** | **210** |
| **Плотный остаток** | **0,104** | **0,096** | **0,088** | **0,180** | **0,104** | **0,100** |

*Темноцветная почва*

Светлокаштановая почва

Глубина (в см) I 0—20 I 20—30 I 53—631105—115 1150—160 I 200—210

Плотный остаток . . . . [ 0,108 | 0,092 | 0,1161 0,536 | 2,140 | 0,612

Светлокаштановая солонцеватая почва

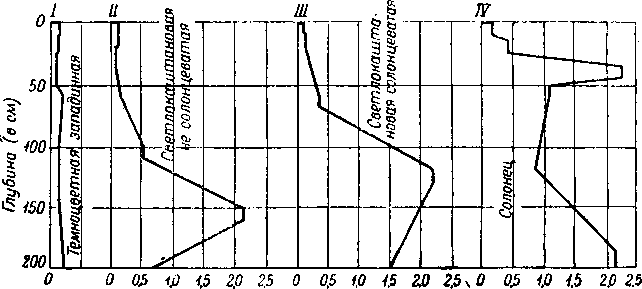
Глубина (в см) I 0—10 I 22—31 I 57—67 I 125—135 I 200-210

Плотный остаток . . . . | 0,100 | 0,110 | 0,324 | 2,190 | 1,496

*Солонец*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **0,10** | **14—** | **35—** | **50—** | **110—** | **190—** | **300—** | **450—** |
|  |  | **22** | **45** | **60** | **120** | **200** | **310** | **460** |
| **Плотный остаток ....** | **0,154** | **0,396** | **2,284** | **1,084** | **0,848** | **2,180** | **2,160** | **0,658** |

Степень солонцеватости почв варьирует очень сильно: повиди- мому солонцеватые почвы в большинстве случаев содержат 10—20% иона натрия от общей емкости, в солонцах же количество погло­щенного натрия редко поднимается выше 30%.



***Процент солей***

**Рис. 110. Сравнительное распределение общего .количества солей в почвах комплекса Каспийской низменности близ Новоузенска.**

На основании всей суммы приведенных здесь характеристик территорию Каспийской низменности в целом приходится оцени­вать как объект неблагоприятный в мелиоративном отношении, так как она одновременно и сразу требует и широкой химизациии промывок. А так как грунтовые воды здесь сравнительно пеглу- боки и совершенно бессточны, то очевидно, что осуществлять промывки придется с применением дренажа.

При практическом выборе для орошения отдельных территорий необходимо, однако, учитывать, что геоморфологически Каспий­ская низменность представляется весьма разнообразной и слож­ной. Разнообразию геоморфологических условий несомненно будет отвечать разнообразие и почвенных и гидрогеологических усло­вий. Следовательно, можно ожидать, что подробные исследования позволят установить наличие здесь мелиоративных объектов раз­личной ценности (принцип оазисного орошения).

Учитывая же, что по климатическим условиям Каспийская низменность остро нуждается в орошении, подробные исследова­ния здесь необходимы. С другой стороны, в мировой мелиоратив­ной практике нет почти опыта орошения солонцовых комплексов, почему представляется весьма затруднительным теоретически определить те реальные трудности, которые здесь могут встретиться при мелиорации. С этой точки зрения было бы весьма желательно заложить в Каспийской низменности достаточно крупную опытно­хозяйственную ирригационную систему, на которой и выяснить элементы мелиоративного и сельскохозяйственного освоения этого рода территорий.

**Область речных террас.** Волга и большинство рек Заволжья имеют значительно развитые древние аллювиаль­ные террасы, представляющие ирригационный земельный фонд, но с рядом специфических черт.

Волга имеет три древние террасы, не считая современной пой­менной. Первая из них, надпойменная, возвышается над меженью на 8—10 м, развита сравнительно слабо и иногда еще заливается паводками.

Наиболее развита вторая терраса, возвышающаяся над ме­женью на 20—25 м. Южнее впадения р. Еруслана она сливается с Каспийской низменностью. Сложена эта терраса преимущест­венно суглинками, с прослойками песков и тяжелых глин шоко­ладного цвета. Эта аллювиальная свита по сравнению с прочими осадками Каспийской низменности значительно менее соленосна и соответственно этому почвенный покров ее характеризуется меньшим развитием солонцовых комплексов. Грунтовые воды здесь слабо обследованы, но в общем лежат на глубинах ниже 10 м. Они представляют одну .скатерть с грунтовыми водами сыртовой области, питаются ими и потому в большинстве случаев минерали­зованы. Во время паводков на Волге грунтовые воды испытывают кратковременный подпор, а в остальное время стекают в Волгу.

Третья терраса Волги возвышается над меженью на 40 м и осо­бенно мощно развита у Самарской луки, между рр. Мочей и Чаг- рой. Она сложена слоистой песчано-глинистой свитой, с участием делювия сыртов. Грунтовые воды находятся на глубине 25—30 м и сравнительно опреснены (около 2 г воднорастворимых солей на литр). Почвенный покров в основном представлен террасовыми черноземами.

Довольно значительный участок террасы сохранил следы быв­шего аллювиального происхождения в виде заболоченной терри­тории (район Майтуга), вокруг которой расположены солончаки и солонцы. При развитии орошения на этбй террасе и прилегаю­щих сыртах можно ожидать общего подъема грунтовых вод.

Кромер. Волги древние террасы значительны на рр. Самарке, Иргизе, Большом и Малом Караманах инаУзенях. Почвенно-гидро­геологические условия этих террас весьма пестры и существенно различаются не только на отдельных реках, но часто и в пределах одной реки, на разных ее участках. Эта пестрота часто связана с геологическим характером того водосбора, по которому данный участок реки проходит, и с выносами, из которых он формируется. В силу этого практическая мелиоративная оценка террас местных рек может быть лишь строго локальной, на основе специальных детальных обследований. Такие обследования сейчас производятся в связи с задачей использования на орошение местного стока, для наших же целей достаточно отметить некоторые общие черты, характерные для террас и отличающие их от сыртов.

В большинстве случаев террасы возвышаются над уровнями рек на 10 и 20 м, тем не менее дренированность их недостаточна. Объясняется это тем, что террасы сложены обычно суглинистой и глинистой аллювиальной толщей, с недЪстаточным развитием грубозернистых дренирующих слоев.

Грунтовые воды залегают на глубине от 5 до 20 м от поверхности и характеризуются слабой горизонтальной подвижностью. След­ствием этого является частая засоленность их и очень большая пе­строта минерализации по отдельным точкам террасы.

Все речные террасы как в прошлом, так и в настоящем являются зонами аккумуляции солей, сносимых с водоразделов, и потому как почвы, так и грунты террас обычно более засолены, чем на сыртах. Поскольку все же в настоящее время на террасах господ­ствуют нисходящие токи воды, постольку здесь характерным яв­ляется развитие по преимуществу не солончаков, а солонцов. Поэтому среди сыртовой области речные террасы, как общее пра­вило, заметно выделяются большой комплексностью почвенного покрова и иногда даже преобладающим развитием солонцов.

Таким образом, в целом почвенный покров речных террас является сложным и трудным объектом, с сельскохозяйственной и мелиоративной точек зрения. При решении вопросов мелиора­ции этих земель необходимо учитывать особенности отдельных участков.

Бассейн р. Терека. Бассейн р. Терека охватывает три крупные орографические области, а именно: 1) область Главного Кавказ­ского хребта; 2) области так называемых передовых хребтов, наконец, 3) область депрессии Терека. Мы остановимся на осве­щении последних двух областей, так как в них располагаются

возможные объекты орошения. Общий земельный фонд бассейна Терека, пригодный для орошения, составляет около 2 млн га.

**Область передовых хребтов.** Эта область пред­ставлена системой Терского и Сунженского хребтов, занимающих междуречье Терек — Сунжа. В системе имеется ряд депрессий, более или менее равнинных и выполненных мягкими породами ледникового, флювиогляциального или делювиального происхо­ждения. Характерной чертой этих депрессий являются их замкну­тость и почти полная бессточность. Поэтому всегда, когда они вы­полнены делювиальными суглинками, они являются в той или иной степени соленосными, что находится в связи с соленосностыо самих передовых хребтов и всех поверхностных и грунтовых вод, стекающих с них. Примером такой депрессии является Алхан- Чуртская долина. Другие равнинные территории этой области располагаются преимущественно на древних речных террасах, более обеспеченных стоком, и дренированных и потому менее соле­носных. Примером такой равнины является малокабардинская система. Приведем основные черты характеристики этих двух ти­пов равнин.

1. Алхан-Чуртская межгорная долина имеет до 70 км длины и 10—12 км ширины. Общее падение ее с запада на восток значи­тельно (с 286 до 140 м, что на 80 км дает уклон около 0,002), но тем не менее в силу пересеченности рельефа это падение недостаточно для обеспечения быстрого стока и, следовательно, выноса всех солей делювиальных потоков. Эти же топографические условия не вполне благоприятны и для механизации сельского хозяйства.

Почвенный покров в основном представлен черноземами (ме­стами переходящими в каштановые почвы), развивающимися на делювиальных лессовидных суглинках. В этом смысле он благо­приятен для сельского хозяйства и мелиорации, но требует неко­торого добавочного увлажнения.

Вместе с тем черноземный покров не является здесь сплошным: он часто разрывается солонцеватыми почвами, залегающими по днищам и склонам многочисленных балок и логов. Особенно значительно участие солонцовых почв в почвенном покрове по тальвегу равнины, который в своей восточной части переходит в комплекс с солонцами. Степени солонцеватости выражены резко. Конкретная характеристика местных солонцов следующая: гумусовая окраска отмечается на глубину до 80—100 см, содержа­ние гумуса в поверхностном горизонте достигает 7%. По механиче­скому составу солонцы сильно глинисты, частицы меньше 0,01 мм составляют 82—92%. Карбонатность слабая и неоднородная — иногда вскипают отдельные участки профиля, иногда с поверхно­сти. Это отрицательный признак. Количество поглощенного иона натрия (в м.-экв.) значительно: в горизонте 1—5 см — 9,2; на глу­бине 15—20 см — 14,5; в слое почвы 40—50 см — 16 (разрез № 45).

Необходимо отметить отсутствие определений общей емкости поглощения, но если ее принять ориентировочно равной даже

40 м.-экв., то процент натрия по горизонтам составит 23, 36 и 40.

Это явно отрицательный показатель как с сельскохозяйственной, так и мелиоративной точек зрения. Засоление этих разностей также значительно (табл. 131).

**Таблица 131**

Количество растворимых солей в водной вытяжке **(в процентах)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Плотный**  **остаток** | **сг** | **so?** | **Щелочность (в НСОз)** |
| 1—6 | **0,091** | **0,058** | **Следы** | **0,046** |
| **15-20** | **0,363** | **0,034** | **»** | **0,088** |
| **40—50** | **0,323** | 0,102 |  | **0,088** |
| **80—85** | **0,674** | **0,160** | 0,010 | **0,067** |
| **140-150** | **1,014** | **0,117** | **0,334** | **0,039** |
| **240—250** | **2,017** | **0,135** | **0,914** | **0,024** |

Угроза вредного влияния солей здесь налицо. Причина разви­тия солонцовых комплексов заключается, с одной стороны, в том, что балки и тальвеги аккумулируют делювиальные потоки, не­сущие соли, а с другой стороны, невидимому, в широком подсти- лании тальвега тяжелыми водонепроницаемыми и засоленными зеленовато-оливковыми глинами. Эти глины характеризуются следующими признаками: 1) скважность очень низка, всего 23%; 2) фильтрационная способность также очень мала. Испытание 10-сантиметрового столбика с глубины 340—350 см дало следую­щие результаты: при напоре в 4 см первая капля просочилась через 337 час. 50 мин., а в последующие 191 час 30 мин. профильтрова­лось всего 15 см3 воды; 3) глины соленосны (табл. 132).

**Таблица 132**

Содержание солей в водной вытяжке **(в процентаух)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в ем)** | **Плотный**  **остаток** | CV | **SO?** |
| **80 г—85** | **0,574** | **0,160** | 0,010 |
| **140—150** | **1,014** | **0,117** | **0,334** |
| **240—250** | **2,017** | **0,135** | **0,914** |

Итак, основные черты характеристики Алхан-Чурта могут быть сформулированы следующим образом:

а) сравнительно малая потребность в орошении;

б) преобладание благоприятного почвенного покрова в виде черноземов, но на неспокойном рельефе, затрудняющем механи­зацию ;

в) значительное развитие солонцовых разностей, тяжелых для сельскохозяйственного освоения и могущих явиться очагами развития заболачивания и засоления.

Малокабардинская система является элементом Надтереч­ной равнины. Древняя терраса представляет собой аккумуля­ционную равнину шириной 7—15 км, протяжением около 150 км, слабо наклоненную на север и почти совершенно не расчлененную; на всем этом протяжении она пересечена лишь двумя руслами: каньоном р. Курпа на западе и долиной р. Ачкишки на востоке. Переход в нижнюю террасу совершается резким уступом за исклю­чением самой западной части, где переход постепенен.

Сложена Надтеречная терраса лессовидными карбонатными суглинками со включениями и иногда прослойками галыш, а также 3—4 погребенными гумусовыми горизонтами. Характерным для почвогрунтов террасы является хорошая водопроницаемость. За­соление наблюдается с третьего метра, что видно из приводимой ниже таблицы 133.

**Таблица 133**

Содержание воднорастворимых солеи в грунтах Надтеречной террасы (в процентах)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Плотный**  **остаток** | **С1'** | **во'/** |
| **140—150** | **0,070** | **Следы** | **Нет** |
| **290—300** | **0,127** | **0,022** | **0,045** |
| **390—400** | **0,277** | **0,023** | **0,300** |

Для данных грунтов характерны просадки.

Грунтовые воды находятся на глубине около 10 м, минерали­зация их характеризуется показателями: 0,5 г на литр плотного остатка, 0,02 г СГ и 0,15 г **ЭОНа** первой луговой террасе грунто­вая вода поднимается до 3—5 м, причем содержание солей в ней достигает 0,84 г плотного остатка, 0,06 г СГ и 0,34 г ЭО^.

Почвенный покров, представлен переходными черноземами и темнокаштановыми почвами, иногда слабосолонцеватыми.

В мелиоративном отношении район очень неблагоприятен ввиду просадочности, но, повидимому, почти безопасен с точки зрения засоления.

**Область депрессии р. Терека.** Депрессией р. Те­река называют восточную часть Предкавказской впадины, отде­ленную от западной, кубанской ее части линией Пятигорье — Став­ропольское плато.

На севере эта впадина ограничивается Манычами, на юге р. Те­реком, а на востоке Каспийским морем.

Это обширное равнинное пространство делится на четыре гео­морфологические области.

1. Черско-Малкская наклонная равнина обнимает собой бас­сейны многих речек между рр. Черек, Баксан, Малка, впадающих в Терек с левой стороны. Представляет собой систему междуреч­ных грив, сложенных галечниками и прикрытых маломощной свитой суглинков и песков.

Это область террасовых черноземов в верхних частях и аллю­виальных наносов, большей частью галечниковых, в нижних ча­стях.

1. Суглинистая степь — вся область, расположенная на север от рр. Малки и Терека до р. Кумы. На востоке граничит с так называемой песчано-суглинистой степью, начинающейся несколько восточнее меридиана, проходящего через г. Моздок. В целом это обширная слабоволнистая равнина, лишь с редкими более глубо­кими балками, как, например, балка Горькая.

В этой суглинистой степи расположены основные объекты мелиорации — системы Терско-Смирновская на западе и Терско- Кумская на востоке.

1. Песчано-суглинистый массив, расположен непосредственно на восток от суглинистой степи между отметками 120 и 20— 30 м.
2. Приморская равнина и дельта Терека. Высотная отметка от 20—30 до 26 м.

Рассмотрим две последние области подробнее.

1) Суглинистая степь (именуемая также Моздокскими сте­пями) представляет собой междуречье рр. Кумы и Терека, узкое на западе и сильно расширяющееся на восток в виде основания треугольника. Все это обширное равнинное пространство внутри рассечено тремя понижениями — водотоками, направляющимися с юго-запада на северо-восток, а цменно: Горькая балка, Сухая падина и р. Кума. Более или менее постоянный водоток поддер­живается лишь на р. Куме благодаря искусственному подпиты­ванию из р. Малки (Кумо-Марьинский канал).

Долины всех этих водотоков резко асимметричны, причем пра­вый берег их всегда крутой, а левый пологий. Таким образом, в каждом междуречье мы имеем преимущественное развитие южных и юго-восточных склонов. Для этих склонов, вообще очень пологих, характерны вторичные, очень пологие ложбины, вытя­нутые в том же северо-восточном направлении, и широкие плоские бессточные западины.

Происхождение всей этой суглинистой равнины связано с дея­тельностью мощных потоков ледникового происхождения, почему рельеф вообще носит ясно выраженный характер древних речных террас. Особенно ясно эти террасы выражены на междуречье Терек — Кума.

Верхняя терраса представляет здесь широкую равнину, прости­рающуюся от Кумы на юг почти до канала имени Ленина, где она, не доходя до него 0,5—1 км, крутым уступом переходит в среднюю террасу. Последняя — также идеальная равнина на юг к р. Те­реку, где она, не доходя до него 2—3 км, крутым уступом перехо­дит в современную долину Терека.

На север от Кумы вначале идет слабый подъем, а затем волни­стый равнинный склон к балке Сухая падина. На всем этом про­странстве Моздокской степи совершенно нет сколько-нибудь выра-

Женных водотоков. Все пространство между р. Тереком и Сухой падиной и является Терско-Смирновским районом орошения.

Вся область суглинистой степи сложена мощной, до 200 м, свитой континентальных древнеаллювиальных или флювиогля- циальных отложений глинистого и суглинистого, часто лессо­видного характера, лишь иногда с переслаиванием песками. Грунты в некоторой мере просадочны. Характерно, что галечники не дают здесь сплошного подстилания, а залегают лишь отдельными рукавами, повидимому, в соответствии с древними руслами водных потоков.

Грунтовые воды верхних террас лежат на глубинах 20—35 м в галечниках, песках или же просто в песчаных суглинках. Ка­чество их весьма различно: в галечниках и песках вода обычно удовлетворительная, в суглинках же хуже и иногда плохая. Так, у хутора Молоканского она содержит 1887 мг СГ и 2316 мг SO4 на литр.

Географически намечается следующее распределение вод по солености: наиболее пресны воды между Тереком и каналом имени Ленина; между этим каналом и Кумой иногда встречаются прес­ные воды, севернее же Кумы воды сплошь горько-соленые. Таким образом, общий горько-соленый бассейн грунтовых вод отме­чается между каналом имени Ленина (р. Неволька) и р. Кумой.

Почвенный покров Моздокской степи (преимущественно в пре­делах Терской системы) представлен переходными черноземами в западной и юго-западной частях и различными разновидностями каштановых почв.

Черноземы характеризуются содержанием 4—5% гумуса, карбонатностью с поверхности (1—3% С02) и слабой засоленно­стью поверхностных горизонтов.

До глубины 150—200 см сухой остаток обычно не превышает 0,06%, SO4 и СГ отсутствуют или же содержатся их следы. С конца второго или третьего метра количество солей резко увеличивается, поднимаясь до 0,1%, в том числе до 0,05% SO4 и до 0,1% СГ. С этих глубин обычно отмечается' наличие гипса.

В темнокаштановых почвах количество гумуса понижается до 3%, а степень засоления несколько возрастает, а именно: СГ в количестве 0,02—0,03% отмечается иногда с глубины 50 см и, как правило, со 150 см, плотный остаток в количестве около 0,5% обычен в самом начале третьего метра.

Каштановые почвы характеризуются еще меньшей гумусно- стью, чем темнокаштановые (ниже 3%), и примерно таким же рас­пределением солей.

Оценивая все приведенные характеристики, можно констати­ровать следующее:

а) почвы района обладают высокой сельскохозяйственной цен­ностью — без орошения на них возделываются зерновые куль­туры, плодовые и виноград (в области каштановых почв) и техни­ческие культуры;

ё) потребность в орошении незначительна й усиливается но направлению на северо-восток;

в) возможность засоления при самотечных способах полива хотя и незначительна, но не исключена, тем более что режим грун­товых вод еще не изучен;

г) характерной чертой местных почв является слабо выражен­ная солонцеватость;

д) местные грунты просадочны и дают трещины с просветом от 20 до 70 см.

2) Песчано-суглинистый массив расположен непосредственно на восток от Моздокских степей вплоть до дельты Терека и Каспий­ского моря, а с севера на юг от Терека до Кумы. Этот массив носит название песчано-суглинистой полупустыни.

По своему происхождению эта область представляет собой, повидимому, зону контакта в непосредственно послеледниковый период каспийской трансгрессии и пресных ледниковых вод. Этим и объясняется чрезвычайная сложность конфигурации этой области, пестрота геологических отложений, грунтовых вод и почв.

Господствующими породами здесь являются пески, хотя встре­чаются суглинки и глины.

Характерным является для всего района высокое залегание грунтовых вод — от 0,5—1 и до 10—15 м.

Минерализация грунтовых вод также крайне пестра — от почти пресных до горько-соленых, но преобладают все же воды слабоминерализованные в песках и соленые в супесчаных отло­жениях.

Схематически всю эту область можно разделить на следующие зоны, начиная с юга на север: 1) зона нритеречных бурунных песков; 2) зона озерная песчано-суглинистая и 3) зона прикум- ских песков.

По направлению с запада на восток область также неоднородна и здесь следует выделить обширную меридиальную полосу, по­граничную с описанными суглинистыми степями Моздока и собст­венно песками. Это область главным образом легких суглинков и супесей. Она простирается от Терека до Кумы, включая в себя равнинные степи Под и Беча и собственно прикумскую равнину, уже более глинистого состава.

В этой пограничной зоне и сосредоточены все более или менее крупные равнинные пахотоспособные массивы. Это область Тер- ско-Кумского канала.

Почвенный покров южной притеречной части пограничной зоны представлен преимущественно светлокаштановыми почвами суглинистого состава с 30—40% частиц меньше 0,01 мм, слабо­карбонатными (от 0,7 до 4—5% С02), промытыми от солей на глу­бину 150—300 см и обладающими хорошей фильтрацией.

Несколько иной вариант светлокаштановых почв присущ цент­ральным равнинам Под и Беча. Равнина Под представляет собой идеальную плоскость, тогда как рельеф Бечи является более с лож­ным. Вся она окружена буграми песков й, кроме того\* массиё песков имеется в ее центре.

В западной части много местных понижений и даже озер, во­сточная же часть сильно изрезана старыми сухими руслами и бал­ками, разделенными рядами бугров.

Грунтовые воды лежат, повидимому, на глубине 2—3,5 м.

Почвенный покров представлен легкосуглинистыми светло- каштановыми почвами, но с заметно уплотненным карбонатным горизонтом В. Примерная характеристика этой разности почв следующая: очень плотный горизонт В2 располагается на глуби­нах от 35—40 до 70—100 см. Он является слитым, глыбистым, редко трещиноватым. По механическому составу это обычно легко­суглинистые почвы, содержащие 30—40% глины. При этом уплот­ненный горизонт не обладает большей глинистостью, чем верхний. Содержание же карбоната кальция в нем резко выражено и дости­гает 6—7% против 0,5% в верхних горизонтах. Это дает основание полагать, что уплотнение обязано главным образом цементи­рующему действию извести. Однако здесь нельзя исключать и воз­можного влияния солонцеватости, так как содержание погло­щенного натрия в некоторых случаях составляет 12—21% от общей емкости поглощения, хотя бы и очень малой (2,14—7,84 м.-экв.). Кроме того, некоторые разрезы дают показания присут­ствия нормальной соды почти по всему разрезу в количествах от 0,006 до 0,026%.

Таким образом, мы склонны считать, что уплотнение форми­руется под влиянием двух факторов: солонцеватости и цемента­ции известью.

Наличие уплотненного горизонта может оказать неблагоприят­ное влияние на водные свойства почв.

Изучение распределения воднорастворимых солей в почвах показывает, что СГ появляется в них в количествах 0,004—0,012% с глубины 60—80 см, а плотный остаток достигает величин 0,20— 0,25% с глубин 100—120 см. В других разрезах количество солей на глубине 250—300 см поднимается до 1%.

Степень засоления незначительна; однако, учитывая близкий уровень засоленных грунтовых вод (2—3 м) и, повидимому, очень слабую их отточность, при развитии орошения здесь может возни­кать угроза вторичного засоления.

Кроме того, нельзя игнорировать тех количеств соды, которые обнаружены в некоторых разрезах. Согласно исследованиям во Фресно (Калифорния), для более или менее нормального развития растений в почвах не должно содержаться более 50—40 частей соды на миллион частей почвы.

В данном случае ее имеется от 90 до 120 частей в двух верхних горизонтах и до 260 частей на глубине 100 см. При этих условиях нельзя утверждать, что условия для нормального развития ра­стений здесь обеспечены и что здесь не потребуется предваритель­ной промывки или гипсования.

Таким образом, нужно признать, что этого рода объекты подле­жат в дальнейшем значительно более широкому физико-химиче­скому изучению и агрономической оценке.

Выводы. Обширная область песчаной полупустыни по причине широкого развития бугристых песков и солончаков содержит сравнительно мало площадей, пригодных для земледелия.

Большинство пригодных территорий сосредоточено в запад­ной пограничной песчано-суглинистой полосе. При этом лучшие почвы здесь распространены в южной части и худшие в централь­ной и северной. Последние требуют специальных дополнительных обследований с целью их сельскохозяйственной оценки.

При орошении в условиях этой области в ряде случаев может возникнуть угроза заболачивания и засоления земель. Поэтому

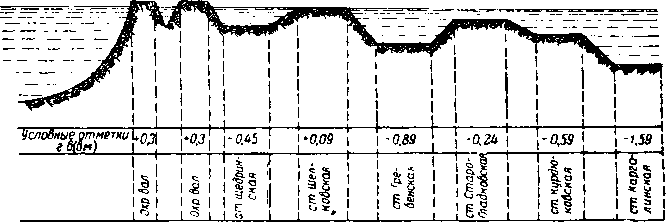


Рис. 111. Командование р. Терека над окружающей местностью (С. В. Зонн).

здесь возможно будет рациональна организация отдельных оази­сов орошения как баз для животноводческого использования окру­жающих неорошаемых территорий.

Дельта Терека представляет собой самостоятельный обширный (более 0,5 млн. га) ирригационный массив, представляющий рав­нину между отметками плюс 20—30 м и минус 26 м, с уклонами около 0,0005—0,0006. У моря имеются территории ниже его уровня на 1—1,5 м.

Равнина по отношению к реке представляет подкомандную территорию (рис. 111). Геологически это мощная, до 150 м, свита аллювиальных слоев, перемежающихся по механическому составу. Мощность слоев от 0,3 до 3 м. Механический состав варьирует от тяжелых глин до легких суглинков. Состав тяжелой глины характеризуется следующими ориентировочными цифрами: ча­стиц меньше 0,01 мм содержится 82,2%, в том числе меньше 0,001 мм — 38,75%; песчаных частиц диаметром 1—0,25 мм — 0,02%; в песчаных отложениях содержится частиц меньше 0,01 мм 18,5%, в том числе песка 1—0,25 мм — 3,25%; в верхних почвен­ных горизонтах количество глины варьирует от 0,67 до 98,2%, а песка (1—0,25 мм) от 0,34 до 54,27%.

По своему характеру аллювиальная свита подразделяется на две части: западную от начала дельты и до горизонтали 8 м, чисто речную и восточную, где речной аллювий оказывается смешанным с морскими илами, иногда черными, органогенными морских лагун, с раковинами морской трансгрессии. Эти смешанные осадки за­метно соленоснее чисто речных.

При изучении характера залегания слоев выяснилось широкое развитие обширных котловин выполнения (повидимому, выпол­ненных озер) с вогнутыми к центру слоями. Очевидно к таким котловинам по преимуществу приурочиваются солончаки и слабо­напорные грунтовые воды.

Чрезвычайной пестроте геологического строения района отве­чает и большая пестрота как уровней, так и солевого состава грун­товых вод.

Уровни грунтовых вод колеблются вообще, в зависимости от близости речных рукавов, моря, рельефа и механического состава пород, в пределах от 1 м и менее до 7 м от поверхности земли. Какой-либо общей закономерности распределения глубин для всей дельты установить нельзя. Мы имеем здесь дело с замкнутыми бессточными бассейнами вод.

Что касается характера гидроизогипс, то тут намечается опре­деленная закономерность как для междуречья Терек — Таловка, так и для Терек — Кардонка, а именно: от начала дельты зеркало грунтовых вод наклонено на восток к морю, но ближе к нему вновь начинается подъем, подпор и, таким образом, создаются обширные бессточные бассейны грунтовых вод.

Два опыта по определению скорости грунтового потока приме­нением флюоресцеина дали величины 0,513 и 0,99 см в минуту, или 7,2 и 14,1 м в сутки для среднезернистого песчаного грунта.

Подсчитанные отсюда величины коэффициента фильтрации очень большие, примерно 0,0443—0,0461 см/сек. Коэффициенты фильтрации по методу откачек определены в 0,002—0,009. В моно­литах (по Каменскому) эти же величины для грунтов разного механического состава получились около 0,009—0,001 и только для некоторых тяжелых глин — 0,00001.

Все это говорит о высоких фильтрационных свойствах местных пород, что, вероятно, связано с их соленостью в настоящее время.

Вопросы минерализации грунтовых вод и их режима также затронуты исследованиями, но пока данных для их подробной ха­рактеристики далеко не достаточно.

Минерализация грунтовых вод очень сильно варьирует, но в общей схеме, повидимому, подчиняется следующей закономер­ности: у речных протоков она наименьшая и в узкой прибрежной полосе содержание солей в грунтовых водах, повидимому, менее 1 г на литр. Внутри междуречий минерализация быстро нарастает и в центральных грунтовых бассейнах достигает громадных вели­чин — в 60—90 г на литр.

Краткие наблюдения за режимом грунтовых вод показали, что в зимний период, с октября по февраль, идет неуклонный подъем их уровня, измеряющийся величинами от 0,2 до 1,3 м.

Причина этого подъема заключается, повидимому, главным образом в уменьшении испарения с поверхности почвы зимой. Кроме того, в дельте всюду наблюдается несколько горизонтов грунтовых вод, причем некоторые из них слабонапорны. Связь нижних горизонтов с верхним пока не установлена, но в ряде слу­чаев допускается. Если такая связь действительно существует и имеет более или менее общее распространение, то тогда зимний режим грунтовых вод может найти себе объяснение и в подпиты­вании их из нижних горизонтов. В этом же будет и источник мине­рализации грунтовых вод.

В общем необходимо считать, что фактор подпитывания может иметь существенное, притом резко отрицательное, значение и по­тому заслуживает тщательного изучения.

В данных гидрогеологических условиях развивается почвен­ный покров главным образом гидроморфного лугово-болотного и собственно солончакового типа. Описанная выше пестрота гидро­геологических условий (грунтов, топографии и грунтовых вод) определяет собой и крайнюю пестроту почвенного покрова даже на небольших участках территории. Однако в этом чрезвычайно пестром комплексе условий почти всегда сохраняются доминирую­щие черты почвообразования: разные степени заболачивания и за­соления. Соответственно этому определяются и основные принципы мелиораций в этой зоне.

Диапазон степеней засоления и его качества очень велик. Для конкретизации его мы приведем несколько примеров.

Темноцветную луговую почву могут характеризовать данные анализа почвы из разреза № 212, заложенного на Аракумской низменности (табл. 134).

**Таблица 134**

Количество воднорастворимых солей (в процентах) в темноцветной луговой почве Аракумской низменности

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование** |  |  | **Глубина** | | **(в см)** | |  |  | **Минерализа­ция грунто­вых вод (в г на 1 л)**  **1** |
| **элементов** | **0—8** | lo­  **is** | **47—**  **55** | **80—**  **88** | **110— 119** | **140— 148** | **169— 177** | **230—**  **240** |
| **Плотный остаток . . .** | **0,264** | **0,212** | **1,240** | **1,496** | **0,142** | **1,656** | **0,208** | **0,888** | **9,624** |
| **Щелочность:** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **общая** | **0,050** | **0,050** | **0,029** | **0,029** | **0,034** | **0,032** | **0,027** | **0,020** | **0,305** |
| **СГ** | **0,032** | **0,026** | **0,072** | **0,077** | **0,020** | **0,113** | **0,056** | **0,100** | **3,702** |
| **во?** | **0,044** | **0,040** | **0,660** | **0,813** | **0,021** | **0,884** | **0,440** | **0,428** | **2,200** |
| **Са~** | **0,024** | **0,032** | **0,219** | **—** | **—** | **—** | — | **—** | **0,789** |
| **м«г**  **Сумма анионов (в** | **0,007** | **0,004** | **0,043** | — | **—** | **—** | **—** | **—** | **0,575** |
| **м.-экв.)**  **Сумма катионов (в** | **2,64** | **2,38** | **16,24** | **—** | **—** | **—** | **—** | — | **155,29** |
| **м.-экв.)**  **Натрий + калий по** | **1,78** | **1,93** | **14,46** | **—** | **—** | **—** | **—** | **—** | **86,64** |
| **разности (в м.-экв.)** | **0,66** | **0,45** | **, 1,78** | **, —** | **і —** | **—** | **, —** | **.** — | **. 68,65** |

В местных условиях Дакую псЩву, содержащую с глубины 47 см солей более 1,2%, приходится считать незасоленной, что, конечно, не отвечает принятой в мелиоративной практике характе­ристике.

Примером темноцветной луговой среднезасоленной почвы мо­жет служить разрез № 168 (табл. 135).

Таблица 135

Содержание воднорастворимых солей (в процентах) в темноцветной луговой среднезасоленной почве (разрез № 168)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование элементов** |  |  | **Глубина (в см)** | | |  | **Минерализа­ция грунто­вых вод (в г на 1 л)** |
| **0—6** | **9—17** | **20—28** | **64—72** | **93—**  **101** | **134— 142** |
| **Плотный остаток** | **0,88** | **1,98** | **2,64** | **1,82** | **2,09** | **2,33** | **5,01** |
| **Щелочность : общая** | **0,006** | **0,030** | **0,030** | **0,033** | **0,030** | **0,023** | **0,125** |
| **С1'** | **0,20** | **0,21** | **0,23** | **0,11** | **0,18** | **0,46** | **0,804** |
| **эо?** | **0,29** | **0,64** | **0,78** | **1,02** | **1,11** | **1,15** | **3,228** |
| **Са~** | **0,033** | **0,22** | — | **—** | **—** | — | **0,284** |
| **Мд”** | **0,016** | **0,071** | **—** | **—** | **—** | **—** | **0,158** |
| **Сумма анионов (в м.-экв.).** | **12,86** | **19,74** | **—** | **—** | **—** | — | **91,96** |
| **Сумма катионов (в м.-экв.)** | **2,97** | **16,25** | **—** | **—** | — | **—** | **27,15** |
| **Натрий + калий но раз­ности (в м.-экв.)** | **9,89** | **3,49** |  |  |  |  | **64,81** |
| **Отношение ионов натрия и калия к кальцию (взя­тых в м.-экв.)** | **6,0** | **—** | **—-** | **—** | **—** | **і** | **4,5** |

Лугово-болотная почва сильнозасоленная представлена раз­резом № 246 (табл. 136, см. стр. 346).

Из этих примеров следует, что тип засоления должен быть приз­нан тяжелым в том смысле, что соли заполняют всю толщу раз­реза.

При оценке солончаков существенным моментом является возможность развития солонцовых процессов при их промыв­ках.

Этот вопрос почти не подвергался исследованию для данного района и осветить его можно лишь ориентировочно. Просмотр многих анализов растворимых солей показывает, что соотношение ионов натрия и кальция часто довольно благоприятно и потому особой угрозы при промывках здесь не возникает. Но есть ряд случаев, где это отношение неблагоприятно. Примером таких почв являются приведенные выше разрезы № 168 и 246, где отношение натрия к кальцию достигает 6 и 5,4. При этих условиях возможность развития солонцовых процессов несомненно имеется.

**Таблица 136**

Содержание воднорастворимых солей (в процентах) в сильно засоленной лугово-болотной почве (разрез № 246)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование элементов** | **Глубина (в см)** | | | | | | **Минерализа­ция грунто­вых вод (в г на 1 л)** |
| **0—5** | **8—16** | **20—38** | **45—53** | **80—88** | **107**— **117** |
| **Плотный остаток** | **3,71** | **3,08** | **2,54** | **1,93** | **2,52** | **2,50** | **51,14** |
| **Щелочность:** |  |  |  |  |  |  |  |
| **общая** | **0,028** | **0,036** | **0,023** | **0,030** | **0,028** | **0,023** | **0,271** |
| **С1'** | **1,65** | **0,76** | **0,82** | **0,74** | **0,73** | **0.60** | **21,502** |
| **во;'** | **0,42** | **0,31** | **0,67** | **1,14** | **0,79** | **0,96** | **6,151** |
| **Са"** | **0,13** |  | **0,16** | — | — | **0.30** | **4,522** |
| **Мд”** | **0,17** | — | **0,11** | — | — | **ОДО** | **1,067** |
| **Сумма анионов (в м.-экв.)** . | **55,74** | — | **37,37** | — | — | **37,30** | **741,02** |
| **Сумма катионов (в м.-экв.)** | **20,48** | — | **17,02** | — | — | **23,18** | **313,29** |
| **Натрий + калий по раз­** |  |  |  |  |  |  |  |
| **ности (в м.-экв.)** | **35,26** | — | **20,34** | — | ■— | **14,12** | **427,73** |
| **Отношение ионов натрия и** |  |  |  |  |  |  |  |
| **калия к кальцию (взя­** |  |  |  |  |  |  |  |
| **тых в м.-экв.)** | **5,4** | **—** | **2,5** | **—** | **—** | **—** | **1,9**  1 |

Небольшие опыты промывок солончаков зоны Кизлярской опытной станции, проведенные Сушко и Будановым, показывают, что в ряде случаев действительно наблюдаются вспышки щелоч­ности и повышения дисперсности, т. е. отмечаются явления солон- цеватости (см. рис. 61—64 на стр. 203—206).

