В. М. ЛЕГОСТАЕВ

МЕЛИОРАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

ГОСИЗДАТ УзССР

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ХЛОПКОВОДСТВА (СоюзНИХИ)

В. М. ЛЕГОСТАЕВ

МЕЛИОРАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО УЗБЕКСКОЙ ССР
Ташкент — 1959

„Коль не знаешь поля,
Где ты сеешь семя,
Вырастет лишь горе,
Труд погибнет, время"
(из песни старых переселенцев.)

ВВЕДЕНИЕ

Неустанная забота о благе народа, непрерывное стремление максимально удовлетворить все возрастающие потребности советских людей, укрепление могущества нашей Родины — есть закон, которому неуклонно следуют во всей своей деятельности Коммунистическая партия и Советское правительство.

Решения XIX и XX съездов КПСС, сентябрьского, февральско-мартовского и июньского Пленумов ЦК КПСС направлены на значительное увеличение выпуска сельскохозяйственной продукции для населения и сырья для промышленности.

Выполнения поставленной задачи можно достигнуть дальнейшим повышением урожайности на освоенных почвах и вовлечением в сельскохозяйственный оборот новых, ныне пустующих, земель.

Высокая оснащенность сельского хозяйства республики почвообрабатывающими, землеройными и другими машинами и орудиями, полное удовлетворение вновь освоенных площадей минеральными удобрениями и поливной водой гарантируют своевременное выполнение поставленных Коммунистической партией и Советским правительством задач по дальнейшему увеличению орошаемых площадей и подъему урожайности.

Во всех республиках СССР имеются свободные земли, не используемые в земледелии по различным причинам.

Разница заключается лишь в том, что в одних районах таких земель больше, а в других меньше; в одних они легко осваиваются, а в других могут быть освоены после проведения соответствующего комплекса мелиоративных, гидротехнических и организационных мероприятий. Земель, которые не могли бы быть освоены и не давали бы обильные урожаи, вообще нет. Примером этому может служить освоение под сельскохозяйственные культуры оз. Абукир в Египте. Воду его откачали в Средиземное море, дно дренировали и промыли от солей. Упорным трудом голландский народ отвоевывает землю у моря, осушает и использует ее для земледелия.

Для расширения орошаемых площадей в республиках Средней Азии и Казахстана может быть найдено необходимое количество оросительной воды.

Значительные водные резервы таятся в каждой ирригационной системе. При существующем состоянии оросительной сети и ее эксплуатации примерно 40 — 50% воды теряется по пути следования от основного источника орошения до полей. Только правильная эксплуатация оросительной сети, плановое водопользование во всех звеньях на системе в целом, согласно опытным данным СоюзНИХИ и практики передовых колхозов и совхозов, дает экономию воды до 20% и выше даже без существенного переустройства оросительной сети.

Паводковые воды рек снегового и ледникового типов питания не используются в должной мере для нужд земледелия. Водохранилищами можно регулировать сток. На некоторых ирригационных системах Средней Азии эти работы полностью или частично уже проведены.

В первоочередном и полном зарегулировании стока источников снегового типа питания нуждаются реки: в Узбекистане — Ангрен, Кашка-Дарья, Сурхан-Дарья, Падша-Ата; в Казахстане — Арысь, Бугунь и другие; в Туркмении — Мургаб, Теджен и некоторые речки, стекающие с Копет-Дага. До зарегулирования стока вод этих рек, паводки их должны и могут быть использованы на посевах зерновых озимых (вегетационный период которых заканчивается к моменту прохождения паводков) и полубогарного хлопчатника (высеваемого на так называемых условнополивных землях). Площади, отводимые под посев полубогарного хлопчатника, в период паводков должны быть увлажнены до предельно-полевой влагоемкости на глубину до 2 м и более. После прохождения паводков хлопчатник на таких площадях получает воду в зависимости от наличия ее в источнике. Двухлетние опыты СоюзНИХИ, проведенные в менее благоприятных метеорологических условиях Туркмении, показали, что на фоне высокой агротехники хлопчатник при одном поливе до цветения дал урожай 7,0 ц/га; при двух поливах до цветения и без полива в период цветения — 10,3; при двух поливах в период прохождения паводков и одном поливе в период цветения — 14,5, а при двух поливах до цветения и двух в фазу цветения — 22,9 ц/га.

Для увлажнения почвы на большую глубину на посевах полубогарного хлопчатника или других культур в районах с глубоким залеганием грунтовых вод поливы в период прохождения паводков должны быть обильными — 1500 — 2500 м³/га. Этим мероприятием создается запас влаги в 2—3-метровой толще почвы и грунтов, который используется во второй период вегетации, когда воды в системе недостаточно. Создавать запасы почвенной влаги на таких системах необходимо с осени с тем, чтобы полностью использовать воды свободного стока

рек. В дальнейшем необходимо принять меры к наилучшему сбережению накопленной влаги в почве, путем своевременных послеполивных обработок.

На реках ледникового типа питания, с паводками, проходящими в период июня, июля и августа, незарегулированные в водохранилищах излишки воды следует использовать на поливы летних или повторных культур.

Борьба с потерями воды в оросительной сети всеми доступными способами, включая сюда и применение одежд каналов, полное зарегулирование водохранилищами свободного стока оросительных систем, значительно повысит водообеспеченность орошенных и вновь осваиваемых земель.

Повышение плодородия почв внедрением травопольной системы земледелия, применением органо-минеральных удобрений, улучшением техники полива и применяемой агротехники — также высвободит некоторое количество оросительной воды, которая может быть использована на увеличение орошаемых площадей. Большие резервы в этом отношении кроются в усовершенствовании существующей техники полива, введении круглосуточных поливов и бережном использовании воды на протяжении всего года.

Кроме того, надо широко использовать подземные воды на орошение сельскохозяйственных культур, промывку земель от засоления и водоснабжение населения.

В ближайшие годы нужно полностью ликвидировать засоления почв с тем, чтобы в будущем обходиться без промывных поливов. Воду, расходуемую в настоящее время на промывку засоленных земель, можно будет направлять в водохранилища и в дальнейшем использовать на орошение сельскохозяйственных культур в вегетационный период. Если бы всю ту воду, которую ежегодно расходует Бухарская область на промывные поливы направить в водохранилища, то ею дополнительно можно было бы оросить площадь в 35 — 40 тыс. га хлопчатника и люцерны.

Излишек воднонерастворимых солей в корнеобитаемом слое почвы угнетает растения, намного удлиняет их вегетационный период, снижает качество урожая, уменьшает или даже полностью ликвидирует эффективность минеральных и органических удобрений. Поэтому без принятия немедленных мелиоративных мер произойдет дальнейшее засоление или заболачивание почв.

Чтобы избавиться от засоления, должен быть проведен такой комплекс мелиоративных мероприятий, который дает возможность любые неблагоприятные почвенные, гидрогеологические, гидрологические и метеорологические условия решительным образом переделать в нужном направлении.

Избыток почвенных солей можно удалить только промывными поливами, по хорошо подготовленным для этого участкам, на фоне дренажа или без него.

На землях, подверженных засолению, когда коэффициент земельного использования будет превышать 20 — 30%, ведение орошаемого земледелия и проведение промывных поливов без дренажа затруднительно или даже невозможно.

Для увеличения эффективности промывного действия воды, особенно вновь осваиваемых сильнозасоленных земель, кроме постоянного дренажа, должен в широких масштабах использоваться временный дренаж, нарезаемый на поливных участках современными орудиями перед промывкой и заравниваемый перед весенними посевами.

На почвах, подверженных засолению, всегда наблюдается пятнистость полей с неравномерной густотой стояния и различным развитием растений.

В Хорезмской, Бухарской, Ферганской областях Узбекистана, в Кара-Калпакии, Казахстане, Туркмении и Азербайджане пятнистость отдельных участков достигает 30% и более. Ликвидация пятнистости обеспечит полноценную густоту стояния растений на поле и даст хорошую прибавку урожая на этих полях.

Пятнистость полей вызывается не только засолением почв, но зачастую и недостатками применяемой агротехники.

Выровнивание площадей — планировка, для которой имеются мощные и совершенные орудия, может значительно способствовать ликвидации пятнистости. Опыт передовых хозяйств подтвердил, что только на спланированных площадях достигается высокая эффективность всех мероприятий по освоению новых и профилактике староорошаемых земель при наименьших затратах на них поливной воды и труда. Поэтому планировка полей относится к таким мелиоративным мероприятиям, без выполнения которых освоение особенно засоленных земель бывает сильно затруднено или невозможно.

Полное своевременное и высококачественное выполнение всех мелиоративных мероприятий намного повысит количество выпускаемой сельскохозяйственной продукции.

Значительная часть площадей, предназначаемых для орошения в ближайшие годы, в том числе и площади, орошаемые гидротехническими узлами Волги, Дона, Днепра, подвержены засолению или заболачиванию.

Если своевременно не принять соответствующих мелиоративных мероприятий и допустить засоление или заболачивание почв, то они принесут большой ущерб нашему государству.

В целях избежания засоления или заболачивания почв необходимо изменить природные условия. Изменением этих условий и занимается наука — мелиорация.

Советской мелиоративной науке известны методы и средства, позволяющие в любых природных условиях предупредить засоление или заболачивание почв, а там, где оно почему-либо уже возникло, навсегда избавиться от него применением требуемого комплекса мелиоративных мероприятий.

ГЛАВА 1

ПЕРВОИСТОЧНИКИ СОЛЕЙ, ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ В ПОЧВЕ

В земной коре насчитывается около 2000 минералов.

Первоисточник всего многообразия минералов — это магма и газообразные выделения из недр земли. Атмосфера представляет собою источник для образования лишь некоторых минералов, содержащих соли азотной, азотистой кислот и незначительного количества минералов, содержащих угольную кислоту.

Продукты распада основных горных пород при их выветривании дают те элементы и соли, которые участвуют в дальнейшем в почвообразовательных процессах и в засолении почв.

Горные породы и минералы, их слагающие, разрушаются в поясе выветривания земной коры под действием физических и биохимических факторов, возникающих в окружающей их среде. Температура, вода и ветер разрушают горные породы.

Под воздействием физических сил, разрушающих горные породы, химический состав их не нарушается, но очень облегчается перераспределение продуктов разрушения по поверхности земли. Продукты разрушения горных пород переносятся водой или ветром из одной части территории в другую и отлагаются иногда на значительном расстоянии от места их образования.

Процессы биохимического разрушения горных пород изменяют и химический состав первоначального минерала; образуются новые минералы, породы или грунты. Оба процесса (физическое и биохимическое разрушение горных пород) взаимно связаны между собою — один процесс дополняет другой и оба вместе ускоряют разрушение горных пород и образование новых пород или грунтов из продуктов выветривания.

В атмосферных осадках, выпадающих на земную поверхность, в некоторых количествах содержится растворенный кислород, угольная, азотная и азотистая кислоты и другие вещества, имеющиеся в атмосфере. В атмосферу некоторые из этих

веществ попадают при извержении вулканов, газовых выделений из недр земли, разложении и горении органических веществ, грозовых явлениях и др.

Атмосферная вода при контакте ее с поверхностью земли, хотя и в незначительных количествах, но все растворяет и разрушает. Растворяющая способность воды повышается от присутствия в ней кислот. Чаще всего это H_2CO_3, H_2S и различные сложные органические кислоты, которыми вода обогащается по пути своего движения в земной коре. От действия такой воды на минералы происходит выщелачивание одних и окисление других. Все то, что переходит в раствор — уносится надземными и подземными токами воды, отлагается в новых местах и служит источником образования новых продуктов.

Живые организмы вызывают биогенные процессы разрушения горных пород. В состав каждого живого организма входят: углерод, водород, кислород, фосфор, сера и другие элементы. Все элементы, необходимые для существования того или иного живого организма, добываются им из окружающей его среды (земли, воды и воздуха). При этом происходят сложные биохимические реакции, которые ускоряют процессы разрушения основных пород, переводят их в другие, более легко растворимые соединения и т. д.

Образующиеся при жизни и особенно при отмирании организмов органические кислоты способствуют растворению и выщелачиванию других элементов. Превращение органических тканей в минеральные соединения происходит при участии микроорганизмов, грибов и отчасти водорослей.

Мигрируют продукты распада в природе в виде растворимых солей: хлоридов — NaCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$, KCl; сульфатов — Na_2SO_4, $MgSO_4$, K_2SO_4; карбонатов — Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $KHCO_3$ и в виде менее растворимых солей — $MgCO_3$, $CaCO_3$ и других солей слабых кислот.

Некоторые перечисленные выше химические соединения весьма токсичны для сельскохозяйственных растений.

Проследим, откуда же могли появиться те элементы, которые, участвуя в почвообразовательных процессах, зачастую в определенных природных и хозяйственных условиях вызывают их засоление.

Основные элементы продуктов распада горных пород, химические соединения которых в дальнейшем участвуют в засолении почв, следующие.

Кальций (Ca). В земной коре Ca содержится 3,25%. Он весьма распространенный элемент и входит в состав свыше 300 минералов, то есть в 15% всего числа их. Кальций входит в состав авгитов, роговых обманок, плагиоклазов, базальтов, габрро, перидотитов и пр.

Главнейшие соединения кальция — соли $CaCO_3$ и $CaSO_4$. Обе эти соли в воде плохо растворимы и в природе дают значи-

тельные отложения продуктов выветривания в виде кальцитов, известняков, мергелей, гипсов и т. д. В редких случаях в отложениях накапливаются соли $CaCl_2$.

Перераспределению солей кальция в природе с образованием новых минералов способствуют растительный и животный мир. Соли кальция непрерывно извлекаются живыми организмами из окружающей их среды и затем отлагаются вновь в виде органогенных осадков. В живых организмах кальций чаще всего встречается в виде углекислых солей, образующих скелеты, и входит в состав некоторых белков. Элемент этот необходим для создания клеточных стенок растений. Он участвует также в нейтрализации органических кислот. При недостатке кальция в почве наступает расстройство физиологических функций растений—они приобретают светлую окраску и нездоровый вид.

Магний (Mg). Магния в земной коре содержится 2,35%. Он входит в состав, примерно, 200 минералов. Из общего числа минералов, содержащих магний, около 50% приходится на осадочные породы, 40% — на минералы основных изверженных пород и 10% — на магнезиальные минералы, образующиеся в контактных зонах земной коры.

В биохимических процессах роль магния относительно слаба. Наиболее подвижные формы солей магния образуются при выветривании магнезиальных минералов: биотитов, оливинов, амфибионов, пироксенов, авгитов и др.

Почвы, содержащие значительное количество обменного магния, имеют неблагоприятную структуру и плохие водно-физические свойства. В настоящее время известно, что функция магния в растениях сводится к образованию хлорофилла (центральной части молекул). Магний способствует усвоению растениями фосфора. В литературе имеются указания, что фосфор передвигается в растениях в виде магниевых соединений.

Натрий (Na). Натрия в земной коре содержится 2,4%. Известно около 150 минералов, содержащих натрий; из них 30% относится к осадочным образованиям и 70% — к магматическим или термальным.

Основной (исходный) минерал, в состав которого входит Na — весьма распространенный известково-натриевый полевой шпат — плагиоклаз, представляющий собой ряд изоморфных смесей альбита ($Na_2Al_2Si_6O_6$) и анортита [Na ($Al\ Si_3O_8$)].

Выветривание основных горных пород, содержащих натрий, представляет собою первоисточник натриевых солей в земной коре. Вследствие большой растворимости соли натрия способны почти полностью выщелачиваться из первоначальных образований и переходить в растворы вод океанов, озер и бессточных равнин, где дают начало соединениям: NaCl, Na_2SO_4, Na_2CO_3, $NaNO_3$ и т. д.

Осаждаются эти соли из растворов при определенных концентрациях рассолов, возникающих под действием испарения, транспирации или вымораживания. Например, в Кара-Бугазском заливе летом, при температуре воды выше 18 — 20°, растворенные в ней сернокислые и хлористые соли Na и Mg далеки от стадии насыщения. В зимнее же время (ноябрь — март), когда температура воды понижается до 5,5° равновесие в растворе нарушается и на дно выпадает из раствора глауберовая соль ($Na_2 SO_4 \cdot 10 H_2O$), имеющая большое промышленное значение. То же самое происходит и в почвенных растворах в зимнее время.

Хлористые, сернокислые и углекислые соли натрия — главнейшие спутники засоленных почв.

Калий (К). Калия в земной коре содержится 2,35%. Он входит в состав 70 минералов, из которых: 10 галоидов, 30 силикатов и 25 фосфатов. Первоисточник калия — кислые магматические породы. Основные минералы, содержащие калий — это калийный полевой шпат — ортоклаз ($K_2 Al_2 Si_6 O_{16}$), мусковит [$H_2 KAl_3 (SiO_4)_2$] и др.

Натриевые и магниевые горные породы довольно распространенные, тогда как калиевые магмы редки и приурочиваются к немногим районам. Характер выветривания калийных и натриевых основных пород аналогичен; растворимость же этих двух элементов совершенно различна. При температуре от 30 до 100° соли калия более растворимы, чем соли натрия, но при температуре ниже 30° соли натрия более растворимы, чем соли калия. Поэтому соли калия в таких условиях легко выпадают из раствора. Кроме того, соли калия легко поглощаются коллоидальной частью почвы. В связи с этим происходит очень важная геохимическая реакция удержания солей калия почвенным покровом и особенно илом, вследствие чего до морских растворов доходит лишь 0,002% от исходного содержания его в породах. Например, в изверженных породах калия и натрия содержится почти одинаковое количество (Na_2O — 3,8% и K_2O — 3,2%), тогда как в морской воде KCl содержится только 0,06%, а NaCl — 3,5%, то есть почти в 60 раз больше, чем KCl.

В засолении почв в весьма подчиненном значении могут принимать участие следующие соединения калия: KCl, K_2CO_3, K_2SO_4 и KNO_3.

В солевых аккумуляциях калий встречается в виде двойных или тройных солей: глазерит ($3K_2SO_4\ Na_2SO_4$), карболит ($KCl\ MgCl_2$), биокаинит ($MgSO_4\ KCl \cdot 3H_2O$), полигамит ($2Ca\ SO_4 MgSO_4\ K_2SO_4 \cdot 2H_2O$).

Растения потребляют калия в бóльших количествах, чем азота или фосфора.

Калий необходим растениям для образования крахмала и синтеза хлорофилла.

Поэтому присутствие в почве достаточного количества калия способствует образованию более плотных тканей в растениях и частично противодействует вреду, причиняемому растениям разного рода болезнями.

Хлор (Cl). В земной коре хлора содержится 0,2%. Он входит в состав 50 хлоридных минералов, главнейшим представителем которых является хлорапатит [$Ca_5(SO_4)_3$ Cl], образующийся при магматической кристаллизации. При насыщении магмы щелочами значительное количество хлора фиксируется в щелочных породах, в группе содалита ($3Na_2$ Al_2O NaCl).

С вулканическими извержениями выделяется огромное количество хлора, образующего целый ряд хлористых соединений. Выветривание горных пород, содержащих хлор, освобождает его ион, который соединяется в дальнейшем главным образом с Na.

Все хлористые соединения в большинстве своем легко растворимы в воде, за исключением хлористых — серебра, свинца и одновалентной ртути.

Легкая растворимость соединений хлора обусловливает его значительную миграцию по земной поверхности и удаление от мест исходного образования. Из водных растворов в особых условиях в земной коре выпадают хлориды, вызывающие засоление почв.

Сера (S). В земной коре серы содержится 0,1%. Входит она в состав 615 серосодержащих минералов. В природе сера встречается в виде самородной, сульфидных, сульфатных и сульфоанионных (сульфосоли) соединений.

В массивно кристаллических породах сера находится главным образом в виде сульфидов (сернистых металлов). Под влиянием микроорганизмов и кислорода воздуха сульфидные соединения переходят в сернистокислые и сернокислые. Легкая восстанавливаемость последних вызывает процессы образования сульфидов, а легкая окисляемость сульфидов — образование самородной серы.

Таким образом, в коре выветривания получается как бы три самостоятельные группы этого элемента: металлическая сера, сульфиды и сульфаты. Сульфиды имеют менее устойчивый характер и легко могут переходить в различные соединения. Кислые сульфиды легко растворимы за исключением соединений со щелочными металлами. Из сульфатных соединений трудно растворимы соли кальция и легко растворимы соли магния, калия и натрия. В образовании солей серной кислоты в некоторых местах значительную роль играют природные выделения сернистого газа SO_2 и сероводорода H_2S, окисляемых в дальнейшем до серной кислоты с присоединением катионов.

Вследствие того, что сульфатные соединения менее растворимы по сравнению с хлоридными, они быстрее выпадают из растворов по сравнению с последними.

В живых организмах, в том числе и в растениях, сера необходима для образования белков; она же представляет собой один из основных компонентов в образовании аминокислот (цистеина и цистина).

Углерод (С). В земной коре углерода содержится 0,35%. В природе известно свыше 70 минералов, содержащих углерод. Соединения углерода имеются во всех зонах земли — начиная от нижних частей магмосферы до атмосферы включительно. Особенно большое значение углерод имеет в формировании живых организмов, поэтому в коре выветривания он — биогенный материал. Углерод дает чрезвычайно большое количество химических соединений с водородом. В свободном виде (как минерал) углерод встречается в трех формах: кристаллической (алмаз), скрытнокристаллической (графит) и аморфной (уголь и др.). Обладая высокой устойчивостью, углерод не может быть значительным источником углекислоты в коре выветривания. В атмосфере углекислоты содержится 0,03%, кислорода — около 21% и азота — 79%. В 1 л дождевой воды содержится растворимых газов примерно 27,04 см³, в том числе: угольной кислоты — 4,47, кислорода — 5,97 и азота — 16,6 см³. Несмотря на малое содержание углекислоты в атмосфере, количество ее в атмосферной воде приближается к кислороду. Это объясняется большой растворимостью угольной кислоты в воде. Вода, в которой содержится в растворенном виде угольная кислота, отличается значительной агрессивностью; она сильно повышает растворимость минералов, разрушает силикаты, углекислые минералы (кальциты, доломиты и пр.) и дает начало новым соединениям, содержащим углерод.

ГЛАВА 2

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ ПО ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Каждую реку Средней Азии можно разделить на две части: горную—водосборную и долинную (равнинную), где располагаются основные орошаемые площади. Размеры орошаемых площадей равнинной части зависят от наличия пригодной земли и количества оросительной воды.

В период массового таяния снега и прохождения дождей со склонов гор водосборной площади водой смываются продукты выветривания горных пород, частицы почвы, выщелачиваются содержащиеся в них соли. Все элементы выветривания по притокам попадают в основное русло реки и обогащают ее водой, наносами и растворенными солями.

Атмосферные осадки, выпадающие на водосборной площади, скатываясь по поверхности земли, не сразу и не полностью попадают в реку; часть их испаряется и транспирируется растениями, а часть просачивается в грунт и по подземным трещинам, мелким ходам и капиллярам движется под землей и выклинивается в понижениях и руслах рек в виде родников. Часть воды, просочившейся в глубокие слои грунтов, проходит дальше и служит одним из основных источников питания подземных вод равнины.

Вода атмосферных осадков, просочившаяся в грунт, встречает на своем пути различные горные породы, частично растворяет их и в какой-то степени насыщается солями. Чем больше на своем пути эта вода встретит растворимых горных пород и чем длиннее будет ее подземный путь, тем выше будет ее минерализация.

Таким образом, с водосборной площади, где непрерывно идет разрушение горных пород, так же непрерывно в равнинную часть поверхностной водой приносятся продукты разрушения (наносы) и некоторое количество солей, а просочившейся в грунт атмосферной водой (подземным потоком) из той же области в равнинную часть приносятся в растворе только соли.

В равнинной части, при выходе рек из гор, уклон местности резко уменьшается, зачастую река разбивается на мелкие, часто меняющие свое направление русла и рукава, или разбирается на орошение разветвленной сетью оросительных каналов. В связи с этим скорости течения в реке и ее ответвлениях уменьшаются и наносы — продукты разрушения горных пород, несомые рекой, начинают отлагаться. В начале русла отлагаются наиболее крупные части — валуны, булыжник, галька разных размеров, гравий и песок; мелкие частицы продуктов разрушения проносятся водой дальше и отлагаются в концевых частях реки и ее ответвлений. Вся та территория, на которой река отлагает несомые ею продукты разрушения горных пород, называется конусом выноса.

Если река не впадает в другую, более крупную реку, озеро или море, а разветвляясь, теряется на данной территории, то эту часть реки называют сухой дельтой.

Древний конус выноса той или иной реки бывает сверху покрыт слоем различной мощности более мелких частиц последующих выносов той же реки, так называемых аллювиальных и эоловых отложений.

Количество продуктов выветривания горных пород, выносимых рекой в равнинную часть, зависит от большого числа факторов. К главнейшим из них относятся: геологическое строение водосборной площади, уклон местности, водоносность реки, количество и интенсивность выпадающих атмосферных осадков и т. д.

Величина твердого стока и количество продуктов выветривания, выносимых рекой, достигает огромных размеров (табл. 1). Из приведенных примеров видно, что на водосборной площади идет непрерывное разрушение горных пород и грунтов; продукты этих разрушений транспортируются водой и ветром в другую часть земной поверхности, где так же непрерывно идет отложение продуктов выветривания и образование новых пород и грунтов (рис. 1). Например, в равнинной части

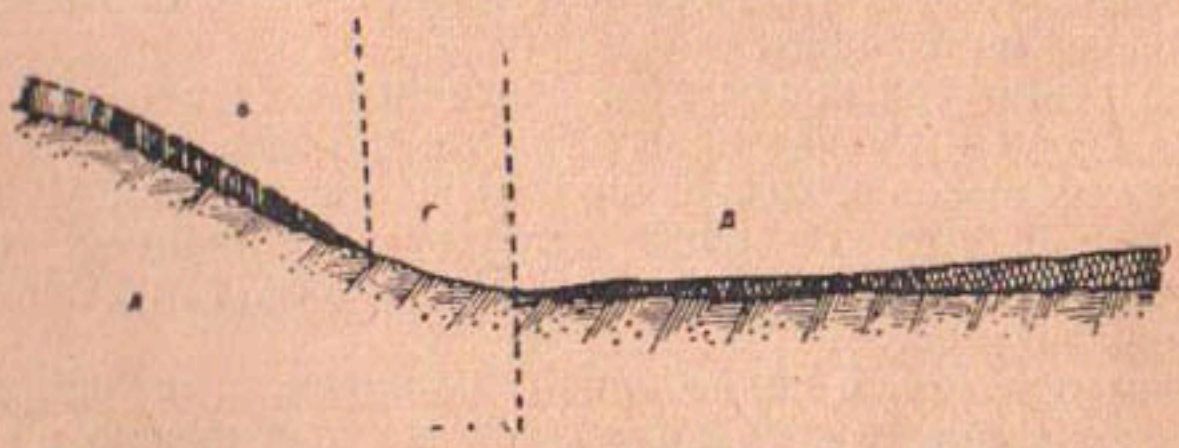

Рис. 1. Схема перераспределения продуктов выветривания по земной поверхности.

Условные обозначения: *А* — водосборная часть реки; *Б* — равнина; *В* — зона эрозии; *Г* — нейтральная зона; *Д* — зона отложения продуктов выветривания.

Таблица 1

Среднегодовое количество твердого стока по некоторым рекам

Река	Среднегодовой сток выноса, м³
Аму-Дарья	95 000 000
Сыр-Дарья	31 000 000
Или	17 250 000
Нарын	16 500 000
Чирчик	940 000
Чу	773 000
Талас	324 000
Арысь	432 000
Мургаб	7 000 000
Аракс	12 900 000
Волга	13 400 000
Дунай	58 500 000
Янцезианг	180 000 000
Инд	320 000 000
Нил	62 000 000

р. Сох только под современными отложениями галечников, выносимых рекой, занята площадь в 40 000 га.