Следовательно, в условиях Терской дельты указанные явления могут наблюдаться.

Почвенный покров, аналогичный описанному, присущ и всей обширной низменности на юг от дельты — низовья рр. Аксая, Ярыкса, Акташа и Сулака — с тем отличием, что отложения здесь имеют более тяжелый глинистый характер и, следовательно, мелиорация и освоение их будут более трудными.

**Общие выводы.** 1. Бассейн р. Терека охватывает типы почв черноземных, каштановых, солонцовых и солончаковых. Кроме того, встречаются значительные области песков.

1. Зона черноземов и темнокаштановых почв высококачест­венная, в сельскохозяйственном отношении в наименьшей степени нуждается в орошении.

В мелиоративном отношении она подразделяется на две области: а) область межгорных равнин передовых хребтов с развитым со­лонцовым комплексом и потому угрожаема по развитию солонце- ватости и требующая добавочных химических и гидротехнических мелиораций; б) Надтеречных древних террас право- и левобереж­ных, в наименьшей мере угрожаемых в отношении вторичного засоления. Эта вторая область характеризуется резкой просадоч- ностью грунтов.

1. Зона каштановых и главным образом светлокаштановых почв характеризуется большей потребностью в орошении, но и отличается большей солонцеватостью и засоленностью, возра­стающими по направлению на северо-восток. Лучшая часть супес­чаных каштановых почв лежит на юге, у р. Терека. Земли север­ной части равнины (Под и Беча) характеризуются высокой щелоч­ностью и высоким залеганием минерализованных грунтовых вод, создающих угрозу вторичного засоления. Таким образом, здесь нужно предусматривать мероприятия по регулированию уровня грунтовых вод.
2. Область песчаных почв непригодна для земледелия без кольматажа и крупных планировочных работ.
3. Область солончаковых почв, охватывающая дельты рр. Те­река, Аксая, Акташа и др., в наибольшей мере требует орошения. Она характеризуется высоким уровнем бессточных соленых грун­товых вод. Часть засоленных почв допускает первоначальное их сельскохозяйственное использование непосредственно без про­мывок, с последующим осуществлением их в ближайшие годы; другая, большая часть засолена настолько значительно, что требует промывок до их сельскохозяйственного освоения.

Искусственное регулирование уровня грунтовых вод с по­мощью дренажных сооружений разных типов необходимо предус­матривать для всей дельты.

СЕРОЗЕМНО-СОЛОНЧАКОВАЯ ЗОНА

Сероземно-солончаковая зона занимает область так называемых пустынных степей, с количеством осадков 100—200 мм и величи­ной испаряемости около 1000 мм за год. В Советском Союзе такие условия имеют место в равнинной части Средней Азии и Закав­казья. Осадки выпадают главным образом в холодное время года, летние же месяцы часто бывают совсем без дождей. Поверхность земли в этот период года нагревается нередко до 60—70°, сильно пересыхает и, таким образом, на длительный период времени не только биологическая деятельность, но в значительной мере и физико-химические процессы в почве замирают. Степная расти­тельность бурно развивается ранней весной, затем выгорает и иногда пробуждается вновь на короткий срок лишь поздней осенью.

Без орошения возможны посевы (так называемые богарные, или кайрачные) лишь скороспелых зерновых культур в понижен­ных местах рельефа, увлажняемых дополнительно весенними та­лыми водами, или же в речных долинах с близко залегающими пресными грунтовыми водами. Урожаи без орошения здесь неу­стойчивы.

Более устойчивое земледелие становится возможным лишь в предгорных областях, где сероземы начинают переходить в каштановые почвы.

Соответственно этому сероземная зона, в типичной своей части, может быть названа областью оросительных мелиораций. В Советском Союзе она является основной областью хлопко­водства.

Почвенный покров зоны представлен двумя типами: а) так называемым сероземом, принадлежащим к степному типу почвооб­разования и развивающимся на сильнокарбонатных (известковых) материнских породах, и б) почвами солончакового типа почвообра­зования, представленными здесь самыми разнообразными фор­мами. Для этой зоны характерно относительно слабое развитие солонцового типа почвообразования.

Равнинная часть Средней Азии. Равнинная часть Средней Азии представляет собой обширную пониженную область замкну­того бассейна Аральского моря, расположенного в северо-запад­ном углу ее. Только на самом юго-западе Средней Азии небольшой район ее, именно бассейн р. Атрека, связан непосредственное Кас­пийским морем.

С востока равнинные области Средней Азии ограничены гор­ными массивами Тянь-Шаня и Памира, с юга — горами Копет- Даг, с запада Каспийским морем и обширным третичным плато Устюрт, и, наконец, с севера плоским водоразделом р. Ир­тыша.

В этих пределах равнина рассечена двумя крупными водными артериями, являющимися основными источниками орошения Сред­ней Азии, — рр. Сыр-Дарьей и Аму-Дарьей. Река Сыр-Дарья об­разуется из двух рек — Нарына и Кара-Дарьи, после их слияния в западной части Ферганы. На всем своем протяжении от слияния названных рек до Аральского моря Сыр-Дарья имеет всего четыре значительных притока, впадающих с правой стороны ее, — это Ангрен, Чирчик, Келес и Арысь.

Аму-Дарья берет начало в горах Памира, слагаясь еще в пре­делах горных отрогов из двух крупных рек — Пянджа и Вахта, после слияния которых она и получает свое название. По выходе из гор на всем громадном протяжении до Аральского моря Аму- Дарья не имеет ни одного притока. Однако они были у нее в пред­шествующий более многоводный геологический период. Такими бывшими притоками Аму-Дарьи являются рр. Зеравшан, Мургаб и Теджен, ныне полностью разбираемые на орошение и в своих низовьях теряющиеся в песчаных пустынях.

Небольшая речка Атрек, как упомянуто выше, имеет самостоя­тельное течение и впадает непосредственно в Каспийское море. Равнинная часть Средней Азии разделяется на три существенно различные геоморфологические области (рис. 112): область пред­горных равнин, область древних и современных речных долин и область континентальных песчаных пустынь Каракум и Кы­зылкум.

Каждая из этих областей имеет самостоятельную сельскохозяй­ственную и мелиоративную характеристику.

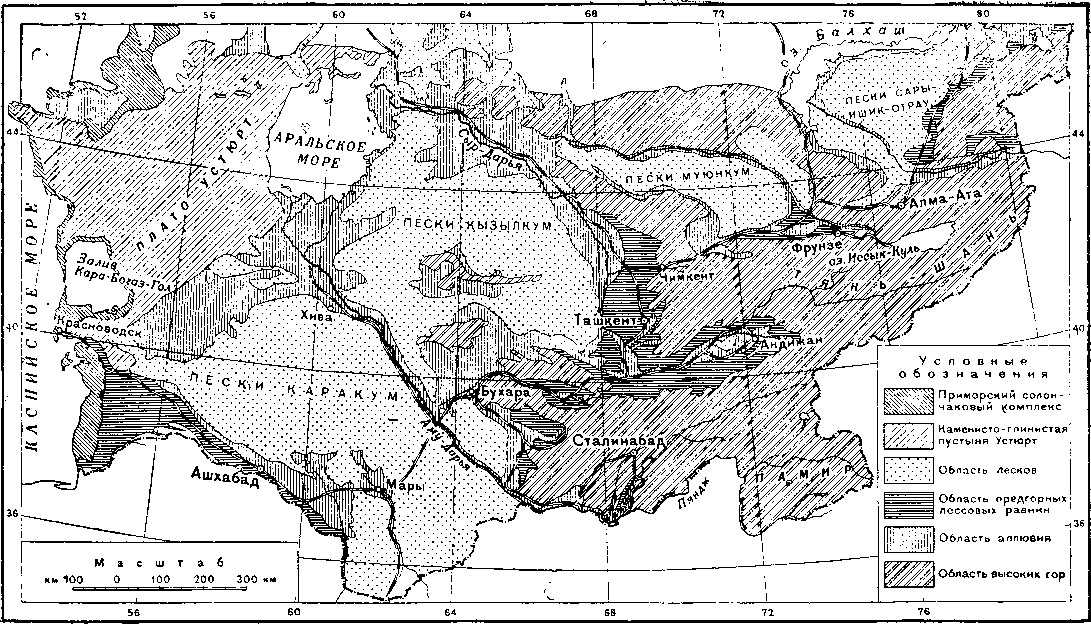


Рис. 112. Схема геоморфологических областей Средней Азии,

**Область предгорных равнин.** Эта область рас­положена сравнительно узкой и часто прерывистой полосой по всей восточной и южной границе Среднеазиатской равнины вдоль горных массивов.

В сельскохозяйственном отношении — это зона интенсивного орошения, главным образом хлопчатника, а также садов и вино­градников.

Предгорные равнины сложены пролювиальными, или так на­зываемыми лессовыми отложениями. Происхождение этих пород следующее. Во время выпадения в горах обильных дождей, осо­бенно ливней, ими смываются с крутых склонов продукты вывет­ривания, как мелкие (песок, глина), так и крупные, до камней включительно. Масса ливневых вод, насыщенная этими твердыми элементами, концентрируется в горных ущельях и затем выры­вается на равнину в виде мощного и бурного грязевого потока (силя, или селя), разливающегося по равнине в виде обширного веера. В первый же момент выхода на равнину, в силу резко выраженного уменьшения уклона, поток замедляет свою скорость и из него начинают осаждаться наиболее крупные элементы — камни, гравий и песок. Таким образом, в предгорьях, против ущелий, образуются обширные скопления крупного обломочного, более или менее окатанного, материала — галечные конуса вы­носа.

Продвигаясь далее от гор, поток все более теряет скорость как в силу уменьшения уклонов, так и растекания в стороны. Соот­ветственно этому происходит дифференцированное оседание твердого наноса, сначала пылеватого, а в самом конце глинистого (рис. ИЗ). Таким образом, ниже галечных конусов выноса фор­мируется обширная область мелкоземистых и уже более или менее отсортированных отложений. Они-то и представляют собой область предгорных равнинных степей, область развития орошаемого земледелия.

Отложения, сложенные преимущественно пылеватыми части­цами, называют обычно «лессом». Раньше лессы считали вековыми отложениями пыли, приносимой в предгорья частью из гор гор­ными ветрами (фенами), частью из центральных песчаных пустынь.

Соответственно условиям происхождения, сложение пред­горных равнин оказывается закономерным как в горизонтальном, так и вертикальном направлениях. В направлении, перпендику­лярном к горам, всегда наблюдается последовательная смена более грубых материалов вблизи гор более мелкими вдали от них. Для средних частей потоков характерно отложение пылеватых суглинков, так называемых типичных лессов, тогда как шлейфам свойственны обычно глины. По линии, параллельной горам, ха­рактер отложений может быть также неоднородным. Это объяс­няется тем, что отдельные селевые потоки обладают различной мощностью, и, следовательно, нанос одного и того же механиче­ского состава отлагается на разных расстояниях от гор.

Вертикальное строение лессовых толщ вообще не однородно. Если взять разрезы ближе к горам, в верхней трети пролювиаль­ных отложений, то здесь в суглинистых толщах очень часто можно наблюдать не только отдельные включения, но и целые прослойки крупнообломочного материала. Дальше от гор, в средней трети пролювия, включений крупнообломочных материалов обычно уже не наблюдается и вся толща довольно однородна. Это свойство однородности всегда отмечается исследователями и считается типичной чертой лессов. Однако ее надо понимать лишь в относи-

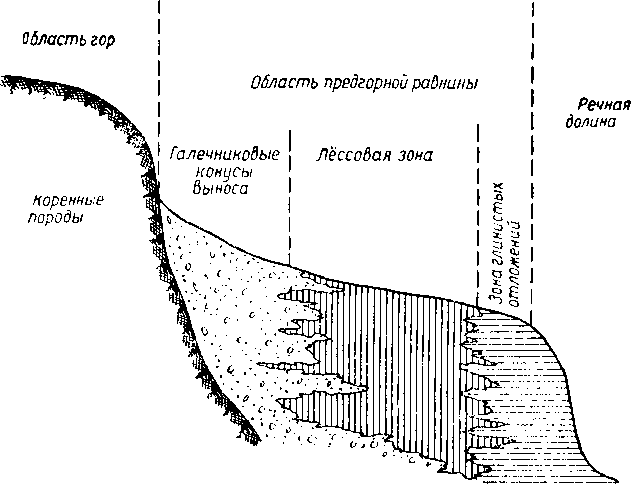


Рис. 113. Схема строения предгорных пролювиальных равнин.

тельном смысле: прямые механические анализы отдельных слоев всегда дают заметные различия механического состава. Наконец, на шлейфах пролювиальных отложений, в толщах суглинков, часто уже встречаются типичные глинистые прослойки.

Полный горизонтальный профиль пролювиального выноса вообще редко сохраняется. Так, его можно наблюдать в предгорьях Копет-Дага, кое-где по р. Аму-Дарье (Пулизинданское плато Керкинского района), в предгорьях Туркестанского хребта (Го­лодная стейк). Однако чаще шлейф пролювиального выноса, сло­женный наиболее глинистыми породами, оказывается срезанным размывом реки, у которой лессовая область обычно кончается более или менее высокими вертикальными обрывами.

Общая мощность лессовых толщ значительна и достигает 40 м и более. Эти толщи нередко подстилаются песками и галечниками.

Основной зоной орошения в пролювиальной области являетсй средняя лессовая часть ее. Зона конусов выноса используется частично под сады и в основном требует предварительного коль- матажа; зона шлейфов в большинстве смыта или засолена.

Механический состав лессовых пород для различных мест Средней Азии характеризуется следующими данными (Неуструев, табл. 137).

**Таблица 137**

Механический состав лессовых пород (в процентах)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Места взятия образцов** | **Глубина (в см)** | **Песок крупнее 0,25 мм** | **Пыль 0,25— 0,01 мм** | **Глина, час­тицы мень­ше 0,01 мм** |
| **Андижанское опытное поле** | **0-5** | **7,54** | **41,47** | **51,19** |
| **Город Ош** | **250** | — | **43,01** | **56,99** |
| **Чимкентский район** | **180** | — | **50,75** | **49,25** |
| **Дальверзин** | **60** | **4,5** | **30,34** | **69,66** |
| **Ура-Тюбе** | **100** | — | **33,87** | **66,13** |
| **Андижанский район** | **270** | **0,26** | **43,61** | **56,39** |

Данные таблицы показывают, что колебания глинистости до­вольно значительны, причем эти величины не являются крайними: часто встречаются лессы, где количество глины понижается до 30°/0.

Для иллюстрации наблюдающихся изменений в механическом составе лессовых отложений по вертикальному разрезу в таб­лице 138 приводятся данные по скважине № 9, заложенной на Вахше, на Кум-Сынгырском плато.

**Таблица 138**

Изменение в механическом составе лессовых отложений по вертикальному разрезу (в процентах)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в м)** | **Размеры частиц (в мм)** | | | |
| **крупнее 0,25** | **0,25—0,05** | **0,05—0,01** | **< 0,01** |
| **1,0** | **0,35** | **5,78** | **66,54** | **27,33** |
| **5,25** | **0,50** | **3,53** | **48,90** | **47,07** |
| **14,50** | **0,44** | **3,14** | **42,63** | **53,79** |

Как видим, книзу глинистость значительно усиливается, од­нако в других случаях расположение слоев может быть и обратным или же вся толща оказывается гораздо более однородной, как это видно на примере разреза № 340 (табл. 139).

Характерной чертой лессовых пород является их высокая порозность, около 50%. С этим связывается хорошая их водопро­ницаемость (коэффициенты впитывания и фильтрация около 0,0005 см/сек), а также такие отрицательные свойства их, как про- садочность и легкая размываемость.

Механический состав лесса **Чимкентского** района (разрез № 340, **по Нсуструсву)**

Размеры частиц (в мм)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **(в см)** | **1,0—0,5** | **0,5—0,25** | **0,25—0,05** | **0,05—0,01** | **<0,01** |
| **0-7** | **0,06** | **0,04** | **19,15** | **33,04** | **47,71** |
| **12-26** | **0,01** | **0,02** | **19,66** | **83,01** | **47,30** |
| **50—60** | **0,06** | **0,02** | **14,77** | **35,47** | **49,68** |
| **103-110** | **0,02** | **0,02** | **27,57** | **31,89** | **40,50** |
| **172 -180** | — | **0,01** | **17,32** | **40,86** | **41,82** |

С химической стороны лессы характеризуются высокой карбо- натностыо (10—20% извести).

Воднорастворимые соли (хлористый и сернокислый натрий), как общее правило, вымыты из первого, а иногда и из второго метра толщи, но присутствуют во всех более глубоких слоях в количе­ствах 0,1—0,3% и выше. Отложения гипса наблюдаются в конце первого или второго метра, а иногда и ниже. Однако могут быть и существенные исключения, главным образом в двух случаях: а) когда пролювиальный вынос поступает из гор, сложенных сильно соленосными породами, то и вся лессовая толща оказывается резко засоленной. Такой случай имеет место, например, на Мукринском и Пулизинданском плато па Аму-Дарье; б) когда глинистые шлейфы пролювиальных потоков, там где они не смыты, оказываются оча­гами концентрации водонорастворимых солей. Сюда поступает основная масса выщелачиваемых в горах солей, промывание же их вглубь затруднено тяжелым механическим составом породы. Примером таких условий могут служить шлейфы Туркестанского и Нуратинского хребтов, Копет-Дага в Туркмении, по границе с Каракумскими песками.

Поглощающий комплекс лессов обычно не велик, и обменная ем­кость его измеряется 10—12 м.-экв. В составе поглощенных катио­нов преобладает кальций, но иногда в существенных количествах присутствует и магний. Вопрос об участии натрия остается пока не выясненным.

Таковы физико-химические черты обычных лессовых пород. Оценивая их с мелиоративной точки зрения, нужно признать, что, за исключением иросадочности, они достаточно благоприятны.

По рельефу пролювиальные области представляют обычно хорошо выраженные равнины со значительными уклонами, при­мерно 0,05—0,005, что позволяет широко применять здесь такио способы орошения, как напуск, борозды и джояки. Кроме того, эти равнины обычно рассечены более или менее густой сетью балок и логов, что усиливает обеспеченность поверхностного стока. Иногда пролювиальные отложения не вполне нивелируют основ­ной рельеф, создаваемый коренными породами, и тогда он

становится увалистым, не вполне правильным, со значительными местными уклонами, что может уже создавать трудности при проек­тировании достаточно крупных поливных участков и для механи­зации сельскохозяйственных процессов. Котловины с необеспе­ченным стоком, заболоченные или предрасположенные к заболачи­ванию при орошении, редко встречаются в предгорных равнинах.

С мелиоративной точки зрения, описанные условия рельефа, как позволяющие пользоваться наиболее экономными способами полива и обеспечивающие поверхностный сток, должны быть признаны благоприятными.

В пролювиальной лессовой зоне обычно нет условий для обра­зования высокого уровня грунтовых вод. Воды, стекающие с гор, в главной своей массе поглощаются галечниковыми конусами вы­носа и уходят вниз под лессовую толщу. Воды, которые все же выливаются на равнину селевыми потоками, а также и те, которые выпадают на нее в виде осадков, быстро впитываются и просачи­ваются вглубь благодаря хорошей водопроницаемости и однород­ности лессовой толщи. Соответственно этим условиям, как правило, грунтовые воды лессовых областей лежат на значительных глу­бинах — 20—40 м от поверхности. Водоносным горизонтом яв­ляются либо галечники и пески, либо те же суглинки. Распола­гаясь в общем параллельно земной поверхности, грунтовые воды обладают ясно выраженным уклоном и, следовательно, оттоком.

При орошении территорий с такими грунтовыми водами зеркало их поднимается за счет фильтрационных вод. Однако это увеличи­вает градиент падения их к неорошаемым областям, сток еще более усиливается и в результате высота зеркала воды не достигает та­кого уровня, чтобы капиллярные токи могли питать поверхность почвы и засолять ее. Минерализация грунтовых вод лессовых обла­стей, как правило, незначительна.

Описанный комплекс гидрогеологических условий, заключаю­щийся в значительной глубине залегания уровня грунтовых вод, их отточности и слабой засоленности, должен быть оценен, с мелио­ративной точки зрения, как особо благоприятный.

Господствующим типом почв лессовой зоны является серозем. Он принадлежит к степному типу почвообразования, т. е. разви­вается под воздействием степной растительности, и в поглощающем комплексе его господствует кальций с небольшим участием магния. Типичный серозем, неорошаемый, характеризуется следующими чертами.

Горизонт А — гумусный, мощностью около 10 см, дернистый, светлосерого цвета, слабой чечевицеобразной или слоеватой струк­туры. Гумуса в нем 1—1,5%, что объясняется слабым развитием растительного покрова этой сухой области и энергичным аэробным разложением растительных остатков во влажные периоды года.

Горизонт В — мощностью до 40 см, содержит уже десятые доли процента гумуса, буроватого цвета, сильно источен насекомыми и червями, отчего представляется дырчатым (кавернозным). При орошении дырчатость исчезает, но затем часто восстанавливается в результате обильного размножения дождевых червей.

Ниже идут горизонты материнской породы (лесса), светлопале­вого цвета с заметными скоплениями извести на глубине около 100 см и гипсовых кристаллов на глубине 150 см или более. Почвы сильнокарбонатные с самого верха, но усиленная концентрация извести на глубине около 100 см указывает, что здесь все же осуществляется достаточно энергичное выщелачивание верхних горизонтов.

В разрезе серозем оказывается однородным, слабо дифференци­рованным на горизонты. Эта однородность особенно усиливается при орошении, под влиянием которого разрез становится на всю глубину до 1—1,5 м однообразного серовато-грязного цвета.

Наличие зимних нисходящих токов воды в сероземах опреде­ляет почти полную промытость 2-метровой толщи от воднораство­римых солей. Это иллюстрируется анализом почв разреза № 340 (табл. 140).

Таблица 140

Некоторые валовые определения и воднорастворимые соли (в процентах) (разрез № 340, по Неуструеву)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **СО,** | **Гумус** | **Гигроско­**  **пическая**  **вода** | **Водная вытяжка** | | | |
| **сухой**  **остаток** | **минераль­**  **ный**  **остаток** | **СГ** |  |
| **0—7** | **4,93** | **2,00** | **1,68** | **0,0552** | **0,0287** | **0,0014** | **0,0016** |
| **13-26** | **6,72** | **0,45** | **1,68** | **0,0345** | **0,0254** | **0,0014** | **0,0010** |
| **50—60** | **8,92** | **0,26** | **1,41** | **0,0351** | **0,0290** | **0,0014** | **0,0046** |
| **103—110** | **10,78** | **0,22** | **1,33** | **0,0273** | **0,0188** | **0,0014** | **0,0011** |
| **172—180** | **8,52** | **0,13** | **1,20** | **0,0386** | **0,0267** | **0,0028** | **0,0020** |

Из таблицы видно, что на всю глубину до 180 см количество СГ и измеряется тысячными долями процента, а общее коли­чество солей составляет лишь около 0,02%. Выщелачивание ярко заметно и по карбонату извести, изменяющемуся от 4,93% в верх­нем горизонте до 10,73% в иллювиальном горизонте на глубине 103—110 см. Приведенные величины углекислоты при пересчете на известь дают соответственно 11,2 и 24,5% последней от веса всей почвы.

Как всякий лесс, сероземы характеризуются высокой иороз- ностыо и сравнительно хорошей водопроницаемостью.

Различаются две разновидности сероземов — темный и свет­лый, или пустынный[[45]](#footnote-45). Последний развивается в наиболее сухих условиях, а первый — в более влажных, ближе к горам.

Основные различия между ними заключаются в следующем: светлый серозем беднее гумусом (около 1%) и слабее выщелочен, что проявляется главным образом в несколько более повышенном расположении гипсового горизонта.

В сельскохозяйственном отношении сероземы представляют собой вполне хорошие почвы. Они легко обрабатываются и имеют значительные запасы калия и фосфора. Недостатком их является бедность азотом и общая слабая структурность, лишь отчасти ком­пенсируемая высокой карбонатностыо. В связи с этим на сероземах весьма эффективно внесение органических азотных удобрений и по­сев бобовых трав. В последнее время широкое применение находят минеральные формы азота; фосфор оказывается наиболее эффек­тивным в комбинации с посевами люцерны.

Темные сероземы качественно стоят несколько выше светлых.

С мелиоративной точки зрения, серозем является благоприят­ным объектом орошения: он не засолен и не солонцеват; высокая карбонатность и порозность придают ему благоприятные водно­физические свойства, однородность вертикального профиля обес­печивает равномерность благоприятного водно-воздушного и соле­вого режима.

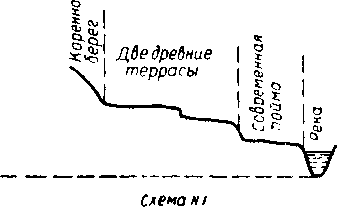
Возможность развития заболачивания и засоления при оро­шении здесь также незначительна: рельеф допускает применение наиболее рациональных и экономных способов полива и обеспе­чивает поверхностный сток; достаточно однородные лессы, водо­проницаемые, не создают предпосылок для возникновения верхо­водки; основные грунтовые воды лежат глубоко и, главное, пред­ставляют ясно выраженный поток, что исключает возможность подъема его зеркала до уровней, угрожаемых для засоления по­верхности почвы.

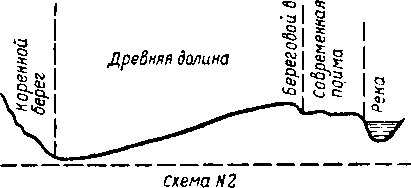
На основе всей суммы этих показателей пролювиально-лес­совую сероземную зону следует оценивать как вполне благоприят­ную в мелиоративном отношении и безопасную в отношении раз­вития вторичного засоления.

Существующая практика орошения подтверждает эту оценку. В описываемых условиях нигде не известно серьезного развития засоления. Исключения наблюдаются иногда лишь в чисто мест­ных условиях в более или менее замкнутых котловинах или же на глинистых шлейфах склонов. Трудности мелиоративного освоения пролювиальных лессовых равнин заключаются главным образом в высоком их положении, иногда в слишком пересеченном рельефе и, наконец, в просадочности и легкой размываемости лессов.

**Область аллювия речных долин, древ­них и современных.** Область аллювиальных отложений приурочена ко всем речным системам. В составе их современные речные наносы занимают относительно незначительные площади и имеют малое практическое значение. Главная роль принадлежит отложениям древнеаллювиальиым, сформировавшимся в пред­шествующий (ледниковый) геологический период. Площадь по­следних громадна, значительно превышает площадь лессовых тер­риторий, и потому удельный вес ее в ирригационном хозяйстве весьма велик. Ряд крупнейших орошаемых районов, например Тедженский, Мургабский, Средне- и Нижне-Аму-Дарьинский оа­зисы, лежат полностью на древнеаллювиальных отложениях.

Область древнеаллювиальных отложений издревле является областью орошения. Здесь построены теперь крупные современные ирригационные системы.

По мелиоративному характеру область аллювиальных отло­жений существенно отличается от лессовой области, что опре­деляется своеобразным строением ее, особыми гидрогеологическими ус­ловиями и специфиче­скими типами почв.

При рассмотрении речных долин в целом, в пределах как совре­менных, так и древних аллювиальных отложен ний, выявляется два раз­личных типа их строе­ния (рис. 114).

Первый тип показан на схеме № 1. Здесь древ­ний аллювий распо­ложен последовательно возвышающимися над рекой террасами, ко­торых насчитывается иногда до пяти. Такое строение свидетельст- **Рис. 114. Схемы строения долин,**

вует о том, что в про­цессе геологического развития долины река испытывала ряд резко выраженных периодов понижения своего базиса эрозии, в тече­ние которых она врезалась в толщу грунта и смывала часть своих наносов. Таким образом возникал уступ древней террасы и под ним начинала формироваться новая терраса.

Второйтип показан на схеме №2. В этом случае современное ложе реки иногда лежит выше, чем древние аллювиальные отложения. Последние отгорожены от современной поймы небольшим повыше­нием, как бы береговым валом, за которым поперечный уклон идет от реки по направлению к коренному берегу. Такое строение долины возникает тогда, когда река обильно откладывает в своем русле большое количество наносов и они систематически поднимают ее ложе.

Оба типа строения долин широко развиты в Средней Азии и наблюдаются почти на каждой реке. При этом первый тип

свойственен верхним частям ее течения, второй же средним и осо­бенно нижним — дельтовым. Типичным примером является р. Аму- Дарья: здесь в верховьях, на Вахте, имеется четыре ступенчато возвышающиеся речные террасы. Наоборот, в среднем течении (Чарджоуский оазис) и особенно в дельте (Хорезм) имеются ти­пичные случаи второго типа строения долины.

Различие названных типов строения долин имеет чрезвычайно серьезное мелиоративное значение и выражается в следующем.

1. В первом (террасовом) типе строения река является прием­ником и поверхностного и дренажного стока; во втором (дельто­вом) типе, наоборот, река питает своей водой грунтовые воды до­лины, поверхностный сток здесь не обеспечен, что способствует развитию заболачивания и засоления.
2. Толща террасовых отложений обычно суглиниста, более или менее однородна в верхних своих горизонтах, часто приобре­тает лессовидный характер; нередко подстилается мощными аллю­виальными галечниками. Толщи дельтовых отложений, как пра­вило, резко слоисты и гораздо более глинисты; галечников здесь нет, встречаются лишь более или менее мощные прослойки и линзы песка.

В областях древнего орошения здесь часто широко развита своеобразная разность поверхностного наноса (мощностью иногда до 2 м), которому присваивается название «культурно-полив­ного». Он образуется за счет выноса на поля илов с оросительными водами и внесения землистых удобрений. Откладываясь тонкими слоями, ежегодно перепахиваемыми, этот нанос не обладает ясно выраженной слоистостью.

Для характеристики этого процесса наиливания могут служить следующие данные. По наблюдениям на Катта-Курганском опыт­ном поле, вода арыков летом содержит до 1,3 г плотного остатка на литр, что при пересчете на 1 га дает ежегодно около 6 т наносов, или 0,25% веса 20-‘сантиметрового слоя почвы. Значительно более энергичное наращивание поверхности поля наблюдается на острове Мианкале (под Самаркандом) при культуре риса. Изучение велось на делянке длиной 130 и шириной 30 м. Оросительная вода посту­пала непосредственно из арыка и через учетную делянку проходила на следующие. Наносы откладывались на поле в течение всего лета. После уборки риса — по профилю от входного отверстия до конца палы мощность отложившихся наносов оказалась следующей.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Расстояние от вход­ного отвер­стия (в м)** | **2,0** | **13,1** | **23,7** | **34,3** | **44,9** | **55,5** | **66,1** | **76,7** | **87,3** | **97,9** |
| **Толщина на­носа (в мм)** | **485** | **325** | **264** | **242** | **174** | **152** | **125** | **98** | **88** | **42** |

Далее 97,9 м слоя наноса нельзя было на разрезе ясно отделить от поверхности почвы. Как видно из цифр, мощность отложений

огромна и достигает в начале палы почти полуметра. По механи­ческому составу наносы дифференцировались следующим образом (табл. 141).

**Таблица 14 і**

Механический состав наносов на рисовой пале № 12

(в процентах)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Расстояние от начала палы (в м)** | **Песок 1,0—0,25мм** | **Пыль** | | | | **Ил, мельче 0,001 мм** |
| **песчаная 0,25- 0,05 мм** | **крупная 0,05— 0,01 мм** | **средняя 0,01 — 0,005 мм** | **мелкая 0,005— 0,001 мм** |
| **2,0** | **0,15** | **45,11** | **38,24** | **14,17** | **0,49** | **1,84** |
| **13,1** | **0,08** | **14 37** | **38,74** | **34,41** | **2,01** | **10,39** |
| **23,7** | **0,22** | **13,74** | **40,09** | **34,75** | **1,46** | **9,74** |
| **34,3** | **0,20** | **9,41** | **27,81** | **62,58** | | — |
| **44,9** | **0,36** | **8,40** | **19,85** | **40,99** | **11,62** | **18 88** |
| **55,5** | **0,23** | **10,65** | **14,68** | **43 36** | **8 57** | **22,51** |
| **66,1** | **0,32** | **11,02** | **13,68** | **38,37** | **13,09** | **23,32** |
| **76,7** | **0,14** | **10,43** | **15,91** | **43 57** | **7,88** | **22 07** |
| **87,3** | **0,13** | **11,78** | **16,42** | **39,63** | **11,15** | **20.89** |
| **97,9** | **0,17** | **7,42** | **15,53** | **41,16** | **12,74** | **22,98** |

В начале палы наносы пылеваты (лессовидные), в конце ее ста­новятся тяжелоглинистыми.

Три образца — первый, последний и промежуточный, взятый на расстоянии 55,5 м, были химически проанализированы. Данные этих анализов приводятся в таблицах 142, 143 и 144.

**Таблица 142**

Валовой состав образцов ила (в процентах к весу сухой почвы)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Расстоя­ние (в м)** | **Гигроско­**  **пическая**  **вода** | **Si02** | **R**2**O 3** | **Fe208** | **CaO** | **MgO** | **К20** | **Na20** | co**2** | **Гумус** |
| **2,0** | **0,413** | **66,92** | **16,47** | **4,88** | **7,004** | **2 344** | **1,424** | **1,325** | **5,465** | **0,52** |
| **55,5** | **0,929** | **55,98** | **18,00** | **5,33** | **8,325** | **2,658** | **2,319** | **2,106** | **6,350** | **0,94** |
| **97,9** | **1,033** | **55,41** | **19,13** | **5,62** | **8,564** | **3,015** | **2,345** | **2,183** | **6,519** | **1,125** |

Анализ показывает, что нанос по составу не отличается заметно от состава местных почв.

**Таблица 143**

Данные промывки илов 0,05JV HCl по методу Гедройца (в процентах к весу сухой почвы)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Расстоя­ние (в м)** | **Гигроско­**  **пическая**  **вода** | **Si02** | **П20з** | **СаО** | **MgO** | **sol** | **н2о** | **Na20** |
| **2,0** | **0,401** | **0,151** | **0,509** | **6,803** | **0,333** | **0,054** | **0,046** | **0,059** |
| **55,5** | **0,872** | **0,634** | **1,613** | **8,019** | **0,513** | **0,106** | **0,107** | **0,127** |
| **97,9** | **0,903** | **0,688** | **1,805** | **8,282** | **0,545** | **0,199** | **0,142** | **0,157** |

Этот анализ показывает значительную подвижность Минераль­ных соединений наноса, что соответствует его плодородию.

Таблица 144

**Анализ водной вытяжки илйв** (в процентах к весу сухой почвы)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Расстоя­ние (в м)** | **Гигроско­**  **пическая**  **вода** | **С1'** | **Сухой**  **остаток** | **Минераль­**  **ный**  **остаток** | **801** | **СаО** | **MgO** | **КаО** | **N3\*0** |
| **2,0** | **0,455** | **0,003** | **0,094** | **0,066** | **0,010** | **0,022** | **0,004** | **0,004** | **0,000** |
| **55,5** | **0,987** | **0,004** | **0,137** | **0,109** | **0,055** | **0,044** | **0,006** | **0,006** | **0,017** |
| **97,9** | **1,051** | **0,004** | **0,251** | **0,212** | **0,119** | **0,078** | **0,012** | **0,007** | **0,019** |

Данные анализа свидетельствуют, что считающаяся пресной вода р. Зеравшана откладывает нанос, содержащий довольно заметные количества воднорастворимых солей.

Все эти показатели дают достаточно наглядное представление о процессе образования так называемых «культурно-поливных» наносов, или почв. В поле эти наносы распознаются по отсутствию слоистости и постоянному наличию в толще их остатков кирпича, черепков посуды и прочих следов деятельности человека.

1. Засоленность террасового аллювия обычно больше, чем пролювиальных лессов, но все же незначительна; засоленность дельтовых отложений, как правило, очень велика.
2. Грунтовые воды на террасах залегают глубоко (в галечни­ках) и имеют более или менее выраженный боковой отток, минера­лизация их обычно незначительна; грунтовые воды дельтовых об­ластей лежат, как правило, близко к поверхности земли, практи­чески бессточны, минерализация их часто достигает громадных величин — 50 и 100 г солей на литр.
3. Подъем уровня грунтовых вод за счет потерь на фильтрацию ирригационной воды в условиях террас обычно затруднен; наобо­рот, в дельтовых районах, благодаря практически бессточным грунтовым водам, их уровень, как правило, очень быстро подни­мается при орошении до критических отметок; в силу этого именно в дельтах наиболее широко развиты явления вторичного забола­чивания и засоления почв.
4. Почвенный покров на террасах часто представлен преиму­щественно сероземами, но вместе с тем, поскольку террасы обычно переживали стадию засоления (за счет близкого уровня грунтовых вод в фазу высокого базиса эрозии, а также поверхностного стока с водоразделов), то здесь и сейчас солончаки более часты (особенно в притеррасной части), чем в лессовой области; с другой стороны, как следствие бывшего ранее засоления, здесь встречаются солон­цеватые сероземы и более или менее хорошо выраженные солонцы.

Впервые ясно выраженный солонцовый профиль почвы был установлен нами на древней террасе р. Кара-Дарьи в Фергане, в системе Майли-сая, на обычной орошаемой пашне. Аналитическое исследование разреза в отношении состава поглощенных катионов и распределения механических элементов дало следующие резуль­таты.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **0—10** | **34—44** | **0**  **1**  **оо**  **°** | **124—134** |
| **Процент поглощенного натрия от**  **емкости поглощения**  **Процент частиц ила меньше 0,001 мм** | **7,9**  **17,42** | **12,5**  **22,51** | **19,5**  **24,44** | **12,7**  **16,75** |

Величины поглощенного натрия показывают, что вообще весь разрез солонцеват, но типично выраженный солонцовый горизонт, на 19,5% насыщенный натрием, залегает здесь на значительной глубине — 70—80 см. Сюда же перемещены и илистые фракции из верхних горизонтов, что также характеризует типичный солон­цовый процесс.

Второй случай установлен Козловым на древней террасе р. Сыр-Дарьи в Голодной степи у поселка Волынского и описан нами выше.

В 1935 г. опубликовано обстоятельное исследование солонцо­вых почв совхоза «Дальверзин» в Голодной степи (С. Л. Кудрин и А. Н. Розанов). Из этой работы приведем характеристику од­ного типичного солонцового разреза — № 36.

**Горизонт** Ах—0—3 см. Дерновый, солонцовый; светлосе­рый; легкопылевато-суглинистый; пластинчато-чешуйчатого строе­ния; плотный, трещиноватый, хорошо пронизан корнями и корне­вищами; сухой.

**Горизонт** А2—3—11 см. Солонцовый; светлосерый; книзу постепенно буреет; среднепылевато-суглинистый, более плотный; крупнотрещиноватый, комковато-глыбистый; сухой.

**Горизонт** Вх— И—45 см. Солонцовый; бурый, пылевато-гли­нистый; слитный, крупнотрещиноватый (трещины 1—2 см); столбо- видно-глыбистый, выламывается в виде больших глыб (15 X 25 см и крупнее) неправильной формы, внизу становится менее плотным и распадается на комки, а затем крупинки (1—3 мм); сухой.

**Горизонт** В2 Сх—45—70 см. Гипсовый; буроватый; пыле­вато-глинистый; уплотненный; содержит большое количество гипса в виде крупных чешуевидных и пластинчатых кристаллов; слегка влажный.

**Горизонт** С2—70—80 см. Гипсовый; серовато-бурый; пыле­вато-глинистый; рыхлый, с большим количеством солей.

**Горизонт** С3—80—130 см. Глеевато-гипсовый; буровато­палевый; пылевато-глинистый; плотный; отмечаются гипс и ржа­вые пятна; влажный.

**Горизонт** С4—130—172 см. Глеевый; палевый; плотная слоистая глина с ржавыми и сизыми пятнами; влажный; на 172 см— грунтовая вода..

Содержание и состав воднорастворимых солей, а также погло­щенных оснований в почве для описанного разреза приводится в таблицах 145 и 146.

Таблица 145

Содержание и состав воднорастворимых солей в почве **(в процентах)** (разрез **№ 36)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Почва** | **Горизонт (в см)** | **Сухой**  **остаток** | **со;** | **- со**  **О "7 О о**  **ЯЗ** | **- го**  **О**  **ио**  **я5** | **%**  **о**  СП | **о** | **св**  **О** | ад | **СаЯО\***  **(валовой)** |
| **Солонец се­** | **0-3** | **0.189** | **0,001** | **0,058** | **0,035** | **0029** | **Нет** | **!о 011 0,003** | | **Нет** |
| **роземный** | **3-10** | **ОД 79** | **0,006** | **0,085** | **0,068 0 004** | | **»** | **10 006 0,002** | | **»** |
| **солонча-** | **10 -25** | **0 244** | **0,014** | **0,131** | **0,12110,006** | | **»** | **0 006:0,002** | | **»** |
| **ков^тый** | **22-32** | **0,194** | **0,008** | **0,123** | **0,102 0,021** | | **0,014,0 004|0,007** | | | **»** |
|  | **30 -45** | **0,631** | **0,009** | **0,090** | **0 069І0.241** | | **0,055,0,012 0,002** | | | **»** |
|  | **70-80** | **3,012** | **Нет '0,024!0,010** | | | **1,856** | **0,166 0.216 0,006** | | | **8,91** |
|  | **100—110** | **2,869** | **»** | **0,03710,022** | | **1,212** | **0,412 0,0140.013** | | | **Не о пред.** |
|  | **130—160** | **1 029** | **»** | **0,046** | **0.029** | **0,457** | **0,202 0.004І0,005** | | | **» »** |
|  | **Грунто­вая вода (в г/л)** | **7,444** | **0,013** | **0,250** | **0,095** | **2,697** | **1,697** | **0,072** | **0,090** |  |

Таблица 146

Состав поглощенных оснований в почве (разрез № 36)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Почва** | **Горизонты (в см)** | **га**  **О** | ад  **8** | **М** | га  **Й** | **Сумма** | га  **О** | ад  **Й** | ад  **Й**  **+**  га  **О** |  | га  **Й** | га  **Й**  **н-** |
|  | **в** | **м.-вкв.** | |  | **В °/** | **'о от суммы поглощенных катионов** | | | | |
| **Солонец серо­** | **0—3** | **6,54** | **3,39** | **0,87** | **1,80** | **12,60** | **51,9** | **26,9** | **78,8** | **6,9** | **14,3** | **21,2** |
| **земный со-** | **3—10** | **5,70** | **1,94** | **1,43** | **2,58** | **11,65** | **48,9** | **16,7** | **65,6** | **12,3** | **22,1** | **34,4** |
| **лончаковатый** | **10—25** | **4,65** | **1,69** | **1,43** | **5,55** | **13,32** | **34,9** | **12,7** | **47,6** | **10,8** | **41,6** | **52,4** |
|  | **22—32** | **4,95** | **1,49** | **1,71** | **4,42** | **12,57** | **39,4** | **11,9** | **51,3** | **13,6** | **35,1** | **48,7** |

В почвенном покрове дельтовых районов чаще всего господст­вуют самые разнообразные солончаки, влажнолуговые засолен­ные почвы, так называемые такыры, и лишь в незначительной мере сероземы, часто солонцеватые.

Термин «такыр» является прежде всего ландшафтным, обозна­чающим ровные и гладкие глинистые территории, обычно совер­шенно голые, разбитые с поверхности на паркетообразные плитки и настолько твердые, что след лошади часто на нем не заметен. Цвет такыров с поверхности разнообразен, но обычно ярких от­тенков — шоколадно-бурых, палевых, розоватых. Площади та­кырных пятен иногда незначительны, но часто они охватывают сотни и даже тысячи гектаров.

Максимальное развитие такырных площадей приурочено к древ- неаллговиальным отложениям, но часто они встречаются по пони­жениям среди песков. Возникновение такыров во многих случаях связывается с действием поверхностных вод, ливневых или речных, затопляющих мелким слоем плоские понижения и приносящих сюда тончайший ил. После высыхания таких эфемерных озер ил остается и последовательно формирует такыр. Этот путь происхож­дения и объясняет обычную чрезвычайную глинистость такыров, содержащих часто 90 и 95% частиц меньше 0,01 мм. Необходимо, однако, отметить и широко распространенное явление так назы­ваемого отакыривания обычных пашен. Это явление наступает при забрасывании пашни в перелог.

Вертикальный профиль такыра в типичном случае имеет сле­дующий вид: 0—2—3 см корочка, очень плотная, по пористая на изломе; 3—10—12 см яркобурый глинистый горизонт, обычно резко чешуйчатого или раковистого сложения; ниже—до 30—50—100 см идет та же глина плотного комковатого или глыбистого сложения. Подстилается или обычной суглинистой породой или песком (при залегании такыра среди песков).

В отношении засоления воднорастворимыми солями такыры чрезвычайно разнообразны: преобладают более или менее сильно­засоленные разности, но часты и очень слабозасоленные. Не редки значительные скопления гипса на глубине 10—20 см от поверхности почвы (табл. 147).

До последнего времени самый тип почвообразования такыров оставался неясным. В настоящее время имеется много фактов, устанавливающих солонцовую природу, по крайней мере, значи­тельной части их.

Уже при закладке почвенных разрезов на такырах часто можно судить о солонцовой природе их по наличию иллювиальных уплот­ненных горизонтов. Химических же анализов сделано еще очень мало. Анализ, сделанный Иолотанской опытной станцией (р. Мур- габ), дал очень резкие солонцовые показания (табл. 148).

Для ряда такыров по Аму-Дарье (Куня-Дарья) был произведен анализ самых поверхностных корочек их, причем оказалось, что они при общей емкости поглощения в 7—И м.-экв. содержат 1,7—1,9 м.-экв. натрия, т. е. около 20% емкости.

Приведенные материалы дают основание считать, что солопце- ватость такыров, повидимому, широко развитое явление, однако этих данных недостаточно для обобщения такого заключения. Такырами вообще называют очень разнообразные почвы, и только массовые систематические исследования могут более точно решить вопрос об их действительной природе.

Практика местного земледелия знает много случаев освоения такыров под посев сельскохозяйственных культур. Обычно вна­чале они занимаются зерновыми и только после ряда лет интенсив­ной обработки и удобрения становятся пригодными для других культур, в частности для хлопчатника. Однако осваиваются лишь

Засоление такыров (в процентах)

**Горизонт (в см)**

Плотный  
остаток  
**(в %)**

**Щелочность  
(в НСОз)**

**во:;**

С1'

во і из со-  
ляно кислой  
**РЫТЯЖКИ-**

Фракции меньше 0,01 мм

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0—4** | **0,190** | **0,111** | **0,038** | **0,080** | — |
| **25—35** | **0,813** | **0,096** | **0,302** | **0,145** | — |
| **50—60** | **0.560** | **0,099** | **0,129** | **0,130** | — |
| **80—90** | **0,406** | **0,102** | **0,123** | **0,077** | — |
| **150-160** | —\_ | **—** | **■ ■** | — |  |

Разрез М 25, Сипай-Яб, низовья Аму-Дарьи

50,28

68,84

72,79

38,45

4,68

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0-25** | **0,694** | **0,061** | **0,330** | **0,097** | **0,59** |
| **15—25** | **0,390** | **0,072** | **0,164** | **0,056** | **0,20** |
| **85-95** | **0,129** | **0,050** | **0,025** | **0,029** | **0,06** |

Разрез № 6, урочище Уаз, низовья Аму-Дарьи

82,38

77,50

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0-2** | **0,056** | **0,037** | **Нет** | **Нет** | **Нет** |
| **5—15** | **0,056** | **0,042** | **—** | **—** | **—** |
| **50—60** | **1,236** | **0,017** | **0,262** | **0,388** | **0,611** |
| **75-85** | **—** | **—** | **—\*** | **—** | **—** |
| **180—185** | **1,534** | **0,012** | **0,597** | **0,267** | **2,872** |

Такыр Ширабада, бассейн Сурхан-Дарьи

29,97

34,64

85,53

20,46

80,23

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **0-7** | **0,130** | **0,032** | **0,023** | **0.019** | .— |
| **35—46** | **0,604** | **0,018** | **0.268** | **0,013** | — |
| **95-97** | **0,410** | **0,024** | **0,166** | **0,021** | **’** |
| **107—117** | **0,458** | **0,033** | **0.195** | **0,028** |  |
| **265-297**  **1** | **0,112** | **0,039** | **0,032** | **0,011** | **—** |

Такыр Иолотанского опытного поля, бассейн р. Мургаба

38,66

63,81

43,01

71,16

5,80

**Таблица 148**

Емкость поглощения почвы такыра и процентное содержание в ней поглощенного натрия

(Иолотанская опытная станция)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Горизонты (в см)** | **Емкость по­глощения (в м.-экв.)** | **Поглощенный натрий (в м.-экв.)** | **Процент нат­рия от емко­сти погло­щения** |
| **0 -10** | **11,86** | **2,92** | **24,9** |
| **11 28** | **14,17** | **3,22** | **22,7** |
| **29-39** | **15,41** | **6,43** | **41,7** |
| **40—90** | **15,18** | **8,30** | **54,7** |
| **91-135** | **13,08** | **7,06** | **54,0** |
| **136-162** | **17,55** | **7,17** | **40,9** |
| **163—236** | **6,56** | **2,67** | **47,6** |

наилучшие из такыров, т. е. наименее солонцеватые, менее засо- ленные и обладающие наиболее легким механическим составом.

Обычно участки такыров осваиваются в непосредственном сосед­стве с песками, причем освоение удается на маленьких площадях, измеряющихся долями гектаров, с затратой значительного коли­чества добавочного труда на усиленные и специальные обработки и удобрение.

Вообще же такыры являются объектом весьма трудным для сельскохозяйственного и мелиоративного освоения. Главные при­чины этого заключаются в том, что почвы такыров, как правило, обладают очень тяжелым механическим составом и бедны органи­ческим веществом (менее 1%). При этих условиях почвы совер­шенно лишены прочной структурности и потому обладают пло­хими водно-физическими свойствами. Присутствие поглощенного натрия (солонцеватость) придает им высокую степень дисперса- ции при увлажнении и особую плотность при высыхании, что исключает возможность нормального развития здесь корневых систем. Поэтому при попытках обычной культуры на такырах часты случаи, когда появившиеся всходы при подсыхании почвы гибнут. С другой стороны, известны случаи, когда молодые и здо­ровые на вид растения (хлопчатник) вдруг погибают при первом поливе. Это явление, повидимому, должно быть объяснено высокой солонцеватостыо такыра, дающего сильную концентрацию щелочи при поливе. Таким образом, здесь становится необходимой хими­зация в целях устранения солонцеватости. Следует иметь в виду, что при засоленности такыра (а это является преобладающим слу­чаем) промывка его представляет тяжелую задачу, ввиду плохих фильтрационных свойств и наличия солонцеватости. Конечно, при соответствующей химической обработке можно добиться улуч­шения фильтрационных свойств, как это, например, видно из сле­дующих экспериментальных данных Иолотаиской станции (Мургаб).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Геагент** | **Скорость впи­тывании (в мм в час)** | **Глубина нро- мачивания (в см)** |
| **Вода (контроль)** | **0,8—1.3** | **20—30** |
| **МдЭ04** | **6,5** | **32** |
| **СаБО,** | **3,5** | **69** |

Опыт поставлен в поле, в ящиках, при напорах от 20 до 88 см. Эффективность химической обработки значительна. Однако такого рода операция является, во всяком случае, дорогой.

Без химизации улучшение физических свойств такыров может быть достигнуто пескованием. Однако для достижения сущест­венных результатов нужны громадные количества песка (примерно 300—600 т на 1 га) и притом пескование, вероятно, нужно будет повторять через некоторые промежутки времени.

Наконец, большое значение при мелиорации такыров могут иметь органические удобрения (навоз), опять-таки в целях улуч­шения их физических свойств.

Резюмируя все вышеизложенное, нужно признать, что такы'ры являются тяжелым объектом для освоения, техника которого раз­нообразна и подлежит широкому разностороннему изучению.

**Область песчаных пустынь.** Песчаные пустыни Каракум и Кызылкум занимают всю центральную часть Средне­азиатской низменности и по площади значительно превышают области аллювия и пролювия.

По своему происхождению пески Средней Азии главным об­разом континентальные, возникшие в результате выветривания гранитов на месте, и частью аллювиальные.

На большей части площади песчаные пространства более или менее закреплены травянистой растительностью (бугристые пес­чаные степи) или редкими древесными зарослями (саксаул, тама­риск и др.).

Развеваемые барханные пески распространены относительно незначительно и преимущественно вблизи оазисов, где раститель­ный покров уничтожался населением, в частности, в результате неорганизованной пастьбы скота.

Песчаные пустыни являются крупнейшим пастбищным фондом, на котором выращиваются миллионы голов скота, главным обра­зом овец (каракульские и др.).

По окраинам оазисов песчаные пространства нередко осваи­ваются под орошение, для чего требуется обычно крупная плани­ровка и кольматаж. После такой подготовки пески становятся полноценными пашнями. В тех случаях, когда пески богаты не- выветрившимися силикатными минералами, освоение их особенно продуктивно, так как при орошении сложные минералы быстро выветриваются и масса приобретает суглинистый характер.

По минералогическому составу песчаные породы верхнетретичных отло­жений представляют собой смесь мелких зерен следующих минералов (в про­центах, Георгиевский):

кварц до 20—35

полевые шпаты (плагиоклазы, микроклин и реже ортоклаз) 7—10

кальцит ‘ 1

листочки слюды (мусковита и биотита) 0,5—1,5

бурый железняк 1

цветные минералы (роговая обманка и глауконит) 0,5

галька известково-глинистых пород диаметром до 0,8 мм. . . . 1—2,5

Пустоты в песчаниках обычно не превышают 1—20%; на

**60—80% они заполнены известково-глинистой массой. Иногда в этой массе, цементирующей песчаник, встречаются остатки микроорганизмов в виде окатанных обломков фораминиферов, мшанок и др.**

**Также богат различными минералами амударьинский серый слюдистый песок.**

Петрографический состав (в процентах) серовато-желтого амударыш- ского песка диаметром 1—0,5 мм у ст. Репетек приводится ниже (по Э. Н. Бла­говещенскому) :

48 пироксены и амфиболы 9

**кварц (и кварцит) . . . плагиоклаз и микроклин**

**хлорит**

**актинолит**

**биотит**

**мусковит**

12 эпидот 1

3 рудные минералы 2

2 кальцит 3

12 неопределенные 3

Большая перспектива сельскохозяйственного освоения песков открывается в связи с проектами переброски вод р. Аму-Дарьи через песчаные пустыни.

Опыт пропуска воды по Келифскому каналу и сельскохозяйст­венного освоения прилегающих песков дал вполне благоприятные результаты.

Район Чирчнк — Ангрен. Типичным районом, расположенным главным образом в лессовой области, но включающим в себя и реч­ные террасы на галечнике, является бассейн рр. Чирчика и Анг­рена, площадью около 0,5 млн. га.

Район представляет часть обширной лессовой области, распо­ложенной в предгорьях Чоткальского и Александровского хреб­тов, простирающейся от бассейна р. Ангрена на юге до бассейна р. Арыси на севере. На западе район ограничивается р. Сыр- Дарьей.

**Область лессов.** Местные лессы представляют собой пролювиальный вынос Чоткальского хребта. Шлейф этого выноса смыт р. Сыр-Дарьей, к которой лессовая область переходит кру­тым уступом. Внутри области лессовый плащ местами разорван выходами коренных третичных и меловых пород. Основные черты характеристики лессовых отложений следующие.

а) Мощность толщи значительна, обычно 19—44 м, но часто и меньше. Пример строения маломощной толщи дает следующий разрез у Ак-Кавака (под Ташкентом, в метрах):

лессовидный суглинок, пористый

**3,9** 1,8 **0 8 0,5**

то же, уплотненный

рыхлый конгломерат с песком

конгломерат с крупными валунами

водоносный горизонт па 6,3 м от поверхности

б) Сложение толщи иногда весьма однородное на значительную глубину, но часто и явно слоистое.

Примером однородности толщи до глубины 15 м может служить разрез № 3 на Новом Джуне (табл. 149, Ташкент, Е. А. Замарин).

Несмотря на высокую степень однородности, и здесь колеба­ния в количестве глины достигают 15%.

в) По механическому составу породы весьма разнообразны: содержание физической глины в разных образцах составляет от 12 до 69%. Выходы третичных глин содержат до 78% частиц мень­ше 0,01 мм. В большинстве случаев количество частиц меньше

Механический состав лесса **(в процентах)** на Новом Джуне (разрез № 3)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в м)** | **Размеры частиц (в мм)** | | |
| **0,25—0,05** | **0,05—0,01 |** | **<0,01** |
| **0—1** | **5,0** | **25,2** | **69,9** |
| **1—3** | **6,1** | **32,6** | **61,3** |
| **3-5** | **5,0** | **35,6** | **59,4** |
| **5—7** | **5,9** | **32,9** | **61,2** |
| **7—9** | **5,6** | **39,5** | **54,9** |
| **9—15** | **5,0** | **31,0** | **64,0** |

0,05 мм достигает 90%, что подчеркивает очень малое содержание в породе элементов песка. Часты случаи, когда самые верхние слои более глинисты, чем нижние.

г) Породы обладают значительной порозностыо (около 50— 55%) и довольно хорошей водопроницаемостью. Так, для Джун- ского лесса, при нолевом методе определения (в шурфах), коэф­фициент фильтрации был равен от 0,000385 до 0,001002 и в среднем 0,0007 см/сек (М. М. Решеткин и Е. А. Замарин). Такого же по­рядка цифры получены на монолитах в лаборатории ВНИИГиМ.

д) С химической стороны породы характеризуются высокой карбонатностью (15—30% СаС03), гипсоносностью начиная со второго метра и малым содержанием воднорастворимых солей. Для лесса на Джуне анализ воднорастворимых солей и гипса дал следующие результаты (табл. 150).

**Таблица 150**

Содержание воднорастворимых солей, гипса и извести **(в процентах)** в лессе Нижнего Джуна (разрез № 3)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Вещества** | **Глубина (в м)** | | |
| **0—5** | **. 5—10** | **| 10—15** |
| **Плотный остаток** | **1,3** | **1,09** | **0,63** |
| **СГ** | **0,008** | **0,009** | **0,015** |
| **БО,"** | **0,67** | **0,56** | **0,32** |
| **Гипс (СаВ04 • 2Н20)** | **14,5** | **8,1** | **6,8** |
| **Известь (СаС03)** | **18,8** | **19,2** | **21,1** |

Количество С1г по всему разрезу ничтожно, тогда как коли­чества гипса значительны.

Рельеф района характеризуется значительными уклонами, что обеспечивает поверхностный сток. Дефектом рельефа является его некоторая неровность из-за выходов коренных пород. Этим создаются трудности проектирования оросительной сети, слиш­ком крутые уклоны затрудняют широкую механизацию, и, наконец, из-за этих же выходов возникают иногда замкнутые понижения, способствующие заболачиванию. Однако это является чисто местным, мало распространенным явлением и не отражается на общей характеристике района.

Грунтовые воды лессовой области в неорошаемых районах залегают на глубине 20 м и ниже от поверхности земли. Зеркало вод имеет\*ясно выраженный общий уклон к р. Сыр-Дарье и мест­ные уклоны к ее притокам. Это свидетельствует о наличии здесь грунтового потока, хотя непосредственно он не определялся. В орошаемых районах зеркало грунтовых вод резко поднимается до 10 м и менее от поверхности, однако никогда (за исключением местных понижений) не достигает критического уровня, опасного с точки зрения заболачивания и засоления.

Минерализация грунтовых вод незначительна и составляет около 3 мг СГ и 6 мг **30'4** на литр. Но в отдельных случаях содер­жание С1г может достигать 89 и БО/' 224 мг на литр.

Описанный характер грунтовых вод, с мелиоративной точки зрения, является вполне благоприятным.

Почвенный покров лессовой области однообразен и представ­лен типичными сероземами, более темными на востоке (к пред­горьям) и более светлыми на западе (к р. Сыр-Дарье). Первые содержат гумуса до 1,8%, вторые около 1%.

Для характеристики типичного серозема может служить поч­венный разрез № 846, сделанный вблизи с. Ишан-Базара в 1,5 км от р. Келеса и проанализированный в почвенно-мелиора­тивной лаборатории ВНИИГиМ.

Механический состав почвы приводится в таблице 151.

**Таблица 151**

Механический состав почвы (в **процентах)** (разрез № 846)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина взятия образцов (в см)** | **Размер почвенных частиц (в мм)** | | | | | | **Раствори­лось при обработке** |
| **>0,25** | **0,25—0,05** | **0,05—0,01** | **0,01— 0,005** | **0,005— 0,001** | **<0,001** |
| **0—5** | **0,05** | **12,91** | **44,14** | **4,95** | **7,42** | **11,13** | **19,40** |
| **25—30** | **0,03** | **10,65** | **43,31** | **7,12** | **4,95** | **9,44** | **24,50** |
| **160—175** | **0,03** | **9,57** | **47,79** | **10,35** | **3,50** | **3,35** | **25,41** |

Разрез более глинист в верхней части и становится легче по механическому составу книзу.

Состав воднорастворимых солей показан в таблице 152.

Таблица 112

Содержание воднорастворимых солей **(в процентах)** (разрез **№ 846)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Плотный остаток** | **Щелочность (в НСО'з)** | **СГ** | &о"і |
| **0—5** | **0,09** | **0,05** | **Нет** | **0,01** |
| **25—30** | **0,09** | **0,05** | **»** | **0,01** |
| **85—90** | **0,08** | **0,04** | **»** | **Следы** |
| **130-135** | **0,08** | **0,05** | **»** | **»** |
| **160—165** | **1,39** | **0,02** | **»** | **0,78** |
| **205—210** | **1,47** | **0,02** | **0,01** | **0,92** |

Разрез совершенно выщелочен и только с глубины 160 см резко обозначается гипс.

На монолите этой почвы длиной в 2 м были определены коэффи­циент впитывания, коэффициент фильтрации (А10) и распределе­ние влажности после насыщения монолита водой (предельная влагоемкость). Коэффициент впитывания оказался равным 0,0005 см/сек, а К10 в среднем за полтора месяца фильтрации 0,000205 см/сек. Эти величины того же порядка, что определенные на Джуне в поле.

Показатели предельной влагоемкости приводятся в таблице 153.

**Таблица 153**

Предельная влагоемкость и порозность почвенного монолита № 846

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Влажность (в весовых процентах)** | **Объемный**  **вес** | **Влажность (в объемных процентах)** | **Скважность (в %)** | **П роцент заполнения пор водой** |
| 0-5 | 25,0 | 1,26 | 31,50 | 53,10 | 59 |
| 10—15 | 23,10 | 1,25 | 28,88 |  | -- |
| 25-30 | 23,49 | — | 29,36 | 52,72 | 55 |
| 45—50 | 25,76 | — | 32,12 | 53,40 | 60 |
| 85-90 | 30,32 | 1,26 | 38,18 | 54,50 | 70 |
| 130-135 | 34,87 | 1,35 | 47,12 | 55,07 | 86 |
| 160-105 | 34,00 | 1,32 | 44 88 | 51,09 | 88 |
| 190—195 | 37,15 | 1,32 | 49,10 | 51,09 | 96 |

Из этих данных мы видим, что предельная влагоемкость верх­них слоев серозема составляет около 60% порозности.

На основании приведенных характеристик серозема можно заключить, что он не содержит в себе каких-либо отрицательных показателей с мелиоративной точки зрения, в частности по усло­виям залегания не представляет опасности .заболачивания. На этом основании следует признать лессовую область Чирчик — Ангрена хорошим и безопасным объектом орошения.

Исключения здесь будут лишь чисто местного порядка и на ограниченных площадях — в замкнутых понижениях, где воз­никает угроза повышения уровня грунтовых вод и последующего засоления.

**Аллювиальная область.** Аллювиальные отложе­ния распространены по р. Сыр-Дарье, Келес, Куру-Келес и дру­гим мелким логам и, наконец, по Чирчику — Ангрену. Все ука­занные долины выполнены мощным глинистым и суглинистым аллювием, сильно засоленным (1—9% солей).

Долины рр. Чирчика и Ангрена в среднем и нижнем течении слиты в одну обширную равнину шириной от 2 до 15 км. В попе­речном направлении они сложены двумя, а местами тремя терра­сами, что создает благоприятные условия для стока. Вдоль рек также имеется значительный уклон.

По характеру аллювиальных отложений долина отчетливо разделяется на два резко различных типа: в верхнем и среднем

Течении эти отложений представлены мощной (более 17 м) толщей рыхлых галечников, прикрытых сверху суглинком или супесью, часто иловатой, мощностью около 1 м на нижней террасе и не­сколько большей на следующих. Таким образом, эти части до­лины дренированы.

По мере движения вниз по течению реки мощность мелкозе- мистых отложений нарастает, галечники уходят все глубже и дренирующее значение их уменьшается. Соответственно этому все более нарастают условия заболачивания, чему способствует также общее уменьшение уклонов и подпор р. Сыр-Дарьи. Таким образом, в нижней трети долины возникает обширная область избыточного увлажнения, покрытая камышовыми зарослями.

Грунтовые воды по всей долине находятся на глубине 0,5—3 м. В верхних частях долины они лежат в галечниках и обладают скоростью движения от 5 до 9 м в сутки; по своему составу пресны. В нижней части долины грунтовые воды залегают в мелкоземи- стом аллювии, мало подвижны и более или менее минерализованы.

Близкое залегание уровня грунтовых вод обусловливает раз­витие в долине влажнолуговых почв и притом всегда более или менее засоленных. Однако в части галечниковой долины соли легко выщелачиваются в грунтовый поток, что практически здесь всюду и наблюдается на площадях, занятых посевами риса. Фильтрационная способность местной маломощной толщи су- глино-супеси значительна и, например, для разреза № 851 у Куй- люка она определена в 1-метровом монолите в пределах 0,001 — 0,0006 Кхо (см/сек.).

В нижней части долины засоление почв более значительно, а условия промывок затруднены. Повидимому, в ряде случаев здесь возникают и солонцовые явления. Так, например, анализ почвы из разреза № 835, заложенного между поселками Солдат­ским и Самарским, на промытом в результате посева риса участке дал следующий результат (табл. 154).

**Таблица 154**

Результаты анализа водной вытяжки из почвы (в процентах) (разрез № 835)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Плотный**  **остаток** | **Щелочность (в НСО',)** | **сг** |  |
| **0—5** | **0,13** | **0,10** | **Следы** | **0,01** |
| **24—29** | **0,32** | **0,25** | **»** | **0,02** |
| **60—65** | **0,30** | **0,19** | **0,01** | **0.05** |
| **175—180** | **0,08** | **0,05** | **Следы** | **0,02** |

Засоление здесь ничтожное, но щелочность очень высокая, что свидетельствует о солонцеватости. Соответственно, фильтра­ционная способность этих почв сильно понижена, и коэффициент впитывания, определенный в 2-метровом монолите, оказался рав­ным очень малой величине — 0,000005 см/сек.

Оценивая условия Чирчик-АнгренсКой ДОЛйны, блеДует признать, что в сельскохозяйственном отношении ее мелкоземи- стые аллювиальные отложения и влажнолуговые почвы являются полноценным объектом, допускающим развитие всех сельскохозяй­ственных культур.

В мелиоративном отношении долина не равноценна по всей длине. В области близких галечников условия вполне благо­приятны: возможные явления заболачивания и засоления легко могут быть ликвидированы применением правильного режима орошения и действием естественного дренажа.

Однако уже в среднем течении на обширных площадях мощ­ность мелкоземистого наноса становится более значительной и естественный отток оказывается меньше притока естественных грунтовых и ирригационных вод. Здесь широко начинает распро­страняться заболачивание. Опыт закладки ряда коллекторов по­казывает высокую их эффективность. Таким образом, освоение этой зоны, повидимому, не может представить сколько-нибудь серьезных затруднений.

Значительно большие трудности представляют низовья до­лины. Здесь гораздо сильнее заболачивание вследствие малых поверхностных уклонов и отсутствия естественного дренажа. Более сильное засоление почв, повидимому, вызывает при промывках солонцовые явления. Степень выраженности их^ и географическое распространение пока неизвестны и, следовательно, практическая оценка их невозможна. Таким образом, значительная часть до­лины требует дальнейшего широкого изучения.

Верхнее течение Аму-Дарьи. **Долина р. Вахша.** Вахш- ская долина, расположенная южнее 38-й параллели, является одним из важнейших районов Советского Союза, пригодных для возделывания высококачественных сортов египетского хлопчат­ника. Этот район занимает сравнительно узкую полосу по левому берегу р. Вахша, от выхода его из гор выше г. Курган-Тюбе и до впадения в р. Пяндж.

Поперечный профиль, перпендикулярный Вахшу, склады­вается из трех (местами четырех) аллювиальных террас, пред­горной равнины и собственно горных возвышенностей. Первая, самая низкая терраса, возвышающаяся над Вахшем примерно на 1 м, имеет ничтожное» развитие и хозяйственного интереса не представляет. Сложена она преимущественно галечниками, песками и супесями.

Вторая терраса возвышается над поймой на 3—5 м по р. Пянджу и на 5—12 м по р. Вахшу. Территориально она гораздо более раз­вита. Сложена песками, супесями и суглинками, подстилаемыми галечниками.

Третья терраса возвышается еще на 12—15 м и очень широко развита, особенно на севере, кругом г. Курган-Тюбе. Сложена преимущественно аллювиальными суглинками, супесями и гли­нами. От четвертой, древней террасы сохранился лишь небольшой кусочек на северо-восток от г. Курган-Тюбе, примыкающий у>кё к коренным холмам.

На всей остальной территории третья терраса переходит в пло­скую предгорную равнину, уступом высотой до 80 м у р. Пянджа и до 5—15—17 м по Вахту. Эта равнина сложена мощными делю­виально-пролювиальными (лессовыми) суглинками.

Выше предгорной равнины лежат мягкие горные возвышен­ности, сложенные рыхлыми красноцветными и серыми песчани­ками, обычно гипсовыми, и покрытые суглинками. Все они распо­лагаются выше зоны орошения.

**Предгорная равнина.** Топографически равнина представляет плоскость, наклонную с востока на запад, к Вахшу. Она слабо рассечена плоскими логами и является хорошей тер­риторией для орошаемого земледелия. Геологическое строение предгорной равнины по естественным обнажениям у р. Пянджа следующее: сверху, на 5—15 м, залегает однородный серовато­желтый суглинок (лесс). Ниже суглинок переслаивается обиль­ными пластами гравия, галечников и песка.

При бурении скважины в южной части лессовой равнины, на так называемом Джилликульском плато, близ обрыва в аллю­виальную равнину оказалось, что 8-метровую толщу лессовидного суглинка подстилает песок. Лессовидный суглинок имеет не совсем однородное сложение: более глинистые прослойки с содер­жанием частиц менее 0,01 мм до 50—60% чередовались с более песчаными, в которых содержание физической глины падало до 20% и менее. В другой скважине, расположенной восточнее первой, ближе к горам, было пройдено 12 м лессовидных суглинков и песка не встречено. При бурении скважины в северной части Джилликульского плато пройдено 16 м суглинков, перемежаю­щихся с супесями, и встречен галечник.

Предгорная равнина севернее мыса Кызыл-Тумшук (так назы­ваемое урочище Ак-Газа) имеет тот же характер, но мощность рыхлых однородных лессов здесь, новидимому, не менее 30 м. Количество физической глины колеблется около 30—40%. У пред­горий глинистость верхнего горизонта падает до 27%.

Очень характерной и важной чертой предгорной равнины является чрезвычайно рыхлое и проницаемое для воды сложение суглинков. Этим объясняется то, что горные селевые **ПОТОКИ** не проникают вглубь равнины, поглощаясь у самых гор. По­этому на равнине нет размытых оврагов, а встречаются лишь ред­кие плоские балки.

В связи с рыхлостью лессов для них характерна ярко выражен­ная иросадочность. Она обнаружилась в самом начале работы, когда на втором участке Ак-Газа был проведен хозяйственный арык на расход воды около 40 л/сек. Глубина просадки достигала здесь 0,7 м. Кроме того, для этих лессов характерна легкая раз- мываемость, что является особенно опасным на косогорных участ­ках каналов.

Специальные обследования показали, однако, что в пределах предгорной равнины просадки и размываемость не превышают известных уже в практике строительства размеров (Джун, Север­ный Кавказ и др.). К настоящее время проведенное строительство в общем подтвердило это заключение: канал первой очереди умень­шенного сечения, рассчитанный на замочку и осадку, работает.

Явления осадки почв будут иметь место всюду и на полях, особенно после первых поливов, что создает неблагоприятный микрорельеф поля. Это обязывает предусмотреть предваритель­ные поливы полей с осени (замочки) и планировочные работы. Размер оседаний на полях измеряется, повидимому, величинами 20—30 см, не считая отдельных значительных провалов по ходам землероев и муравейникам.

Все лессовые толщи содержат 15—20% извести и сравни­тельно незначительные количества воднорастворимых солей. 1"ак, на Ак-Газе СГ и SO4 встречаются с глубины 2 м и до глубины 5 м, причем их содержание не достигает в сумме 1 %.

На Джилликульском плато для скважины, расположенной близ адыров (холмы гор), определено содержание солей на глу­бине 1,5 и 12 м. Солей обнаружено лишь 0,1—0,3%. В другой скважине, заложенной в центре Джилликульского плато, во вто­ром метре солей содержалось больше — 0,8%. Эта цифра, пови­димому, более или менее характерна, так как и в почвенных раз­резах около р. Пянджа обнаружено примерно то же количество солей. В последнем случае содержание их на глубине 2 м было равно: гипса 0,14%, хлористого натрия 0,138%. Следовательно, для центральной части Джилликульского плато следует признать наличие заметного количества воднорастворимых солей во вто­ром метре.

Па лессовой террасе глубина грунтовых вод нигде не опреде­лялась, но, во всяком случае, они залегают не ближе 20 м от по­верхности. Учитывая хорошую водопроницаемость всей толщи суглинка, нельзя предвидеть, чтобы грунтовые воды после оро­шения смогли принять здесь участие в почвообразовании.

Почвенный покров рассматриваемой геоморфологической об­ласти представлен светлыми сероземами. Они развиты как на Джилликульском плато, так и на севере, в урочище Ак-Газа. По механическому составу это суглинки (средние), с количеством фи­зической глины в первом метре около 30%. Данные для более глубоких слоев приведены выше. Засоление первого метра не достигает 0,1%, причем SO4 нет, а СГ содержится около 0,002%. Во втором метре, как упомянуто, количество солей поднимается до 0,8%.

На основании изложенного следует признать, что рассматри­ваемая лессовая территория по характеру почв и гидрогеологи­ческим условиям не внушает опасений в отношении солевого режима. В качестве исключения из этого нужно отметить следую­щее. Юго-западный угол Джилликульского плато представляет развернутый шлейф, не обрывающийся в долине Вахта, а упи­рающийся в песчаные пространства урочища Кум-Сынгыр. Этот участок, повидимому, является более глинистым, гидрогеологи­ческие условия его хуже, и в связи с этим здесь замечается боль­шое засоление, достигающее 1—2% всех солей на небольшой глубине от поверхности (2 м). Соответственно этому данный уча­сток должен быть отмечен как сомнительный по своему будущему состоянию после орошения.