Вследствие смыва, высота водосборной площади непрерывно понижается, а равнинная часть — повышается.

Скорость смыва (эрозия) водосборной площади ничтожна и различна у разных источников (табл. 2). Например, водосборная площадь Голубого Нила размывается почти в 40 раз быстрее, чем Белого.

Таблица 2

Скорость снижения водосборной площади источников

Река	Снижение поверхности бассейна на 1 *мм* происходит в течение лет
Аму-Дарья	6,1
Белый Нил	556
Голубой Нил	14
Эльба	59
Маас	37
Темза	61
Волга	140

Количество твердого стока в реке не остается постоянным, оно изменяется обычно прямо пропорционально расходу, т. е. в период прохождения паводков вода несет большее количество наносов, а в межень — меньшее.

Кроме твердого стока в равнинную часть поверхностной водой с водосборной площади каждой реки выносятся и растворенные в ней соли.

Несмотря на сравнительно низкую минерализацию воды большинства рек Средней Азии, они приносят в равнинную часть ежегодно большое количество солей, которые сносятся в моря или откладываются в толще грунтов сухих дельт (табл. 3.)

Таблица 3

Среднегодовой сток солей по некоторым рекам Средней Азии

Река	Гидрометрический пост	Среднегодовой сток солей, тыс. *т*
Аму-Дарья	Керкинский	23 060
Сыр-Дарья	Запорожский	6 620
Зеравшан	Дупулинский	1 128
Шахимардан	Паульганский	133
Исфайрам	Уч-Курганский	152
Теджен	Пульи-Хатунский	1 331

Аму-Дарья в своей дельтовой части только ниже Нукуса ежегодно отлагает свыше 10,2 млн. т солей. Зеравшан не имеет стока, следовательно, несомые им соли откладываются главным образом в пределах Бухарской области. То же самое можно сказать и про Шахимардан, Исфайрам, Сох, Исфару, Ширабад, Мургаб, Теджен и многие другие реки, которые не имеют стока ни поверхностных, ни подземных вод. Следовательно, несомые ими соли отлагаются в определенных низовых частях (сухих дельтах) и служат одним из основных источников соленакопления в почвах, грунтах и грунтовой воде.

ГЛАВА 3

ПОНЯТИЕ О ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗОНАХ

В зависимости от уклона местности, геологического строения грунтов и гидрогеологических условий равнинные части рек Средней Азии и других областей можно разделить на четыре, резко отличающиеся между собой, гидрогеологические зоны.

В зависимости от размеров реки и ее местоположения, долинная часть бассейна не каждой реки будет иметь все четыре гидрогеологические зоны, некоторые из них могут отсутствовать или охватывать сравнительно небольшую площадь.

Первая гидрогеологическая зона приурочивается главным образом к верхним частям конуса выноса рек и всей водосборной площади. Мелкоземистый покров этой зоны может быть не особенно мощным, иногда он не превышает 1,5—2,0 м. Зачастую почва содержит в себе значительное количество примесей в виде песка, гравия и гальки. Мелкоземистый слой конуса выноса этой зоны, как правило, подстилается слоем гальки, достигающем иногда мощности десятков и даже сотен метров (Чирчикская долина). Погребенный галечниковый слой покоится на относительно водонепроницаемой породе, имеющей значительный или хорошо выраженный уклон.

Такое строение почв и подстилающих их грунтов создает условия значительной водопроницаемости и хорошей природной дренированности. Поэтому поверхностная вода из каналов и орошаемых полей, а также вода атмосферных осадков здесь может в больших количествах просачиваться (фильтроваться) в грунт. Просочившаяся в грунт поверхностная вода может выйти на дневную поверхность только в форме пара, в связи с чем эта зона носит название зоны погружения поверхностных вод.

Подземные воды в гидрогеологической зоне погружения залегают на глубине от 3 до 30 м и более. Поверхностная вода, просочившаяся вглубь грунтов и достигшая по галечникам относительно водонепроницаемых пластов, подстилающих

мелкоземистый слой, сравнительно свободно скатывается в нижерасположенные гидрогеологические зоны и имеет свободную водную поверхность, иными словами подземные воды этой зоны ненапорные. Скорость течения их измеряется сотнями, а иногда и тысячами метров в сутки.

Вследствие отличной проточности подземных вод и свободной водной поверхности в гидрогеологической зоне погружения подъем уровня их и заболачивание почв не происходят.

При отличной проточности не создается накопления солей в подземных водах. Минерализация подземных вод в этой зоне мало чем отличается от поверхностных вод, и в большинстве случаев не превышает 0,25 г/л плотного остатка.

Кроме того, хорошие условия фильтрации поверхностной воды создают достаточную промываемость почв, поэтому почвы и грунты зоны погружения не содержат легкорастворимых солей. Все имеющиеся в почве соли при хороших фильтрационных свойствах грунтов, уклонах местности и проточности подземных вод будут выщелачиваться или смываться поверхностной водой и выноситься в нижерасположенные гидрогеологические зоны.

В зоне погружения поверхностных вод в естественных условиях невозможно ни заболачивание, ни засоление почв при любых условиях водопользования и любом коэффициенте земельного использования.

Вторая гидрогеологическая зона обычно окаймляет первую и приурочивается к периферийным частям более грубых отложений: валунов, гравия, гальки и верхних частей конуса выносов. Мелкоземистый слой в этой зоне более мощный, чем в первой зоне, но так же зачастую с глубины 1—4 м подстилается более мелким галечником или песком. Мелкоземистые и водопроницаемые слои часто перемежаются между собою.

Относительно водонепроницаемые слои, на которых покоятся галечники или пески, здесь находятся ближе к поверхности земли. Уклон водопроницаемых и относительно водонепроницаемых слоев значительно меньше, чем в зоне погружения.

Меньшие уклоны и более мелкие фракции грунтов, слагающих вторую зону, обусловливают и меньшие скорости течения подземных вод, приходящих сюда с водосборной площади и зоны погружения, а также формирующихся на месте.

Скорость течения грунтовых вод в этой зоне измеряется десятками, а иногда сотнями метров в сутки, то есть в десятки раз меньше, чем в первой зоне. Все это создает условия подпора грунтовых вод. Поверхность уровня грунтовых вод в этой зоне уже не свободна, а находится под некоторым напором, вследствие чего часть подземных вод выклинивается на дневную поверхность в виде род-

ников или служит источником заболачивания пониженных мест иногда на больших площадях. Таковы нижние террасы Чирчика, Ангрена, Зеравшана, Нарына, Кара-Дарьи, Чу и многих других рек. Поэтому эта гидрогеологическая зона носит название зоны выклинивания грунтовых вод. Грунтовые воды в этой зоне могут залегать на глубине 0—2—3 м и более от поверхности земли. Гидрогеологические зоны выклинивания и зоны погружения поверхностных вод взаимно связаны между собой. Поэтому хозяйственные изменения в зоне погружения могут отразиться на положении уровня грунтовых вод зоны выклинивания. Увеличение водоподачи, а также коэффициент земельного использования без принятия соответствующих мелиоративных мер в зоне погружения или выклинивания может отрицательно сказаться на положении уровня грунтовых вод в последней зоне. По гидрогеологическим условиям и удовлетворительной проточности грунтовых вод в зоне выклинивания может происходить только заболачивание почв, без засоления их.

Несмотря на то, что грунтовые воды в этой зоне залегают близко к поверхности земли (что обусловливает их значительный расход на испарение и транспирацию растений) сколько-нибудь заметного накопления солей в грунтовой воде и почве здесь происходить не может вследствие большой проточности вод этой зоны. Поэтому, обычно почвы этой зоны не засолены, а грунтовые воды пресные.

Степень минерализации подземных и грунтовых вод здесь мало отличается от поверхностных, и в среднем колеблется от 0,20 до 0,40 г/л плотного остатка. Объясняется это тем, что при тех скоростях горизонтального движения верхних слоев грунтового потока, которые наблюдаются в этой гидрогеологической зоне, по всему профилю происходит непрерывная и полная смена одних объемов воды другими. За счет испарения и транспирации в зоне выклинивания слегка обогащенные солями грунтовые воды будут непрерывно скатываться в нижерасположенную зону.

Почвы зоны выклинивания, как правило, незасолены. Только в исключительных случаях, в местах застоя грунтовых вод, они могут быть засолены труднорастворимыми солями карбонатов и сульфатов, на небольшой площади и на глубину, в которой будет отсутствовать сколько-нибудь удовлетворительное горизонтальное перемещение грунтовых вод. В гидрогеологической зоне выклинивания происходит вмыв и смыв поверхностной водой солей, скапливающихся на поверхности почвы, и вынос их в следующую гидрогеологическую зону.

В гидрогеологической зоне выклинивания, ниже уровня грунтовых вод, часто встречаются водонепроницаемые отложения углекислого кальция с большой примесью железистых

соединений. Мощность этих отложений различна — от нескольких сантиметров до нескольких дециметров и, по-видимому, зависит от возраста их. Эти отложения носят название в Узбекистане — шах, в Киргизии — кампырташ и т. д.

Третья гидрогеологическая зона территориально приурочивается к нижним частям относительно небольших рек, называемых иногда сухими дельтами. Примером таких сухих дельт могут служить концевые части рек: Исфары, Саха, Шахимардана, Исфайрама, Мургаба, Теджена и др. Кроме того, эта же зона приурочивается к среднему и нижнему течениям крупных рек: Аму-Дарьи, Сыр-Дарьи, Чу, Или, Куры, Аракса и т. д. Сюда же относится большая часть среднеазиатских равнин — Кара-Кумы, Кзыл-Кумы, Бетпак-Дала и пр.

Почвенный покров и грунты третьей гидрогеологической зоны характеризуются по механическому составу более мелкими фракциями по сравнению с первой и второй зонами. Дренирующие горизонты здесь или совершенно отсутствуют или залегают на относительно большой глубине (15 — 30 м и более).

Уклоны поверхности земли, водоносных и относительно водоупорных горизонтов, а также и уровня грунтовых вод в большинстве случаев колеблются в пределах 0,001 — 0,00015.

Подземные воды на неосвоенных землях этой зоны залегают на глубине 3 — 30 м и более от поверхности земли. В некоторых частях они даже выклиниваются на поверхность в виде заболоченных пространств по понижениям, таковы, например, Сары-Суйские болота в Ферганской долине, заболоченные площади в Бухарской, Хорезмской областях Узбекистана, в Кара-Калпакии, в Чарджоуской, Марыйской областях Туркмении, районах Вахшской долины Таджикистана, Кура-Араксинской низменности Азербайджана и в других местах.

В некоторых же случаях, например, на целинной части Голодностепского плато, в зоне Кара-Кумского, Волго-Донского каналов и в некоторых других местах третьей гидрогеологической зоны подземные воды могут залегать на глубине 10 — 30 м от поверхности земли.

Скорости движения в верхних слоях грунтового потока в этой зоне крайне незначительны и только в исключительных случаях, особенно в верхних частях зоны, превышают 1 м в год, в большинстве же случаев они измеряются долями метра в год. При столь медленных скоростях горизонтального передвижения подземных и грунтовых вод, особенно в верхних мелкоземистых слоях грунтов, обеспечивается ламинарное движение их, при котором смешение между верхними и нижними частями подземного потока почти не происходит. Но при этом верхние слои подземного потока не изолированы от нижних, а взаимно связаны между

собой. Между ними происходит, так называемый, вертикальный водообмен, при котором из нижних слоев подземного потока вследствие действующего напора вода непрерывно ода ется в верхние. Подземные воды из двух верхних гидрогео - гических зон в третью передвигаются главным образом по геологическим напластованиям, имеющим наибольший коэффициент фильтрации, или иными словами, оказывающим наименьшее сопротивление движению воды. Поверхность уровня грунтовых вод этой гидрогеологической зоны не свободна; с одной стороны, она находится под влиянием действующего напора, с другой, — под влиянием действующего сопротивления грунтов, гасящих этот напор, испарения и транспирации с зеркала грунтовых вод и капиллярной зоны. Эти факторы и обусловливают положение уровня грунтовых вод данной зоны на тот или иной момент. Как уже отмечалось, из верхних слоев грунтового потока вода непрерывно расходуется на испарение и транспирацию и также непрерывно пополняется притоком новых порций воды из слоев, имеющих повышенный коэффициент фильтрации, под влиянием некоторого действующего в данный момент напора. Поступающие в третью гидрогеологическую зону с водосборной площади и первых двух гидрогеологических зон подземные, а также и фильтрационные воды, образующиеся на месте, в основном расходуются на испарение и транспирацию, как бы рассеиваются в пространстве со всей площади зоны. Поэтому эта гидрогеологическая зона носит название зоны рассеивания грунтовых вод. Иногда она также называется зоной вторичного погружения, потому что поверхностные или грунтовые воды, выклинившиеся во второй гидрогеологической зоне, здесь вторично могут профильтроваться в грунт.

Как уже отмечалось, в гидрогеологической зоне рассеивания основной расход подземных и поверхностных вод происходит на испарение и транспирацию растениями. Принесенные же водой соли остаются на месте и постепенно накапливаются сначала в грунтовой воде, а затем в грунтах или почве.

В первых двух гидрогеологических зонах, имеющих значительные скорости течения подземных вод, не может происходить накопления солей в подземной воде, поэтому минерализация их почти не отличается от поверхностных вод; только в редких случаях минерализация подземных вод этих зон превышает 0,5 г/л плотного остатка. В зоне же рассеивания она колеблется от 3 до 100 г/л и более.

Следовательно, скорость горизонтального передвижения подземных вод придает им совершенно новое качество, то есть повышенную минерализацию.

На какой бы глубине ни залегали подземные воды этой зоны, они непрерывно пополняются и так же непрерывно расходуются

на испарение и транспирацию. Между этими двумя факторами в естественных условиях устанавливается относительное равновесие.