**Третья терраса р. Вахша.** Следующей геомор­фологической зоной является третья терраса р. Вахша, на кото­рой развито орошение. Она лежит ниже предгорной долины на 5—15 м по р. Вахту и на 80 м по р. Пянджу и является областью древних аллювиальных отложений. Географически эта терраса развита чрезвычайно широко, включает всю Курган-Тюбинскую равнину и простирается далее на юг, вдоль р. Вахша, более узкой полосой вплоть до р. Пянджа. Рельеф равнинный, но с широко развитыми обширными плоскими бессточными западинами. Гео­логическое строение, по данным бурений, характеризуется сле­дующими показателями: в Курган-Тюбинском районе мелкозе- мистая (суглинистая; иногда супесчаная) свита достигает 4—8 м, подстилается галечником. В Джилликулъском районе схема строе­ния остается та же, но мощность суглинистой толщи возможно несколько возрастает; галька встречается здесь на глубине от 4 до И м.

Эта пестрота мощностей совершенно естественна и не поддается обобщению. Так же пестр и механический состав аллювиаль­ной свиты, но преобладающими грунтами являются все же су­глинки и более легкие разности, но не глины. Это не относится, однако, к самому верхнему слою свиты, представленному позд­нейшим культурно-ирригационным наносом, по преимуществу глинистым. Засоление грунта незначительное, измеряющееся десятыми долями процента, за исключением, однако, двух райо­нов, данные по которым будут приведены отдельно.

Грунтовые воды в районе г. Курган-Тюбе минерализованы в пределах 1,5—<2,5 г солей на литр. Залегание грунтовых вод всюду отмечено на глубинах 4—5 м, а иногда и ниже.

Почвенный покров относится к типу так называемых культур­нооазисных почв, т. е. образовавшихся по преимуществу за счет отложения наносов поливных вод. Это район бывшего широко развитого рисосеяния.

По механическому составу почвы преимущественно глинистые с содержанием физической глины 50—75%. Засоление орошаемых почв незначительно и измеряется всего- десятыми долями про­цента, но в этих пределах в зависимости от топографических и культурных условий весьма пестро.

Описанный характер почв и гидрогеологических условий является господствующим в Курган-Тюбинском и Джилликуль- ском районах.

Общее геологическое строение третьей террасы р. Вахта как объекта орошения представляется, как будто, вполне благоприят­ным: в основании ее лежат крупные галечники, что должно обеспе­чивать отток грунтовых и фильтрационных вод.

Необходимо отметить, что характеристик грунтового потока еще нет и, следовательно, иметь суждение о величине оттока не представляется возможным. Бытовое положение зеркала грун­товых вод заставляет, однако, предполагать, что этот отток здесь все же затруднен. На это указывает то, что фактически грунто­вые воды лежат не в галечнике, а значительно выше, в мелкозе- мистых отложениях. Это положение их является, повидимому, выражением установившегося равновесия между величиной есте­ственного оттока и величиной притока фильтрационных иррига­ционных вод.

Отсюда можно сделать вывод, что даже при существующей сте­пени загрузки территории галечники не обеспечивают оттока воды, поступающей в результате фильтрации, и зеркало грунто­вых вод оказывается несколько приподнятым. При увеличении же орошаемых площадей приток от фильтрации неизбежно увеличится, хотя и не пропорционально увеличению территории. Тем не менее возможно заметное повышение грунтовых вод. Поскольку настоя­щее их стояние, но существу, находится на критическом уровне (4—5 м), постольку подъем их должен будет вызвать развитие засоления, особенно резкое во всех замкнутых понижениях рельефа.

Кроме описанных лучших, не засоленных территорий, на третьей террасе имеется три значительных очага засоленных почв. Каждый из них залегает в совершенно особых условиях и потому освещается отдельно.

Наиболее резкой зоной засоления является так называемое урочище Кафыр. Степень засоления здесь почв могут характеризо­вать данные по разрезу № 60 (табл. 155).

**Таблица 155**

Содержание воднорастворимых солей в почве (разрез «N\*2 60)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Соли** |  |  | **Глубина (в** | | **см)** |  |
| 0—2 | 2—12 | **30—4о[** | **80—90** | **170—180 |** | **185—195** |
| **Плотный остаток (в %). . . .** | **42,84** | **8,41** | **5,75** | **6,47** | **2,41** | **2,77** |
| **80^ (в м.-экв.) .** | **3,40** | **1,19** | 1,01 | **0,93** | **0,71** | **0,78** |
| **СР (в м.-экв.)** | **19,84** | **3,15** | **2,03** | **2,44** | 0,66 | 0,68 |
| 8**С>**4**, извлекаемый** 5**%-ной НС1 (в м.-экв.)** | **8,34** | **6,30** | **5,03** | 2,88 | **3,60** | **3,03** |

Мы видим, что засоление почвы очень велико. В этом же районе заложена гидрогеологическая скважина № 26. Профиль почво- грунта там, где заложена скважина, следующий: 0—3 м — су­глинок сероватый, плотный,, сухой; 3—16 м: — суглинок желто-

ватый, с 5 по 7 м с красноватым оттенком, с 7 м от поверхности — водоносный. Минерализация воды в скважине характеризуется следующими показателями: плотный остаток 22,4 г/л, СГ 9,3 и ЗОЇ 6,7 г/л. Данные о засоленности грунта и механическом составе приводятся в таблице 156.

**Таблица 156**

Механический состав почвогрунта и содержание воднорастворимых  
солей (в процентах) (скважина № 26)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Соли и фракции почвы** | **Глубина (в м)** | | | | | | | |
| **і .** | **2** | **| 3,3 \*** | **1** **4,7 |** | **6,5 |** | **9,0** | **11,3** | **1** **16** |
| **Плотный остаток ....** | **2,0** | **1,0** | **3,0** | **1,0** | **1,0** | **0,5** | **1,0** | **1,0** |
| **Частицы меньше 0,01 мм** | **71,93** | **49,17** | — | **63,24** |  | — | **69,29** | **78,16** |
| **» 0,01—0,05 мм.** | **6,51** | **26,55** | — | **26,52** | — | —• | **28,61** | **18,27** |
| **» 0,05—0,25 » .** | **21,09** | **22,21** | — | **9,02** | — | — | **2,08** | **0,33** |
| **» крупнее 0,25 мм** | **0,47** | **2,07** | **—** | **1,22** | — | **—** | **0,07** | **3,24** |

Как видно из таблицы, при весьма тяжелом механическом со­ставе грунта засоление до глубины 16 м не опускается ниже 1%. Площадь такого засоления составляет около 6000 га и распола­гается в петле древней долины р. Вахта, подпертой мысом Кы- зыл-Тумшук. В эту петлю р. Вахт забрасывала наиболее мелко- земистые отмученные осадки, чем и объясняется тяжелый меха­нический состав, который установлен при бурении скважины № 26. Совершенно естественно, что выщелачивание солей из такой мощной толщи не обеспечено. Кроме того, эта территория является устьем обширной, так называемой Таш-Рабатской горловины, через которую выносятся сюда из гор и откладываются илистые частицы и соли. Сама Таш-Рабатская долина также значительно засолена, вплоть до наличия пухлых солончаков.

Второй район засоления располагается на запад от Курган- Тюбе и может быть охарактеризован следующими данными (табл. 157).

**Таблица 157**

Содержание воднорастворимых солей в почве (в процентах) (разрез № о9 из комплекса № 8)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Соли** | **Глубина (в см)** | | | | | |
| **0—1** | **1**  **1 — 10** | **1**  **15—20** | **105— 115** | **235—**  **242** | **400—**  **405** |
| **Плотный остаток** | **8,7** | **2,3** | **6,3** | **1,2** | **2,1** | **0,2** |
| **СР** | **0,77** | **0,36** | **1,19** | **0,28** | **0,42** | **0,02** |
| so;7 | **4,25** | **1,00** | **2,51** | **0,44** | **0,77** | **0,09** |

В другом разрезе (№ 52 из комплекса № 12) содержание солей в почве до глубины 160 см составляет от 2,8 до 1,7%. Таким об­разом, засоление здесь сильное и не допускает возделывания сельскохозяйственных культур без предварительных промывок почвы. Такие промывки можно проектировать без дренажа, в расчете на естественные дренажные свойства галечника. Однако выше были отмечены обстоятельства, которые обязывают оцени­вать естественную дренажную способность долины с большой осторожностью.

Что же касается конкретно рассматриваемого района засоле­ния, то он оказывается в особо специфических условиях для Вахгаской долины. Эта специфичность заключается в том, что здесь древний поток р. Вахта, откладывающий галечники, упи­рался в два препятствия: в останцы коренных пород и возвышен­ности Урта-Боз и Таш-Тюбе. Можно предполагать, что перед этими препятствиями р. Вахш отлагала иную свиту пород, чем на своем фарватере. Здесь нет геологического разреза, но имеется скважина № 32 у головы арыка Зарзар, которая лежит, повиди- мому, в протоке, прорывавшемся между Урта-Бозом и Таш-Тюбе. Эта скважина не характеризует точно типа интересующих нас отложений, но дает некоторые указания о возможном их строе­нии (табл. 158).

**Таблица 158**

Механический состав отдельных слоев почвы **(в процентах)** (скважина № 32)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Диаметр частиц почвы (в мм)** | **Глубина (в м)** | | | | | | | | | | |
| **0,9** | **2,0 |** | **3,15** | **4,50** | **5,0 1** | **7,05 |** | **8,50** | **9,50 |** | **11,0** | **12,5** | **12,9** |
| **Меньше 0,01 мм . .** | **30,48** | **30,00128,78** | | **52,50** | **69.28** | **65,02** | **43,18** | **45,90** | **67,76** | **55,48** | **42,70** |
| **0,01—0,05 » . .** | **38 86** | **39,48** | **30,46** | **31,72** | **22,40** | **23,66** | **34,16** | **37.86** | **20,44** | **29,00** | **25,25** |
| **0,05-0,25 » . .** | **30,46** | **30,40** | **40,46** | **15,52** | **8,00** | **10,86** | **21,26** | **15,74** | **11,40** | **14.82** | **26.30** |
| **Более 0,25 »** | **0,20** | **0,12** | **0,30** | **0.26** | **0,26** | **0,46** | **1,40** | **0,50** | **0,40** | **0,70** | **5,68** |

Цифры показывают, что здесь тяжелосуглинистая, а в преде­лах 4—8 м глинистая свита. Этим, вероятно, объясняется и высо­кое стояние грунтовых вод — на глубине 5,5 м. Если таков меха­нический состав в бывшем протоке р. Вахта, то по сторонам его, может быть в заводях, соответствующих зоне засоления, можно предполагать наличие еще более тяжелых грунтов и подпора грунтового потока вышеупомянутыми возвышенностями. При этих условиях рассчитывать на естественный дренаж едва ли возможно, и необходимо проектировать искусственный водоотвод в первую очередь в виде мощной коллекторной сети, а частично может быть и дренажа.

Последний район засоления расположен на юго-западе, при слиянии рр. Вахта и Пянджа, и занимает обширную площадь около 40 000 га. Это так называемое урочище Кум-Сынгыр. Оно представляет область грядовых и частью развеваемых песков, с глинистыми такырно-солончаковыми площадями среди них. Подробного исследования района пока нет.

Таким образом, земельный фонд Вахшского объекта разно­образен. Наряду с обширными вполне доброкачественными тер­риториями здесь имеют место столь же значительные площади, требующие к себе серьезного и разнообразного мелиоративного подхода. Основной задачей периода широкого освоения этого района должно явиться обеспечение продуманного, индивидуаль­ного, а не обезличенного подхода к отдельным земельным масси­вам.

Бассейн р. Зеравшана. Бассейн р. Зеравшана заключает в себе два крупных орошаемых оазиса — Самаркандский и Бу­харский. Геоморфологически здесь выделяются два района: вы­сокий — лессовый и низкий — аллювиальный. Лессовый пред­ставлен только в Самаркандском районе и расположен по обоим берегам р. Зеравшана. Он сложен мощными пролювиально-де­лювиальными толщами, обрывающимися в долину р. Зеравшана обычно отвесными обнажениями мощностью 10—20 м. Механиче­ский состав их может быть охарактеризован следующими дан­ными по разрезам № 4 и 5, заложенным у Палван-Арыка (табл. 159).

**Таблица 159**

Механический состав почвы (разрезы № 4 и 5)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Гори­зонт (в см)** | **Содержание частиц (в %) диаметром (в мм)** | | | | | | | | | |
| **№**  **разреза** | **5** | **3** | **1** | **1,0—**  **0,25** | **0,25—**  **0,05** | **0,05—**  **0,01** | **Сумма до 0,01** | **0,01— 0,005** | **0,005—**  **0,001** | **<0,001** |
| **4** | **0—8**  **50—60**  **99—100**  **200** | **0,33** | **0,60** | **0,17** | **0,81**  **0,19**  **0,47**  **0,02** | **10,65**  **8,26**  **9,59**  **1,06** | **33,96**  **21,83**  **33,34**  **38,92** | **49,58**  **69,72**  **55,50**  **60,00** | **1,67** | **2,45** | **0,88** |
| **5**  **(в 60 м от раз­реза № 4)** | **300** |  |  |  | **0,46** | **0,94** | **31,85** | **66,75** |  |  |  |

Присутствие в почвогрунтах крупных механических элемен­тов отмечено другими анализами и для левобережной лессовой толщи.

Интересна сортировка механических элементов по склону пролювиального шлейфа (табл. 160).

Рельеф лессового района в большинстве случаев хорошо раз­вит, со значительными уклонами, рассечен массой глубоких ба­лок и саев, что обеспечивает прекрасное дренирование. Грунто­вые воды обычно глубоки (ниже 10 м). Толща в общем хорошо промыта от воднорастворимых солей, количество которых в поч­венных слоях не превышает 0,1%. На этом фойе формируются нормальные сероземы высокой сельскохозяйственной и мелиора­тивной ценности.

Изменение механического состава верхних горизонтов почвы на разных частях склона **(в процентах)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Местоположение разрезов** | **Номер**  **разреза** | **Горизонт (в см)** | **Количество частиц <0,01 мм** |
| **Верхняя треть склона** | **4** | **0—8** | **49,58** |
|  |  | **90—100** | **55,50** |
| **Средняя треть склона** | **7** | **0-8** | **50,94** |
|  |  | **95-100** | **60,85** |
| ( **верх ....** | **10** | **0—7** | **55,27** |
| **Нижняя треть склона <** |  | **90—100** | **63,96** |
| **( низ** | **12** | **0—7** | **66,90** |

Аллювиальный район гораздо более широко развит и пред­ставлен как в Самаркандском районе, так и в Бухаре, где в,него полностью входит орошаемый оазис. Серая слоистая аллювиаль­ная толща представлена по преимуществу суглинками, механи­ческий состав которых показан в таблице 161.

**Таблица 161**

Механический состав почвы (разрезы № 9, 17, 18 и 19)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Место закладки разреза** | **№**  **раз­**  **реза** | **Горизонт (в см)** | **Количество частиц (в** %) **диаметром (в мм)** | | | | | | |
| **1 —**  **0,25** | **0,25—**  **0,05** | **0,05—**  **0,01** | **Сумма < 0,01** | **0,01 — 0,005** | **0,005—**  **0,001** | **<0,001** |
| **Верхняя поло­** | **17** | **0—7** | **16,31** | **20,72** | **31,20** | **31,77** |  |  |  |
| **вина Миан-** |  | **90—100** | **3,86** | **17,97** | **25,36** | **52,81** | — | **—•** | **—** |
| **кале** | **19** | **' 0—7** | **0,96** | **8,19** | **21,78** | **69,07** | — | **—** | **—** |
|  |  | **90—100** | **1,03** | **6,17** | **33,57** | **59,23** | — | **—** | **Г—** |
| **Нижняя поло­** | **9** | **0—10** | **0,34** | **15,74** | **32,83** | **51,09** | **26,99** | **7,73** | **16,37** |
| **вина Миан-** |  | **50—60** | **0,67** | **21,99** | **30,09** | **47,25** | — | — | **—** |
| **кале** |  | **110—120** | **0,15** | **11,25** | **22,45** | **66,15** | — | — | **\*—** |
|  |  | **200—210** | — | **2,13** | **32,2** | **65,67** | **34,63** | **3,29** | **27,75** |
|  |  | **290—300** | **0,66** | **0,54** | **3,53** | **95,27** | **30,73** | **11,23** | **53,31** |
|  |  | **410—420** | **2,90** | **32,33** | **21,66** | **43,11** | **19,85** | **3,35** | **19,91** |
|  |  | **530—540** | **4,26** | **6,87** | **14,82** | **74,11** | **36,14** | **5,88** | **32,09** |
| **Бухара, систе­** | **18** | **1—11** | **0,02** | **6,83** | **16,03** | **75,41** | **39,20** | **4,28** | **31,93** |
| **ма ланабад** |  | **30—40** | **2,17** | **9,58** | **21,94** | **68,42** | **35,86** | **8,14** | **24,42** |
|  |  | **161—171** | **0,10** | **9,50** | **28,75** | **61,65** | **36,04** | **1,83** | **23,78** |
|  |  | **221 -231** | **1,77** | **20,38** | **28,14** | **49,73** | **31,62** | **0,89** | **17,22** |
|  |  | **270—280** | **0,08** | **76,49** | **8,79** | **14,64** | **8,49** | **0,65** | **5,50** |

Мощность суглинков сильно варьирует — от нескольких де­сятков сантиметров в верхних частях Самаркандского района до 5 м и больше ниже по течению р. Зеравшана и в верхней части Бухары. Всюду, за исключением средней и нижней части Бухары, суглинки подстилаются крупным рыхлым зеравшанским галеч­ником. Рельеф везде плоский, неправильный, типичный для до­лин, бессточный. Гидрологический и солевой режим в этом районе

своеобразен. Грунтовые воды лежат здесь в галечниках, причем, благодаря рыхлости последних и значительному общему уклону, воды по существу представляют скрытый, замедленный поток р. Зеравшана. Считаясь пресными, эти воды несут в себе все же некоторое количество солей и в течение длительных периодов времени, при наличии постоянных капиллярных токов вверх, служат источником засоления грунтов и почв. И действительно, в естественном своем виде эти аллювиальные толщи всегда за­солены, причем характерно поверхностное засоление.

Для иллюстрации приведем некоторые валовые определения и данные водной вытяжки по тому же разрезу № 18 с системы Ханабад близ Бухары, для которого выше дан механический ана­лиз (табл. 162).

Таблица 162

Химический состав почвы (в процентах) (разрез № 18)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Горизонт (в см)** | **Гигро­**  **скопи­**  **ческая**  **вода** | **Гумус** | **соа** | **Сухой**  **оста­**  **ток** | **Щелоч­ность (в НСОз)** | **сг** | **БОЇ** | **Са”** | **Мв"** |
| **Корочка 0- 1** | **6,08** | **1,81** | **4,54** | **35,63** | **0,150** | **1,099** | **20,692** | **0,190** | **1,809** |
| **1 - И** | **1,48** | **1,15** | **8,05** | **1,201** | **0,048** | **0,320** | **0,169** | **0,050** | **0,014** |
| **30 - 40** | **1,03** | **0,93** | **8,24** | **0,218** | **0,058** | **0,016** | **0,052** | **0,014** | **0,007** |
| **161-17** | **0,68** | **8,22** | **0,246** | **0,051** | **0,006** | **0,019** | **0,011** | **0,005** |
| **121—23** | **0,65** | — | **7,47** | **0,147** | **0,069** | **0,003** | **0,024** | **0,009** | **0,002** |
| **270—280** | **0,16** | **—** | **5,71** | **0,111** | **0,045** | **0,009** | **0,024** | **0,009** | **0,002** |

Сельскохозяйственное освоение этих засоленных территорий здесь в значительной мере облегчено: при всяком достаточно обиль­ном поливе соли вымываются до грунтовых вод и уносятся пото­ком последних. Эта дренирующая роль галечников обеспечивает рассоление земель при культуре везде, где мощность аллю­виальных суглинков незначительна. Такова верхняя треть Зерав- шанского оазиса. Ниже, включая и Бухарский район, в связи с увеличением мощности суглинков связь с галечниками еще осу­ществляется, но энергия обмена значительно затруднена. Обыч­ный здесь прием рассоления — зимние промывки — вызывает сильный подъем грунтовых вод (до 1 м и менее от поверхности). В течение лета воды медленно рассасываются, опускаясь на глу­бину 4—5 м к зиме. В дополнение к этому естественному дренажу здесь необходимы искусственные водоотводные каналы, которые и функционируют здесь исстари, но покуда в недостаточном коли­честве. В самом нижнем районе (Кара-Куль) естественный дренаж практически перестает играть роль. Здесь засоление развито особенно широко, и потому ощущается большая потребность в искусственной дренирующей сети.

Бассейн р. Аму-Дарьи. В бассейне р. Аму-Дарьи, на всем ее протяжении, имеются оба типа строения долин, описанные выше, а именно: в верхнем течении, особенно по рр. Вахту и Пянджу, долина представлена рядом резко выраженных террас, а по вы­ходе на. равнину, в среднем и нижнем течении, река течет в своих собственных мягких наносах и ложе ее более или менее припод­нято над древней поймой.

Древняя пойма в среднем течении обнимает реку сравнительно узкой лентой, не превышающей нескольких километров, тогда как в нижнем течении, ниже Ташсакинского прорыва, она быстро расширяется до 40—80 км (древняя Сарыкамышская дельта), а в современной дельте (Кара-Калпакия, севернее линии Тахиа- Таш — озеро Ай-Бугир) до 120 км и более.

Область всей этой низкой древней долины является основным плацдармом, на котором развивалось орошение в древности, на нем расположены все основные современные орошаемые массивы и здесь же проектируется орошение крупных новых территорий. Всей этой дельтовой области присуща общность основных мелио­ративных признаков, и вместе с тем она может быть подразделена, по крайней мере, на три следующих крупных района, каждый из которых обладает своими специфическими важными чертами:

1. верхнедельтовый Ново-Ургенчский, сложен мощной тол­щей Амударьинских песков, прикрытых маломощной свитой суглинков;
2. среднедельтовый Куня-Дарьинский (Ходжейли — Куня — Ургенч), сложенный мощной толщей слоистого аллювия, пре­имущественно суглинисто-глинистого, с песчаными прослоями и линзами и глубокими минерализованными грунтовыми водами; оба района лежат в пределах древней Сарыкамышской дельты Аму-Дарьи;
3. нижнедельтовый Кунград-Чимбайский (современная Араль­ская дельта Аму-Дарьи), плоский, частично затопляемый павод­ками и в настоящее время, сложен преимущественно иловатыми отложениями с прослойками тонких песков; грунтовые воды мине­рализованы и близки к поверхности. Ниже дается краткая поч­венно-мелиоративная характеристика этих районов.

**Ново-Ургенчский район.** Это обширный район издревле существующего орошения. Геоморфологически он пред­ставляет верхнюю часть древней дельты Аму-Дарьи шириной до 50 км. Топографически это очень плоская равнина, наклоненная в двух направлениях: на северо-запад вдоль Аму-Дарьи и на юго-запад к Каракумам, перпендикулярно Аму-Дарье.

Средние уклоны поверхности характеризуются величинами 0,00030—0,00025. Уклоны же к местным западинам рельефа не­сколько больше и в отдельных случаях достигают 0,01.

Район на всей своей основной площади выполнен аллювиаль­ными песками серо-стального цвета, мощность которых достигает 25 м. По юго-западной окраине района, вдоль Каракумов, зале­гают преимущественно суглинки и глины, отложившиеся в зна­чительной части в озерных бассейнах; мощность этой свиты до­

стигает местами 5—7 м, и подстилается она обычно третичными песчаниками.

Вся эта свита аллювиальных отложений сформирована древ­ними руслами Аму-Дарьи — Дауданом и Дарьялыком (Куня- Дарья), впадающими в Сарыкамыш; эти русла видны в рельефе и в настоящее время в виде плоских вытянутых понижений, частично заполненных эоловым песком.

Толща песчаных отложений почти всюду прикрыта слоем су­глинков мощностью 1—2 м, возникших в результате многовеко­вого орошения мутной амударьинской водой (так называемый «культурно-ирригационный» нанос).

Аллювиальные пески, как правило, тонкозернисты, хорошо отсортированы, обладают свойствами плывунов и характери­зуются следующим механическим составом (табл. 163).

**Таблица 163**

Типичные показатели механического состава аллювиальных песков (Георгиевский)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина взятия образца (в м)** | **Крупный песок** | | **Мелкий песок 0,25—0,05 мм** | **Песчаная**  **пыль**  **0,05—0,01 мм** | **Всего**  **песка** | **Частиц мельче 0,01 мм** |
| **>1,0 мм** | **0,1—0,25 мм** |
|  | **в процентах** | | | | | |
|  |  | Пески чистые серо-стальные | | |  |  |
| **0,80** | **I Нет I** | **3,58 I** | **95,10 I** | **0,07 I** | **99,35 I** | **0,65** |
| **1,20 |** | 1 **» 1** | **0,29 1** | **91,12 1** | **6,18 1** | **97,59 1** | **2/i 1** |
|  |  | Пески заиленные **.** | | серые |  |  |
| **5,17 I** | **Нет I** | **16 92 I** | **77,72 I** | **2,67 I** | **97,31** | **I 2,69** |
| **3,15 1** | **» 1** | **1,81 |** | **91,93 |** | **1,90 1** | **95,64** | **1 4,36** |
|  | Пески илистые**,** | | темносерые и буровато-серые | | |  |
| **0,86** | **I Нет** | **I 0,11** | **1 58,54** | **I 35,82** | **I 94,47** | **I 5,53** |
| **1,0 |** | **1 »** | **1 5,28** | **1 80,90** | **1 6,01** | **| 92,19** | **1 7,81** |

Чистые пески приурочены преимущественно к руслам Дау- Дана и Дарьялыка.

Методом кратковременных откачек Б. М. Георгиевский уста­новил для местных отложений следующие значения коэффициента фильтрации:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **чистые пески** | **— от** | **33 до 12 м/сут,** | | **или** | **в** | **среднем 21,8 м/сут** | | |
| **илистые »** | **»** | **7,20** | **до 5,35 »** | **»** | **»** | **»** | **6,9** | **»** |
| **супеси** | **»** | **5,19** | **» 4,68 »** | **»** | **»** | **»** | **4,9** | **»** |
| **суглинки** | **»** | **3,26** | **» 2,34 »** | **»** | **»** | **»** | **2,7** | **»** |
| **глины** | **»** | **2,34** | **» 0,74 »** | **»** | **»** | **»** | **1,5** | **»** |

Уровень грунтовых вод по всему району чрезвычайно высок и лежит в пределах 0—3 м от поверхности. Средняя глубина грун­товых вод для всего района (орошаемого и неорошаемого) состав­ляет в июле—августе около 100—140 см.

Минерализация грунтовых вод наиболее часто составляет около 2—4 г солей на литр, но амплитуда засоления весьма ве­лика — от 0,5 г (около оросительных каналов) до 50 г на литр (иод солончаками).

Тип минерализации грунтовых вод преимущественно смешан­ный, сульфатно-хлоридный, иод солончаковыми площадями часто преобладает хлоридный.

Не подлежит никакому сомнению, что такой высокий горизонт грунтовых вод является не первобытным, а создан многовековым примитивным орошением, связанным с громадными потерями воды на фильтрацию в каналах и неправильными, преувеличен­ными поливными нормами.

Отсутствие в данном случае достаточного дренирующего эффекта подстилающих песков объясняется, во-первых, общими малыми уклонами зеркала грунтовых вод, а во-вторых — тем, что эти аллювиальные пески на западе подперты песчаниками, на севере — глинистыми отложениями Куня-Дарьи, а на востоке и северо-востоке — руслом Аму-Дарьи.

Слабый боковой отток осуществляется, вероятно, только по пескам Даудана и Дарьялыка. В силу этого Южный Хорезм пред­ставляет как бы песчаный бассейн, выполненный фильтрацион­ными оросительными водами.

Под влиянием длительного орошения и близких грунтовых вод первичные сероземные почвы района приобрели характер почв влажнолугового типа, часто засоленных. Это засоление в боль­шинстве случаев является вторичным и особенно широко развито в концевых частях оросительных систем.

Практика показывает, что при существующих уровнях и ми­нерализации грунтовых вод обычно достаточно одного лета для того, чтобы поверхность многих нолей засолилась до такой сте­пени, что возделывание растений стало невозможным. Вы­сота капиллярного поднятия для местных условий характери­зуется следующими показателями (в метрах, Б. М. Георгиевский):

пески 0.30

супеси 0,50—0,75

суглинки 1,50—2,50

глины 2,50—3,00

Для рассоления почвы здесь необходимо ежегодно зимой или ранней весной обильно промывать поля (3000—6000 м3/га воды). Однако в этом случае осенью культуры часто оказываются под угрозой засоления. Естественно, что в таких условиях требуются значительные затраты сил на зимние поливы, а последние утяже­ляют гидрогеологический режим и создают солончаки и болота на перелогах, между культурными полями, и вместе с тем неблаго­приятную санитарно-гигиеническую обстановку района.

Учитывая местные почвенно-гидрогеологические условия, есть все основания полагать, что рациональное переустройство си- етем, нормальная их эксплуатация и редкая глубокая коллектор­ная сеть могут быстро улучшить баланс грунтовых вод, понизить их уровень и тем самым обеспечить коренное мелиоративное оздо­ровление района.

**Куня-Дарьинский район.** Эта территория пред­ставляет собой полосу, вытянутую с востока на запад, от р. Аму- Дарьи и до обрыва Усть-Урта. Северной границей ее является древний проток Аму-Дарьи, теперь сухой, так называемый Куня- Дарья, пролегающий севернее Куня-Ургенча. На юге располо­жено урочище У аз. Район в целом представляет область древней дельты р. Аму-Дарьи. Когда-то территория, повидимому, в зна­чительной части орошалась, так как сохранились следы ирри­гационных систем, крупных населенных пунктов и значительные площади культурно-ирригационных наносов. Площадь контура района около 0,5 млн. га.

Топографически район представляет чрезвычайно плоскую равнину, наклоненную только частью по течению р. Аму-Дарьи, а главным образом под углом к ней на северо-запад и запад. Аму-Дарья течет теперь в приподнятых над местностью своих собственных наносах. Уклоны равнины крайне незначительны и едва достаточны для устройства оросительных и сбросных кана­лов (0,0001—0,0008).

Общая равнинность деформирована редкими возвышенностя­ми — остатками древних коренных "пород (меловых и третичных) и, с другой стороны, развеянными песками. Включения бугри­стых и иных песков занимают по отдельным районам от 5 до 50% площади. В среднем для всей площади пески составляют 16%, а для западной половины 22,4%.

Пески не являются объектом орошения, тем не менее значение их существенно. Помимо того, что они деформируют рельеф, зна­чительные территории местных глинистых почв требуют песко- вания, и с этой точки зрения песчаные массивы могут явиться источником необходимого для пескования материала. Наряду с этим развевание песков представляет существенную угрозу засыпания полей. Местами передвижение песков может быть очень значительным. Например, отмечено, что у скважины № 27 песчаные бугры высотой 2,5—3 м передвинулись за 6 часов на 10 м. У Сипай-Яба отмечено передвижение песка за одни сутки на 30 м. В ряде случаев пески рассеяны на равнинной территории мелкими буграми, и здесь при освоении потребуется специаль­ная планировка полей для устранения препятствий работе сель­скохозяйственных машин.

Геологически и литологически район представляет исключи­тельно пеструю свиту пород, однако схематически его можно подразделить на следующие три части.

1. Восточная — от Аму-Дарьи и примерно до линии Куня- Ургенч — Ильялы — представляет область как бы распластан­ного прируслового вала и характеризуется преобладающим развитием аллювиальных песков с глинистыми и суглинистыми (не мощными) прослойками, с поверхности прикрытых суглинками.
2. Западная часть представляет собой область отложений не только дельтовых протоков, но, повидимому, главным образом спокойных озеровидных бассейнов, соответственно чему здесь явно преобладание глин.
3. Наконец, в качестве третьего района выделяется область крупных недавних протоков, таких, как Куня-Дарья и Даудан. Эта область сложена преимущественно песками, «вложенными» в окружающие глинистые массивы. Полосы вдоль протоков ши­риной 2,5 км и составляют эту область.

Внутри каждого района пестрота отложений еще значительнее и может быть установлена лишь детальными съемками. Такое дробное картографирование в местных условиях будет иметь круп­ное практическое значение, поскольку будущий режим грунтовых вод отдельных, даже некрупных массивов будет здесь несомненно весьма локальным, как об этом свидетельствует весь опыт оро­шения в долине р. Аму-Дарьи.

Грунтовые воды характеризуются следующими показателями.

1. Глубина залегания их по району колеблется от нуля до 30 м. В восточном орошаемом районе уровень их изменяется от нуля до 10 м, в зависимости от интенсивности орошения. На интенсивно орошаемых участках глубина не превышает 3 м, а ме­стами воды выходят на поверхность и, образуя родники, забола­чивают местность.

Восточная часть Сипай-Яба (не орошаемая) характеризуется залеганием грунтовых вод на глубине 10—15 м, средняя часть Сипай-Яба и Уаза — 15—20 м и на западе — 20—30 м. Таким образом, грунтовые воды резко заглубляются по направлению с востока на запад.

1. Уклон зеркала грунтовых вод в восточной части направлен на запад, северо-запад, затем прямо на запад и, наконец, на юго- запад. В западной части он не превышает 0,00018 и отвечает уклону поверхности земли. Таким образом, следует заключить, что отток общего грунтового бассейна здесь ничтожен.
2. Опыты по определению скорости грунтового потока в оро­шаемой зоне дали величины следующего порядка: у г. Порсу при глубине грунтовой воды 3,8 м, залегающей в песчано-суглинистом слое, методом откачки скорость потока определена в 3,456 и 10,2 м в сутки, или соответственно К = 0,0040—0,0125 см/сек. В другом опыте при глубине воды 2 м К составил 0,0025—0,110 см/сек. По Слихтеру скорость определялась в 4,03 м в сутки, или К = = 0,0046 см/сек.

Следовательно, величины получаются одного порядка, и они должны быть оценены как значительные. Однако это чисто мест­ные явления, присущие лишь песчаным прослойкам.

Были сделаны также определения скорости вертикальной фильтрации воды через местные грунты. Метод состоял в том, что на различных глубинах делались ямки размером 20 X 50 см, ко­торые наполнялись водой. Заданный напор от 10 до 50 см поддер­живался на постоянном уровне. В опыте у Порсу, где грунтовая вода была на глубине 2 м, результат получился следующий (табл. 164).

**Таблица 164**

Средняя скорость фильтрации (в см/сек) при разных напорах

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Условия определения** | **Напор (в см)** | | | | |
| **10** | **20** | **30** | **40 !** | **50** |
|  |
| **Забой шурфа на глубине** |  |  |  |  |  |
| **1,5 м, грунт — супесь . . Забой шурфа на глубине** | **0,0025** | **0,0035** | **0,0065** | **0,0099** | **0,0110** |
| **2 м, грунт — супесь, пе­реходящая в пески....** | **—** | **0,00058** | **0,0014** | **0,0030** | **0,0046** |

Как видно из таблицы, величины фильтрации значительны и резко возрастают с увеличением напора.

При определении величины фильтрации на поверхности почвы в ямках размером 20 и 25 см, расположенных над штольней, ско­рость ее при постоянном напоре в 20 см составляла 0,02 см/сек.

1. Наблюдения за динамикой грунтовых вод проводились в те­чение короткого срока (три месяца, начиная с мая) и позволили отметить следующее:

а) динамика грунтовых вод в орошаемом районе связана с по­ливами. Амплитуда колебания их достигает здесь 2 м, причем наивысший уровень приходится на май — июнь;

б) в западном районе зависимости колебания уровня грунто­вых вод от орошения не отмечено, амплитуда составляет всего 20 см;

в) минимум стояния грунтовых вод отмечается в январе — феврале.

Оценивая все эти условия в мелиоративном отношении, сле­дует признать, что благоприятным показателем является лишь значительная глубина бытового зеркала грунтовых вод. Однако при больших потерях воды на фильтрацию из каналов и бос- сточности грунтовых вод возможен быстрый подъем их уровня после орошения.

Так, в соседнем районе старого орошения (Порсу) при коэффи­циенте использования земли около 0,25 уровень грунтовых вод отмечен на глубине 1—3 м от поверхности. В неорошаемой степи, рядом, уровень грунтовых вод очень круто падает до 15—20 м.

1. Минерализация грунтовых вод везде весьма значительна. Например, в Порсуйском районе содержание СГ в воде состав­ляет 10—15 г/л; в Уазе и Сипай-Ябе воды горько-соленые. Только в области древних русел и на орошаемых площадях минерализа­ция воды меньше.

Почвенный покров весьма разнообразен и пестр. По сводной почвенной карте насчитывается 26 наименований почв. Схемати­чески их можно объединить в следующие три группы.

1. Наиболее крупным и лучшим объектом, охватывающим пло­щадь около 60 000 га, являются слабосолонцеватые сероземы, глинистые и суглинистые, на слоистых суглинистых и супесчано­песчаных наносах, с признаками культурных поливных почв, рас­положенные в Уазе и по Сипай-Ябу.

В некоторых разрезах до глубины 150—170 см количество со­лей не превышает 0,2%, в других оно достигает 0,5% и даже 1%. Следовательно, засоление пестро и в ряде случаев могут потре­боваться промывки.

Кроме того, щелочность этих почв достигает 0,07—0,20%, т. е. очень высока, и, следовательно, может возникнуть необхо­димость частичной химизации.

Повышенная засоленность местных сероземов определяется тем, что дельта в период ее формирования переживала стадию близкого залегания минерализованных грунтовых вод, что и вы­звало засоление всей толщи почвы преимущественно натрие­выми солями.

В современную стадию глубокого залегания грунтовых вод происходит некоторая промывка поверхностных горизонтов от солей, и это придает почвам солонцеватые свойства.

На территориях, несущих на себе следы древнего орошения, засоление могло быть вторичным за счет высокого уровня грун­товых вод. После прекращения орошения грунтовые воды опу­стились и осуществлялся тот же процесс частичного выщелачива­ния солей атмосферными осадками и развития солонцовых свойств.

Условия для возможных промывок на этих почвах будут, повидимому, удовлетворительны. Механические анализы показы­вают, что поверхностные горизонты до 40—50 см представлены легкими суглинками с 25—30% частиц меньше 0,01 мм, дальше глинистость резко возрастает — до 60—80%, а ниже, во втором и третьем метре, падает до 10—12%. Такое сложение можно при­знать хорошим.

Более засоленные сероземы этой территории обладают худшим механическим составом — это тяжелые глины (60—75% частиц меньше 0,01 мм) уже с самой поверхности.

1. Второй крупный массив почв, до 21 000 га, расположен в за­падной части Уаза и Сипай-Яба и представляет комплекс из слабо­солонцеватых сероземов, бывших культурно-поливных почв и светлых незасоленных сероземов.

Этот массив образовался на глинистых, суглинистых и су­песчано-песчаных слоистых аллювиальных отложениях, пере­крытых культурно-ирригационными наносами; на глубине свыше 1,5 м подстилается супесями и серыми речными песками.

По механическому составу это легкие почвы с 27—30% глины на поверхности и до 44—83% во втором метре. Общее засолонение не превышает 0,3%, но характерна высокая щелочность (0,09— 0,10%) и очень малое количество гипса (0,05—0,20% серного ангидрида, растворимого в 5-процентной соляной кислоте).

Для обоих районов очень характерна крайняя пестрота поч­венного покрова по степени засоления, по солонцеватости и фи­зическим свойствам. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании орошаемых участков, которые должны быть по возможности однородными в почвенном и мелиоративном от­ношении.

1. Третью группу почв представляют солончаки и такыры. Пухлый солончак характеризуется следующими результатами анализа водной вытяжки (табл. 165).

**Таблица 105**

Содержание воднорастворимых солей **(в процентах)** в пухлом солончаке

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Элементы** | **Горизонты (в см)** | | | |
| **0**  **1**  о  **С"** | 1. **сл**   **1**  **00** | **40—50** | **оо**  **0**  **1**  **со**  о |
| **Плотный остаток** | **12,96** | **6,95** | **1,82** | **1,45** |
| **нсо;** | **0,067** | **0,059** | **0,109** | **0,104** |
| **С1' . ‘** | **6,9** | **2,78** | **0,26** | **0,25** |
| **«Од** | **1,48** | **1,26** | **0,50** | **, 0,62** |
| **со;'** | **5,43** | **—** | **5,06** | **7,94** |
| **БОд, извлеченная 5%-про-** |  |  |  |  |
| **центной НС1** | **3,15** | — | **0,97** | **2,12** |
| **Частиц меньше 0,01 мм . .** | **—** | **42,42** | **29,38** | **71,71** |

При промывке этого солончака возможно развитие солонцо­вого процесса в виду преобладания в составе солей хлористого натрия, высокой щелочности и малого количества гипса.

Более слабое засоление характеризуется разрезом № 28, анализ по которому приведен в таблице 166.

**Таблица 166**

Содержание воднорастворимых солей в почве **(в процентах)** (разрез **№ 28)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Горизонт (в см)** | **Плотный**  **остаток** | **ИСО'** | **сг** | **«о1;** | **804,**  **извлеченная**  **5-процентной**  **НС1** |
| **0—10** | **1,83** | **0,069** | **0,44** | **0,63** | **1,26** |
| **15—25** | **1,20** | **0,070** | **0,44** | **0,27** | **0,39** |
| **35—45** | **2,68** | **0,057** | **1,09** | **0,44** | **0,75** |
| **85—95** | **1,11** | **0,069** | **0,35** | **2,28** | **0,49** |

Эта почва благоприятнее для мелиорации по количеству и составу солей, однако при промывках ее потребуются значитель­ные количества воды.

Учитывая, что в этих районах грунтовые воды залегают глу­боко, первоначальные и ограниченные промывки могут быть

осуществлены за счет фильтрации воды вглубь; однако, поскольку грунтовые воды здесь практически не имеют бокового оттока, нормальное освоение значительных площадей, вероятно, потре­бует устройства глубокой водоотводной сети.

Такыры занимают в рассматриваемом районе значительные площади, до 73 тыс. га. Внешне это совершенно ровные, плотные, паркетообразные территории, почти лишенные растительности.

По механическому составу это очень тяжелые глинистые почвы, по степени же засоления они разнообразны: встречаются и со­всем незасоленные разности, обычно же они не сильно, но засо­лены. Примером может служить разрез около Куня-Ургенча, описанный У. У. Успановым.

Разрез (IV) заложен на голой площади с одиночными экзем­плярами солянок Anabasis Salsa и Selsola nigida. Верхние 0—4 см представляют корку светлосерую, твердую, плотную, глинистую сверху (до 1,5 см), по заплывшим трещинам опесчаненную, более пористую и неясно слоеватую. От 1,5 до 4 см корка более плотная, комковатая и менее пористая.

4—10 см — подкорковый слой — рыхлочешуйчатый, ясно слоеватый, несколько темнее по цвету, более глинистый и менее пористый, чем корка.

10—30 см — суглинистый, уплотненный, светлосерый с ржа­выми пятнами. Менее слоистый, чем подкорковый слой, — слабо измененный аллювий.

30—120 см — очень мелкопесчаный, уплотненный, с листоч­ками белой слюды.

120—127 см — мелкий серый слюдистый песок.

127—187 см — мелкопесчаный сероватый слой, чередующийся с тонкими прослоями слюдистого песка.

187—193 см — красно-бурая плотная глина.

193—210 см — серый, очень тонкий слюдистый песок с про­слойками глины.

210—245 см — серый крупный слюдистый песок.

Вскипание бурное по всему профилю; грунтовая вода ниже 6 м, весь разрез сухой.

При анализе водной вытяжки из почвы этого разреза и опреде­лении состава поглощенных катионов получены следующие ре­зультаты (табл. 167 и 168).

Эти своеобразные почвы практически не поддаются непосред­ственному сельскохозяйственному освоению: здесь или не удается получить всходов или гибнут уже развившиеся растения. Такой случай гибели посева хлопчатника непосредственно после полива наблюдал в 1932 г. В. С. Малыгин на такыре Сипай-Яба. В дан­ном случае гибель может быть объяснена солонцеватостью та­кыра, давшей вспышку щелочности после полива.

Вообще такыры могут быть освоены лишь при соответствую­щих мелиорациях (пескование, навозное удобрение и посев трав, химизация, промывки).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Плотный**  **остаток** | **нсо;** | **сг** | **so”**  **4** | **Са\*’** | **Mg\*** | **Na\* + К\*** |
| **0—1,5** | **0,130** | **0,090** | **0,008** | **Следы** | **Следы** | **Следы** |  |
| **1,5-4,0** | **0,426** | **0,068** | **0,076** | **0Д14** | **0,056** | **»** | **\* 0,082** |
| **4—10** | **0,664** | **0,033** | **0,185** | **0,207** | **0,041** | **0,011** | **0,175** |
| **10—20** | **0,654** | **0,060** | **0,144** | **0,202** | **0,092** | **0,018** | **0,074** |
| **20—30** | **0,696** | **0,072** | **0,083** | **0,323** | **0,066** | **0,013** | **0,128** |
| **30—40** | **0,654** | **0,062** | **0,047** | **0,302** | **0,071** | **0,013** | **0,093** |
| **40-50** | **0,356** | **0,054** | **0,028** | **0,145** | **0,036** | **0,010** | **0,048** |
| **60—70** | **ч** | **0,033** | **0,088** | **0,053** | **0,024** | **Следы** | — |
| **140—150** |  | **0,035** | **0,023** | **0,048** | **0,017** | — | — |
| **187—193** | **1 Не опре-** | **0,027** | **0,143** | **0,230** | **0,084** | **0,013** | **0,115** |
| **195—205** | **| делалось** | **0,033** | **0,019** | **0,048** | **0,015** | **Нет** | — |
| **210—230** | **’** | **0,029** | **Следы** | **Нет** | **Следы** | **»** | **—** |

Таблица 168

Состав поглощенных катионов и некоторые валовые определения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Поглощенные катионы** | | **Валовые определения (в %)** | | |
| **емкость (в м.-экв.)** | **N8\* (в про­центах от емкости)** | **СО\*** | **гумус** | so;' |
| **0—1,5** | **10,7** | **18,7** | **7,58** | **0,25** | **0,027** |
| **1,5—4** | **13,7** | **7,5** | **8,75** | **0,20** | **0,109** |
| **4—10** | **9,7** | **9,9** | **9,65** | **0,30** | **0,203** |
| **10—20** | **8,7** | **3,0** | **8,88** | **0,20** | **0,236** |

Итак, территория Куня-Дарьинского района в целом характе­ризуется следующими специфическими чертами: 1) это типичный участок древней дельты, сложенный мощной толщей слоистых суглинисто-глинистых отложений, с отдельными зонами песков, преимущественно вдоль современных и древних речных протоков; 2) рельеф района типичный дельтовый, равнинный, с незначитель­ным общим уклоном, к тому же сильно деформированный мест­ными песчаными всхолмлениями; все это создает условия необес­печенного поверхностного стока; 3) на неорошаемой территории поверхностные горизонты почв не испытывают непосредственного влияния капиллярных токов от грунтовых вод, залегающих здесь на глубине 10—30 м и потому формируются по типу серо­зема; однако местные сероземы на значительных площадях солон­цеваты и, кроме того, здесь широко распространены такыры и солончаки, часто натриевого типа; 4) на орошаемой части террито­рии грунтовые воды залегают на глубине 1—3 м от поверхности земли, и потому здесь широко развиты процессы вторичного засо­ления почв; 5) при освоении целинных и переложных засоленных земель потребуются промывки, а на солонцеватых сероземах и такырах вероятно также и частичная химизация. Первичные

промывки в большей своей части могут быть осуществлены в глубо­кие грунтовые воды; однако, поскольку здесь возможен быстрый подъем их уровня до отметок, имеющих место на соседних орошае­мых территориях, то для предупреждения и борьбы с процес­сами вторичного засоления необходимо построить глубокую кол­лекторную сеть.

**Кунград-Чимбайский район.** В области ниж­ней дельты Аму-Дарья разбивается на ряд рукавов, вследствие чего территория в большей своей части приобретает характер островной поймы, с очень малыми уклонами, примерно 0,0002— 0,00015.

Около 400—600 лет тому назад уровень Аральского моря, по- видимому, стоял метра на четыре выше, чем теперь, и нижняя дельта представляла собой мелководное озеро, в котором отлага­лись широко распространенные в районе бурые глины. С пониже­нием базиса эрозии (Аральского моря) возникла сеть протоков- русел, часто блуждающих.

Аму-Дарья несет в своих водах громадное количество взму­ченных наносов (от 4 до И г/л), которые при медленном течении в дельте оседают, поднимают ложе реки, и вследствие этого многие протоки в настоящее время лежат на 1—1,5 м выше общего уровня территории. Во время паводков и ледяных заторов береговые валы (естественные и искусственно насыпанные) часто прорываются и громадные площади дельты подвергаются затоплению. При этом на пойму выносятся и откладываются преимущественно суглинистые и глинистые массы, вдоль же самих протоков осе­дают мелкие иловатые пески и супеси.

Пески левобережной дельты (Кунград) состоят почти нацело из частиц величиной от 0,1 до 0,01 мм, более крупных элементов в них нет; глины, наоборот, часто бывают очень тяжелые, содер­жат до 80—90% частиц меньше 0,01 мм и в том числе до 15—20% частиц меньше 0,001 мм.

Для правобережной дельты (Турткуль-Чимбай) механический состав различных песков характеризуется следующими показа­телями (табл. 169, Е. И. Иванова).

**Таблица 169**

Механический состав различных песков

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Виды песка** | **Размер механических элементов (в мм)** | | | |
| **1—0,25** | **0,15—0,05** | **0,05—0,01** | **• <0,01** |
| **Крупнозернистый серый слюдистый** |  |  |  | **3,06** |
| **(к западу от Кушкана-Тау) ....** | **0,66** | **95,76** | **0,52** |
| **Среднезернистый, серый** | **0,43** | **65,26** | **30,68** | **3,63** |
| **Мелкозернистый, иловатый** | **0,69** | **7,90** | **69,28** | **22,14** |
| **Песок Кызылкумов (в 10 км от** |  |  |  |  |
| **Турткуля)** | **80,14** | **13,60** | **0,53** | **5,73** |

Оказывается, что даже крупнозернистые серые Амударьин- ские пески Чимбая гораздо мельче барханных пустынных песков Кызылкумов.

Примером строения местных аллювиально-озерных толщ мо­жет служить разрез, сделанный в центральной части Кунград- ского района (Володин и Панков, 1940 г.):

0—27 см глина серая

27—37 » суглинок серый с ржавыми пятнами

37—104 » супесь пылеватая, слоистая с ржавыми пятнами 104—136 » песок мелкий, серый, с ржавыми пятнами 136—190 » глина тяжелая, бурая, слоистая 190—206 » песок мелкий

206—280 » глина тяжелая, плотная с ржавчиной 280—310 » глина бурая, плотная 310—430 » песок мелкий с ржавчиной

Из всей площади обследованных почв Кунградского района в 59 184 га на глинах и суглинках залегают 33 400 га и на супесях и песках 25 784 га.

Грунтовые воды в нижней дельте высокие, максимальная глу­бина! их залегания на неорошаемых территориях, повидимому, не превышает 5—6 м; на орошаемых площадях они поднимаются до 0,2 м от поверхности, а на перелогах — 2—4 м.

Минерализация грунтовых вод пестрая и в сильной степени зависит от режима поверхностных вод, орошения и паводковых затоплений.

На перелогах (и, повидимому, на целинных землях) минерали­зация определяется величинами 12—63 г солей на литр; в составе анионов обычно преобладает ЭО/'; из 24 анализов, приведенных И. П. Герасимовым и Е. И. Ивановой, 6 показывают преоблада­ние СГ, а в составе катионов резко преобладает Ха\*.

На орошаемых полях поверхностный горизонт грунтовых вод опреснен до 2—7 г/л, причем в составе анионов также преобла­дает ЭО/', а в составе катионов’N а\*-.

По условиям своего залегания грунтовые воды должны счи­таться практически бессточными.

Почвенный покров представлен в основном сероземами и влаж­нолуговыми почвами; такырные площади развиты, повидимому, значительно слабее, чем в предыдущем, Куня-Дарьинском, районе. Характерным для нижней дельты является широкое развитие процессов засоления. Так, по Кара-Калпакской автономной об­ласти незасоленных почв насчитывается лишь 30—37% площади, остальные же территории в той или иной степени засолены.

На площади в 60 000 га Кунградского района, обследованной в 1940 г. Володиным и Панковым, все почвенные разности оказа­лись в той или иной степени засоленными, причем собственно солончаков выделено 12 400 га, или 21%. Эти солончаки форми­руются преимущественно на глинах и суглинках (85%) и лишь редко на песках и супесях (15%).

Орошаемые почвы, как правило, засолены относительно слабо, что связано с многовековой культурой и промывками при низком коэффициенте использования земли (примерно 25%). Целинные земли и перелоги среди орошаемых площадей все солончаковаты, а часто засолены очень сильно.

Типы засоления в нижней дельте разнообразны (хлоридное, сульфатное и смешанное), но, повидимому, наиболее частой фор­мой засоления является хлоридно-натриевое.

Володин и Панков дают следующие аналитические характе­ристики типичных, выделенных ими засоленных разностей Кун- градского района (табл. 170).

**Таблица 170**

Содержание воднорастворимых солей в орошаемом сероземе (разрез № 11)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина** | **Плотный** | **нс0;** | **С1'** | **з°;'** | **Са\*‘** |  | **ЫаЧ-К-** | **ЫаЧ-К\* +** |
| **(в см)** | **остаток** | **по раз­ности** | **Н-Са"** |
| **0—10** | **1,24** | **0,018** | **0,33** | **0,28** | **0,14** | **0,03** | **5,43** | **0,7** |
| **0,30** | **9,24** | **5,61** | **7,23** | **2,5** |
| **0**  **1**  **сл**  **о** | **0,82** | **0,015** | **0,22** | **0,40** | **0,06** | **0,03** | **6,43** | **2,1** |
| **0,25** | **3,31** | **8,33** | **2,96** | **2,5** |
| **160—170** | **0,88** | **0,023** | **0,24** | **0,31** | **0,04** | **0,04** | **6,28** | **4,0** |
| **0,98 1** | **6,73** | **6,53** | **2,06** | **3,30** |

**Примечание.** В числителе показано количество соли в процентах, в знаменателе и во второй справа графе — в миллиэквивалентах.

Здесь в двух горизонтах преобладают натриевые соли (см. отношение в верхнем горизонте заметно преобладает

СГ. Для поливных почв Чимбайского района аналитические дан­ные И. П. Герасимова и Е. Н. Ивановой дают несколько меньшие цифры засоления (0,2—0,4%) и притом с преобладанием ЭО/'.

Судя по всем имеющимся данным, сульфатный тип засоления преобладает там, где осуществляются обильные промывки (искус­ственные при культуре или естественные при затоплении разли­вами); там же, где господствует восходящий ток от грунтовых вод, тип засоления оказывается, как правило, хлоридным. Такой тип процесса наблюдается даже на свежеотложенном аллювии, что видно из следующих данных (И. П. Герасимов и Е. Н. Ива­нова, табл. 171, см. стр. 395).

Минерализация амударьинской воды в канале была следую­щая (в г/л).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Плотный**  **остаток** | **НСОз** | **сг** | **гг**  **во\*** | **СаО** | **MgO** |
| **0,350** | **0,118** | **0,050** | **0,074** | **0,092** | **0,021** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Место взятия образца** | **Глу­бина (в см)** | **Механический**  **состав** | **Плот­**  **ный**  **оста­**  **ток** | нсо; | **сг** | so;- | **СаО** | **MgO** |
| **Вновь отло­** | **0—5** | **Супесь** | **9,346** | **0,0284** | **3,606** | **1,365** | **0,455** | **0,051** |
| **женный р. Аму-Дарьей остров (разрез № 38)** | **20—25** | **Тонкозер­нистый па­левый пе­сок** | **0,357** | **0,0219** | **0,126** |  | **Реакция**  **слабая** | **Не опре­делялось** |
|  | **80—85** | **Серый**  **слюдистый**  **песок** | **0,064** | **0,0183** | **0,012** | **Следы** | **То же** | **То же** |

Содержание воднорастворимых солей в солончаковом серо­земе (разрез № 252) со следами бывшего орошения показано в таблице 172. По механическому составу почва — суглинок, под­стилаемый супесью и песком. Грунтовые воды на глубине 3—5 м.

**Таблица 172**

Содержание воднорастворимых солей в почве (числитель — в процентах, знаменатель — в миллиэквивалентах)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Плотный**  **остаток** | нсо; | С1- | so'' | **Са‘\*** | **Mg-** | **Na\* + К\* по раз­ности** | **Na\* + К\* Са"** |
| **0—2** | **0,39** | **0,032** | **0,02** | **0,20** | **0,08** | **0,01** | **0,62** | **0,16** |
| **0,53** | **0,44** | **4,13** | **3,90** | **0,57** |
| **2—12** | **4,78** | **0,023** | **1,56** | **1,04** | **0,40** | **0,14** | **34,76** | **1,7** |
| **0,38** | **44,09** | **21,60** | **19,87** | **11,42** |
| **40—50** | **2,11** | **0,024**  **0,40** | **0,95**  **26,77** | **0,61**  **12,59** | **0,06**  **2,98** | **0,03**  **2,63** | **34,16** | **11,4** |
| **180—190** | **1,27** | **0,020** | **0,54** | **0,16** | **0,04** | **0,06** | **11,94** | **6,4** |
| **0,33** | **15,34** | **3,34** | **1,84** | **5,23** |

Здесь во всех горизонтах (кроме корочки 0—2 см) преобладают хлориды и соли натрия; в нижнем горизонте, кроме того, содержа­ние магния больше, чем кальция.

Особенно ярко эти черты засоления выражены в солончаках (табл. 173, 174, см. стр. 396).

Аналогичного типа солончаки распространены и в Чимбай- ском районе, хотя здесь они чаще носят сульфатный характер. Данные по разрезу № 248Б (Е. Н. Иванова), сделанному на слегка повышенном склоне, приводятся в таблице 175 (см. стр. 397).

В засоленных почвах лугового типа (повидимому, периоди­чески затопляемых и, следовательно, промываемых) засоление чаще носит характер сульфатный, но тем не менее и здесь

**Таблица і 73**

Содержание воднорастворимых солей в пухлых и корковых солончаках  
на глинах и суглинках

(числитель — в процентах, знаменатель — в миллиэквивалентах)  
**(разрез № 1)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина** | **Плотный** | **г—**  **нс°;** | **С1'** | **80Г** | **Са“** | **М°Г** | **N8\* + К\*** | **N8- + К-** |
| **(в см)** | **остаток** | **по раз­ности** | **Са"** |
| **0—10** | **13,16** | **0,023** | **3,51** | **3,03** | **0,43** | **0,48** | **101,89** | **1,6** |
|  | **0,38** | **99,04** | **63,0** | **21,71** | **38,82** |
| **15-20** | **4,78** | **0,021** | **1,56** | **1,25** | **0,38** | **0,16** | **38,07** | **2,0** |
| **0,35** | **44,05** | **26,13** | **18,96** | **13,50** |
| **40—50** | **1,31** | **0,021** | **0,59** | **0,20** | **0,02** | **0,05** | **16,13** | **, 16,03** |
|  | **0,34** | **16,64** | **4,16** | **1,00** | **4,11** |
| **52-62** | **4,82** | **0,015** | **2,06** | **0,75** | **0,09** | **0,21** | **52,44** | **11,2** |
| **0,25** | **58,21** | **15,59** | **4,70** | **16,91** |
| **90—100** | **2,54** | **0,018** | **1,02** | **0,60** | **0,08** | **0,08** | **30,70** | **7,8** |
| **0,30** | **28,68** | **12,51** | **3“90** | **6,94** |
| **180—190** | **1,74** | **0,020** | **0,57** | **0,48** | **0,06** | **0,05** | **19,48** | **6,9** |
| **0,30** | **16,19** | **9,97** | **2,80** | **4,21** |

**Таблица 174**

Содержание воднорастворимых солей в пухлых и корковых солончаках на супесях и песках **(числитель — в процентах, знаменатель — в миллиэк­вивалентах)** (разрез № 405)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Плот­**  **ный** | **нс°;** | **СГ** | **во;1** | **Са"** |  | **N3\* + К\* по раз­** | **Ыа\* + К\*** |  | **Примечание** |
| **Са"** |  |
| **остаток** |  |  |  |  |  | **ности** |  | |
| **0—3** | **15,01** | **0,055** | **5,90** | **1,67** | **0,65** | **0,65** | **117,4** | **3,6** | **|** | |
| **0,90** | **168,6** | **34,8** | **32,31** | **54,56** | **Грунтовые** | |
| **10—20** | **3,51** | **0,021**  **0,35** | **0,97**  **27,30** | **1,09**  **22,67** | **0,34**  **16,92** | **0,08**  **6,93** | **26,46** | **1,5** | **1** | **! воды на Г глубине 2—4 м** |
| **150—160** | **0,33** | **0,018** | **0,07** | **1,44** | **0,01** | **0,01** | **30,81** | **61,8** |  |
| **0,30** | **1,95** | **30,0** | **0,50** | **0,73** |  |  |

в водной вытяжке количество ионов натрия в 3—6 раз больше количества ионов кальция.

Судя по всем приведенным выше аналитическим показателям, можно предполагать, что в нижней дельте долины имеют широ­кое распространение солонцовые явления в почвах. Однако фак­тически они представлены здесь в нерезких формах. Причина этого заключается прежде всего в том, что в настоящую фазу развития дельты здесь господствует солончаковый процесс, кото­рый и маскирует солонцовые свойства.

**Таблица 175**

Содержание воднорастворимых солеЗ в пухлом солончаке **(в процентах)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина залегания (в см)** | **Механи­ческий** 1 **состав |** | **Вало­**  **вая**  **'Г**  **SOa** | **Су­**  **хой**  **оста­**  **ток** | **НСОз** | **С1'** | **К'** | **СаО** | **MgO** | **N8- ЬК\* но раз­ности** | **Na‘-f-K‘**  **Са\*'** |
| **0—1** | **Супесь** | **49,701** | **25,03** | **0,02** | **12,53** | **2,26** | **1,12** | **0,64** | **356,7** | **9** |
| **1—5** | **»** | **3,714** | **37,00** | **0,017** | **15,89** | **Очень**  **много** | **Очень**  **много** | **—** | **—** | **—** |
| **5-10** | **»** | — | **4,56** | **0,015** | **1,27** | **То же** | **То же** | — | — | - |
| **20** | **»** | — | **4,07** | **0,015** | **1,58** | **» »** | **» »** | — | — | — |
| **100** | **Тяже­лый су­глинок** | **1,08** | **3,77** | **0,016** | **1,22** | **0,89** | **0,12** | **0,62** | **22,3** | **5** |
| **290** | **Песок** | — | **2,70** | **0,015** | **0,88** | **Очень**  **много** | **Очень**  **много** | **—** | **—** | **—** |
| **360** | **Сугли­**  **нок** |  | **1,42** | **0,010** | **0,37** | **Много** | **Много** |  |  |  |

На культурных орошаемых почвах солонцовые свойства в зна­чительной мере погашены вековым орошением с промывками в кар­бонатной среде. В связи с этим количество поглощенного натрия здесь не превышает 10—15% от емкости (анализы К. К. Гедройца, приведенные в работе Е. Н. Ивановой). Вместе с ^ем в одном из про­анализированных корковых солончаков Чимбайского района оказалось наличие 3,2 м.-экп. поглощенного натрия при 9 м.-экв. емкости, т. е. высокая солонцеватость (в 35%). На основании этого можно полагать, что при освоении местных хлоридно-на- триевых солончаков могут потребоваться специальные мероприя­тия по борьбе с солонцеватостью. Вне аллювиальной области, на возвышенности Бель-Тау, широко распространены структур­ные солонцеватые сероземы, или так называемые пустынные солонцы.

Подводя итоги, отметим основные почвенно-мелиоратшзные черты нижней дельты р. Аму-Дарьи:

1. преобладающими породами здесь являются суглинки и глины аллювиально-озерного происхождения; широко развиты также тонкие иловатые аллювиальные супеси и пески, часто плывунные;
2. грунтовые воды в значительной части питаются за счет фильтрации из приподнятых над местностью русел реки, а также ежегодных паводковых затоплений. Вследствие малой водопро­ницаемости местных отложений, а также ничтожных уклонов, грунтовые воды могут рассматриваться как практически бессточ­ные. Уровень грунтовых вод вообще близок к поверхности и легко достигает корнеобитаемой зоны при дополнительном пита­нии за счет потерь ирригационной воды в каналах и на полях. Минерализация грунтовых вод значительная, хотя верхние гори­зонты их в ряде случаев оказываются опресненными за счет по­ступления на их поверхность пресной амударьинской воды;
3. в почвенном покрове господствуют разности различных сте­пеней засоления и в том числе широко представлены солончаки. В составе солей, повидимому, чаще всего преобладают ионы хлора и натрия, что может вызвать солонцовые процессы при промыв­ках; этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Бассейны рр. Мургаба, Теджена, Атрека и предгорья Копет- Дага. **Бассейн р. Мургаба.** Мургабский оазис является одним из важнейших в Туркменской ССР. Район этот представляет особую ценность благодаря возможности развития здесь культуры египетского хлопчатника. Основными дефектами его является об­щее маловодье (недостаток воды в р. Мургабе) и широко развитое заболачивание и засоление.

Общая площадь оазиса около 400 000 га. Весь район разби­вается на две части: 1) средняя часть — р. Мургаб от Афганской границы до Иолатани; 2) дельта — от Иолатани до низовьев.

Средняя часть занимает по площади около 50 000 га, на дельту же падает около 350 000 га. Краткую характеристику этих частей мы дадим раздельно.

Средняя часть Мургаба представляет узкую долину шириной от 1 до 9 км, ограниченную с обеих сторон резко выраженными всхолмлениями, главным образом песчаного и супесчаного ха­рактера. Последние являются производными коренных, рыхлых, красных глинистых песчаников.

В состав этой части входят также аналогичные долины двух притоков Мургаба — рр. Кашан и Кушка.

Узкая долина р. Кашана выстлана аллювием, преимущественно супесчаным и суглинистым, подстилаемым галечником. Мощность аллювия от 5 до 50 м.

Грунтовые воды лежат в верховьях на глубине около 0,5 м, в среднем течении реки 5—15 м, в низовьях они опускаются до 25 м. Воды сильно минерализованы, содержание С1г достигает 559—902 мг и ЭОд 748—1712 мг на литр.

Засоление грунтовых вод долины связано с относительно силь­ной засоленностью коренных пород, содержащих 1124—1372 мг С1Г и 2985—3388 мг ЭОI на литр.

Узкая долина р. Кушки сложена из четырех террас. Первая возвышается над уровнем воды на 1—2 м и представлена песками, гравием и галечниками, прикрытыми суглино-супесями и глини­стыми песками. Вторая терраса возвышается на 3—5 м и сложена суглино-супесями на галечнике первой террасы. Здесь есть оро­шаемые земли. Третья терраса возвышается на 10—13 м и сложена слоистыми осадками с глинистыми прослойками; ширина террасы 200—300 м. Четвертая терраса возвышается на 20—25 м и сложена преимущественно глинами. Развита она мало.

Сложение окружающих холмов представлено в следующем виде: в основании — третичные глинистые песчаники, выше идут кон­гломераты мощностью 2—3 м, над ними залегают суглинки и супеси, переходящие в пески, — до 100 м.

Грунтовые воды аллювиального горизонта связаны с рекой и лежат в галечнике. Уклон зеркала 0,0022, а самой реки 0,0030. Воды минерализованы и содержат С1' в верховьях реки 200— 300 мг/л и в Мургабе до 1013 мг/л.

Долина Мургаба насчитывает до пяти террас. Ширина всей долины в разных местах равна от 1 до 9 км. Общий уклон ее 0,0005.

Первая и вторая террасы высотой от 2 до 5 м, шириной 500— 600 м заливаются паводками и, следовательно, практического зна­чения не имеют. Наиболее развита третья терраса, возвышаю­щаяся до 8 м и имеющая ширину от 0,7 до 4 км, главным образом на левом берегу. Здесь есть орошаемые земли. Четвертая терраса высотой 15—16 м расположена на левом берегу и представлена песчаными холмами. Практического значения не имеет. От пятой террасы уцелели от размыва лишь кое-где небольшие площади.

Вертикальное строение долины в общем то же, что и у ранее рассмотренных рек Средней Азии: в основании лежит песчаник, на нем залегает аллювиальная свита мощностью 5—7 м и более. В последней различают два слоя: 1) древний аллювий, песчано­галечный, иногда плывун, мощностью 6—10 м; 2) современный аллювий, преимущественно суглинистый, но с прослойками из супесей и глин. Общая мощность до 10 м.

Грунтовые воды находятся на глубине от 2 до 10 м, в зависи­мости от орошения. Минерализация их — невысокая в верхней части долины, усиливается книзу. У Султан-Бента содержание СГ составляет 547 и ЭО\ 797 мг/л. Необходимо отметить, что минерализация воды самого Мургаба после впадения рр. Кушки и Кашана повышается: содержание С1Г увеличивается с 30 до 96,7 мг/л, ЯОд с 116 до 343,6 мг/л.

Скорость грунтового потока становится все меньшей по на­правлению к дельте.

Почвы долин представлены обычными аллювиальными серо­земами, в главной своей массе засоленными. Это свидетельствует о том, что дренирующее действие как Мургаба, так и примыкаю­щих песков недостаточно. Население осваивает эти территории с постоянными промывками.

**Дельта р. Мургаба.** Дельта представляет почти пря­моугольный равнобедренный треугольник, вершина которого (прямой угол) лежит у Иолатани, а основание — в песках Кара- кум. Общая площадь около 2,5 млн. га.

В целом это пространство представляют несколько разно­возрастных дельт, вложенных одна в другую. Вершина каждой более молодой дельты начинается несколько ниже предыдущей, но наносы молодой дельты в низовьях перекрывают наносы более ранних дельт. В силу этого общий рельеф дельты получается слабо выпуклым.

Дельтовые отложения подстилаются коренными песчаниками в среднем на глубине более 200 м, но по краям (у колодца Чашма, у У ч-Аджи) эта глубина уменьшается.

В дельте различают 5 террас. Верхняя, пятая, возвышается над рекой до 30 м и представлена песками. Четвертая терраса также песчаная, но с глинистыми прослойками. Между бугри­стыми песками есть такыры.

Третья терраса, по площади меньшая, чем две предыдущих, суглинистая, с отдельными полосами супесей. Рельеф этой тер­расы представляет выпуклую поверхность конуса, образующая которого проходит по линии Иолатань — Байрам-Али. Отметки краев террасы у песков надают до 12 м над уровнем реки. По этим понижениям в прошлом текли рукава Мургаба.

Эта терраса представляет область древнего орошения, забро­шенного в XII в.

Сейчас на ней располагаются Иолатанский и Байрам-Алий- ский орошаемые оазисы.

С характером аллювиальных отложений этой террасы можно ознакомиться по данным анализа почвогрунта из шурфа № 15 у Байрам-Али (табл. 176).

**Таблица 176**

Механический состав аллювиальных отложений  
третьей террасы дельты р. Мургаба

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Глубина (в м)** | **Содержание фракций (в %)** | |
| **> 0,01 мм \*|** | **<0,01 мм** |
| **0-1,45** | **33,0** | **67,0** |
| **1,45—1,60** | **8,0** | **92,0** |
| **1,60—3,30** | **35,0** | **65,0** |
| **3,30-4,50** | **9,0** | **91,0** |
| **4,50—5,0** | **50,0** | **50,0** |
| **5,0 —7,0** | **36,0** | **64.0** |

Приведенные цифры указывают на резко выраженную слои­стость грунта с преобладанием тяжелых глинистых горизонтов. Эта глинистость и пестрота механического состава, проявляю­щиеся не только в разрезе, но и в горизонтальном направлении, являются характерной чертой третьей террасы.

Вторая терраса по площади примерно равна третьей. На ней расположен Марыйский оазис. Повидимому, в этой террасе имеются две ступени — современного Мургаба и Джара. В отложениях господствуют лессовидные супеси с прослойками голубых глин.

Механический состав отложений этой террасы могут характе­ризовать данные по шурфу № 49 (табл. 177).

Из этих цифр видно, что здесь господствуют мелкие пески лишь с прослойками тяжелых глин. Это — область максимального развития заболачивания и засоления.

Грунтовые воды непосредственно связаны с Мургабом, с оро­шением, и питания со стороны, повидимому, не имеют. Соответ­ственно этому общий уровень грунтовых вод падает от Мургаба к пескам с 2—5 до 30 м. Однако местные условия и орошение в ряде случаев сильно нарушают эту общую закономерность. Здесь прежде всего выделяются следующие четыре крупных массива с уровнем грунтовых вод глубже 3 м от поверхности: 1) марыйский, с центром в г. Мары, площадью 54,7 км2; 2) северо-западный, пло­щадью более 120 км"-; 3) байрам-алийский, площадью 43 км2;

1. по р. Джар, площадью 18 км2. В общем районы высоких грунто­вых вод занимают около 20% территории.

**Таблица 177**

Механический состав аллювиальных отложений второй террасы р. Мургаба

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Глубина (в м)** | **Содержание фракций (в %)** | |
| **> 0,01 мм** | **<0,01 мм** |
| **0- 0,45** | **85,0** | **15,0** |
| **0,45—2,60** | **91,0** | **9,0** |
| **2,60—4,50** | **89,0** | **11,0** |
| **4,50—6,00** | **8,0** | **92,0** |
| **6,0—9,0** | **95,0** | **5,0** |
| **9,0—9,30** | **82,0** | **18,0** |

В пределах орошаемой зоны уровни грунтовых вод лежат на глубине 3—10 м.

Если мысленно сделать поперечный разрез через дельту, то кривая зеркала грунтовых вод будет иметь следующий вид: кМур- габу короткое и круто падающее крыло, затем участок высокого и плоского положения и, наконец, полого падающее крыло к пе­скам на восток.

Уклоны зеркала грунтовых вод характеризуются следующими величинами: в Вайрам — Алийском глинистом районе 0,002, в супесях 0,0004, в Марыйском супесчаном 0,0007—0,0008, по линии Мары — Эгригузар 0,00004.

Наблюдения, проводившиеся от 6 до 12 месяцев, позволили наметить для разных скважин четыре типа режимов грунтовых вод, связанных с режимом реки и орошения. Первый и второй типы относятся к хвостам систем и характеризуются мартовско- апрельским максимумом, связанным с зимними промывками и сбро­сом неиспользуемых вод из верховьев. Третий тип относится к вер­ховьям каналов и прибрежным территориям и характеризуется максимальным подъемом уровня грунтовых вод в мае — июне. Этот максимум связан с летним орошением и паводком. Наконец, четвертый тип относится к неорошаемым и окраинным террито­риям. Он характеризуется невыраженностью и малым размером амплитуды колебаний грунтовых вод.

Величина амплитуды колебания уровня грунтовых вод и число наблюденных случаев приводятся ниже.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Величина амплитуды (в м)** | **3** | **3-2** | **1—2** | **1** |
| **Число наблюденных слу­чаев** | **2** | **9** | **31** | **34** |

Минерализация грунтовых вод описываемой территории сильно варьирует от пресных до горько-соленых. В настоящее время схематически выделены три зоны: с содержанием в воде СГ и SO4 каждого до 300 мг/л, от 300 до 1000 и свыше 1000 мг/л.

Зона наименьшего засоления приурочена к орошаемой терри­тории с наиболее высокими грунтовыми водами; зона среднего засоления охватывает эту территорию с запада и востока, а мак­симальное засоление вод свойственно главным образом низовьям дельты. В среднем по оазису засоление измеряется 3—4 г/л.