Если приходная часть грунтовых вод будет увеличена, а расходная остается прежней или увеличится непропорционально приходной, то грунтовые воды неизбежно станут подниматься. И наоборот, если расходная часть грунтовых или вообще подземных вод будет увеличена, а приходная остается без изменения, то уровень грунтовых вод начнет понижаться.

При орошении в третьей гидрогеологической зоне создавшееся относительное равновесие между приходными и расходными частями грунтового потока непременно будет нарушено. Расход грунтовых вод на испарение и транспирацию уменьшится потому, что в первую очередь станут испаряться и транспирироваться оросительные воды, а приход их увеличится за счет фильтрации воды из каналов и орошаемых полей. Поэтому грунтовые воды в третьей гидрогеологической зоне при орошении неизбежно станут подниматься.

Примером могут служить грунтовые воды Голодной степи (Узбекистан и Казахстан), Ак-Газинское плато (Таджикистан), Шаульдарский земельный массив (Казахстан) и другие.

В отдельных местах и на больших площадях Голодной степи до орошения грунтовые воды залегали на 10—20 м и глубже. С орошением глубина залегания их изменилась и в настоящее время не превышает 5 м от поверхности земли.

На Ак-Газинском плато грунтовые воды до орошения залегали на глубине 40 м и более. Теперь глубина их уменьшилась в 3—4 раза и более, а в отдельных местах доходит до 3—4 м.

Без принятия соответствующих мелиоративных мер грунтовые воды могут быть подняты на высоту, недопустимую для ведения интенсивного земледелия. Скорость подъема подземных вод всецело будет зависеть от коэффициента земельного использования и связанной с ним общей водоподачи на данную территорию, состояния оросительной сети, порядка водопользования, фильтрационных свойств грунтов и других природных и хозяйственных причин.

При обильном водопользовании, большом коэффициенте земельного использования и отсутствии противофильтрационных мер—подъем уровня будет происходить быстрее, с принятием мер — медленнее. При применении же требуемого мелиоративного комплекса, о котором будет сказано ниже, процесс подъема подземных вод может быть приостановлен на той глубине, которая необходима для ведения интенсивного земледелия, при любом коэффициенте земельного использования, но при непременном, хорошо организованном водопользовании.

Соли, принесенные поверхностной и подземной водой с водосборной площади, на протяжении геологических периодов скапливаются в тех горизонтах грунтов, с которых происходили испарение или транспирация подземных вод. Поэтому почвы этой зоны при относительно близком залегании грунтовых вод бывают в той или иной степени засолены, а при глубоком залегании — подвержены засолению, то есть, с подъемом уровня подземных вод произойдет растворение и вынос из глубинных горизонтов солей (отложившихся там в веках) в корнеобитаемую зону. По подсчетам автора, произведенным для целинных земель третьей гидрогеологической зоны Голодной степи, где практически почвы на глубину до 7,4 м были незасолены (табл. 4), при подъеме подземных вод и выносе солей, содержащихся в этой толще, в верхнем горизонте (0 — 100 см) количество плотного остатка возрастет до 513 т/га и хлора — 16,05 т/га.

Таблица 4

Содержание солей в целинных сероземах Голодной степи

Горизонт, *см*	Содержание в весовых процентах	
	плотного остатка	хлора
0—100	0,096	0,0035
101—300	0,368	0,0020
301—540	0,651	0,0140
541—660	0,600	0,0370
661—740	0,632	0,0360

Для отдельных частей Голодной степи, по тем же подсчетам, количество солей, содержащихся в почве выше уровня грунтовых вод, при различной грубине их залегания, приводятся в табл. 5.

Из приведенных материалов видно, что даже в наименее засоленной части Голодной степи в слое грунта 9,7 м, расположенного выше уровня грунтовых вод, всех солей содержится 1240 т/га.

В центральной части плато, где грунтовые воды до орошения залегали на глубине 19 м от поверхности земли, в зоне испарения грунтовых вод скопилось 3460 т/га всех солей, в том числе наиболее токсичных — 927 т/га. На солончаках в пойме Шурузяка в слое 1,6 м скопилось 5770 т/га и т. д.

С подъемом грунтовых вод все эти соли будут непременно вынесены в корнеобитаемую зону и сильно засолят ее. Следовательно, без принятия надлежащих мелиоративных мер ведение земледелия здесь невозможно, так как допустимое содержание плотного остатка на метровый слой почвы будет в среднем около 50 т/га, в том числе хлора около 5 т/га.

Таблица 5

Содержание солей в почвах Голодной степи выше уровня грунтовых вод, *т/га*

Местоположение	Глубина грунтовых вод, *м*	Всех солей, т/га	В том числе				
			вредных солей	из них			
				Na_2SO_4	Na Cl	$Mg Cl_2$	$Mg CO_3$
Почвы, практически незасоленные в поверхностных горизонтах							
Северо-западная часть плато	9,7	1240	223	2,76	10,55	75,5	236,0
Северо-восточная часть плато	15	2140	486	86,4	276,0	126,2	579,0
Центральная часть плато	19	3460	927	231,1	405,0	306,0	676,0
Юго-западная часть плато	10,9	2200	512	92,7	230,0	187,5	561,0
Слабозасоленные освоенные земли							
Район Мирзачуля	4,1	1790	231	72,0	71,9	87,0	314,0
Район, прилегающий к пойме реки	2,5	3760	234	35,4	160,4	39,2	135,0
Солончаки							
Периферия Джетысая . . .	7,6	2420	935	481,0	245,5	206,0	373,0
Пойма Шурузяка	1,6	5770	2940	85,5	167,0	43,2	142,5
Джетысайское понижение .	4,0	1070	885	3,5	62,5	123,0	153,0

Поэтому для ведения интенсивного земледелия всегда нужно определить — в какой из гидрогеологических зон находится конкретная земельная территория с тем, чтобы в дальнейшем можно было наметить сроки применения и требуемый комплекс мелиоративных мероприятий, предупреждающих засоление или заболачивание почв.

Минерализованные грунтовые воды и даже глубинное засоление грунтов всегда свидетельствует о том, что данный земельный массив находится в третьей гидрогеологической зоне и что здесь при орошении неизбежно произойдет подъем грунтовых вод со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Зону рассеивания грунтовых вод имеет не каждый источник орошения. Например, в пределах Ферганской долины реки: Ак-Бура, Кугарт-Сай, Караунгур-Сай, Майли-Сай, Падша-Ата-Сай, Гава-Сай совершенно не имеют зоны рассеивания или она занимает незначительную площадь. На Исфаре, Сохе, Шахимардане, Исфайраме, Мургабе, Теджене и других, эта зона занимает значительную площадь. Чирчик и Ангрен зону

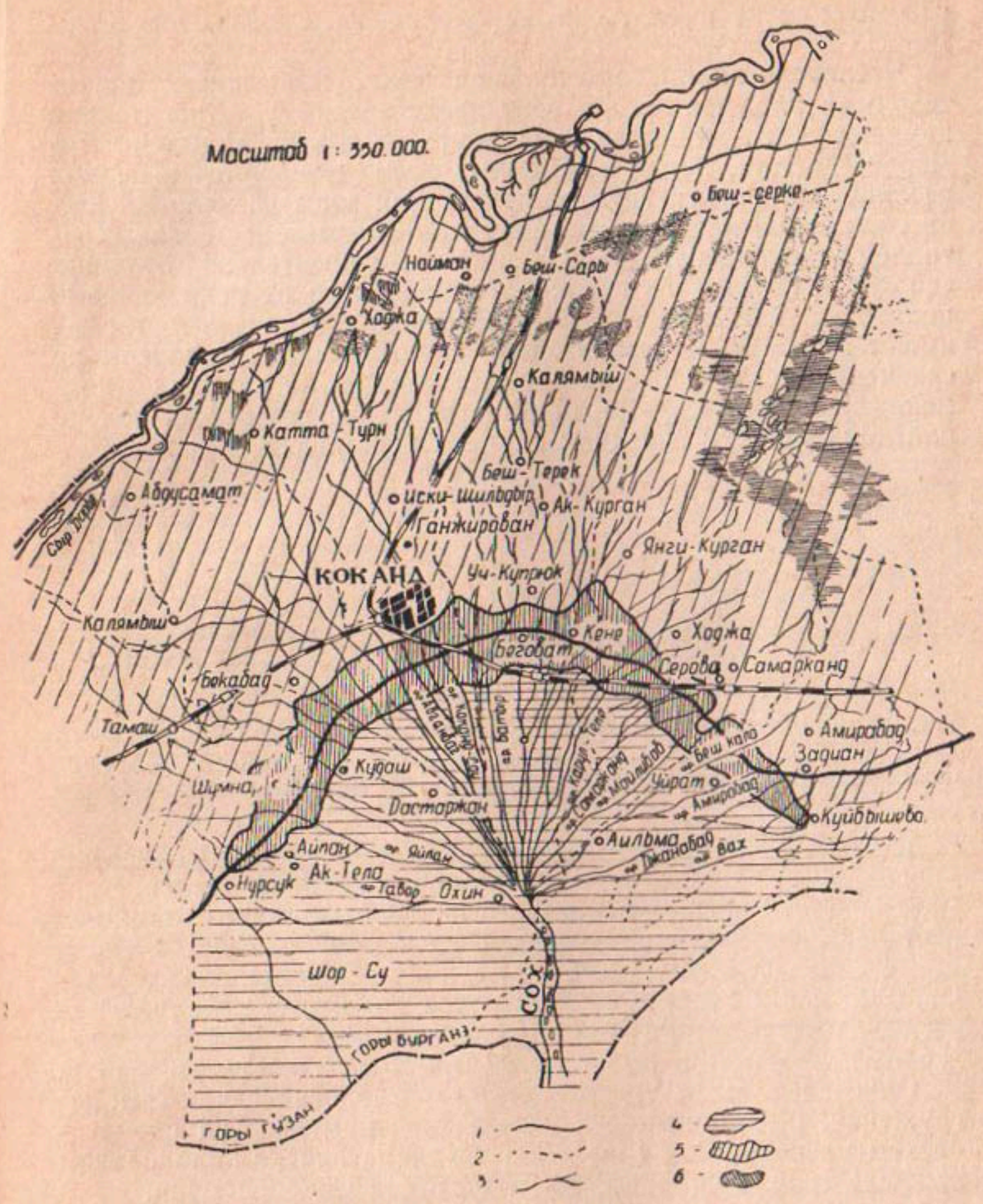

Рис. 2. Схематическая карта системы р. Сох с указанием гидрогеологических зон.

Условные обозначения: *1* — Большой Ферганский канал; *2* — границы административных районов; *3* — арыки; *4* — зона погружения; *5* — зона рассеивания; *6* — зона выклинивания.

рассеивания не имеют, она переходит на левый берег Сыр-Дарьи.

Четвертая гидрогеологическая зона, пойменная. Значительными площадями эта зона представлена у относительно крупных рек: Аму-Дарьи и ее притоков (Вахш, Пяндж), Сыр-Дарьи, Чу, Или. Земли этой зоны часто затопляются в период разлива рек. Режим грунтовых вод этой зоны всецело зависит от горизонтов воды в реке. Вследствие частых и обильных затоплений прибрежной полосы, а также относительно больших скоростей грунтового потока, направленного от реки во время половодья, или к реке в межень, верхние слои грунтовых вод имеют меньшую минерализацию, и земли менее засолены по сравнению с зоной рассеивания. Например, на каирных (пойменных) землях Аму-Дарьи минерализация грунтовых вод по плотному остатку в редких случаях превышает 1—2 г/л.

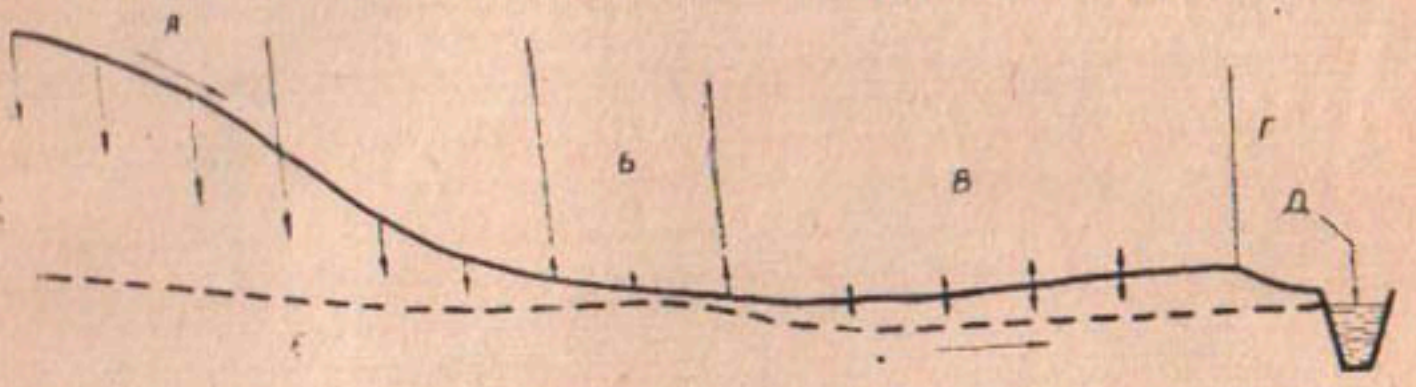

Рис. 3. Схем гидрогеологических зон орошаемых территорий Средней Азии.
Условные обозначения: *А* — зона погружения поверхностных вод; *Б* — зона выклинивания грунтовых вод; *В* — зона рассеивания грунтовых вод; *Г* — пойма реки; *Д* — русло реки; *Е* — уровень грунтовых вод.

К четвертой гидрогеологической зоне могут быть отнесены затопляемые дельтовые части крупных рек: Аму-Дарьи, Сыр-Дарьи, Или, Волги, Нила и др. Минерализация грунтовых вод и степень засоления почв в этой зоне в той или иной степени могут развиваться от частоты, величины и площади затопления дельтовых территорий. Скорости движений верхних слоев грунтового потока в этих частях также ничтожны и измеряются долями метра в год.

Описанные выше три первые гидрогеологические зоны: погружения, выклинивания и рассеивания показаны на схематическом плане р. Сох (рис. 2) и на схематическом продольном профиле (рис. 3) орошаемых территорий Средней Азии.

ГЛАВА 4

ЗАКОНОМЕРНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ ТИПОВ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ И ГРУНТОВЫХ ВОД

Реки Средней Азии и других мест с водосборной площади в долинную и равнинную частично орошаемую приносят наносы различной крупности и растворенные в воде соли. Подземным же потоком с той же территории в равнинную часть приносятся только соли.

Следовательно, основным источником соленакопления в почвах равнинных частей рек в большинстве случаев служит водосборная площадь их.

В равнинной части бассейнов рек отложения солей и твердого стока подчинены определенной закономерности. Ближе всего к источникам выноса солей отлагаются труднорастворимые соли, которые легче остальных выпадают из раствора, это главным образом соли угольной кислоты — карбонаты. Во вторую очередь осаждаются соли серной кислоты — сульфаты и в третью очередь — соли соляной кислоты — хлориды. Промежуточное положение между основными типами засоления, то есть между карбонатным и сульфатным, вначале будут занимать сульфатно-карбонатный, а затем карбонатно-сульфатный типы засоления, а между сульфатным и хлоридным сначала хлоридно-сульфатный, а затем сульфатно-хлоридный типы засоления почв.

Практически это означает, что в зоне рассеивания грунтовых вод ближе к зоне выклинивания и в нижней части самой зоны выклинивания будет преобладать карбонатный тип засоления; среднюю часть зоны рассеивания займет сульфатный, а периферийные части ее — хлоридный тип засоления. В промежутках между основными могут встречаться смешанные типы засоления. Так, если взять равнинную часть реки, например, Аму-Дарью в зоне рассеивания, то ближе к реке будет формироваться карбонатный тип засоления, даль-

ше от нее — сульфатный и на периферии — хлоридный. В районах контакта основных типов засоления будут встречаться смешанные типы засоления почв. Эта закономерность в распределении солей в пространственном отношении с удалением от гор к равнине по одной из межгорных равнин Средней Азии демонстрируется в табл. 6.

Таблица 6

Распределение солей в почвах и грунтах в пространственном отношении

Гидрогеологическая зона	Подзона	Содержание в процентах									
		плотного остатка	HCO'_3	CO''_3	Cl'	SO''_4	Ca''	Mg''	$Na'+K'$	CO_2 карбонатов	CaO_4
Погружения		0,082	0,035	—	0,008	0,013	0,010	0,004	0,004	9,940	0,214
Выклинивания	верхняя	0,412	0,043	—	0,011	0,199	0,046	0,025	0,018	30,50	0,292
	средняя	0,308	0,028	—	0,001	0,161	0,049	0,010	0,013	—	—
	нижняя	2,680	0,022	0,002	0,083	1,882	0,220	1,253	0,223	19,70	0,656
Рассеивания	верхняя	5,820	0,031	—	0,016	3,750	0,212	0,010	1,621	10,240	23,650
	средняя	6,400	0,017	—	1,646	2,449	0,286	0,123	1,684	7,440	7,457
	нижняя	9,200	0,017	—	4,198	1,378	0,286	0,007	3,050	8,540	1,632

По вертикальному профилю почв, грунтов и подземных вод в естественном их состоянии так же сохраняется определенная закономерность.

Менее минерализованные подземные воды находятся в тех слоях грунтов, в которых с наибольшей скоростью от основного источника питания — водоносного слоя горизонтально передвигаются подземные воды. Наибольшее засоление грунтовых вод отмечается в тех слоях, где скорости горизонтального передвижения грунтового потока наименьшие, а расход воды на испарение и транспирацию — наибольший. Между этими двумя крайними значениями минерализации грунтов и грунтовых вод находятся грунты и грунтовые воды, имеющие промежуточное засоление.

В верхних слоях грунтового потока и грунтов размещены наиболее растворимые в воде соли, а ниже их по вертикальному профилю и ближе к источнику питания накапливаются менее растворимые. Это можно с достаточной наглядностью продемонстрировать по типовой буровой скважине, расположенной в одной из речных долин Узбекистана (табл. 7).

Таблица 7

Минерализация грунтовых вод по вертикальному профилю одной из буровых скважин, *г/л*

Глубина взятия проб, воды, *м*	Плотный остаток, *г*	Минеральный остаток, *г*	Cl'	SO''_4	$\frac{CaCO_3}{Na_2CO_3}$	$CaSO_4$	$MgSO_4$	Na_2SO_4	$NaCl$	Примечание
1,8	14,72	13,56	4,88	3,83	$\frac{0,201}{—}$	2,036	3,126	0,940	8,043	
3,8	13,82	12,50	4,56	3,67	$\frac{0,149}{0,067}$	2,510	2,484	0,922	7,521	
5,6	13,06	11,84	4,31	3,49	$\frac{0,056}{0,061}$	3,056	1,839	0,800	7,114	
13,0	12,54	11,42	4,67	3,05	$\frac{0,020}{0,021}$	2,114	1,636	0,218	7,700	
20,5	9,24	8,34	2,50	2,88	$\frac{0,112}{0,048}$	2,010	1,577	1,125	4,121	основной, водоносный слой, питающий верхние горизонты
37,0	2,57	2,31	0,74	0,64	$\frac{0,025}{—}$	1,073	0,019	0,519	0,577	
65,8	6,79	6,24	1,28	2,41	$\frac{0,025}{0,015}$	1,906	1,311	0,727	2,112	

Из приведенных в табл. 7 данных видно, что убыль аниона $SO_4^{''}$ с глубиной происходит значительно медленней, чем аниона Cl'. Наибольшее количество карбонатов концентрируется в самых верхних горизонтах и на глубине 20,5 м.

Резко падает минерализация грунтовых вод по профилю при вступлении их в плывуны (20,5 м). Наименьшая минерализация (2,31 г/л плотного остатка) приходится на галечниковый слой, залегающий на глубине 35—37 м от поверхности земли.

В научных целях и практике необходимо различать два принципиально разных между собою понятия—засоление и заболачивание почв.

Засоление почв обычно образуется в гидрогеологической зоне рассеивания поверхностных и грунтовых вод, отличающейся исключительно плохой проточностью верхних слоев подземных вод. Засоление почв в этой зоне может возникать при залегании грунтовых вод на глубине 2—6 м от поверхности земли. Капиллярные свойства грунтов служат причиной этого.

Вполне понятно, что при такой глубине залегания грунтовых вод никаких признаков заболачивания почв нет и не мо-

жет быть. Примером этого служат земли Голодной степи, бо́льшая часть земельной площади Ферганской долины, Бухарской и Хорезмской областей Узбекистана, Кара-Калпакии, Чарджоуской и Ташаузской областей Туркмении и других природных и административных областей.

Заболачивание земель обычно возникает в гидрогеологической зоне выклинивания грунтовых вод, отличающейся обильным поступлением грунтовой воды и большой проточностью верхних слоев ее. Засоление почв образоваться здесь не может; таковы, например, поймы Ангрена, Чирчика, Зеравшана, Нарына, Кара-Дарьи, Чу и др.

К сожалению, в литературе по вопросам мелиорации эти два понятия „засоление" и „заболачивание" почв отождествляются между собою и тем самым вносят путаницу в назначаемые мелиоративные мероприятия.

ГЛАВА 5

ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД И ПРИЧИНЫ ПОДЪЕМА ИХ ПРИ ОРОШЕНИИ

Подъем грунтовых вод в гидрогеологических зонах выклинивания и рассеивания, а в последней и засоление почв, как уже отмечалось, происходят от нарушения установившегося здесь природного, относительного динамического равновесия между приходными и расходными частями водно-солевого режима территории.

До самого последнего времени большинством исследователей грунтовые и подземные воды рассматриваются в статическом состоянии. Такой взгляд на формирование грунтовых и подземных вод не дает возможности правильно понять и оценить все сложные гидрогеологические явления, происходящие в окружающей нас природе. До тех пор, пока те или иные природные явления не поняты и не осознаны, невозможно организовать правильные методы борьбы с ними и ликвидировать их вредные последствия.

Для правильного, диалектического понимания данного вопроса грунтовые и подземные воды необходимо рассматривать в динамике. Статическое состояние их — частный случай, занимающий очень непродолжительное время.

Где бы грунтовые и подземные воды ни находились, они непрерывно пополняются за счет фильтрации воды в грунт из рек, озер, ручьев, каналов, выпадающих атмосферных осадков, конденсационной воды, притока ее с вышерасположенных участков и т. д. Точно также грунтовые и подземные воды непрерывно расходуются на транспирацию растениями, испарение из почвы и грунтов, отток под участки, расположенные ниже по рельефу местности.

О непрерывности пополнения грунтовых и подземных вод свидетельствует постоянное нахождение воды в реках, ручьях и озерах. Часть воды этих источников непрерывно расходуется на фильтрацию в грунт и идет на питание подземных и грунтовых вод.

В районах с неудовлетворительным естественным оттоком подземных и грунтовых вод, при нарушении соотношения между приходными и расходными частями изменяется положение уровня грунтовых вод. В связи с изменением этого уровня в гидрогеологической зоне рассеивания также будут изменяться содержание и соотношение солей в грунтовой воде, почве и грунтах в пространственном отношении и по вертикальному профилю. Если приходная часть превышает расходную, то грунтовые воды станут подниматься, а если расходная часть будет больше приходной — грунтовые воды понизятся.

То же самое можно сказать и о накоплении солей в почве и подземных водах — если приход солей больше расхода, соли станут накапливаться и отлагаться в определенных местах территории. Если расходная часть солей больше приходной, то данная территория и подземные воды станут рассоляться.

В части питания подземных вод всю территорию Средней Азии, где встречаются засоленные, подверженные засолению или заболоченные земли (то есть в гидрогеологических зонах рассеивания и выклинивания) можно разбить на три основные природные области.

1. Область межгорных равнин, куда относятся: Ферганская долина, Голодная степь, верхняя часть Зеравшанской долины (Узбекистан), Вахшская долина (Таджикистан), долина р. Чу (Киргизия), большая часть Кура-Араксинской низменности (Азербайджан) и другие более мелкие долины (рис. 4).

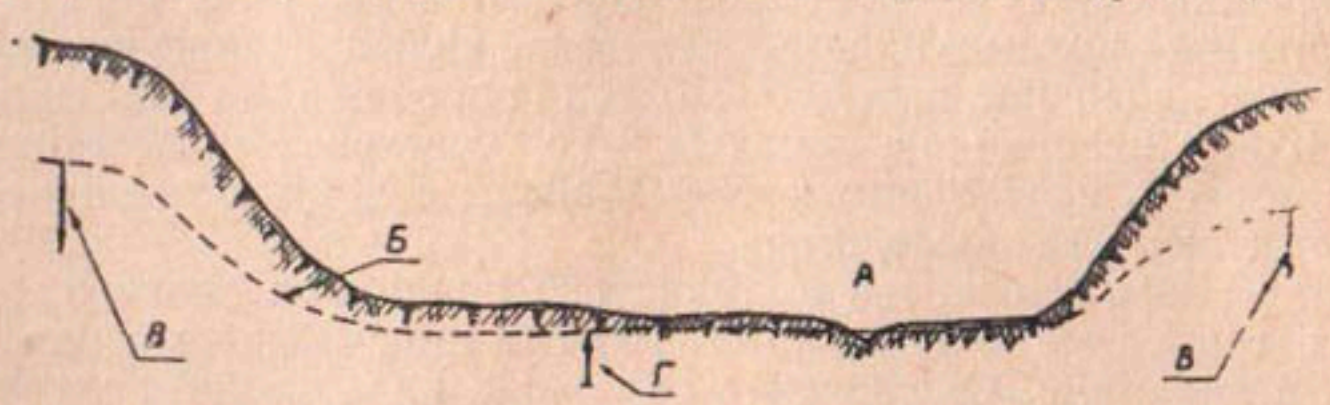

Рис. 4. Область межгорных равнин с показанием питания грунтовых вод.

Условные обозначения: *А* — река; *Б* — уровень грунтовых вод; *В* — действующий напор; *Г* — реакция действующих напоров.

2. Область равнин, прилегающих одной своей стороной к горам: Бухарская и часть Кашка-Дарьинской областей (Узбекистан), Прикопетдагская равнина (Туркмения), Прикаратауские равнины (Казахстан), районы, прилегающие к Киргизскому хребту и др. (рис. 5).

3. Область равнин с питанием грунтовых вод от протекающих здесь рек; сюда входят Кзыл-Кумы, Кара-Кумы. К этой области относятся нижние течения Волги, Урала, Дона, Днепра и др. (рис. 6).

Кроме этих основных, могут быть промежуточные области, где в питании участвуют грунтовые воды, приходящие со стороны гор, фильтрационные воды рек и берущих из них начало каналов. Доля питания в этом случае тех и других может быть разная, а поэтому и тип режима грунтовых вод также будет различен.