Исследователи отмечают очень важное обстоятельство, заклю­чающееся в том, что несмотря на общее обилие грунтовых вод в районе дебит их весьма мал — редко до 10 000 л в сутки, и как исключение до 30 000—50 000 л. Объясняется это тем, что воды лежат преимущественно в плывунах, и движение их очень мало. Поэтому нужно стремиться к уменьшению потерь на фильтрацию и бесполезных сбросов.

Малые дебиты грунтовых вод свидетельствуют о том, что усло­вия для работы искусственного дренажа, и в частности калифор­нийского, здесь будут неблагоприятны. Это обстоятельство тре­бует серьезной проверки.

Почвы дельты, которые могут быть использованы для ороше­ния, схематически можно разделить на следующие четыре группы: 1) почвы культурно-поливные незасоленные; 2) культурно-полив­ные засоленные; 3) болотно-солончаковые, солончаковые и солон­чаки; 4) такырные.

В первой группе представлены глинистые, суглинистые и су­песчаные почвы. Засоление этих почв измеряется сотыми долями процента, но во втором метре оно поднимается до 0,9%. Значи­тельные площади этих почв в Марыйском районе залегают на территориях с грунтовыми водами на глубине менее 3 м.

Солевой состав почв второй группы могут характеризовать пока­затели по разрезу № 35 (табл. 178).

**Таблица 178**

Содержание воднорастворимых солей в почве (в процентах) (разрез № 35)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Плотный**  **остаток** | **НСОз** | **СГ** | soi' | **Са"** | **Mg\*\*** |
| **0—10** | **0,205** | **0,026** | Нет | **0,106** | **0,052** | **0,005** |
| **20—30** | **1,003** | **0,022** | **0,014** | **0,553** | **0,304** | **0,006** |
| **40—50** | **0,913** | **0,026** | **0,070** | **0,451** | **0,195** | **0,011** |
| **160—170** | **0,203** | **0,025** | **0,043** | **0,065** | **0,038** | **0,005** |

Суммарное засоление здесь относительно велико, но в составе его преобладает гипс, что ослабляет отрицательное значение за­соления.

В третьей группе представлены болотно-солончаковые почвы с очень близким залеганием грунтовых вод и сравнительно не­большим засолением (0,6—1,0%), в котором значительное участие принимает гипс.

Солончаковые почвы характеризуются более сильным засоле­нием (до 6%) с максимумом солей в верхних слоях. Здесь преобла­дает во;, а в нижних СГ. Иногда отмечается нормальная сода. Почвы тяжелые, труднодренируемые.

Площадь солончаков незначительна. Эти почвы содержат до 25% солей в верхней корке и к использованию не при­годны.

Широко развиты в дельте такырные почвы. Небольшие выбо­рочные съемки показали, что, например, на Иолатанской станции такие почвы занимают до 50%, а в Байрам-Али — до 36% всей площади. По физико-химическому характеру такырные почвы очень разнообразны. Некоторые из них сильно солонцеваты и за­солены, другие засолены слабо и обладают не очень тяжелым ме­ханическим составом.

Как было указано, при освоении такырные почвы нуждаются в коренном улучшении (химизация, пескование), но наиболее легкие разности нередко осваиваются местным населением не­большими участками с помощью навозного удобрения и посева озимых зерновых культур.

После этого земли становятся более или менее пригодными для посева хлопчатника.

**Общая оценка почвенных условий.** Общая площадь земель в контуре существующих систем орошения состав­ляет около 283 тыс. га, из них около 193 тыс. га не засолены и пригодны к непосредственному освоению.

Площадь существующего орошения засолена, однако степень засоления не носит катастрофического характера и преодолевается примитивными зимними промывками.

Это относительное благополучие объясняется тем, что коэф­фициент загрузки территории невелик, не превышает 0,3, и при промывках соли выносятся на перелоги.

Тем не менее и при этих условиях имеют место крупные районы с грунтовыми водами выше 3 м от поверхности (Мары, Байрам- Али), что является резко отрицательным явлением. Основным источником питания грунтовых вод орошаемых территорий яв­ляются паводковые воды Мургаба, которые проходят через оро­сительную сеть. С другой стороны, и все ирригационные воды из-за отсутствия какой бы то ни было сбросной сети полностью остаются в районе. Отсюда возникает необходимость в сооружении павод­кового сброса, чтобы не допускать поступления этих вод в ороси­тельную систему, а также упорядочить водопользование и обору­довать сбросную систему. В случае сооружения новых водохра­нилищ, развития площадей орошения и увеличения коэффициента загрузки территории возникнет потребность в искусственном регу­лировании уровня грунтовых вод с помощью глубоких коллекторов и частично дренажных сооружений.

В **бассейне р. Тед жена** имеется два значительных оро­шаемых района: верхний — Серахский и нижний — Тедженский. Оба они целиком лежат в зоне древнеаллювиальных отложений р. Теджена и по своему характеру совершенно аналогичны нижнему Мургабскому району: они также почти бессточны, почвы здесь глинисты, со значительным развитием такырных и засоленных пространств. Ввиду маловодности района пахотные площади невелики, и потому на последних засоление не проявляется в резких формах. Однако расширение орошаемых площадей будет вызывать обострение этого процесса. Между орошаемыми райо­нами (Серахским и Тедженским), по правому берегу р. Теджена, лежат громадные площади злостных солончаков.

**Зона предгорий Копет-Дага.** В предгорной зоне Копет-Дага расположен ряд то более крупных, то мелких орошае­мых оазисов (Чаача, Меан, Душак, Каахка, Ашхабад, Бахарден, Кызыл-Арват и др. менее значительные). Все они могут быть оха­рактеризованы типичными для них общими чертами: это зона лес­совидных пролювиальных отложений, по преимуществу суглини­стых. Иллюстрацией может служить анализ почвенного разреза, заложенного в районе Нова-Кала — р. Гермаб (табл. 179).

**Таблица 179**

Механический состав лессовидных пролювиальных отложений предгорной зоны Копет-Дага (в процентах)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Гигроскопи­ческая вода** | **Размер частиц (в мм)** | | | |
| **>0,1** | **0,1—0,05** | **0,05—0,01** | **< 0,01** |
| **0—5** | **1,317** | **9,76** | **28,05** | **38,64** | **23,55** |
| **10—20** | **1,420** | **9,22** | **19,04** | **31,01** | **40,73** |
| **30—40** | **1,420** | **10,58** | **17,15** | **36.35** | **35,92** |
| **100—110** | **1,317** | **14,58** | **14,81** | **38,29** | **32,32** |

Часто лессовидные отложения на глубине от 1,5 м подсти­лаются уже галечниками. Рельеф территории хорошо выражен, со значительным уклоном. Высокий уровень грунтовых вод наблю­дается только в зонах концевых сбросных систем. Почвенный по­кров представлен обычными малогумусными светлыми сероземами. Засоление встречается преимущественно в зонах сбросных вод и не является характерным для зоны. В связи со всеми этими чертами зона является высокоценной как с мелиоративной, так и с сельскохозяйственной точки зрения.

Шлейфы пролювиальных отложений Копет-Дага оканчиваются у песков Каракумов, и эта пограничная бессточная область яв­ляется областью широкого развития такыров и солончаков.

В **бассейне р. Атрека** расположено лишь несколько незначительных оазисов, целиком лежащих на аллювии обычного характера: он глинист, значительно засолен, имеет широко раз­витые такыровые территории.

**Бассейн р. Сыр-Дарьи. Фергана.** Этот район представляет собой глубокую межгорную долину овальной, вытянутой с востока на запад, формы, открывающуюся на западе узким прорывом р. Сыр-Дарьи. Примерно по продольной оси ее (несколько прижи­маясь к северу) проходит главная водная артерия долины — р. Кара-Дарья, получившая после слияния с р. Нарыном название Сыр-Дарьи. Эта водная магистраль является основным базисом эрозии долины. С севера, востока и юга к нему устремляется с гор большое количество потоков (Майли-Сай, Ак-Бура, Исфайрам- Сай, Сох и др.), не доходящих, однако, до Сыр-Дарьи, а разбирае­мых на орошение. Все водные потоки несут из гор огромное коли­чество наносов, обычно мелкоземистых, в периоды же паводков — грубых, до галечников и камней включительно. Эти пролювиально­аллювиальные наносы и слагают собой в главной массе грунты Ферганы, располагающиеся закономерно по крупности: по пери­ферии долины галечниковые, в центре же и в западной части по преимуществу мелкоземистые. Последние в недавнем прошлом в значительной мере были переработаны кара-дарьинским потоком (тогда более мощным), и потому грунты носят здесь ясный харак­тер древнего аллювия по механическому составу, но всегда пере­межающегося с галечниковыми и песчаными слоями. Мелкозе­мистые отложения в дальнейшем под влиянием процессов почво­образования видоизменились и приобрели лессовый характер. Ферганские лессы отличаются от других среднеазиатских и анало­гичных образований большей глинистостью. Для иллюстрации приведем анализы почв правобережья Кара-Дарьи (Бутта-Кара) и левобережья (Андижанское опытное поле) (табл. 180).

Таблица 180

Механический состав ферганского лесса (в процентах)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Место взятия проб** | **Глуби­** |  |  | **Размер частиц (в мм)** | |  |  |
| **на**  **(в см)** | **1—0,25; 0,25—0,05! 0,05—0,01** | | | **0.01—0,005** | **I 0,005— 1 0,001 !** | **<0,001** |
| **Бутта-Кара** | **0—20** | **2,97** | **15 89** | **22,37** | **28,63** | **6,51** | **22.63** |
| **25—35** | **1,25** | **19,08** | **23,44** | **25,30** | **6.11** | **24 82** |
|  | **55-65** | **1 34** | **' 6.78** | **16.89** | **34,78** | **661** | **33.60** |
|  | **110** | **3,69** | **6,69** | **21,00** | **33,55** | **8,50** | **26,57** |
| **Андижанское опытное поле** | **0-5** | **7,54** | **22,59** | **18,68** | **36 91** | | **13,69** |

Долина в целом характеризуется двумя резко выраженными системами уклонов: с востока на запад и с севера и юга по напра­влению к центру долины. На западе и в центре эти уклоны стано­вятся значительно меньшими, чем по периферии. Здесь же концент­рируется и наибольшая толща мелкоземистых отложений. Все это вместе создает существенные различия гидрологического режима северных, восточных и южных окраин, с одной стороны, и центра и запада долины — с другой. Если вся первая группа районов характеризуется хорошей дренированностыо и глубокими грунто- выми водами, то вторая, наоборот, имеет слабо обеспеченный сток, и здесь широко развиты явления подпора грунтовых вод и забо­лачивания. Отмеченные особенности существенно отражаются на характере почвенного покрова долины в условиях ведения сельского хозяйства.

Почвенные разности Ферганы схематически можно разбить на две группы: 1) сероземы и 2) влажнолуговые почвы различных степеней засоления, вплоть до солончаков.

Нормальные сероземы географически развиты слабо и зани­мают лишь окраины долины на высоколежащих пролювиальных суглинках. Главные их массивы расположены в Наманганском, Ошском и восточной части Андижанского района. Значительное развитие имеют сероземы щебенчатые, особенно в Наманганском районе, где и суглинки обычно более пылеваты и песчанисты.

Господствующая роль в почвенном покрове Ферганы при­надлежит влажнолуговым (гидроморфным) разновидностям, за­нимающим всю центральную и западную Фергану. Как по усло­виям залегания, так и по современному состоянию они весьма разнообразны. Так, некоторые районы (ближайший к Андижану, на правом берегу Кара-Дарьи — система Майли-Мая) лежат до­статочно высоко над современным базисом эрозии или близко под­стилаются галечником, и потому почвенный покров их сохранил следы своей бывшей гидроморфности лишь в виде несколько повышенной гумусности (2—2,5%). Засоление их ничтожно. Большая же часть территорий (левобережных) лежит в гораздо более тяжелых гидрогеологических условиях. Геологически они представляют собой мощную свиту слоистых аллювиальных отло­жений пестрого механического состава с количеством глины в от­дельных слоях от 15 до 70% и выше. Рельеф их чрезвычайно пло­ский, с ничтожными уклонами, около 0,0002—0,0004. Сюда по­ступает большое количество как паводковых вод горных речек, так и сбросных, из орошаемых оазисов. Кроме того, повидимому, район испытывает частично и подтопление напорными грунтовыми водами, движущимися с предгорий.

Грунтовые воды залегают на разной глубине, но обычно выше 4 м имеют слабый отток и потому резко поднимаются при оро­шении. Минерализация их, как правило, значительна (4—100 г/л). Характер засоления, повидимому, изменяется в направлении с востока на запад: на востоке доминируют сернокислые соли, к западу увеличивается содержание хлористых солей. Так, в рай­оне Шарихан-Бостона хлористые соединения составляют 6,8% от общего количества солей, в урочище Бус — 15,5% и в Кара- Калпакской степи — до 26%. В самых поверхностных горизонтах почвы хлористые соединения приобретают тогда господствующее место.

В таких гидрогеологических условиях развивается пестрый комплекс гидроморфных почв самых разнообразных степеней засоления, вплоть до солончаковых с содержанием в верхней корке 60% солей. Господствующие степени засоления не дости­гают таких же величин, но измеряются все же целыми процентами (3-4).

До последнего времени население было в состоянии осваивать такого рода территории лишь небольшими пятнами с огромной затратой труда на сооружение примитивных водоотводящих (дре­нажных) канав, зимние поливы и на специальные агротехнические приемы, как посадка растений в глубокие борозды, подбор соле­выносливых культур и пр. В настоящее время в связи с введением в эксплуатацию Большого Ферганского канала осуществляется система мелиоративной реконструкции Ферганы.

По общей мелиоративной оценке земельный фонд Ферганы рас­пределяется следующим образом (табл. 181) [[46]](#footnote-46)

Таблица 181

Мелиоративная оценка земель Ферганы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Категория земель (в га)** | |  |
| **Районы** | **пригодные без мелиорации** | **необходимы легкие мелио­рации** | **необходимы**  **тяжелые**  **мелиорации** | **условно**  **годные** |
| **Правый берег р. На- рына и Сыр-Дарьи .** | **147 138** | **44 569** | **1**  **И 622** | **24 933** |
| **Левый берег р. Нарына и Сыр-Дарьи** | **372 433** | **425 323** | **115 441** | **68 474** |
| **Всего . .** | **519 571** | **496 892** | **127 063** | **93 407** |

Под землями «условно годными» понимаются главным образом галечниковые конусы выносов, бедные мелкоземом. К землям, на которых необходимы тяжелые мелиорации, относятся такие, которые, кроме обычного дренажа, нуждаются в дополнительных мероприятиях: раскорчевке, планировке и т. д.

Из этой сводки видно, что более половины земель Ферганы нуждаются в мелиорациях.

А. П. Розанов подверг исследованию ряд солончаков с целью выяснения степеней развития солонцеватости при их промывке. Солончаки были в большинстве хлоридно-сульфатные с большим содержанием гипса. В качестве метода исследования применены последовательные водные вытяжки.

Исходное засоление образцов характеризовалось содержанием плотного остатка от 1 до 27%. Результаты при промывке образцов получились различные. В одних случаях щелочность явно возра­стала и появлялась даже нормальная сода, в других — ясных признаков солонцеватости не обнаружилось.

В качестве общих, выявленных экспериментально моментов нужно отметить два: 1) солонцеватость, выступающая в макси­муме при выщелачивании воднорастворимых солей, довольно быстро исчезает при дальнейших промывках. Это свидетельствует о значительной активности карбоната кальция ферганских почв так же, как это было отмечено нами ранее для Голодной степи;

1. абсолютные степени солонцеватости оказываются во всех слу­чаях незначительными. Это также совпадает с показаниями для голодностепских почв и является следствием малой общей емкости поглощения ферганских почв (около 10 м.-экв.).

Все же до настоящего времени остается невыясненной сельско­хозяйственная значимость этих малых степеней солонцеватости или вообще последствий промывок местных солончаков.

Дело в том, что в Западной Фергане очень часто наблюдаются явления угнетенного развития культур на землях, промытых и уже не содержащих заметных количеств воднорастворимых солей. Одновременно с этим в практике местного земледелия широко развито удобрение полей сырыми гипсоносными породами. Есте­ственно возникает предположение, что здесь мы имеем дело с прие­мом борьбы с солонцеватостью. Однако предпринимавшиеся по­пытки аналитического определения количеств поглощенного нат­рия не дают достаточно ясного решения вопроса. В последние годы на Ферганской опытно-мелиоративной станции (Б. С. Конь­ков) были поставлены специальные опыты гипсования таких плохо плодоносящих пятен полей. Эффект гипсования оказался также не вполне ясным. Наиболее заметное и устойчивое повышение урожайности достигнуто при большой дозе гипса — 400 ц на гек­тар. На основании этих данных автор исследования склонен пере­нести центр тяжести вопроса на избыток в почве поглощенного магния, а не натрия.

Таким образом, приходится констатировать, что ухудшение свойств почвы после промывок имеет место, но природа этого явления остается пока не вскрытой.

В период 1929—1932 гг. на Ферганской опытно-мелиоративной станции получен ряд важных данных по характеристике фильтра­ционных свойств местных засоленных почв (Б. С. Коньков). Изу­чение этих свойств позволило установить высокие значения коэф­фициента фильтрации, лежащие в пределах 0,0015—0,0046 см/сек, а иногда достигающие даже 0,02.

Действие дрен глубиной 220—270 см распространяется в сто­роны (по кривой депрессии) на расстоянии 200—300 м, особенно при расположении дрен поперек уклона грунтовых вод. Мелкий дренаж (около 1,2 м) действует в стороны 60—80 м и в общем оце­нивается как малопригодный, так как реставрация засоления вследствие высокой минерализации грунтовых вод наступает слиш­ком быстро. Закрытый трубчатый дренаж оказался вполне устойчи­вым, тогда как открытые дрены глубиной более 2 м и при откосах до 0,5 сильно оплывали и практически оказались непригодными.

Все эти данные говорят о хороших перспективах регулирова­ния грунтовых вод в Центральной Фергане.

**Голодная степь.** В этот район мы включаем четыре района: 1) собственно Голодную степь, 2) Дальверзин, 3) Чардарьин- скую степь и 4) предгорную равнину вдоль северного склона Туркестанского хребта.

В геологическом отношении Голодная степь в южной своей части от предгорий Туркестанского хребта и почти до широты го­рода Мирзачуля сложена пролювиально-делювиальными лессо­видными отложениями, далее же на север, где и расположен современный район орошения, она представляет собой мощпую толщу мелких древнеаллювиальных наносов р. Сыр-Дарьи, только с глубины 17—70 м подстилаемых песком и галечником. Однако этот аллювий оказывается настолько древним, что в значительной части своих поверхностных слоев успел уже приобрести ясно выра­женный лессовидный характер. От современной долины Сыр- Дарьи этот древний массив отграничен резким уступом высотой в несколько метров (Киат), постепенно снижающимся и, наконец, почти исчезающим совсем на северо-западе.

По механическому составу древний аллювий варьирует от тяжелых глинистых разновидностей до легких суглинков. По хими­ческому составу вся толща отложений является карбонатной, гипсоносной и часто содержащей значительное количество водно­растворимых хлористых и сернокислых солей.

По рельефу эта часть Голодной степи представляет идеаль­ную равнину с чрезвычайно слабым уклоном на север и северо- запад вдоль течения Сыр-Дарьи. Однако вследствие большого количества широких плоских понижений внутри степи голодно- степского массива и замкнутости их обеспеченный сток поверх­ностных вод отсутствует.

Грунтовые воды залегают не в галечниках, а значительно выше, — в суглинистых толщах, на глубине от 1,5—2 до 10—25 м. Как правило, воды минерализованы и содержат от 2 до 10 г солей на литр. В силу мелкоземистого характера грунтов, в которых эти воды залегают, и отсутствия достаточного уклона водоносных пла­стов воды мало подвижны, застойны, что является существенной характеристикой Голодной степи. Этим определяется и пестрота химического состава вод на близких соседних территориях.

Почвенный покров представлен сплошь сероземами, относя­щимися к группе светлых, т. е. малогумусных. Для дальнейшего разделения их на подгруппы важнейшее значение с практической точки зрения имеет (помимо механического состава) степень их засоления. Здесь можно выделить, с одной стороны, районы с явно засоленными почвами и солончаками (такие местные круп­ные понижения, как Джеты-Сай, Сардоба, весь район Шур-Узяк- ского понижения и зона перехода пролювиальных шлейфов в аллю­виальную толщу), а с другой стороны — районы с незасоленными почвами, т. е. не содержащими солей или содержащими ничтожные йх количества как в верхних (1,5—2 м), так и в более глубоких слоях. Последние расположены но преимуществу на западе и северо-западе степи. Однако незасоленные почвы устойчиво су­ществуют только на неорошаемых территориях. При орошении грунтовые воды всюду поднимаются, и наступают различные степени заболачивания и засоления.

Чтобы составить более полное представление о местных почвах, приведем некоторые аналитические данные.

Широко развитая разновидность незасоленных суглинков может быть рассмотрена на примере разреза № 14а (Н. А. Димо), заложенного примерно на 52 километре Северного канала, до орошения степи (в 1908 г.) (табл. 182 и 183).

**Таблица 182**

Механический состав незасоленных суглинков **(в процентах)** (Н. Димо)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Размеры частиц (в мм)** | | | |
| **>0,1** | **0,1—0,05** | **0,05—0,01** | **<0,01** |
| 0-6 | 0,6 | **4,92** | **56,57** | **37,91** |
| **25—35** | **3,17** | **4,18** | **51,82** | **40,83** |
| **78-85** | **0,77** | **5,69** | **61,77** | **81,77** |
| **809—810** | **0,96** | 10,66 | **58,31** | **30,70** |

**Таблица 183**

Химический состав незасоленных суглинков **(в процентах)**

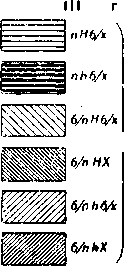
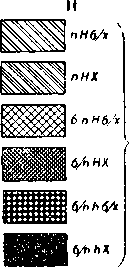
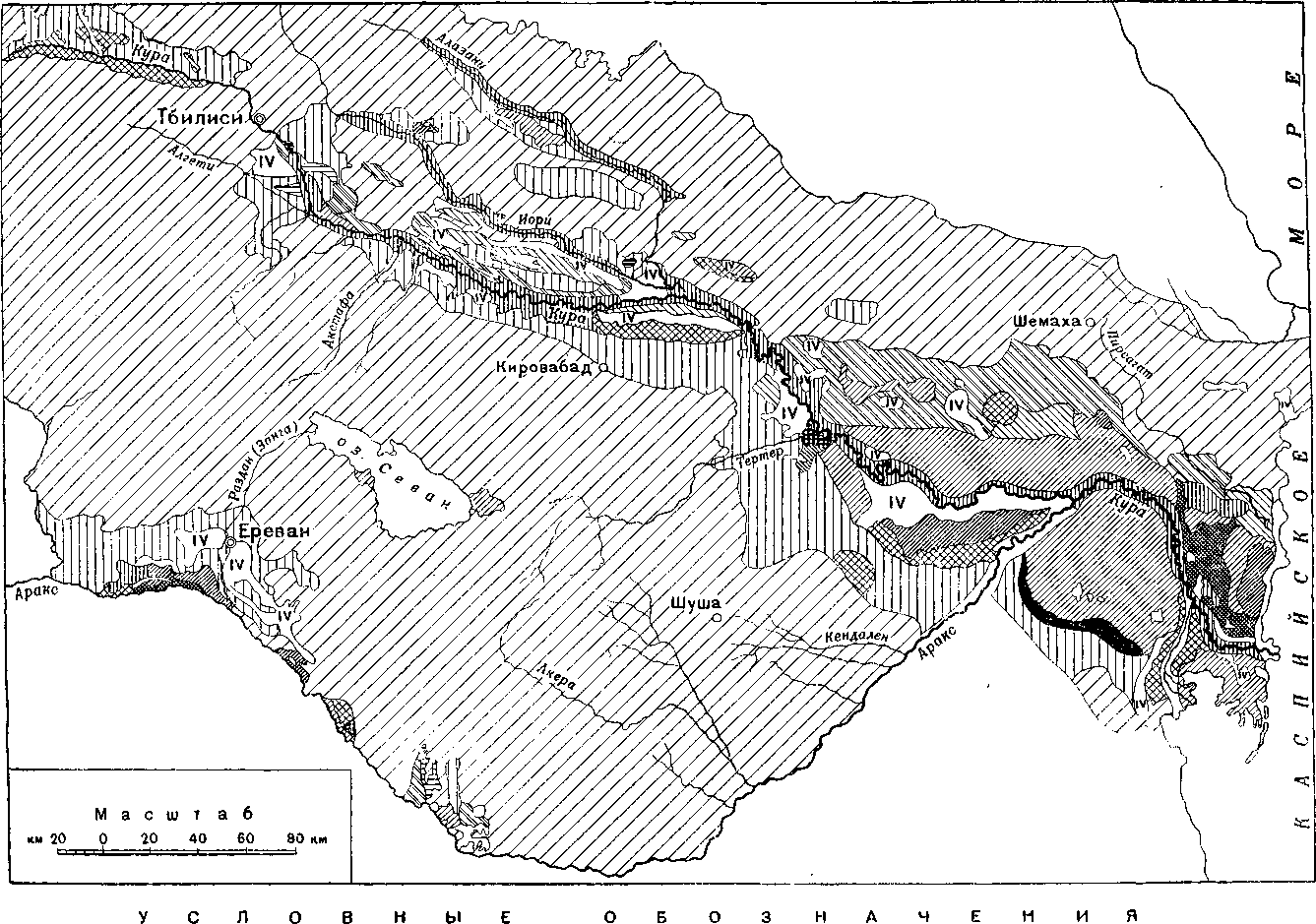
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Гумус** | **Карбонаты** | **Гипс** | **Воднорастворимые соли** | |
| **СГ** | **804** |
| 0-6 | **1,33** | **14,00** | **0,08** | 0,0010 | **Нет** |
| **125—135** | — | **19,97** | **0,09** | **0,0029** | **0,015** |
| **160—170** | — | **18,55** | **2,43** | **0,0103** | **0,524** |
| **300** | — | **18,06** | **1,43** | **0,0129** | **0,479** |
| **400** | — | **17,14** | **0,45** | 0,0221 | **0,265** |
| **500** | — | **17,0** | **1,37** | **0,0437** | **0,440** |
| **600** | — | **14,02** | **1,75** | **0,0865** | **0,557** |
| **700** | — | **18,61** | **0,65** | **0,0625** | **0,285** |
| **800** | **—** | **17,35** | **3,76** | **0,0534** | **0,568** |

Грунтовая вода лежит на глубине 865 см, содержит (в про­центах): гипса — 2,208, СГ — 0,497 и БО" — 0,731.

Как видно из цифр, почвогрунт засолен очень слабо, а грунто­вая вода содержит поваренной и глауберовой соли около 1,2 г/л.

В результате орошения грунтовые воды здесь уже через 3—5 лет поднялись примерно до 2 м, а почвы в значительной мере (пят­нами) засолились, что приносит существенный ущерб земледелию.

Почвенные разновидности, которым до орошения свойственна начальная слабая степень засоления, характеризуются следую­щими показателями по разрезу № 50, заложенному в 8 км север­нее ст. Голодная степь (табл. 184, Н. А. Димо).



1 г р

***пНб/х*** Х|

*6/пН6/х\*

**у л л а**

Количество солей в метровом слое менее 0,2% Допускает все культуры

\

**групп**

Количество солей в метровом слое 0,2 -0,5%.

Допускает сорта солеустойчивых куль­тур при специальной агротехнике

Р У

IV

**IV**

Количество солей в метровом ело® более 0,5%

>Перед посевом куль- ' тур необходимы пред­варительные промывки солей

группа

Почвы непригодные для орошения

Различные почвенные разности вне районов, орошения

**Рис. 115. Карта засоления и солонцеватости почв Закавказья.**

*б/п*

***н***

Примечание: поток Л-глубина залегания

грунтовых вод грунтовых вод <5 м

без потока 6/х-6еэ химизации

глубина залегания X- **химизация**

грунтовых вод >5м

Воднорастворимые соли слабозасоленной почвы **(в процентах)** (разрез № 50)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Соли** | **Глубина (в см)** | | | | | |
| **0-10** | **50—60** | **100—110** | **140—150** | **200—210 | 250—260** | |
| **С1'**  **эо[[47]](#footnote-47)** | **0,0025**  **0,0055** | **0,0905**  **0,0816** | **0,1218**  **0,7381** | **0,1600**  **0,8197** | **0,0730**  **0,6812** | **0,0661**  **0,6242** |
|  |

Грунтовая вода ранее находилась здесь на глубине около 4—5 м. Этот район охвачен орошением частично. Тем не менее грунтовые воды поднялись примерно до 2 м, а скопление солей в поверхностных горизонтах достигло в отдельных местах 20% и более.

Орошение новых площадей все более нарушает гидрологиче­ский режим степи и повышает угрозу развития заболачивания. Поэтому правильное ведение хозяйства немыслимо без водоотво­дящей сети и частично дренажа. Физико-химические свойства этих почв и имеющийся довольно широкий опыт дренирования по­казывают, что при соблюдении этих условий мы получаем прекрас­ный объект для сельскохозяйственного использования. \*

ЗАКАВКАЗЬЕ

Бассейн рр. Куры и Аракса

Ирригационная зона Закавказья расположена в бассейне рр. Куры и Аракса. Она может быть разделена на три более или менее самостоятельных массива: 1) восточная Кура-Араксинская низменность ниже Мингечаура, включающая в себя степи Сальян- скую, Муганскую, Ширванскую, Мильскую и бассейн р. Тертера;

1. массив выше Мингечаура, включающий в себя районы Ганд- жино-Казахский, Караязский и бассейн рр. Иоры и Алазани;
2. массив собственно Араксинский, включающий в себя так назы­ваемую Ереванскую котловину (Армянская ССР) и Нахичеван­скую автономную республику (рис. 115).

С геоморфологической точки зрения хлопковая зона в целом оказывается сложенной, как и в Средней Азии, из двух областей — лессовой (пролювиально-делювиальной) и аллювиальной. Лессо­вая область представлена в следующих районах: 1) на юге Муган- ской степи (склоны Талышанского хребта); 2) в большей части Мильской степи и отчасти Тертерского бассейна (склоны Кара-

бахского хребта); 3) почти во всем Ганджино-Казахском районе;

1. лесс широко развит в бассейне рр. Иоры и Алазани, а также в Караязах.

Не останавливаясь на характеристике лессов отдельных райо­нов, отметим лишь некоторые общие черты, свойственные всей этой области. Как общее правило, лессовые районы обладают сетью водотоков, обеспечивающих поверхностный сток. Исключение представляют лишь шлейфы склонов, где они сохранились от раз­мывов, и местные деформации рельефа.

Грунтовые воды обычно глубоки и имеют более или менее яс­ный уклон своего зеркала. Физико-химические свойства местных лессов в общем аналогичны соответствующим среднеазиатским породам, так что некоторые исследователи относят и те, и другие к одной арало-каспийской лессовой формации.

Аллювиальные отложения развиты чрезвычайно широко и слагают собой степи Сальяцскую, Муганскую, Ширванскую и частью Мильскую, примыкающую к Куре и Араксу. Ереванская котловина также почти полностью выполнена аллювием.

В качестве общих черт местных аллювиальных отложений можно отметить следующее: всюду они сохраняют отчетливые следы своего происхождения в виде ясной слоистости и пестроты механического состава. Преобладают глины и суглинки, но лессо- видность выражена в них всегда слабо. Мощность свиты обычно велика и нет сколько-нибудь значительных массивов с близким подстилапием крупными песками или галечниками. Рельеф обычно очень слабо разработан и не обеспечивает стока. Грунтовые воды высокие, бессточные и по преимуществу минерализованные.

По общим физико-географическим условиям в хлопковой зоне Закавказья мы должны ожидать в качестве зонального почвенного типа сероземы. Фактически же здесь наблюдается, кроме того, и широкое развитие каштановых почв, что отличает Закавказье от Средней Азии. Наряду с этим здесь очень широко распростра­нены представители гидроморфного типа почв, в общем аналогич­ные среднеазиатским влажнолуговым почвам, в некоторых своих модификациях называемые здесь чальными почвами, а также солончаки. Имеются и такыры, но в слабом географическом раз­витии и не типичном выражении, почему они и выделяются скорее лишь по аналогии с Средней Азией.

Если сравнивать общий характер почвообразования Средней Азии и Закавказья, то отмечается одно крупное принципиальное различие. Для Средней Азии, кроме ее самой северной части, пограничной с бурой зоной, характерно слабое развитие типичных солонцовых почв.

В Закавказье, наоборот, солонцовый тип почвообразования проявляется чрезвычайно широко как среди аутоморфных, зо­нальных, так и гидроморфных почв. Это почвообразование остается пока недостаточно освещенным прямым аналитическим путем (количества поглощенного натрия), но яркость морфологической картины и косвенные аналитические данные (щелочность, меха­нический состав) не оставляют сомнения в реальности явления.

Приведем некоторые данные по отдельным типам почв.

Типовая характеристика местных каштановых почв следующая: горизонт А — светлокаштановой окраски, мощностью не свыше 15 см, рыхлый. Горизонт В—также мощностью до 15—20 см, некрупной комковато-ореховатой структуры. Сложение рыхлое, уплотненные горизонты отсутствуют. Вскипание обычно наблю­дается с поверхности. Горизонт С — палево-светлобурый с обиль­ными выделениями извести.

Распределение механических элементов, перегноя и карбо­натов в разрезе на склоне Карабахских гор следующее (табл. 185, по Тюремнову).

**Таблица 185**

Результаты анализа почвы со склона Карабахских гор (в процентах)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ раз­реза** | **Гори­зонты (в см)** | **]**  **1,0—0,25** | **Размеры ча 0,25—0,05** | **стиц (в мм 0,05—0,01** | **0**  **<0,01** | **Гигроско­**  **пическая**  **вода** | **Гумус** | **СО,** |
| **59** | **0—5** | **0,85** | **10,26** | **28,19** | **60,65** | **4,53** | **2,60** | **4,65** |
|  | **15—20** | **1,17** | **9,92** | **25,86** | **63,06** | **4,73** | **2,31** | **4,62** |
|  | **50—55** | **0,34** | **6,36** | **21,58** | **71,72** | **4,62** | **0,32** | **7,04** |

В солонцеватых разновидностях горизонт В становится го­раздо более плотным, приобретает столбовидную структуру, а по­верхностные слои часто теряют вскипание. Соответственно изме­няются и физико-химические свойства почвы.

Для примера приведем результаты анализа по разрезу № 22 в Мильской степи (табл. 186, С. А. Захаров)

**Таблица 186**

Химический состав почвы Мильской степи (в процентах)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Горизонты (в см)** | **Гумус** | **СО,** | **Водная вытяжка** | | | |
| **сухой остаток** | **НСОІ** | **С1'** | **SO\*** |
| **0—6** | **1,084** |  | **0,0563** | **0,0154** | **0,0018** | **0,0244** |
| **6-15** | **0,5739** | **—** | **0,0541** | **0,0193** | **0,0004** | **0,0222** |
| **16-25 ’** | **0,3454** | **3,999** | **0,0630** | **—** | **0,0033** | **0,0289** |
| **25-50** | **0,3970** | **4,878** | **0,3428** | **0,0620** | **0,0900** | **0,1052** |
| **50—80** | **0,3883** | **5,496** | **0,9169** | **0,0578** | **0,1823** | **0,3971** |
| **80-90** | **0,3735** | **3,934** | **1,9239** | **0,0352** | **0,2136** | **1,0857** |
| **90—100** | **0,3653** | **4,270** | **2,2650** | **0,0351** | **0,2094** | **1,1312** |

Солонцеватый иллювиальный горизонт обозначается здесь очень рельефно изменением содержания гумуса, щелочности и всех солей с глубины 25 см. Изменение в содержании механиче­ских элементов и гумуса резко выступает в супеси разреза № 23 (табл. 187, С. А. Захаров).

Содержание гумуса и механический состав почвы (в процентах)

(разрез № 23)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Глубина (в см)** | **Размер частиц (в мм)** | | | | | **Гумус** |
| **>0,25** | **0,25—0,05** | **0,05—0,01** | **0,01—0,005 '** | **| <0,005** |
| **0—7** | **8,74** | **81,94** | **3,14** | **5,06** | **1,08** | **0,819** |
| **7—30** | **18,30** | **64,10** | **1,58** | **4,61** | **11,45** | **0,897** |
| **30—60** | **44,52** | **49 82** | **0,70** | **3,85** | **1,13** | **0,720** |
| **65-92** | **9,45** | **84,92** | **1,02** | **3,57** | **1,04** | **0,692** |

В ряде районов (западная часть Гяур-Арха в Мильской степи, третье отделение совхоза Караяз и др.) зарегистрировано развитие типичных комплексов почв с глубокостолбчатыми и корковыми солонцами.

Сероземы Закавказья, развитые по преимуществу на лессо­видных породах, по строению и свойствам близки аналогичным почвам Средней Азии. Основные черты их следующие: общая свет­лая окраска, малогумусность и слабая расчлененность почвенных горизонтов; характерная источенность горизонта С насекомыми (кавернозность); богатство углекислыми солями с поверхности и скопление их в горизонте С. На останцах третичных пород развиты преимущественно сероземы разных степеней солонцеватости, с яс­ной дифференциацией иллювиального горизонта В. По своим свойствам они являются, возможно, аналогами солонцеватых почв Усть-Урта и северной части Кызыл-Ординского района Средней Азии.

Сероземы залегают не только на лессах, но широко развиты также на древнем аллювии (на повышенных элементах рельефа). Здесь в особенности ярко проявляется развитие солонцеватых разновидностей, вплоть до типично сформировавшихся солонцов. В качестве типичного приводится описание разреза на Мугани (С. И. Тюремнов):

Г **оризонт** А — до 4—5 см, светлосерый, коричневого оттенка, плитчатый, пористый, рыхлый, легкий суглинок. Вски­пание с поверхности.

**Горизонт** Вх — до 18 см, буро-коричневый, заметно темнее горизонта А, ясно столбчатый, столбики высотой до 6 см, диамет­ром 3—4 см, могут быть легко вынуты. Значительно плотнее верх­него (типичный солонцовый горизонт).

**Горизонт** В2 — до 30 см, коричневато-буро-серый, пестро­ватый, от более темных и белесых расплывчатых пятен карбона­тов, несколько рыхлее верхнего.

**Горизонт** Сх — до 37 см, розовато-бурая прослойка из тяжелого суглинка.

Из многих разновидностей чальных почв ниже дается харак­теристика лишь наиболее развитого представителя их, именно чально-луговой почвы, а затем для сопоставления с ней — чально-

солонцеватой почвы. Типовые черты чально-луговой почвы сле­дующие (Тюремнов). Гумусовый горизонт ясно выражен и дости­гает мощности 25—40 см. Цвет темносерый с сизоватым оттенком. Структура на поверхности часто мелкопористая, в основной же массе не характерная, крупнокомковатая. Горизонт В обычно неясно выражен, иногда более плотен и приобретает комковато­призмовидную структуру; вскипание с поверхности, в нижней части горизонта В обычно скопление углекислых солей в виде расплывчатых желтовато-белых пятен. По механическому составу преобладают тяжелые глинистые разности. В таблице 188 приво­дятся некоторые характерные для этих почв данные.

**Таблица 188**

Содержание гумуса и механический состав чально-луговых почв

(в процентах)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер и местоположение разреза** | **Глу­бина (в см)** | **Гумус** | **Со\*** | **Размер частиц (в мм)** | | | |
| **1,0—0,25** | **0,25—0,05 |0,05—0,01** | | **<0,01** |
| **№ 10, в 5 км** | **0—5** | **2,59** | **2,24** | **0,34** | **2,34** | **10,24** | **87,08** |
| **от Лембаран, к во-** | **15—20** | **1,92** | **2,89** | **0,30** | **2,56** | **11,11** | **86,03** |
| **стоку\*северо-во-** | **30—35** | **1,06** | **4,58** | **0,18** | **3,13** | **16,37** | **80,32** |
| **стоку — низкая рав­** | **45-50** | **0,83** | **2,98** | **0,13** | **2,36** | **13,76** | **83,75** |
| **нина** | **55-60** | **0,68** | **2,33** | **0,64** | **2,50** | **11,31** | **85,55** |
|  | **70—75** | **0,51** | **2,55** | **0,14** | **2,40** | **9,36** | **88,10** |

Чально-солонцеватые почвы морфологически отличаются от чально-луговых более ясным расчленением профиля. ГоризонтА-— 8—15 см, серой или светлосерой окраски, часто плитчатой струк­туры. Горизонт В — 20—40 см обычно темнее верхнего и имеет глы­бисто-комковатую (иногда с признаками вертикального распо­ложения отдельностей) структуру. Эти почвы характеризуются следующими показателями (табл. 189).

**Таблица 189**

Данные химического анализа чально-солонцеватой почвы (в процентах)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер и местопо­ложение разреза** | **Глубина (в см)** | **Гигроскопи­ческая вода** | **Гумус** | **Химически**  **связанная**  **вода** | **СО\*** |
| **№ 17 Б, у Аг-** | **0—15** | **1,80** | **2,49** | **2,24** | **3,11** |
| **даша** | **30—35** | **2,14** | **2,93** | **3,13** | **3,00** |
|  | **55-60** | **1,88** | **1,94** | **1,59** | **5,76** |
|  | **95—100** | **1,23** | **1,19** | **2,41** | **2,27** |

По всем приведенным в таблице 189 элементам иллювиальный горизонт 30—35 см выделяется вполне отчетливо.

Описанная солонцеватая разновидность почв широко развита в Ширванской степи. Во всей Ереванской низменности многочис­ленны также представители этого типа почвообразования, часто представляющие типичные структурные солонцы.

В заключение отметим, что исследователи местных такыров (С. И. Тюремнов и др.) отмечают, что почвообразование в них развивается в сторону солонцеобразования.

Таким образом, солонцовый процесс в хлопковой зоне Закав­казья широко развит.

Если сравнить весь комплекс новообразований Закавказья и Средней Азии, то можно высказать предположение, что в закав­казской хлопковой зоне мы имеем дело с не вполне типичной се­роземной зоной, а с северной окраиной ее — аналогичной средне­азиатскому Усть-Урту, Кызыл-Ординскому и может быть Каза- линскому районам. Именно здесь появляются бурые и возможно каштановые почвы и приобретают достаточно широкое развитие почвы солонцеватого типа почвообразования, повидимому, анало­гичные закавказским.

Кроме названных типов почв, в Закавказье широко распро­странены засоленные почвы и солончаки, характеристика которых дается ниже по районам.

Низовья Кура-Араксинского бассейна. **Аллювиальная область.** Этот район включает все территории, лежащие в низовьях рр. Аракса и Куры, ниже выхода последней из гор Караджа-Даг (Мингечаур). Сюда входят степи—Мильская с бас­сейном Тертера, Ширванская, Муганская и Сальянская. Общая площадь низменности, где возможно орошение, составляет 2 460 500 га.

Геоморфологически здесь выделяются две зоны: 1) зона аллю­вия рр. Куры и Аракса и частью смешанных аллювиально-морских отложений и 2) зона пролювиально-делювиальных лессовидных отложений склонов Карабахских гор и Балыша и аллювиально­пролювиального выноса с главного Кавказского хребта (Шир- вань). Каждая зона имеет свои характерные условия почвообразо­вания.

Зона Кура-Араксинского аллювия заключает в себе всю Сальян- скую степь, Муганскую (без самой южной полосы), южную и юго- восточную Ширвань (без конусов выноса местных рек) и северные низменные части Мильской степи и Тертера.

Эта громадная зона в значительной своей части лежит ниже нулевой горизонтали. Выполнена она сравнительно молодым аллювием Куры и Аракса, отлагающимся в бывшем заливе Кас­пийского моря. Для характеристики строения этого аллювия при­водим описание следующей глубокой скважины, сделанной в се­верной части Мильской степи у Ширин-Кум (табл. 190, В. А. При- клонский).

В качестве примера разнообразия механического состава и засоления пород приведем данные по заложенным двум разре­зам в центральной части Северной Мугани (табл. 191, 192, Ко­зицын).

Из этих данных видно, что вся толща аллювиальных отложе­ний мелкозерниста и резко засолена. Крупные пески и галечники

**Строение аллювия северной частя Мильской степи**

Мощность (в м)

**Порода**

Суглинок

0,0-0,68

**0,68-5,43**

**5,43—16,26**

**16,26—25,00**

1. **35,47 35,47—42,08 42,08—56,00**
2. **80,75**

Серый песок с мелкой галькой

Коричневатый и серый суглинок (на глубине 13,66 м

углистые включения)

Серый чистый песок с галькой диаметром до 3 см. . . Коричневая суглинисто-глинистая толща, иногда

с гипсом

Серый чистый песок с галькой

Коричневатая суглинисто-глинистая толща

Частое переслаивание глинистых и песчаных слоев с древнекаспийской фауной

**Таблица 191**

Механический состав почвогрунта и содержание в нем воднорастворимых **солей (в процентах) (разрез № 22)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Порода и глубина (в м)** | **Сухой**  **остаток** | **С1'** | **во\*** |
| **Глинистый песок, 0—0,6** | **0,4800** | **0,2230** | **0,0310** |
| **То же, 0,6—1,8** | **1,2490** | **0,5283** | **0,0732** |
| **» » 1,8—3,0** | **1,2855** | **0,5943** | **0,1377** |
| **Глинистый коричневый соленый пе­** |  |  |  |
| **сок, 3,0—4,2** | **1,4336** | **0,6476** | **0,1692** |
| **То же, 4,2—5,4** | **1,7691** | **0,7613** | **0,2561** |
| **» » 5,4— 6,6** | **2,1053** | **0,7994** | **0,4289** |
| **Серая иловатая соленая глина, сме­** |  |  |  |
| **шанная с песком, 6,6—7,8** | **1,7796** | **0,7305** | **0,2894** |
| **То же, 7,8—9,0** | **—** | **—** | **—** |
| **» » 9,0 —10,5** | **1,7329** | **0,6355** | **0,3373** |
| **Мокрый песок, 10,5—1Т,1** | **0,8811** | **0,3850** | **0,1297** |

залегают в очень ограниченной зоне выхода р. Аракса из гор на равнину.

Для характеристики грунтовых вод аллювиальной области приведем, как наиболее типичные, данные по Муганской степи (Ф. П. Саваренский).

Уровень грунтовых вод лежит на глубине 2—3 м, иногда по­вышаясь до 1 м и менее и понижаясь в редких случаях до 5—10 м.

Уклон грунтовых вод следует уклону местности и в низменной степи составляет 0,0001—0,0002, а в южной, пролювиально­делювиальной — 0,002.

Поток грунтовых вод в Южной Мугани имеет направление с юго-запада на северо-восток к низменной степи. На остальном пространстве поток направлен на восток. Гидроизогипсы имеют, однако, изгибы, отражающие влияние естественных протоков и оросительных систем. Так, гидроизогипса — 20 м в Северной Мугани уходит далеко к востоку вдоль протока, используемого как оросительный канал, по которому пускается вода для

Механический состав почвогрунта и содержание в нем воднорастворимых солей (в процентах) (разрез № 40)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Порода и глубина (в м)** | **Сухой**  **остаток** | **С1'** | **804** |
| **Суглинок с небольшим содержанием солей, 0—0,6** | **1,1183** | **0,1608** | **0,4679** |
| **Коричневая иловатая глина с небольшим содержанием солей,**  **0,6—1,8** |  |  |
| **Серая иловатая глина с солями,**  **1,8—3,0** | **1,3626** | **0,3253** | **0,4278** |
| **Серая иловатая глина,**  **3,0-4,2** | **1,8533** | **0,5122** | **0,5658** |
| **4,2—5,4** | **1,6395** | **0,6989** | **0,2545** |
| **5,4-6,6** | **2,3214** | **0,8192** | **0,4882** |
| **Коричневатая иловатая глина,**  **6,6—7,8** | **1,7602** | **0,7612** | **0,3132** |
| **7,8-9,0** | **1,5302** | **0,6491** | **0,2038** |
| **Коричневатая песчаная глина,**  **9,0—10,2** | **1,5886** | **0,6709** | **0,1212** |
| **10,2—11,4** | **1,3703** | **0,5591** | **0,2092** |
| **Коричневатый глинистый песок,**  **11,4—12,6** | **1,7549** | **0,6714** | **0,3301** |
| **Серо-зеленый глинистый песок,**  **12,6—13,5** | **1,9143** | **0,6783** | **0,3877** |

орошения и водоснабжения. В этом сказывается фильтрующее влияние этого протока, повышающего уровень грунтовых вод в прилежащей полосе степи.

Иначе ведет себя поток Новый Араке. Будучи закрыт у своего отхода от Аракса шлюзом, Новый Араке, долина которого довольно глубока, оказывает дренирующее влияние на грунтовые воды, в силу чего гидроизогипсы —20, —22, —24 м вдаются к западу. Влияние оросительных магистральных каналов отражается на гидроизогипсах и в Средней Мугани. Гидроизогипсы вытягиваются к востоку, отмечая повышение уровня грунтовых вод вдоль Ле­нинского канала и его северной ветви, по которой вода пускается круглый год для снабжения водой расположенного здесь поселка Ленино и других селений. Та же закономерность, но в меньшей степени, наблюдается и в отношении Средиемуганского канала.

Наоборот, в пространстве между магистральными каналами гидроизогипсы отклоняются к западу, отмечая понижение уровня грунтовых вод в этих частях степи.

Общее падение поверхности грунтовых вод в низменной (Сред­ней и Северной) Мугани достигает 26 м, — от нулевой гидроизо­гипсы вдоль склона Южной Мугани до минус 26 м, наблюдающейся в восточной прикуринской полосе Средней Мугани. Исследова­ния 1925 г. не могли охватить самую восточную часть Мугани в районе озера Ах-Чала. Наиболее интересным здесь представляется участок низовья протока Новый Араке, где намечается гидроизо­гипса минус 26 м, внутри которой наблюдалось стояние грунтовых

Ш

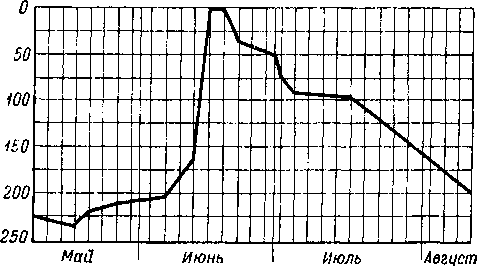
Вод ниже минус 26 м, т. е. ниже уровня воды в соседней Куре й ниже уровня Каспийского моря.

Гидроизогипсы в восточной прикуринской полосе имеют ха­рактер замыкающихся кривых, указывающих, что грунтовые воды образуют здесь замкнутые котловины (бассейны), лежащие ниже уровня Куры. По восточной границе Мугани р. Кура не только не дренирует степи, но, наоборот, может питать ее своими водами.

Таким образом, поверхность грунтовых вод указывает на наличие в Мугани грунтового потока с весьма слабым уклоном, приближаю­щегося по своему характеру к грунтовому бассейну, а в восточной части переходящего в собственно бессточный грунтовый бассейн.

Такова общая картина залегания грунтовых вод. На самом же деле их поверхность более сложна и непостоянна.

***см***



**Рис. 116. График колебания уровня грунтовой воды в шурфе №7 в Северной Мугани летом 1925 г.: 22 мая началась заливка окрестных полей; 16 июня залито поле с шурфом; 24 июля заливка кончилась (Ф. П. Сава- ренский).**

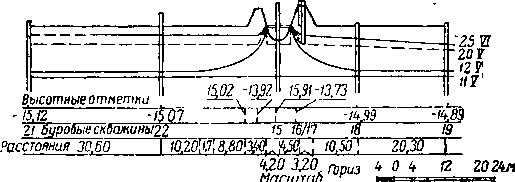
Мощность водоносного слоя аллювиальных отложений для всей степи не установлена. По имеющимся скважинам она достигает 12—15 м, к востоку же, повидимому, увеличивается. Водоносный горизонт аллювиальных пород подстилается глинистыми осадками каспийской трансгрессии, среди которых встречаются более пес­чаные водоносные прослойки, возможно сообщающиеся с водонос­ной толщей аллювия.

В качестве источников питания грунтовых вод Мугани Ф. П. Са- варенский называет следующие:

1. атмосферные осадки (в холодное время года);
2. фильтрация воды из рр. Аракса и Куры, особенно во время паводков;
3. паводковые воды при прорывах через дамбы, а также ороси« тельные воды;
4. оросительные воды, питающие грунтовые как на полях за счет избыточных поливных норм, так и за счет фильтрации из каналов (рис. 116 и 117).

Повышение уровней грунтовых вод наступает при орошении быстро и распространяется далеко благодаря главным образом передаче гидростатических напоров;

1. глубокие воды (в отдельных случаях) — например, в Южной Мугани за счет стока с Талышинских склонов и в Сальянской степи за счет выходов третичных сопочных вод;



Вертин 10 1 3 5 6м

Рис. 117. Разрез поперечника буровых скважин через Ново-Харьковскую оросительную ветвь на Джафарханской опытной станции (Ф. И. Саварснский).

1. воды Каспийского моря в примыкающих к нему низких ча­стях Кура-Араксинской низменности. Кроме того, море оказы­вает влияние на режим грунтовых вод всей Кура-Араксинской низ­менности, вызывая их подпор.

Грунтовые воды Мугани, как правило, сильно засолены (Ф. П. Саваренский).

Распределение площадей по степени засоления грунтовых вод показано в таблице 193.

**Таблица 193**

Распределение площадей с разной степенью  
минерализации грунтовых вод (Закавказский  
институт водного хозяйства)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Минерализация грунтовых вод (в г/л)** | **Площади** | |
| **в тыс. га |** | В % |
| **5—10** | **81,9** | **15,7** |
| **10—50** | **179,7** | **34,4** |
| **50—100** | **213,6** | **46,9** |
| **Более 100** | **47,0** | **9,0** |
|  | **522,2** | **100** |

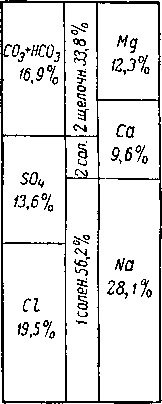
В составе солей грунтовых вод резко преобладает хлористый натрий, как это видно из таблицы 194.

В этой таблице скважины 41—111 характеризуют естественные грунтовые воды Мугани, а скважины 102, 121 и 109 — опреснен­ные орошением. Влияние орошения сказывается не только на об-

Химический состав грунтовых вод Мугани (в г/л) (Ф. П. Сава ренский)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Соли** | **№ сквашин** | | | | | | | | | | | |
| **41** | **35** | **112** | **20** | **483** | **23** | **33** | **589** | **lll** | **102** | **121** | **109** |
| **Сухой остаток** | **53,000** | **51,760** | **49,880** | **46,300** | **36,900** | **35,000** | **34,900** | **32,200** | **17,400** | **3,280** | **2,840** | **1,840** |
| **СГ** | **23,300** | **22,850** | **23,640** | **22,130** | **16,590** | **14,820** | **15,670** | **14,550** | **7,693** | **0,583** | **0,734** | **0,699** |
| **SOJ** | **4,584** | **2,596** | **3,453** | **3,446** | **2,764** | **3,285** | **3,285** | **2,441** | **0,977** | **0,953** | **0,607** | **0,185\*** |
| **NaCl + KCl** | **26,720** | **21,520** | **24,880** | **24,640** | **16,720** | **16,320** | **18,320** | **14,400** | **6,224** | **1,883** | **1,760** | **1,296** |
| **CaO** | **2,092** | **33,076** | **2,918** | **2,698** | **2,390** | **2,037** | **2,717** | **2,717** | **1,570** | **0,292** | **0,333** | **0,194** |
| **MgO** | **5,945** | **5.152** | **2,109** | **4,942** | **3,370** | **2,929** | **3,353** | **3,244** | **1,868** | **0,246** | **0,304** | **0,199** |

1цем опреснении грунтовькх вод (до 2—3 г/л против 30—50), **НО И** коренным образом на самом составе солей. Это последнее измене­ние представлено Ф. П. Саваренским в виде графика (рис. 118), на котором показано среднее процентное содержание отдельных ион-эквивалентов в воде нормальной и опресненной. Цифры пока­зывают, что при опреснении относительно возрастает количество SO”, Na\* и ионов СО'' + НСО'. Особенно крупное принципиальное значение имеет увеличение щелочности и Na\*. Источником этого повышения может быть, очевидно, только поглощенный натрий,

находящийся в почве и образующий соду при вы­щелачивании. Таким обра­зом, можно заключить, что местные почвы солонце­ваты. Это согласуется с нашими данными по про­мывке монолитов муган- ских почв.

*I*

***сбз^нсЩ***т' *so\**

*5,9% &*

*о-*

2,6%

*мд*

/**6**,**2**%

Высокая степень мине­рализации грунтовых вод и близкое залегание их служит мощным источни­ком засоления почв. Ско­рость процесса усугуб­ляется высокой энергией капиллярного поднятия в местных почвах и измене­нием режима грунтовых вод в связи с орошением. Характер капиллярного

*са*

**7,7%**

*а*

*чь%*

*На*

*26,11*

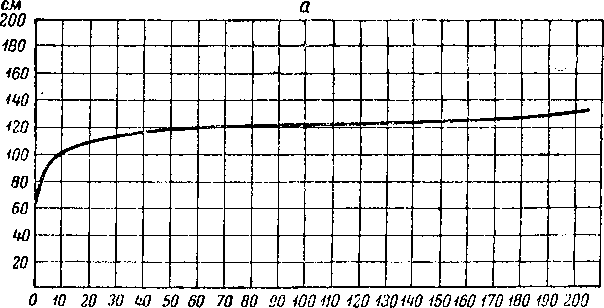
Рис. 118. График химического состава нор- **поднятия иллюстрируется** мальных (I) и опресненных (II) **вод (в** про- **следующими графиками** центах ион-эквивалентов). **(рис. 119) для песка и лег­**

кого суглинка, получен­ными Саваренским в насыпных трубках. Из графиков видно, что предельная высота капиллярного поднятия для песка со­ставляет более 120 см, для суглинка более 200 см. При этом суще­ственно, что высоты более 100 см капиллярные токи достигают в короткие сроки, около 10 дней.

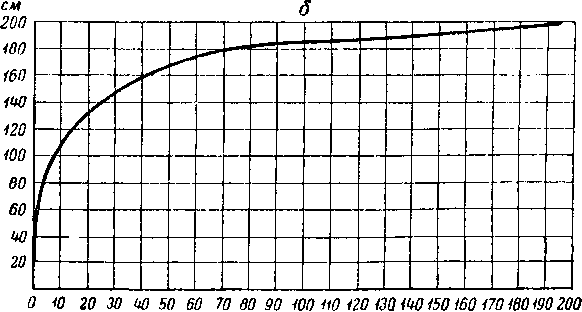
При орошении уровень грунтовых вод резко повышается, и поверхность почвы оказывается в зоне прямого капиллярного питания (рис. 120). Повышение уровня грунтовых вод с апреля по август связано с летним орошением полей.

В других случаях амплитуда колебаний выражается еще боль­шими величинами, достигающими 2—3 м.

Почвенный покров аллювиальной зоны представлен комплексом так называемых гидроморфных (испытывающих избыточное увлаж­нение) почв, а именно: аллювиальными сероземами, чально-луго-



***Сутий***



Сутии

Рис. 119. Характер капиллярного поднятия воды:

а— песок средний. Мугань, шурф № 430, с глубины 270—278 см; б — суглинок легкий. Северная Мугань, Джафарханский опытный участок. ШурфЗЧИ, с глу­бины 40—60 см.

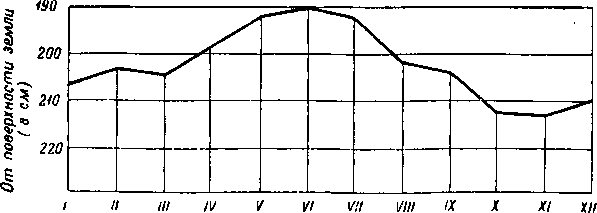


Рис. 120. График колебания уровня грунтовой воды в скважине № 21 бывшего Водного управления за 1916 г. (Ф. П. Саваренский).

выми, чально-болотными и солончаками. Важнейшей чертой всех этих разностей является их значительная засоленность.

В Муганской степи почвы различной степени засоленности занимают следующие площади (Закавказский институт водного хозяйства):

незасоленные (до 0,3% солей). . 70 109 га, или 17% слабозасоленные (до 0,5) ... . 81891 » » 19,8%

засоленные (0,5—3) 230 980 » » 56,0%

неудобные и солончаки 9 900 » » 2,4%

412700 100%

Для почв Сальянской степи Преображенский дает следующие цифры:

пс требующие мелиорации. . . . 24 200 га, или 19, 5%

лсгкомелиорируемые 29 583 » » 19,0%

трудномелиорируемые 41 283 » » 33,3%

неудобные 35 082 » » 28,2%

124104 » » 100%

Для всей Кура-Араксинской низменности почвы, засоленные в разной степени, составляют 60—65%. Засоление аллювиальной области не равномерное, оно теснейшим образом связано с типич­ными формами рельефа — «чалами» и «буграми».

Чалы представляют обширные, плоские замкнутые понижения, разделенные столь же пологими и широкими повышениями — буг­рами. Почвы чал обычно наиболее глинисты (до 90% частиц меньше 0,01 мм) и с поверхности не сильно засолены; почвы бугров более легки, суглинисты и даже супесчаны и обычно значительно засо­ляются. Для иллюстрации приводим данные по двум разрезам, различающимся по высоте поверхности на 54 см (табл. 195 и 196).

**Таблица 195**

Механический состав почв Мугани (в процентах), двух разрезов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер и местополо­жение разреза** | **Глубина (в см)** |  | **Размер частиц (в** | | | **мм)** |  | **Сумма**  **частиц <0,01** |
| **0,5—0,25** | **0,25—0,05** | **0,05—0,01** | **0,01-0,005** | **0,005— 0,001** | о  о  о  **V** |
| **108, чала** | **0—43** | **0,020** | **1,444** | **9,749** | **55,511** | **10,553** | **14,952** | **81,016** |
|  | **43—63** | **0,034** | **1,452** | **10,812** | **63,284** | **6,675** | **10,088** | **81,047** |
|  | **63—105** | **0,016** | **0,429** | **4,274** | **57,518** | **15,328** | **16,372** | **89,218** |
|  | **105—136** | **0,0183** | **4,342** | **16,048** | **47,134** | **12,491** | **12,619** | **72,244** |
|  | **136—192** | **0,015** | **14,133** | **29,859** | **29,976** | **18,442** | **7,852** | **56,270** |
| **110, бугор** | **0-28** | **0,028** | **15,694** | **2,330** | **53,031** | **9,518** | **13,756** | **76,305** |
|  | **28—45** | **0,013** | **22,057** | **38,784** | **28,045** | **2,612** | **4,407** | **35,064** |
|  | **45—68** | **0,029** | **3,838** | **17,074** | **59,709** | **4,596** | **6,206** | **70,511** |
|  | **68—113** | **0,013** | **34,045** | **36,083** | **20,269** | **1,646** | **3,977** | **25,892** |
|  | **113—150** | **0,012** | **1,196** | **7,999** | **61,887** | **8,958** | **10,660** | **81,505** |
|  | **150—197** | **0,020** | **2,987** | **6,480** | **61,778** | **9,417** | **11,311** | **82,506** |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер и местопо­ложение разреза** | **Краткая характеристика почвенных слоев** | **Глубина (в см)** | **Плот­**  **ный**  **оста­**  **ток** | **СГ** | **со**  **О** | **ИСОз** |
| **108,** | **Красноватый почти чистый ил** | **0—43** | **0,1032** | **0,0253** | **0,0293** | **0,0396** |
| **чала** | **Иловатый суглинистый** | **43-63** | **0.3961** | **0,1844** | **0,0499** | **0,0635** |
|  | **То же**  **Прослойка с суглинистыми** | **63—105** | **0,1581** | **0,0603** | **0,0236** | **0,0517** |
|  | **включениями** | **105—136** | **0,3328** | **0,1644** | **0,0658** | **0,0499** |
| **110, бу­** | **Иловатая супесь**  **Коричневато-темный суглини­** | **136—192** | **0,3559** | **0,1514** | **0,1091** | **0,0431** |
| **гор** | **стый** | **0-28** | **0,5863** | **0,1196** | **0,1989** | **0,0740** |
| **Серо-желтый супесчаный . . . Тсмноссрый иловатый сугли­** | **28 -45** | **0,9313** | **0,5386** | **0,2408** | **0,0247** |
|  | **нистый**  **Серо-желтый, почти пылева­** | **45- 68** | **2,5523** | **0,6792** | **0,4329** | **0,0241** |
|  | **тый**  **Красно-коричневый иловатый** | **68-113** | **1,6486** | **0,2494** | **0,2109** | **0,0291** |
|  | **суглинистый**  **Желто-бурый иловатый сугли­** | **113—150** | **1,9474** | **0,6869** | **0,2260** | **0,0251** |
|  | **нистый** | **150-197** | **2,0559** | **0,7524** | **0,4747** | **0,0295** |

**Таблица 196**

Содержание воднорастворимых солей в почве Мугани (в процентах)

Приведенные данные достаточно отчетливо подчеркивают раз­личия чал и бугров. Схематически эти различия показаны на рисунке 121.

О г

25 - 50 -

?75- *\* 400- §*

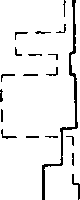
*&*

^ *450 -*

*475 -*

200*.*

*О*



**,1,1.**

*25 50* 75 *ЮО*

*О*

*25*

*50*

**Ї 75**

**'Г** ЮО

-о

I *125*

Ту **.с;**

^ *150 175*

200

Г

**4**

**I**

*Процент частиц меньше 0.01мм*

*О 05 40 15 20 2.5 Плотный остаток(о%)*

Условные обозначения

***Чала***

*бугор*

Рис. 121. Механический состав и засолеиие чал и бугров.

Процесс засоления бугров протекает следующим образом. При орошении затопляются только чалы; фильтрующиеся соленые воды растекаются в стороны бугров и, поднимаясь капиллярновверх, засоляют их. Этот процесс в условиях Мугани на буграх наиболее ярко выражен, но практически развит всюду, где капил­лярные токи достигают поверхности земли.

Имеющееся подробное исследование засоления Джафархана (С. И. Тюремнов) свидетельствует о возможности быстрого процесса засоления почвы в условиях залегания грунтовых вод на глубине 160—170 см; степень засоления одного участка в 63 га была опре­делена в марте 1916 г. и апреле 1917 г. Происшедшее за год изме­нение в засолении площадей показано в таблице 197.

**Таблица 19?**

Изменение площадей различных степеней засоления в течение

одного года

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Дата** | **Незасоленные с поверхности (сумма солей менее 0,3%)** | **Поверхность в начальных стадиях засо­ления (сумма солей 0,3-1 %)** | **Засоляющиеся с поверхности (сумма солей 1-2%)** | **Сильнозасо- ленньте с по­верхности (сумма солей 2—3%)** | **Солончаки (сумма со­лей более 3%)** |
| **1916 г.:** |  |  |  |  |  |
| **в га** | **19,3** | **19,8** | **16,7** | **5,7** | **1,9** |
| **В %** | **30,5** | **31,2** | **26,3** | **9,0** | **3,0** |
| **1917 г.:** |  |  |  |
| **в га** | **8,7** | **9,9** | **12,1** | **10,3** | **22,4** |
| **в %** | **13,7** | **15,6** | **19,1** | **16,2** | **35,4** |

Увеличение засоления здесь огромно, оно составляет 590 т солей на всю поверхность участка за весь период. Это значит, что в слое 0—5 см ежедневно откладывалось около 1,6 т солей. За год процент незасоленных земель сократился с 30,5 до 13,7,а со­лончаков, наоборот, возрос с 3 до 35,4. Интенсивность засоления в летний период (март—ноябрь) и зимний (ноябрь — апрель) оказалась в данных условиях равной 1,304 и 1,295%. Следует отметить, что когда грунтовые воды понижаются, процесс, как и в Средней Азии, идет в обратном направлении, и поверхность почвы может рассоляться. Так, исследование засоления на том же участке в 1925 г., когда грунтовые воды залегали на глубине 245—291 см, показало уменьшение содержания солей примерно до норм 1916 г. Таким образом, эти наблюдения еще раз подчерк­нули чрезвычайную динамичность процессов засоления и главен­ствующую роль в них грунтовых вод.

**Мелиорация аллювиальной области и дренирование.** Учитывая описанные гидрогеологические и почвенные условия аллювиальной области низовьев Кура- Араксинского бассейна, можно заключить, что вся она при оро­шении будет подвергаться подтоплению грунтовыми водами и, следовательно, засоляться. Поэтому нормальное сельскохозяй­ственное освоение ее возможно лишь на фоне искусственной водо­отводящей сети, позволяющей регулировать уровень грунтовых вод и вести промывки имеющихся солончаков. [[48]](#footnote-48) Можно считать, что для таких территорий, как Мугань, Сальяны, минимумом водо­отводящей сети являются глубокие коллекторы. Однако для ряда более засоленных площадей необходим и дренаж.

Условия для работы дренажа на Мугани, повидимому, благо­приятны. Исследования показывают, что местные почвы, несмотря на тяжелый глинистый состав, обладают высокой фильтрационной способностью. Так, Ф. П. Саваренский методом откачек установил следующие величины коэффициента фильтрации для разных точек Муганской степи.

Коэффициент фильтрации (в см/сек)

Джафархан, 1-й опытный участок 0,0265

Джафархан, 2-й » » 0,0180

Ленинский опытный участок 0,0970

Солончак Гаджи-Ельчи 0,0007

Эти величины коэффициента фильтрации, кроме показателя по солончаку Гаджи-Ельчи, очень высоки и характеризуют не глины, а супеси.

Причины такого резкого расхождения между показаниями ме­ханического анализа и прямым определением фильтрации заклю­чаются, повидимому, в резко выраженной агрегатности местных грунтов и в коагулирующем действии солей. Степень выражен­ности значения этих факторов иллюстрируется следующим опытом Ф. П. Саваренского.

Ряд почвенных образцов Мугани был подвергнут по способу пипетки механическому анализу со следующими тремя видами предварительной обработки: 1) проба осторожно растерта резино­вым пестиком, но воднорастворимые соли не отмывались; 2) проба отмыта от хлористых солей; 3) проба обработана 0,27V соляной кислотой для разрушения карбонатов, а затем промывалась на фильтре раствором 0,17V NaCl или 0,057V NH4C1 для разрушения сульфатов. В целом, следовательно, здесь осуществился один из вариантов системы механических анализов, значение которой мы описали выше.

Из полученного таким образом материала мы приведем в таб­лице 198 для примера данные анализа лишь одного образца.

Эти данные показывают, что согласно анализу по первому способу почва относится к суглино-супеси (14% частиц меньше 0,01 мм), по анализу вторым и третьим способами — к глинистым почвам (глины более 50%), но при втором способе частиц меньше 0,001 мм имеется всего 0,16% (т. е. практически их нет), тогда как при третьем способе их почти 36%, т. е. громадное коли­чество.

Механический состав почвы (в процентах), взятой с глубины 160—180 см (разрез № 1, Джафархан)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Способ анализа** | **Размер частиц (в мм)** | | | | | | | | | **Соли, вымытые при обработке** | **Соли в суспензии** |
| **0,25—0,05** | **0,05—0,02** | **0,02—0,01** | **0,01—0,005** | о  о  о"  **1**  іО  о  о  о | **0,002—0,001** | **0,001—0,0005** | **0,0005-0,0002** | <м  о  о  о  о  **V** |
| **1** | **14,87** | **26,43** | **42,92** | **12,43** | **1,53** | **0,0** | **0,0** | **0,0** | **0,0** | **0,0** | **1,82** |
| **2** | **10,29** | **7,10** | **16,17** | **61,10** | **2,91** | **0,64** | **0,16** | **0,0** | **0,0** | **1,37** | **0,26** |
| **3** | **0,0** | **5,95** | **1,17** | **11,43** | **15,63** | **10,74** | **10,26** | **10,54** | **14,94** | **19,36** | **0,0** |

Если рассчитать по этим данным коэффициент фильтрации по формуле Крюгера — Цункера:

Х = 0,524(т^7)>,

то получим следующие данные:

1-й способ — 0,000148, 2-й способ — 0,000038, 3-й способ — 0,000007 см/сек.

Здесь первая величина больше последней в 20 раз. При этом необходимо иметь в виду, что данная разница сильно сглажена тем, что при первом способе анализа было применено механиче­ское растирание образца почвы резиновым пестиком, конечно, сильно разрушившее агрегатное состояние почвы. Таким образом, в природной обстановке исходная величина фильтрации, отве­чающая первоначальному агрегатному состоянию почвы, и та величина, которая возникает при естественной дисперсации почвы после промывки солей и особенно при возможном внедрении в поглощающий комплекс иона натрия, могут отличаться более чем в 20 раз. Это обстоятельство нельзя упускать из виду при оценке эффективности работы дренажных сооружений. [[49]](#footnote-49)

Величины динамики коэффициента фильтрации указанного порядка получены в опытах промывки монолитов в почвенно­мелиоративной лаборатории ВНИИГиМ и затем, позднее, в лабо­ратории Закавказского института водного хозяйства (ЗакИВХ) А. С. Вознесенским.

По многочисленным опытам откачек ЗакИВХ дает следующие средние величины фильтраций для верхней 2—4-метровой толщи почв (Н. А. Беседнов):

Сальяны 2—10 м/сут.

Южная Мугань 1—10 »

Северная Мугань 2—13 »

В отдельных случаях величина фильтрации достигла 16, 26, 34, 42 и 58 м/сут.

Имеющийся опыт Джафарханской станции по дренированию почв указывает высокую его начальную эффективность. Так, наблю­дениями в два первые года установлено следующее: 1) открытый коллектор глубиной 3—4 м создает депрессионную кривую на протяжении 400—600 м; 2) на всех междудреньях в 360 м дости­гается существенное понижение уровня грунтовых вод, вплоть до глубины закладки дренажа — 1,8—2,5 м (по наблюдениям на пятое число каждого месяца); 3) полное смыкание депрессионных кривых наблюдается уже спустя две недели после начала полива; 4) данная система дренажа позволяет осуществлять промывки полей.

После промывок и при дальнейшей эксплуатации полей, ми­нерализация дренажных вод последовательно уменьшается; это видно из следующих цифр по Джафарханскому коллектору:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Г оды** | **1930** | **1931** | **1932** | **1933** | **1934** | **1935** |
| **Минерализация (в г/л) . .** | **34,2** | **32,9** | **27,8** | **27,4** | **28,0** | **27,3** |

На основании многих опытных полевых промывок А. А. Шошин рекомендует следующие промывные нормы при различной степени^ засоленности почв Мугани.

|  |  |
| --- | --- |
| **Плотный остаток (в %)** | **Промывные нормы (в м^/га)** |
| **0,3—0,6** | **2 000— 2 500** |
| **0,6—1,0** | **4 000— 5 000** |
| **1,0—2,0** | **6 000— 7 500** |
| **2,0—3,0** | **8 000—10 000** |
| **Больше 3,0** | **10 000—12 500** |

Скорость понижения уровня грунтовых вод на междудреньях 350—500 м составляет около 3,5 см в сутки. Модули дренажного стока определяются величинами: в неполивной период 0,07 л/сек на 1 га, в поливной период 0,22—0,32 и в период аратов 0,28—0,42.

Водный баланс дренированной территории складывается при­мерно так:

приходные статьи: 1) осадки — 2230 м3 — 24%; 2) поливы — 5946 м3 — 65%; 3) грунтовый приток — 1041 м3 — 11%;

расходные статьи: 1) откачка — 4426 м3 — 48%; 2) испарение и транспирация — 4791 м3 — 52%.