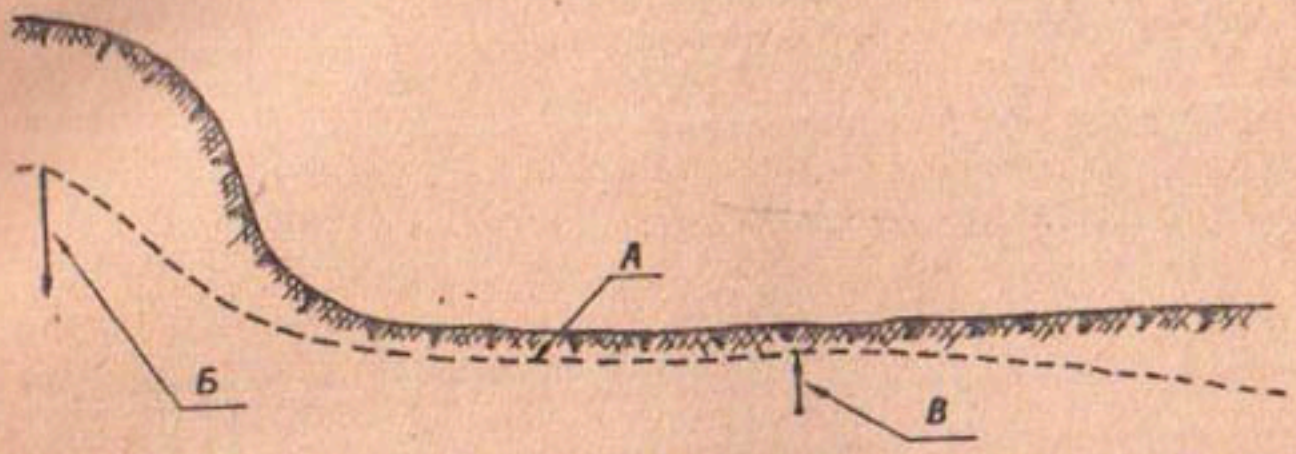

Рис. 5. Область равнин, прилегающих одной стороной к горам, с указанием схемы питания грунтовых вод.

Условные обозначения: *А* — уровень грунтовых вод; *Б* — действующий напор; *В* — реакция действующего напора.

Основное питание грунтовых вод равнин—межгорных и примыкающих одной стороной к горам, происходит за счет таяния

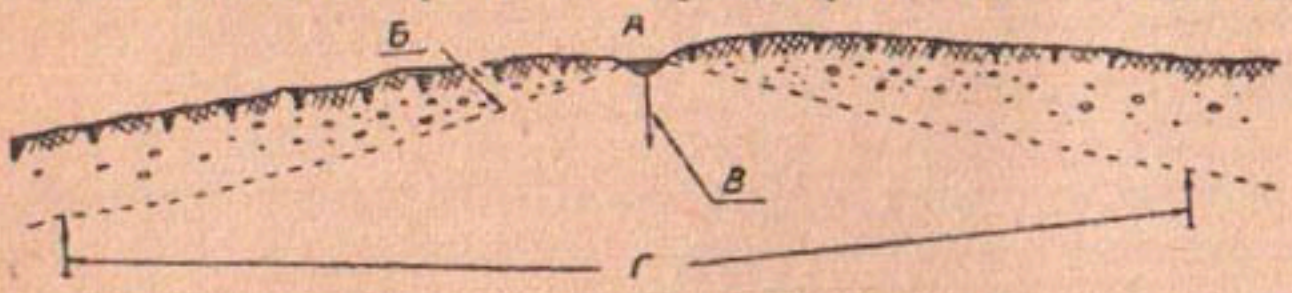

Рис. 6. Область равнины с питанием грунтовых вод от протекающих рек.

Условные обозначения: *А* — река; *Б* — уровень грунтовых вод; *В* — действующий напор, *Г* — реакция действующего напора.

снега, ледников, образующихся в горной — водосборной части, протекающих здесь рек, родников, выпадающих атмосферных осадков и фильтрации поверхностной воды, стекающей в долинную часть. Атмосферные осадки, выпадающие в долинной части, и конденсационная вода в питании грунтовых вод имеют периодическое и подчиненное значение.

В равнинных частях питание грунтовых вод происходит главным образом за счет стока их с вышерасположенных участков, фильтрации воды из рек, оросительных каналов и в меньшей спепени — фильтрации воды с орошаемых полей.

Основными проводниками подземных вод от источников питания к равнинной части служат древние, погребенные аллювиальные и пролювиальные отложения галечников, крупнозернистых песков и других пород, имеющих относительно наибольший коэффициент фильтрации (рис. 7).

Как видно из приведенных трех схем питания грунтовых и подземных вод, последние всегда находятся под каким-то гидродинамическим напором H, действующим со стороны гор, реки, канала или всех этих факторов вместе взятых.

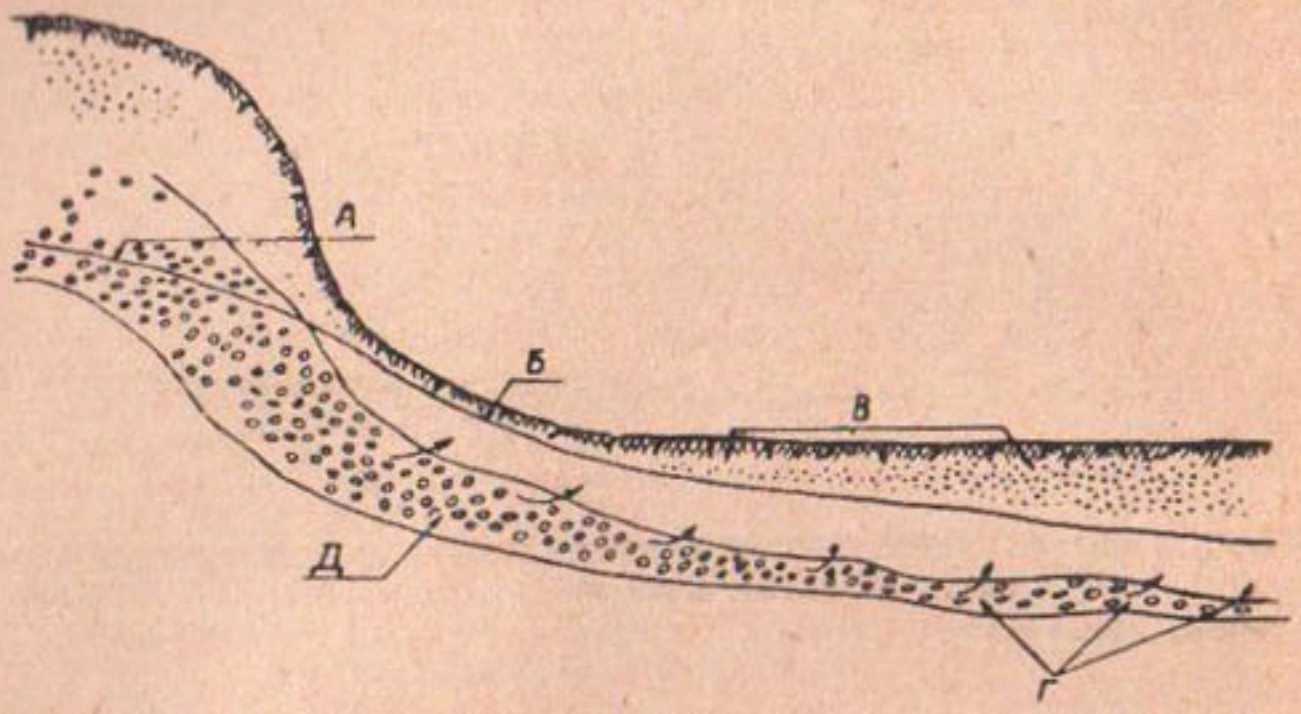

Рис. 7. Схема питания верхних горизонтов грунтовых вод равнинной части территории за счет водоносного слоя.

Условные обозначения: *А* — свободная поверхность уровня грунтовых вод в водоносном грунте; *Б* — поверхность уровня грунтовых вод, определяемая действующим напором; *В* — зона испарения и транспирации грунтовых вод; *Г* — поступление воды в верхние горизонты; *Д* — водоносный слой.

Нередко величина действующего гидродинамического напора достигает сотен или даже тысяч метров. Действие напора в наибольшей степени проявляется в грунтах, отличающихся относительно повышенным коэффициентом фильтрации или, другими словами, наибольшей водопроводимостью. По этим грунтам происходит основная подача подземных вод от места образования к месту расхода их на испарение и транспирацию (рис. 7).

В менее водопроницаемых грунтах, лежащих выше основного водоносного слоя, движение воды происходит главным образом в вертикальном направлении, называемом нами вертикальным водообменом. Вода движется из основного водоносного слоя в верхние слои грунтов действующим в данный момент гидродинамическим напором.

Грунтовые и подземные воды смежных территорий (как в пространственном, так и в высотном отношении) не изолированы между собою, а всегда находятся во взаимосвязи, зависят и обусловливают друг друга.

Действующий в данный момент гидродинамический напор в верхних мелкоземистых слоях грунтов может полностью гаситься сопротивлением грунтов движению воды в вертикальном направлении от водоносного слоя, расходованием воды,

поступающей сюда на испарение, транспирацию и слабым оттоком под нижерасположенные земельные массивы.

Сумма этих факторов определяет так называемый бытовой уровень грунтовых вод, который представляет собою с одной стороны, реакцию действующего гидродинамического напора, и с другой—сопротивление грунтов, гасящих этот напор, испарением, транспирацией и оттоком под нижерасположенные массивы.

В тех случаях, когда этого равновесия нет, подземная вода выклинивается на дневную поверхность в виде родников или заболоченных пространств; это наблюдается главным образом в гидрогеологической зоне выклинивания, а иногда и рассеивания.

Очевидно питание грунтовых вод в межгорных равнинах, имеющих двусторонний напор в порядке вертикального водообмена, будет происходить более интенсивно по сравнению с равнинами, примыкающими одной стороной к горам или питающимся только от реки.

Удаление местности от основного источника питания грунтовых и подземных вод и строение водопроницаемых слоев, по которым происходит основное передвижение грунтовых вод в горизонтальном направлении, имеют громадное значение в формировании бытового уровня грунтовых вод.

Поэтому, как правило, исходный уровень грунтовых вод в межгорных равнинах всегда залегает ближе к поверхности земли, чем на равнинах, прилегающих одной стороной к горам или питающихся только от реки, при прочих равных условиях.

Описываемая схема движения и питания грунтовых вод дает совершенно иное понятие о напорности грунтовых вод, принципиально отличное от понимавшегося под этим термином до сих пор.

По установившимся в гидрогеологии понятиям, напорными водами назывались такие, которые заключались между двумя „водонепроницаемыми" слоями. Нам известно, что абсолютно водонепроницаемых пород нет, и что песок менее водопроницаем, чем галечник, супесь — менее водопроницаема, чем песок, суглинок — менее водопроницаем, чем супесь и т. д. Поэтому, если песок перекрывается супесью, то напорность больше выражена в песке. Если же супесь перекрывается суглинком, то напорность больше выражена в супеси и т. д. Устранение сопротивления вертикальному движению воды в этих грунтах (устройством буровых скважин или колодцев различной глубины) дает соответствующие показания в подъеме уровня грунтовых вод в колодце за счет высвободившегося напора, называемого также пьезометрическим.

Ненапорные грунтовые воды в природе могут встречаться как частичный случай, когда эти воды формируются на замкнутом чашеобразном, относительно „водонепроницаемом" ложе путем наполнения их сверху за счет разливов рек или выпадающих атмосферных осадков (рис. 8), то есть то, что в гидро-

геологии называется подвешенными водами. Все же остальные подземные и грунтовые воды являются напорными, о чем свидетельствуют буровые скважины, расположенные в долинах рек и равнинах (рис. 4, 5 и 6).

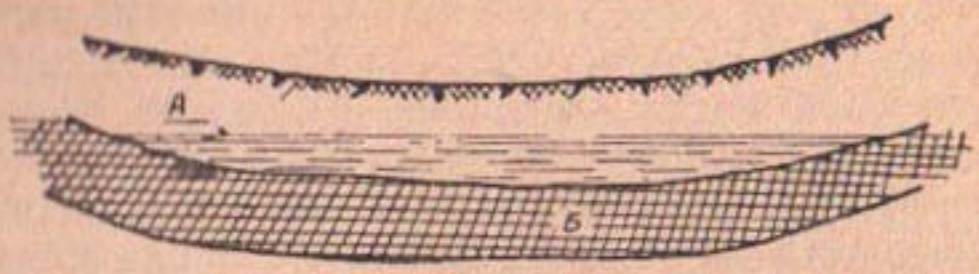

Рис. 8. Схема ненапорных грунтовых вод, встречающихся в природных условиях:

А — уровень грунтовых вод; *Б* — водонепроницаемый горизонт.

Как правило, в напорных водах поверхность их не свободна, то есть, если по поверхности депрессионной кривой и происходит движение частиц воды, то крайне медленно; оно не имеет практического значения. Как показали наши исследования, скорость течения частиц воды в большинстве случаев измеряется долями метра в год.

Положение, что напорная вода помещается только между двумя водонепроницаемыми слоями, а выше и ниже этих слоев воды нет, абсолютно неверно. Подобных явлений в природе не бывает. Как выше этих водонепроницаемых слоев, так и ниже их имеются воды, обладающие соответствующей напорностью. Эта напорность может быть выражена в различной степени, зависящей главным образом от строения грунтов, а уровень грунтовых вод, находящийся выше основного водоносного слоя, не будет свободным.

Подобное явление напорности грунтовых вод наблюдается во всех трех природных областях республик Средней Азии, Казахстана и др. Исследования последних лет показывают, что напорными оказались даже воды Кзыл-Кумов и Кара-Кумов.

Действующий со стороны гор или реки напор подземных вод может погаситься геологическими напластованиями глин скорее, чем напластованиями суглинков или супесей. Преодолевая сопротивление действующего напора, оказываемого глинистыми напластованиями, подземные воды в них залегают ниже, чем в суглинистых или супесчаных отложениях. Для гашения энергии одного и того же действующего напора мощность более рыхлых слоев должна быть больше глинистых. Поэтому подземные воды в рыхлых грунтах, при одном и том же действующем напоре со стороны гор или реки, будут всегда находиться выше, чем в глинистых. Но как в первом, так и во втором случае не будет свободной водной поверхности подземных вод, которая определяется напорностью и другими факторами, гасящими этот напор.

Доказательством того, что в абсолютном большинстве случаев грунтовые и подземные воды гидрогеологических зон выклинивания и рассеивания находятся под некоторым напором, может служить наполнение водой шурфов или буровых скважин, доведенных до уровня грунтовых вод. Чем глубже колодец или буровая скважина, тем выше в них уровень грунтовых вод.

Естественный уровень грунтовых вод, в той или иной части гидрогеологической зоны выклинивания или рассеивания, устанавливается под влиянием непрерывного притока грунтовых вод под действием гидродинамического напора и непрерывного расхода их на испарение, транспирацию и частичный отток под нижерасположенные участки (независимо от глубины залегания грунтовых вод — 2, 10, 20 и даже 30 м и более от поверхности земли).

При различной глубине залегания грунтовых вод изменяется только количественное выражение расходных статей. При более близком к поверхности земли залегании грунтовых вод расход их увеличивается, а при более глубоком — уменьшается.

При всех прочих равных условиях, если испарение и транспирация больше количества подтекающей воды снизу, грунтовые воды будут залегать ниже и, наоборот, если приток больше расхода, грунтовые воды залегают выше.

На какой бы глубине не находились подземные и грунтовые воды, они непрерывно пополняются и так же непрерывно расходуются на фильтрацию, идущую в конечном счете на питание грунтовых вод.

Применяя эту диалектическую зависимость, можно объяснить многие закономерности, происходящие в режиме подземных вод, которые были совершенно необъяснимы при применении статического метода.

Известно, что уровень грунтовых вод в гидрогеологической зоне рассеивания и выклинивания обычно бывает конформен поверхности земли, что можно видеть из приводимых графиков по Голодной степи и Чуйской долине (рис. 9 и 10). Эта конформность при статическом понимании формирования уровня грунтовых вод не может быть объяснена, тогда как при динамическом — объясняется сравнительно легко.

На относительно небольшой территории, такой как Голодная степь, или другая равнинная часть гидрогеологической зоны рассеивания, метеорологические факторы, действующие на испарение и транспирацию, а следовательно, на формирование уровня грунтовых вод, примерно одинаковы.

Действующий основной гидродинамический напор грунтовых вод на этой территории также будет одинаковым. Поэтому взаимодействие природных и хозяйственных факторов (дей-

ствующий напор и факторы, гасящие этот напор) будут создавать уровень вод, конформный поверхности земли.

В депрессиях рельефа местности отражается действие дополнительного напора со стороны бугров грунтовых вод, образующихся в результате работы оросительной сети, орошаемых полей или неравномерного гашения напорной энергии со

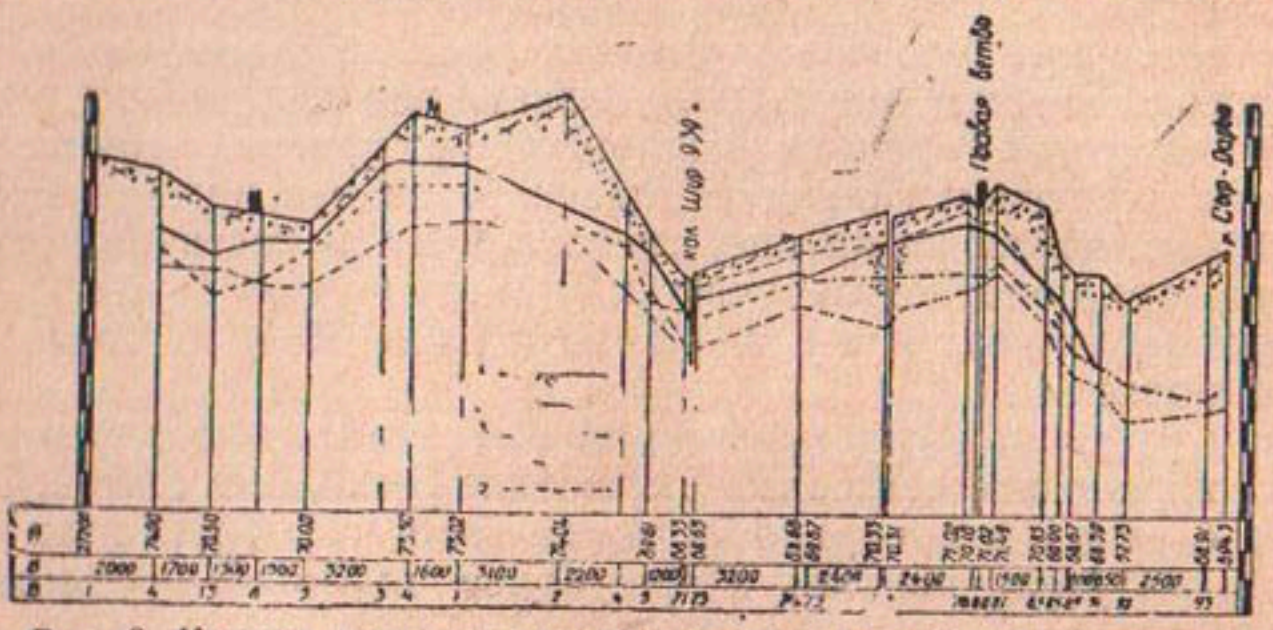

Рис. 9. Кривые залегания уровня грунтовых вод (по одному из поперечных разрезов Голодной степи за периоды май и октябрь 1939 г.; май и сентябрь 1942 г.).

Условные обозначения: *А* — отметка поверхности почвы; *Б* — расстояние (м); *В* — номера скважин; *1* — поверхность земли; *2* — май 1942 г.; *3* — 1-го сентября 1942 г.; *4* — май 1939 г. *5* — октябрь 1939 г.

стороны основного источника ее возникновения вследствие неоднородности строения грунтов. Отсюда, в депрессиях рельефа грунтовые воды будут залегать несколько ближе к поверхности земли по сравнению с равнинной частью. Это наблюдается абсолютно во всех областях Средней Азии, Казахстана и других республик.

В понижениях рельефа, где ближе к поверхности земли залегают грунтовые воды, их больше расходуется на испарение и транспирацию. Поэтому, как правило, в депрессиях рельефа грунтовые воды и почвы сильнее засолены по сравнению с равнинными или повышенными частями. Так, почвы и грунтовые воды Шурузякской, Джетысайской и Арнасайской депрессий Голодной степи более засоленные, чем примыкающие к ним равнинные или повышенные площади.

Природный уровень грунтовых вод может сильно измениться дополнительным напором, возникающим вследствие фильтрации воды из постоянно действующих оросительных каналов, а иногда и орошаемых полей. Нарушение существующего в природе равновесия всегда вызывает противодействие.

Для правильного понимания причин подъема уровня грунтовых вод при орошении рассмотрим элементарную площадку (на любой из описанных трех природных областей) схемы

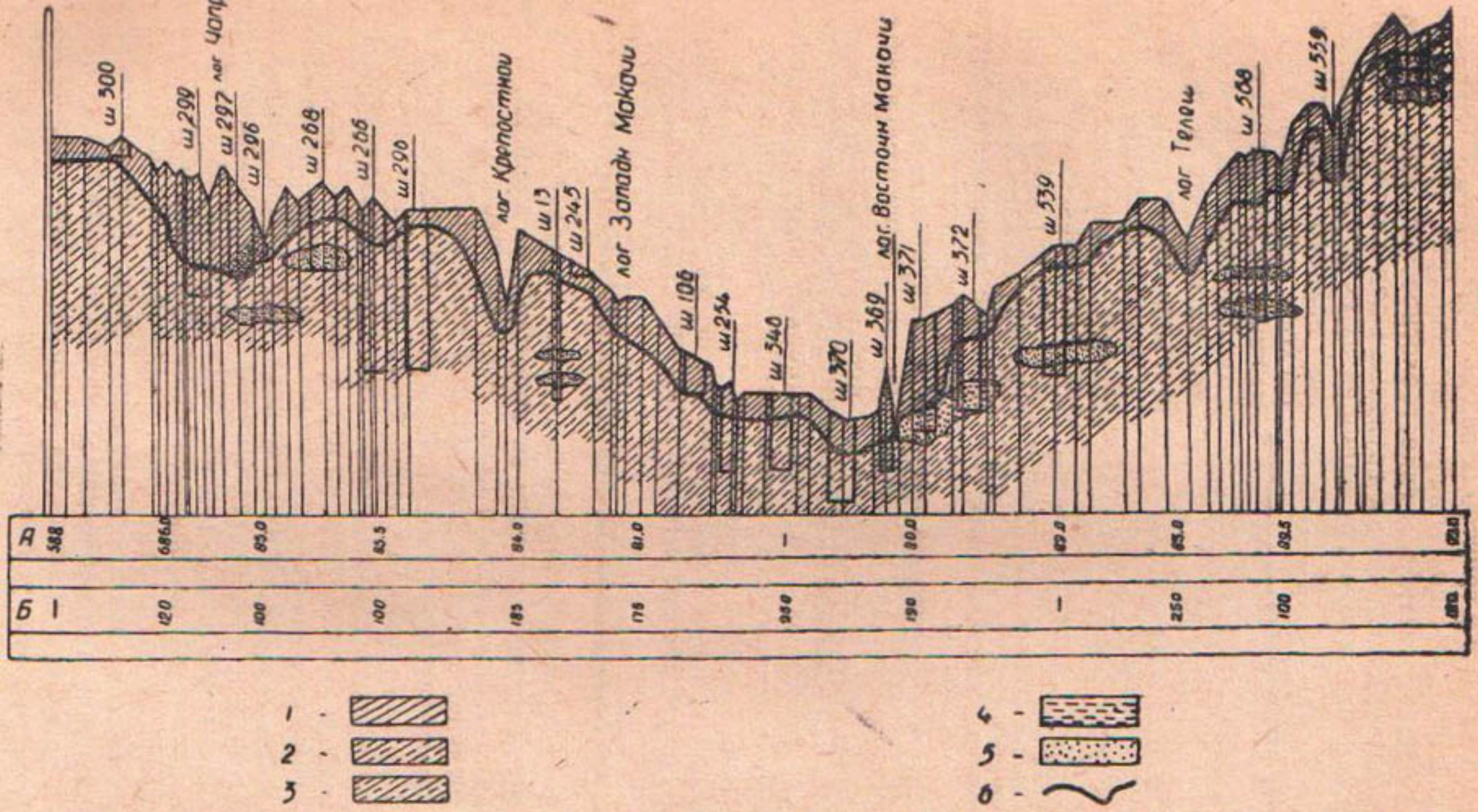

Рис. 10. Конформность уровня грунтовых вод поверхности земли в долине р. Чу (в районе III дистанции).

Условные обозначения: *А* — отметка поверхности земли; *Б* — расстояние; *1* — суглинок; *2* —суглинок лёссовидный; *3* — суглинок лёссовидный с глинисто-известковыми конкрециями; *4* —супесь; 5 — песок; *6* — уровень грунтовых вод.

питания подземных и грунтовых вод на территории, относящейся к гидрогеологической зоне рассеивания (рис. 11).

При орошении земель в гидрогеологической зоне рассеивания существующий режим грунтовых вод под орошаемыми участками неизбежно будет нарушен за счет уменьшения или же полного прекращения расхода непрерывно поступающих сюда грунтовых вод. Уменьшается этот расход потому, что в первую очередь станет испаряться и транспирироваться оросительная вода, подаваемая на орошение. Если допустить, что естественный приход грунтовых вод под орошаемые участки останется даже без изменения, то и тогда грунтовые воды неизбежно станут подниматься независимо от глубины их залегания. При орошении полей питание грунтовых вод непременно увеличится за счет фильтрационной воды, в основном, из оросительных каналов, имеющих земляное русло, и в меньшей степени — с орошаемых полей.

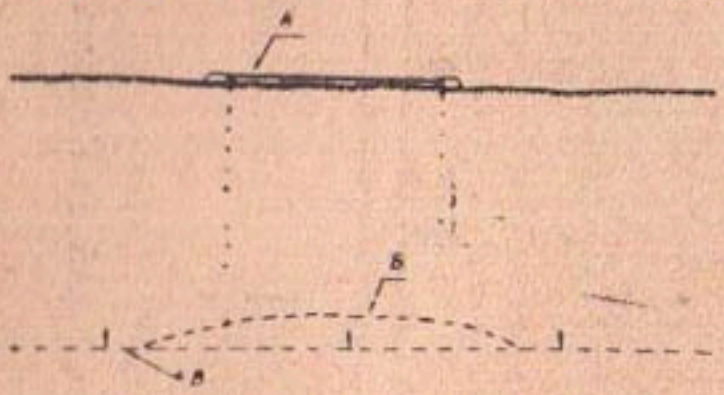

Рис. 11. Схема подъема уровня грунтовых вод при орошении без участия фильтрационных вод, за счет нарушения равновесия между приходом и расходом их.

Условные обозначения: *А* — орошаемый участок; *Б*— поднявшийся уровень грунтовых вод; *В*—уровень грунтовых вод, находящихся под напором.

Значение тех или иных факторов и удельный вес их в питании грунтовых вод можно видеть из следующего раздела.

ВЛИЯНИЕ ВОДОНОСНОСТИ РЕК НА РЕЖИМ ГРУНТОВЫХ ВОД

Количество воды в реке в различные годы зависит от количества осадков, выпадающих на водосборной площади, и интенсивности таяния снега и льда. Реки многоводнее при большем выпадении снега на водосборной площади. При дружном таянии снега сильнее паводки и короче период их прохождения. При замедленном таянии снега, что зависит от нарастания температур воздуха, продолжительность паводка больше, а сам паводок может быть не столь обилен.

С увеличением количества воды в реке возрастает ее величина в оросительной сети и площадь, орошаемая ею; иногда увеличивается и площадь затопления в период паводков. Следовательно, при этих условиях больше воды просочится в грунт и пойдет на пополнение подземных и грунтовых вод. При избытке воды в реке она менее бережно расходуется водопользователями на орошаемых полях: чаще и обильней поливают сельскохозяйственные культуры, часть воды сбрасывается в пониженные места, на пустыри, разливается по дорогам и т. д. Все это усиливает фильтрацию воды в грунт и

способствует подъему уровня грунтовых вод и ухудшению мелиоративного состояния территории.

В среднем при современном состоянии оросительной сети около 30—50% воды из оросительной сети фильтруется в грунт и примерно 5—10% из поступившей на поля — также фильтруется и идет на пополнение грунтовых вод.