Сельскохозяйственный эффект дренирования и промывок ока­зывается очень высоким. [[50]](#footnote-50)

Наблюдениями на Мугани установлена следующая зависи­мость урожайности египетского хлопчатника от степени засоления почвы.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Плотный остаток (в %)** | **Урожай хлопка** | |
| **в ц/га** | **в %** |
| **0—0,2** | **18,5** | **100** |
| **0,2—0,5** | **15,0** | **81** |
| **0,5-0,8** | **8,5** | **46** |
| **Больше 0,8** | **3,5** | **19** |

При наличии дренажа сильно засоленные хорошо водопрони­цаемые почвы удается в одну зиму перевести промывками в разряд^ малозасоленных и поднять урожай хлопчатника с 3,5—4 ц с 1 га до 18—20 ц, а при повышенной агротехнике до 30—40 ц.

Таким образом, даже крупные затраты на хороший дренаж окупаются исключительно быстро.

На основании этих данных можно предполагать, что хозяй­ственное дренирование может быть даже более редким, чем опытное (360 м).

Учитывая, однако, приведенные выше данные и соображения, следует признать, что для окончательного суждения об эффектив­ности дренажа нужно получить данные еще за ряд лет наблюде­ний, которые выявят конкретную динамику коэффицента фильтра­ции, осуществляющуюся в естественной обстановке при выщела­чивании местных почв.

**Солонцовые явления при промывках.** Ус­ловия развития солонцеватости в почвах Мугани слабо изучены, но некоторые указания на эти явления все же имеются.

Выше было указано на широкое развитие солонцеватости в Закавказье.

Исследование тонкодисперсной фазы чальных почв Мугани (Д. В. Иванов) дает автору основание считать наличие натрия в их поглощающем комплексе. Исследование изменения щелочности почв в зависимости от степени вымывания солей (Тюремнов) показывает резкое повышение ее при выщелачивании. Это иллю­стрируется следующими данными 1925 г. по тому же Джафар- ханскому участку.

|  |  |
| --- | --- |
| **Выщелочено солей к 1925 г. (в % от суммы нх в 1917 г.)** | **НСО», (в %)** |
| **90** | **0,090** |
| **90—75** | **0,069** |
| **75—50** | **0,047** |
| **50—25** | **0,043** |

Здесь щелочность повысилась более чем вдвое, что свидетель­ствует о развитии солонцового процесса.

Яркое проявление того же процесса наблюдалось в лаборато­рии ВНИИГиМ при исследовании фильтрации на монолитах. Эти данные были приведены выше (рис. 7 на стр. 33).

Аналогичные данные на муганских монолитах, полученные в 1940 г. в лаборатории ЗакИВХ (А. С. Вознесенский), также ука­зывают на развитие солонцового процесса при промывке в зави­симости от величины промывной нормы. Это видно из следующих данных.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Промывная норма (в м3 на 1 га) ....** | **1000** | **2000** | **4000** |
| **НС03 (в %)** | **0,033** | **0,047** | **0,096** |
| **Коэффициент фильтрации (в см/сек)** | **4,9—10“5** | **8,2—40 0** | **от 1,8—-10~°** |
|  |  | **до 3,0—10~7** |

Отмечается уменьшение коэффициента фильтрации при уве­личении промывной нормы до 2000 м3/га в 20 раз, а при норме 4000 м3/га в 60 раз.

При полевых промывках на Джафарханском опытном дренаже констатировано повышение щелочности почв и заметное ухудшение физических свойств, затрудняющее их обработку,

А. С, Вознесенский отмечает, что в Кура-Араксинской низмен­ности широко распространена солонцеватость, достигающая 30% емкости (5—7 м.-экв. поглощенного натрия). В одном опыте при промывке в Южной Мугани солончака с содержанием 2—4% солей в 1-метровом слое и при промывной норме в 6400 м3 на 1 га, солон­цеватость достигла 35% емкости (15 м.-экв. поглощенного натрия). Вместе с тем в некоторых случаях на промытых полях наблюдалось резкое замедление всходов в первый период развития хлопчатника; однако при дальнейших поливах он развивался даже буйно. Это явление, повидимому, также связано с солонцеватостью, ко­торая, очевидно, затем ликвидируется за счет карбонатности почвы. Это может привести и к восстановлению хорошей филь­трационной способности почвы при дальнейших поливах и про­мывках.

Из всего изложенного следует, что данные по солонцеватости скудны и отрывочны.

Тем не менее, учитывая значительную глинистость и повы­шенную емкость поглощения почв Закавказья, можно полагать, что солонцовый процесс здесь будет более резко выражен, чем в Средней Азии.

**Водные свойства почв.** Почвы Кура-Араксинской низменности характеризуются высокой предельной влагоемкостью, достигающей часто 80% порозности.

Содержание труднодоступной воды для растений в этих почвах приводится в таблице 199 (см. стр. 432).

Содержание труднодоступной для растений воды в почвах Кура-Араксинской низменности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Почвы** | **Процент частиц диаметром <0,01 мм** | **Труднодо­ступная вода (в %)** |
| **Глинистая** | **Более 80 66-80 50—66 40—50 30—40 20—30 Меньше 20** | **21,1**  **18,8**  **16,0**  **12,8**  **10,9**  **9,0**  **5,5** |
| **Тяжелосуглинистая** |
| **Среднесуглинистая** |
| **Легкосуглинистая** |
| **Суглино-супесь** |
| **Супесь** |
| **Песок** |
|  |

Эти величины близко совпадают с величинами максимальной молекулярной влагоемкости.

Пролювий-аллювий Главного Кавказского хребта. **Под­зона пролювия-аллювия** развита главным образом в северной части Ширванской степи и занимает низовья рр. Алд- жиган-Чай, Турьян-Чай, Геок-Чай, Гэрдыман-Чай и Ак-Су.

Характерные черты этого района следующие: грунты предста­влены свитой тонких отложений, так как все грубые наносы оста­вляются реками на третичном нагорье, до выхода в ЛГирвань. Только в самой северной части верхние горизонты подстилаются песками и галечниками; несколько более легкие наносы наблю­даются лишь на востоке.

Все реки текут в собственных наносах, приподнятых в гривы, поэтому в поперечном профиле здесь наблюдается характерный волнистый рельеф.

Межгривные понижения обычно заболочены и засолены, од­нако наибольшего развития заболачивание и засоление достигает в низовьях перечисленных выше рек, до р. Кара-Су.

Основные грунтовые воды лежат на глубине 20—40 м, верхо­водка встречается на глубине 2—3 м. Минерализация вод дости­гает 50 г/л.

Доминирующей почвенной разностью на гривах являются аллювиальные сероземы с ясно выраженной солонцеватостыо (уплотненные горизонты), появление солей обычно отмечается на глубине 50—60 см.

На освоенных территориях поверхностное засоление наблю­дается редко, что говорит о возможности регулирования солевого режима при помощи водопользования и агротехнических меро­приятий.

Все пониженные места требуют серьезных гидротехнических мелиораций.

**Пролювиально-делювиальная область** развита в незначительной части на юге Муганской степи (склоны Талыша, Азизбековская оросительная система) и занимает зна-

чительную часть Мильской степи и бассейн Тертера (склоны Ка­рабаха).

По своему положению эта подзона обладает хорошими укло­нами, обеспечивающими достаточный поверхностный сток. Однако в средних частях склона и особенно на шлейфах имеются области широко развитых плоских, слабосточных понижений, в которых условия почвообразования существенно изменяются. Эти формы рельефа типично развиты на северо-западе Мильской степи, по Гяур-Арху.

Свита пролювиальных отложений представлена преимуще­ственно лессовидными суглинками мощностью до 22 м, иногда с ясной слоистостью. Эта свита подстилается обычно аллювиаль­ными песками с мелкой галькой. Севернее р. Каркар-Чай подсти- лание галькой является уже сплошным. Механический состав характеризуется следующими цифрами (табл. 200, В. А. При- клонский).

Таблица 200

Грунтовые воды в Мильской степи залегают на глубине 10—20 м. Уклон зеркала их значителен, но несколько меньше уклона по­верхности земли. Минерализация измеряется 2—5 г/л.

**Механический состав почвы пролювиальных отложений (в процентах)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ скважины** | **Глубина (в м)** | **Размер фракций (в мм)** | | | |
| **1—0,25** | **0,25—0,05** | **0,05—0,01** | **< 0,01.** |
| **48** | **2,0** |  | **6,9** | **36,2** | **62,9** |
|  | **8,0** | **21,51** | **14,44** | **34,47** | **29,58** |
|  | **11,0** | **61,37** | **17,03** | **8,17** | **13,01** |

Почвенный покров в целом однообразный и относится разными авторами к сероземному или светлокаштановому типу. Па склонах Талыша отмечается обычно солонцеватость. В Мильской степи солонцовые разности развиты в упомянутой выше северо-западной части с нарушенным рельефом. Местами здесь наблюдаются ком­плексы с типичными структурными солонцами. Аналитические данные для этих почв приведены выше при описании каштановых почв.

В низовьях Тертера господствуют темные разности почв типа луговых, также слабо засоленных.

Как и в Средней Азии, мелиоративная оценка пролювиальной зоны Закавказья является в общем высокой. Однако наличие здесь солонцовых почв отличает ее от среднеазиатской в неблагоприят­ную сторону. Кроме того, здесь более широко развиты шлейфы про­лювия. Они встречаются в Мильской степи, но особенно типично выражены в Мугани, на Азизбековской системе. Как было ука­зано, шлейфы всегда обладают худшими физико-химическими и гидрогеологическими условиями, что создает угрозу развития здесь засоления при орошении.

Схема засоления почв Кура-Араксинской низменности. Имею­щиеся исследования позволяют наметить количественные и каче­ственные закономерности развития засоления в Кура-Араксин- ской низменности.

Районы незасоленные (менее 0,15—0,2% солей в почве), где значительных количеств легкорастворимых солей в почве и верх­них частях грунта не обнаружено, солончаки отсутствуют совер­шенно. К этому району относится южная часть Мильской степи, часть Подталышинской равнины (юг Муганской степи) и восточная часть Степного нагорья (севернее Ширвани).

Районы очень слабозасоленные, с отсутствием обычно легко­растворимых солей в верхних горизонтах почвы, соли появляются здесь лишь в особых условиях рельефа. К этому району относятся южная возвышенная часть Мугани, Тертерский бассейн и запад­ная часть Степного нагорья.

Районы слабого засоления, с частым присутствием легкораство­римых солей, обычно не поднимающихся в корнеобитаемые поч­венные горизонты.

Эта степень засоления развита в северной части Ширвани (до Кара-Су) и по обоим берегам Куры — от Евлаха и несколько восточнее Зардоба.

Районы сильного засоления с почти постоянным присутствием легкорастворимых солей во всей толще почвы и частым засолением верхних горизонтов в зависимости от топографических условий. Эта степень засоления охватывает громадные территории южной и юго-восточной Ширвани, низменную часть Мильской степи и всю Муганскую и Сальянскую степи.

Район широкого распространения сплошных солончаков, ле­жащий на Каспийском побережье.

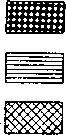
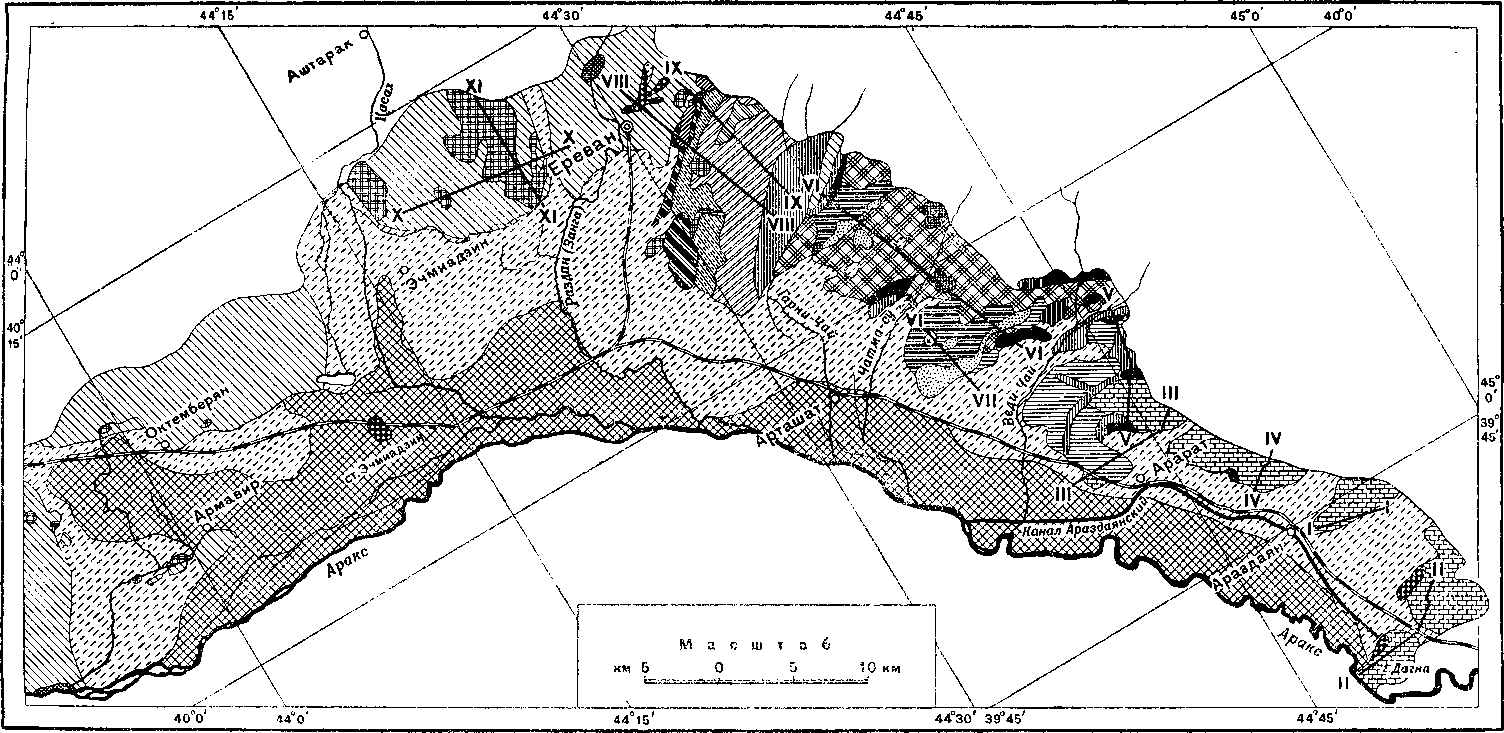
Засоление почв в описываемой зоне возрастает по направле­нию от гор к р. Куре и по этой последней вниз по течению к Каспию.

Общее направление движения солей отвечает движению поверх­ностных и грунтовых вод, и чем ниже но течению, тем аккумуля­ция солей становится больше, достигая максимума на берегу моря.

Одновременно с изменением количества солей изменяется и их состав: при малых степенях засоления в составе солей преобладают сульфаты, и количество хлористых соединений не превышает 10% всей суммы растворимых солей.

По мере нарастания засоления его сульфатный тип переходит в хлоридно-сульфатный, СГ в плотном остатке составляет до 25%, но менее, чем БО'', затем сульфатно-хлоридный (СГ больше, чем ЭО\*), и, наконец, в чисто хлоридный, когда количество СГ в плотном остатке превышает 40% и БО'' играет уже совершенно подчиненную роль.

Причиной этой качественной дифференциации солей является различная растворимость хлоридов и сульфатов, связанных маг­нием и кальцием.

image144image145image146image147image148image149

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| У | с | лов | н | ы | Е ОБОЗИ | А | МЕИ | и | я |
| Современные  отложения |  | Верхне-третичные  слои |  | н | и ж и є - третичные  СЛОИ |  | Меловые  слои |  | Изверженные  породы |

**'/////,\** Пролювиальные **'///,'/л** выносы

В Плиоценовые (?)

пески, галечники и конгломераты

Эоловые лески

Травертины

Аллювиальные

наносы

Миоценовая

гипсоносная

свита

М Оолитовые

известняки (сармат)

Красные глины с прослойками белых песчаников (олигоцен)

**Шугтл** Жёлто-зелёные глины с прослойками бурых песчаников (олигоцен)

Отложения смешанного материала из конгло­мерата и опоев гипсоносиой свиты

Глинистая толща с про­слойками песчаников, сланцев и конгломерата

Известковистые песчаники, мергели, конгломерат ы и глины (олигоцен)

Песчаники, конгломе-

Шраты, мергели с про­слойками нумулитовых известняков (средний **30**цен)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | | **Сенонские и і туронские мергели |** |
|  | й |  | **Сеноманские \ конгломераты £** |

|Вулканические | туфы

3 Андезито- базальты

Трахиты

Палеозойские

известняки

~ \* Породы третичной

интрузии

Песчаники, конгло­мераты и глины (нижний эоцен)

IV— -■ Линии разрезов

Габбро-диабазы

**Рис. 122. Геологическая карта левобережной части долины р. Аракса в пределах Армянской ССР (по Захарову)**

Соответственно увеличению содержания в почвах хлористых солей, по направлению с запада на восток ухудшается сельскохо­зяйственное и мелиоративное качество почв.

Ереванская котловина и Нахичеванская АССР

Район представляет левобережную долину р. Аракса с прито­ками. Касах-Чай, Занга, Гарни-Чай, Веди-Чай и Джагры-Чай в Нахичеванской АССР. Западная часть этой долины в Армении носит название Сардарабадской степи, восточная — Араздаянской. Общие характерные черты района следующие (Галстян, Ротинян, Захаров и др.).

В южной части долина сложена аллювием, в северной про­лювиальными выносами гор (рис. 122).

Аллювий Аракса чрезвычайно пестр по механическому составу в горизонтальном и вертикальном направлениях и включает в себя как тончайшие глины, так и прослойки галечников и песков. Выносы горных протоков легкосупесчаного или легкосуглинистого характера сохранились, повидимому, только в своих верхних частях. Исключением является р. Занга, отлагающая мелкие на­носы.

В Сардарабаде аллювий подстилается в разных местах от поверхности до глубины 10—13 м базальтами и туфами, в Араз- даяне же коренные породы не обнаружены даже на больших глу­бинах.

Грунтовые воды наиболее высоки в низовьях рр. Занги, Кара-Су и в Араздаяне. Они непосредственно влияют на почвообразование. В Сардарабаде грунтовые воды залегают обычно глубже 3—5 м, но при орошении часто поднимаются.

Минерализация грунтовых вод незначительна (1—5 г/л) и только по Кара-Су и в Араздаяне содержание солей достигает 50 г и более на литр.

На основе гидроизогипс можно заключить, что обеспеченный водоотток имеет место на пролювиальных крутых склонах, в низ­менности же он сильно ослаблен и недостаточен для регулирова­ния влияния поверхностных вод.

В почвенном покрове на аллювии господствуют гидроморфные разности.

На пролювии почвы принадлежат к сероземному или бурому типу, но они сильно изменены орошением.

Иногда почвы солонцеваты и из них выщелочены даже кар­бонаты.

Гидроморфные разности господствуют всюду и залегают сплош­ными массивами в Араздаяне и низовьях Кара-Су — Занга. В состав их входит большой комплекс болотно-луговых почв, влажно-луговых и солончаков, часто содовых.

Для примера приведем анализы почв двух разрезов из района Кара-Су и Араздаяна (табл, 201),

Таблица 201

Содержание воднорастворимых солей **(в процентах)** в образцах почв из района Кара-Су и Араздаяна (С. А. Захаров)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер и местоположение разрезов** | **Глубина (в см)** | | **Сухой**  **остаток** | **НСОг,** | **N3,00,** | **С1'** | **80\*** |
| **№ 34/2. В 1 км западнее** | **0-** | **-5** |  | **1,439** | **1,019** | **0,993** | **0,526** |
| **сел. Сарванляр, район** | **5-** | **-10** | —. | **0,321** | **0,176** | **0,346** | **0,020** |
| **Кара-Су** | **10-** | **-20** | **—** | **0,186** | **0,119** | **0,143** | **Следы** |
| **№ 33. В 2 км на юг от** | **0-** | **\_2** | **1,75** | **0,177** | **0,064** | **0,719** | **0,748** |
| **ст. Арарат, на пологом** | **2-** | **-17** | **1,12** | **0,192** | **0,045** | **0,221** | **0,299** |
| **склоне (Араздаян)** | **20-** | **-40** | **0,71** | **0,120** | **0,019** | **0,149** | **0,202** |
| **40-** | **-70** | **0,42** | **0,0085** | **Нет** | **0,067** | **0,115** |

Несмотря на неполноту анализа, можно допустить, что мы имеем дело с резко выраженными натриевыми солончаками. Этот тип засоления, повидимому, чрезвычайно широко развит в Ар- мении.

Одной из причин является, повидимому, то, что материал для почвообразования получается в значительной части из малокар­бонатных изверженных пород, богатых щелочными металлами. В Армении зарегистрированы случаи поливных почв, совершенно бескарбонатных на глубину 1—1,5 м.

При естественном выщелачивании натриевых солончаков опи­санного выше типа следует ожидать формирования солонцов. И действительно, в почвенном покрове Армении широко развиты хорошо выраженные структурные солонцы.

При искусственном мелиорировании таких солончаков (при промывках) для избежания солонцового процесса следует приме­нять химизацию, т. е. внесение гипса, серы и т. д.

Местное население иногда осваивает такого рода солончаки небольшими площадями, применяя для этого многолетние промывки (эти почвы носят название «бозе»). Повидимому, мелиорация осу­ществляется здесь за счет углекислого кальция почвы и араксин- ской воды. Этим и следует объяснить, почему промывка требует ряда лет, несмотря на то, что общее количество солей здесь неве­лико.

Точного учета всех засоленных земель в Армении нет, по ориен­тировочным же данным из общего земельного фонда, исчисляемого 360 тыс. га (включая Большой Сардарабад), нуждаются в мелио­рации (устранение засоленности и заболоченности) около 11% земель.

В отношении динамики засоления мы располагаем следующими отрывочными сведениями: в 1896 г. орошаемая площадь Араз­даяна равнялась 6 тыс. га, в настоящее же время площадь соста­вляет 2,5 тыс. га, остальная площадь выпала из-за засоления. В районе Малый Эвджиляр, по регистрации 1927 г., отмечено сокращение орошаемой площади вследствие засоления с 500 до 64 га.

В ряде других случаев выпадение площадей регистрируется качественно, но не может быть выражено цифрами.

Учитывая все изложенное и особенно гидрогеологическую обстановку аллювиальной части Ереванской котловины, следует признать необходимость проведения здесь мелиоративных меро­приятий, направленных на рёгулирование уровня грунтовых вод. Совершенно актуально стоит также задача борьбы с солонцовыми процессами.

Зона пролювиальных отложений, повидимому, совершенно безопасна в солевом отношении, а мелиоративные трудности воз­никают лишь в силу рыхлости, а иногда каменистости этих отло­жений (так называемые киры).

Что касается Нахичеванской АССР, то засоление здесь развито, повидимому, слабо и приурочено к местам выходов соленосных третичных глин.

Предисловие 3

Введение 7

*ЧАСТЬ ПЕРВАЯ*

ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ. ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

ПОЧВЫ

**Глава** I. Почвообразование 9

Выветривание 9

Гумус почвы 21

[**Глава** II. Физические свойства почвы 25](#bookmark8)

Морфология почв 25

Удельный вес почв 29

Объемный вес почв 29

Порозность, или скважность, почв 30

Гранулометрический (механический и агрегатный) состав почв 36

Тепловые свойства почв 53

Пластичность, клейкость и связность почв, пределы текучести **....** 54

Водные, свойства почв 55

**Глава III.** Химические свойства почвы 87

Засоленные почвы, или солончаки 87

Происхождение солей и процессы образования засоленных почв . 97

Засоление почв при орошении и осушении 106

Влияние засоления на физические свойства почв 116

Предупреждение засоления почвы 120

Промывка засоленных почв 122

Поглотительная способность почв и ее виды 146

Солонцы 165

Происхождение солонцов 178

Мелиорация солонцовых почв 180

Солонцовые явления при промывке натриевых солончаков 195

Солонцовые явления в почвах при орошении солеными водами 219

Искусственное солонцевание каналов и водохранилищ 220

**Глава** IV. Микробиологические процессы в почве и их регулирование 232

Разложение органических веществ в почве и образование углекислоты 233

Круговорот азота 238

Частичная стерилизация почв . . « „ г „ 253\*

***часть вторая:***

МЕЛИОРАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННЫХ ВОН  
И ОТДЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

**Глава V.** Типы почвообразования и классификация почв 250

**Глава** VI. Зоны подзолистого и болотного типов почвообразования 204

Северная подзолисто-болотная зона 204

Подзолообразовательный процесс; подзол и его характеристика . . 207

Дерновый процесс и дерново-подзолистые почвы 271

Почвы болотного типа почвообразования 273

Строение и почвенный покров речных долин 288

Мелиорация подзолистых и заболоченных минеральных почв ... 201

Барабинская низменность (Бараба) 302

Колхидская низмепность 308

Почвенные исследования, необходимые для проектирования и эксплуа­тации осушительных систем 312

**Глава VII.** Зоны степного, солонцового и солончакового типов почвообразования 314

Черноземная зона 315

Каштаново-солонцовая зона 322

Сероземно-солончаковая зона 347

Закавказье 411

Бассейн рр. Куры и Аракса 411

Ереванская котловина и Нахичеванская АССР 435

Розов Лев Парменович.  
«Мелиоративное почвоведение».

Редактор Е. Г. Корейшо.

Художник Я. И. Крылов.  
Художественный редактор Я. М. Хохрина.  
Технический редактор А. Ф. Федотова.  
Корректор Е. Я. Янковская.

\* \* \*

Сдано в набор 18/1У 1956 г. Подписано к пе-  
чати 5/1Х 1956 г. Т-07594. Бумага 60Х92»Лв. Печ.  
л. 27,5 ^-5 вил. Уч.-изд. л. 28,55. Тираж 7000 экз.  
Заказ № 1048. Цена 8 р. 65 к.

\* \* \*

Сельхозгиз, Москва, Б-С6, 1-й Басманный пер., д. 3.

Министерство культуры СССР. Главное  
управление полиграфической промышленности.  
2-я типография «Печатный Двор» имени  
А. М. Горького. Ленинград, Гатчинская, 26.

,

1. В определение «почва» автор, кроме общепринятого понятия о почве, включает материнскую породу. — Ред. [↑](#footnote-ref-1)
2. В процессе почвообразования, кроме . выветривания, ведущая роль принадлежит биологическим факторам. — Ред. [↑](#footnote-ref-2)
3. Понятие о структуре почвы, данное Л. П. Розовым, в значительной море отличается от определения других авторов. По Вильямсу, принципи­ально отличается лишь комковатое (структурное) и раздельночастичное (бес­структурное) состояние почвы.

   Комковатое, структурное, состояние, когда масса почвы разделена на отдельные комки диаметром от 1 до 10 мм, залегающие более или менее рых­лым слоем; раздельночастичное, бесструктурное, когда отдельные слагаю­щие частички не соединены в комочки и залегают сплошной массой на всю глубину пахотного слоя.—Ред. [↑](#footnote-ref-3)
4. В агрономической практике агрегаты размером от 0,25 до 5—10 мм называют структурными элементами; они обычно придают почве наилучшис агрономические свойства. Агрегаты мельче 0,25 мм называют микроагрега­тами; их агрономическая ценность оказывается в ряде случаев недостаточ­ной. — Ред, [↑](#footnote-ref-4)
5. Величина коэффициента завядания несколько меньше максимальной молекулярной влажности и составляет примерно от 1,3 до 1,5 максимальной гигроскопичности почвы. — Ред. [↑](#footnote-ref-5)
6. После дождей, весеннего снеготаяния, а также поливов, в почве может находиться, кроме указанных форм, гравитационная вода. — Ред. [↑](#footnote-ref-6)
7. Подробно с современными взглядами на явления переноса влаги в коллоидно-капиллярно-пористых телах, каким является почва, можно ознакомиться по книге А. В. Лыкова «Явления переноса в капиллярно- пористых телах», М., 1954. —Ред. [↑](#footnote-ref-7)
8. После дождей, весеннего снеготаяния, а также поливов, в почве может находиться, кроме указанных форм, гравитационная вода. — Ред. [↑](#footnote-ref-8)
9. Подробно с современными взглядами на явления переноса влаги в коллоидно-капиллярно-пористых телах, каким является почва, можно ознакомиться по книге А. В. Лыкова «Явления переноса в капиллярно- пористых телах», М., 1954. —Ред. [↑](#footnote-ref-9)
10. Необходимо иметь в виду, что капиллярное движение жидкости может осуществляться в почве не только при впитывании, конденсации и испарении, но также в результате нагревания ее. Движение в этом случае происходит по направлению потока тепла и вызывается изменением капиллярного потен­циала от температуры, поскольку с повышением температуры коэффициент поверхностного натяжения уменьшается. Такое движение влаги находит отражение в суточном изменении влажности почвы, что, например, отмечено в работах Крымской опытной станции (Д. Н. Ончуков). — Ред. [↑](#footnote-ref-10)
11. Нередко выделяют также максимальную молекулярную влагоемкость, понимая под этим количество воды, которое может быть удержано в почве молекулярными силами притяжения. Термин введен А. Ф. Лебедевым. Пред­ложенные, однако, им методы определения этой величины (метод центрифуги, метод высоких колонн и метод пленочного равновесия) в большинстве не по­зволяют получить величины, которая соответствовала бы указанному опре­делению максимальной молекулярной влагоемкости, в силу чего величина последней является условной. — Ред. [↑](#footnote-ref-11)
12. Соли обычно перераспределяются в слое почвы во много раз большей толщины. — Ред. [↑](#footnote-ref-12)
13. Эти данные относятся ко времени, когда еще не было построено Весе- ловское водохранилище. В настоящее время содержание солей в воде указан­ных рек уменьшилось до 1 г на 1 л. — Ред, [↑](#footnote-ref-13)
14. Достаточная эффективность мелкого дренажа может быть достигнута при наличии глубокой коллекторной сети, которая будет понижать уровень грунтовых вод до проектной глуоины и таким образом препятствовать возник­новению засоления за счет капиллярных токов грунтовой воды. — Ред. [↑](#footnote-ref-14)
15. Неполярной адсорбцией называют поглощение целых электронейтраль- ных молекул вещества; при полярной адсорбции адсорбируемым веществом являются электрически заряженные ионы. [↑](#footnote-ref-15)
16. Изотермой адсорбции вообще называют уравнение Т --/\* (С), т. с. кривую зависимости количества адсорбированного вещества (Т) от концен­трации раствора (С) при постоянной температуре (г). Концентрация здесь и везде ниже исчисляется в молях. Молярной концентрацией называют такой раствор, в литре которого находится 1 г-молекула (или моль) вещества, т. е. столько граммов, сколько единиц в молекулярном весе данного вещества. [↑](#footnote-ref-16)
17. Биологическое поглощение вызывается жизнедеятельностью расте­ний и микроорганизмов, которые, усваивая из почвы легкоподвижные вещества, переводят их в вещества своего тела и тем предохраняют от вымывания. Помимо того, растения, пронизывая корнями глубокие слои почвы и поглощая вещества пищи, откладывают их в виде органического вещества в более верхних горизонтах, обогащая их. Исключительно велика роль биоло­гического поглощения в сохранении и накоплении азота в почве, осуще- ствляемых азотфиксирующими микроорганизмами. — Ред, [↑](#footnote-ref-17)
18. 1 акр = 0,4 га. [↑](#footnote-ref-18)
19. 1 фут « 30 см. [↑](#footnote-ref-19)
20. Анализ **в** апреле 1921 г, характеризует исходное состояние почвы. [↑](#footnote-ref-20)
21. Анализы в мае 1922 г. характеризуют исходную почву. [↑](#footnote-ref-21)
22. Образцы с делянки 14 взяты в декабре 1927 г. [↑](#footnote-ref-22)
23. Первое внесение гипса после уборки ячменя в 1920 г. [↑](#footnote-ref-23)
24. Внесено после укоса ячменя в 1921 г. [↑](#footnote-ref-24)
25. Урожай получен за один укос в сентябре. [↑](#footnote-ref-25)
26. Ячмень на сено. [↑](#footnote-ref-26)
27. На 60-й день после обработки. [↑](#footnote-ref-27)
28. Применение правильной агротехники обеспечивает, как показывает, например, опыт Т. С. Мальцева, не только сохранение, но и увеличение количества органического вещества и гумуса в почве и повышение ее плодо­родия. — Ред. [↑](#footnote-ref-28)
29. Под нитрификацией принято понимать переход аммиака в соли азотной кислоты. Процесс же разложения азотистых органических веществ с выде­лением аммиака носит название аммонификации. — Ред. [↑](#footnote-ref-29)
30. Ведущая роль в образовании почвы принадлежит биологическому фактору — растительности. — Ред. [↑](#footnote-ref-30)
31. Площадь различных почв приведена по данным 1947 г. (акад. Л. И. Пра­солов). — Ред. [↑](#footnote-ref-31)
32. Глсеобразование представляет биохимический восстановительный про­цесс, протекающий в результате жизнедеятельности анаэробных микроорга­низмов. — Ред. [↑](#footnote-ref-32)
33. Почвы подзолистого типа чаще подразделяют на следующие четыре вида: дерново-слабонодзолистыс, дсрново-среднеподзолистые, дсрново-сильно- подзолистые и подзолы. — Ред. [↑](#footnote-ref-33)
34. Верховодка не всегда ведет «к заболачиванию всей почвы». Этого нс происходит, например, если ее горизонт лежит значительно ниже корне- обитаемого слоя. — Ред, [↑](#footnote-ref-34)
35. Сток воды в неглубокие впадины способствует образованию болот, происходящему в особых условиях почвообразования. — Ред. [↑](#footnote-ref-35)
36. Повышенное увлажнение создается здесь не только за счет задержки поверхностного стока, но и вследствие выхода грунтовых вод на поверх­ность. — Ред. [↑](#footnote-ref-36)
37. Мощность водораздельных торфяников описанного типа обычно нс бывает более 2—3 м. Торфяники на водоразделах, возникшие за счет зараста­ния озера, могут иметь мощность до 5—6 м и более. — Ред. [↑](#footnote-ref-37)
38. Белорусские низинные болота существенно отличаются по составу растительности от болот РСФСР. Зольность последних выше и достигает 40% и более, степень разложения залежи также. Это определяет меньшее значение их как топливного фонда и большее как сельскохозяйственных угодий. Так. при зольности 7—8% болота еще могут использоваться в качестве топливной базы, а при зольности от 15—20% и выше используются только как сельско­хозяйственные угодья. — Ред, [↑](#footnote-ref-38)
39. Многолетними исследованиями на Кировской, Минской, Московской и других болотных станциях установлено, что глубина залегания грунтовых вод от поверхности на орошаемых торфяниках в период от начала весенних и до конца осенних полевых работ не должна быть менее 40—50 см. Наивыс­шие урожаи культур обеспечиваются при залегании грунтовых вод в среднем за вегетацию на глубине 120—140 см. — Ред. [↑](#footnote-ref-39)
40. Целесообразно аккумулировать талые и ливневые воды в глубоких горизонтах почвы путем рыхления подпочвы, кротования и пр., сбрасывая лишь избыточную воду. — Ред. [↑](#footnote-ref-40)
41. Исследованиями, проведенными ВНИИГиМ в течение ряда лет, уста­новлено, что при осушении болот Барабинской низменности необходимо обес­печить максимальное использование всех пресных вод для нужд сельского хозяйства.

    Наилучшим способом осушения является устройство редкой сети кана­лов в сочетании со щелевым и-кротовым дренажем.

    Освоение мелких засоленных торфяников должно осуществляться путем проведения безотвальной пахоты по методу Т. С. Мальцева, фрезерования торфа в 1—2 следа и прикатывания, после чего производится посев культур.

    Применяя этот способ, колхозы получают высокие урожаи зерновых, овощных культур и трав. — Ред. [↑](#footnote-ref-41)
42. В глинистых заболоченных почвах может удовлетворительно действо­вать только густая дренажная сеть. Редкая же сеть не обеспечивает свое­временного удаления избыточных вод. — Ред, [↑](#footnote-ref-42)
43. В настоящее время в указанных зонах осуществляется строительство крупных гидроэлектростанций, на базе которых значительно расширяются площади орошаемых земель (Цимлянская ГЭС, Каховская, Куйбышевская, Сталинградская и др.). — Ред. [↑](#footnote-ref-43)
44. Наличие повышенного уровня пресных вод в балке свидетельствует не о напорных водоносных горизонтах, а об обычном для степи залегании пресных вод в виде повышенных пресных линз над центрами инфильтрации депрессиями (балками, впадинами, блюдцами). — Ред. [↑](#footnote-ref-44)
45. Различают несколько разновидностей сероземов — светлые, типичные, темные, структурные и т. д. — Ред. [↑](#footnote-ref-45)
46. Автором приводятся данные по состоянию на 1941 г. — Ред. [↑](#footnote-ref-46)
47. Автор не учитывает применение новой техники орошения, планировку полей, введение правильных севооборотов с многолетними травами и высокую агротехнику, которые позволяют (как, например, в совхозе Пахта-Арал) повысить к. з. и. до 90% и получать высокие урожаи хлопчатника. — Ред. [↑](#footnote-ref-47)
48. Здесь автор не соблюдает принципа дифференцированного подхода к различным массивам с учетом природных и хозяйственных условий. — Ред. [↑](#footnote-ref-48)
49. По последним данным, при промывке почв на Мугани наблюдаются яв­ления солонцеватости, что снижает фильтрационную способность почв. — Ред. [↑](#footnote-ref-49)
50. Следует учесть, что в отличие от других районов Кура-Араксинской низменности грунты на джафарханском дренажном участке обладают высокой фильтрационной способностью. Коэффициент фильтрации здесь достигает 10—15 м/сутки, в то время как в других районах он не превышает 0,5—3 м/сутки. —Ред. [↑](#footnote-ref-50)