Резкий подъем уровня грунтовых вод, наблюдавшийся в 1941, 1942, 1943 и 1954 гг. в Ферганской долине, Бухарской области и других областях, в значительной мере объясняется паводками, вызванными большим количеством осадков, выпавших на водосборной площади и в долинах.

Атмосферные осадки, выпадающие в равнинной части, на подъем грунтовых вод влияют значительно меньше. Установлено, что в Голодной степи от всего количества осадков, выпадающих в течение года, около 12—15% идет на пополнение грунтовых вод. Наиболее заметное влияние на повышение уровня грунтовых вод осадки оказывают с февраля по май, в период, когда грунты и почва увлажнены почти до предельной полевой влагоемкости, а испарение и транспирация снижены. Наиболее сильный подъем собственно от осадков происходит при высоком (1 м и выше) залегании грунтовых вод. Осадки, выпадающие в равнинной части, могут оказывать и косвенное влияние на подъем грунтовых вод. Не попадая в грунтовые воды, они могут содействовать снижению расхода на испарение и транспирацию непрерывно поступающих сюда подземных вод.

ВЛИЯНИЕ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ И ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЕЕ НА РЕЖИМ ГРУНТОВЫХ ВОД

Выше мы отметили, что около 30—50% воды, проходящей по каналам, просачивается в грунт и пополняет подземные воды.

По данным Бухарского Облводхоза, в 1953 г. в область по Зеравшану поступило 3,2 млрд. м³ оросительной воды. Из этого количества в точках выдела воды колхозам было отпущено всего лишь 2,0 млрд. м³, остальная часть (3,2 − 2,0 = 1,2 млрд. м³, или 38%) пошла на фильтрацию и испарение со свободной водной поверхности. Испарение со свободной водной поверхности не превышает 10% от общих потерь. В нашем примере это составит около 200 млн. м³.

Следовательно, только из Зеравшана на пополнение грунтовых вод межколхозной магистральной и распределительной сети в пределах Бухарской области пошло около 1 млрд. м³ воды.

Наибольшие потери воды на фильтрацию происходят во внутрихозяйственной сети, имеющей наибольшую протяженность, хуже всякой другой оснащенной гидротехническими

сооружениями и зачастую не соответствующей основным техническим требованиям.

Исследованиями установлено, что до перехода на новую систему орошения протяженность магистральных каналов в среднем была равна 5—10 м, распределительной сети — до 15—20 и внутрихозяйственной — от 100 до 200 м на 1 га орошаемой площади.

После переустройства оросительной сети при переходе на новую систему орошения протяженность внутрихозяйственной сети сократилась, но все же еще составляет большую величину и колеблется в пределах 60—100 м/га и более.

Потери воды в оросительной сети, согласно проведенным нами исследованиям, колеблются: в магистральной сети от 7 до 12, в распределительной — от 12 до 20 и во внутрихозяйственной — от 20 до 35% и более.

Потери оросительной воды во внутрихозяйственной сети Самаркандской области Узбекистана, определенные в различное время и различными исследователями, колебались от 25,5 до 69,7% (табл. 8).

Таблица 8

Потери воды внутрихозяйственной сетью по Самаркандской области

Отвод	Система канала	Средние потери воды в сети, процентов от расхода
Анхор	Тюя-Тартар	33,6
Катта-Курган	Дам	31,3
Мауниджан	Насырабат	50,9
Айман	Янги-Башарык	50,7
Туркмен и Каучун	Сияб	59,5
Янги-Кишлак	Кара-Дарьинская	41,5
Большой и малый Мазар	Даргом	25,5
Янгиарык	"	42,0
Шавдор	"	69,7
Балтиан	"	43,4
Хаузяк	"	54,9
Шурбан	"	57,9
Тарнау	Булунгур	47,4
Мазраган	Мазраган	39,7
Средние потери воды по внутрихозяйственной сети		46,5

Коэффициент полезного действия внутрихозяйственной сети по другим областям и районам показан в табл. 9.

Из приведенных данных можно установить прямую зависимость между водообеспеченностью и к. п. д. Как общее правило — чем хуже водообеспеченность района и колхоза, тем

Таблица 9

Коэффициент полезного действия внутрихозяйственной сети

Район	Колхоз	Учетная площадь, *га*	Коэффициент полезного действия		
			средний за вегетационный период	среднедекадный	
				минимум	устойчивый максимум
Янги-Юльский	им. Калинина	181	0,35	0,08	0,57
Нарпайский	Янги-Юль	368	0,49	0,25	0,70
Нанганский	Пахтакор	116	0,44	0,17	0,67
Куйбышевский	им. Сталина	126	0,57	0,43	0,75
Ленинградский	им. Горького	104	0,63	0,43	0,74
Ленинградский	им. „Правды"	143	0,51	0,35	0,68
Алты-Арыкский	Хасылят	102	0,57	0,33	0,69
Ленинский	Иджтымоят	96	0,37	0,27	0,50

выше коэффициент полезного действия. Колхозы „Янги-юль" Самаркандской области, а также им. Сталина, Горького, „Правды" и Хасылят, Ферганской области, имели худшую водообеспеченность по сравнению с другими. Поэтому в них был более высокий коэффициент полезного действия оросительной сети как на протяжении вегетационного периода, так и в отдельные декады, по сравнению с другими колхозами.

Значительная доля потерь воды в колхозах и низкий к. п. д. могут быть отнесены за счет плохой организации водопользования и небрежного отношения к воде. Техническое же состояние оросительной сети вполне позволяет довести к. п. д. внутриколхозной сети до 0,70—0,85 и, во всяком случае, не спускать ниже устойчивого наблюденного декадного максимума.

Величина потерь воды может значительно изменяться в зависимости от гидрогеологической зональности и грунтов, по которым проходит тот или иной канал. В первой гидрогеологической зоне потери воды на фильтрацию наибольшие, а во второй (зоне выклинивания) — наименьшие. В некоторых случаях вода из каналов здесь не только не будет теряться, а наоборот, даже пополняться за счет выклинивающейся грунтовой воды. Среднее положение по потерям воды из каналов занимает третья зона.

Большое влияние на величину потерь воды оказывают состояние оросительной сети и степень заиленности каналов. Известно, что вновь построенные, еще незакальмотированные каналы теряют воды больше, чем закальмотированные.

Поэтому без надобности не следует заглублять и расширять каналы против их проектных отметок, дабы не снимать закальмотированный слой и не увеличивать фильтрацию.

В каналах, заросших сорной растительностью, вода движется с меньшей скоростью по сравнению с очищенными, а чем меньше скорость воды в канале, тем большие потери от проходящего по нему объема воды. Кроме того, борта и дно заросших сорняками каналов обычно бывают пронизаны корнями однолетних растений. Со временем эти корни сгнивают, и по остающимся от них ходам первое время вода как по трубам уходит в грунт и пополняет запасы грунтовых вод. Кроме того, заросшие каналы сильно заиляются, и объем земляных работ при их очистке значительно возрастает.

Неисправности дамб часто ведут к прорывам воды из каналов, переливу воды через дамбы, к ненужному и вредному затоплению окружающих земель, следовательно, и подъему уровня грунтовых вод.

Значительная, бесполезная утечка воды обычно наблюдается в местах водовыпусков из магистральных каналов, распределительной и оросительной сети. Чем больше на каналах имеется водовыпусков и чем хуже они оборудованы, тем больше воды в них теряется. Если водовыпуск не оборудован хотя бы простейшим сооружением, то регулировать водозабор по нему очень трудно. Зачастую по такому водовыпуску воды забирается больше или меньше, чем это нужно колхозу. Кроме того, на таких каналах часто происходят размывы земляных перемычек, устраиваемых для забора воды; это вызывает бесполезную трату оросительной воды и подъем уровня грунтовых вод.

В каждом колхозе нужно стремиться к тому, чтобы число водовыпусков было наименьшим и водовыпуски были обязательно оборудованы хотя бы простейшими водозаборными сооружениями.

Кроме потерь воды из оросительной сети на фильтрацию, она создает дополнительный гидродинамический напор на грунтовые воды в зоне их влияния. Этот дополнительный напор присоединяется к основному напору, существующему в каждой из трех описанных выше природных областей питания грунтовых вод и наблюдается в виде „бугров“ грунтовых вод под оросительной сетью и орошаемыми полями.

Фильтрационная вода из каналов или даже орошаемых полей, до тех пор, пока она не сомкнулась с грунтовой водой, является фильтрационной, а как только сомкнулась с грунтовой — немедленно превращается в напорную, что может увеличивать потери воды из оросителя. Увеличенные потери в районах с близким залеганием грунтовых вод вызывают быстрый и усиленный подъем грунтовых вод на прилегающих к ним земельных массивах. Наши исследования показали, что при близком залегании грунтовых вод напор от канала передается довольно быстро и на большое расстояние, измеряемое километрами.

Приведенный рис. 12 показывает, что потери воды на фильтрацию увеличиваются после смыкания фильтрационных вод с грунтовыми. Под наблюдением был временный ороситель со средним расходом воды по нему около 22 л/сек.

Наибольшая фильтрация воды, как и следовало ожидать, происходила в течение первых 6 час. Потери воды за это время из оросителя составили 111 м³. Затем они постепенно начали снижаться, достигнув своего минимума к 18 час. работы оросителя (56 м³). По истечении этого периода поверхностные воды сомкнулись с грунтовыми, залегавшими в начале опыта на глубине 1,4 м. После смыкания фильтрационные воды превратились в напорные и фильтрация воды из оросителя вначале резко, а затем постепенно начала увеличиваться. За счет этих потерь также растет и кривая депрессии, отходящей от канала.

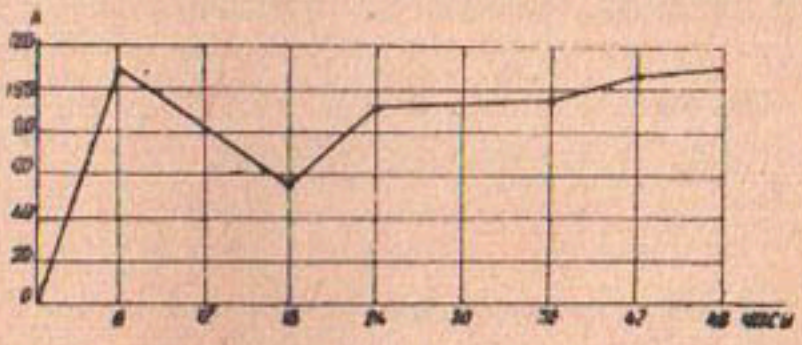

Рис. 12. Динамика потерь воды из временного оросителя по периодам, при исходной глубине залегания грунтовых вод 1,4 *м* от поверхности земли.

Эти же данные свидетельствуют о том, что в плотных глинистых грунтах для смыкания фильтрующейся воды с грунтовой требуется значительное время. В данном случае для прохождения слоя грунта в 1,4 м фильтрующийся из оросителя воды потребовалось около 18 час.

Н. А. Димо, исследовавший в Голодной степи действия каналов „Левая ветка" и „Малекский распределитель", пришел к выводу, что эти каналы за два года работы вызвали высокий подъем уровня грунтовых вод в зоне 300 м в каждую сторону от канала.

Б. С. Коньков и Е. Г. Петров установили, что на канале К-20 в Голодной степи в течение 7 мес. (с 20 апреля по 20 ноября 1925 г.) дальность действия канала распространилась на 1000 м при дополнительно создавшемся напоре под каналом в 10 м. За два года работы канала дальность действия его составила 1700 м.

При более близком залегании грунтовых вод передача напора от канала совершается значительно быстрее, следовательно, и фильтрационная потеря воды в нем достигает огромных размеров.

По исследованиям Б. М. Георгиевского, проведенным в Южном Хорезме по каналу Клыч-Ниязбай, проходившему в заиленных песках, изменение горизонта воды в канале при действующем дополнительном напоре в 1,5 м отражалось на уровне грунтовых вод на расстоянии 785 м в течение 5—6 час.

По нашим наблюдениям, проведенным над каналом Шават, изменение уровня воды в канале нарушало положение уровня грунтовых вод на расстоянии более 1 км в течение одних суток при глубине залегания грунтовых вод в 1,5 м.

Увеличение потерь воды на фильтрацию из оросителей после смыкания поверхностных и грунтовых вод, очевидно, будет продолжаться до тех пор, пока не установится относительное и динамическое равновесие между фильтрацией воды из оросителя и расходом воды на испарение и транспирацию с поверхности установившейся кривой депрессии.

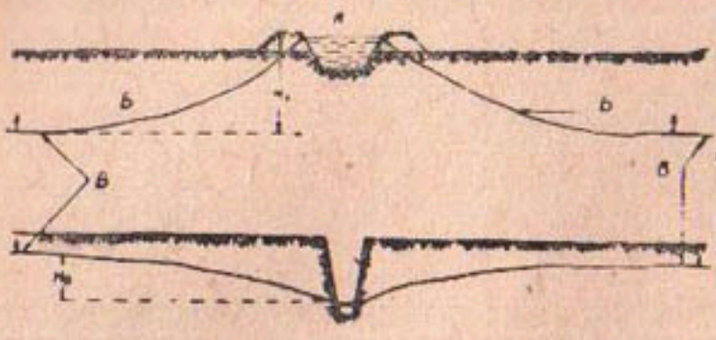

Рис. 13. Уровень грунтовых вод, создаваемый в результате действия или гашения гидравлических напоров.

Условные обозначения: *А* — канал; *Б* — уровень грунтовых вод, вызванный действием дополнительного напора; *В* — уровень грунтовых вод, вызванный действием основного напора; H_1 — дополнительный напор, вызываемый действием оросительной сети; H_2 — перепад основного и дополнительного напоров, созданный в результате работы дрены; *м* — направления действия основного напора.

Таким образом, непрерывные потери воды на фильтрацию из оросительной сети и испарение с поверхности грунтовых вод, создают кривую депрессии питания грунтовых вод, отходящую от оросительной сети или орошаемых полей.

Кривая депрессии, отходящая от коллекторно-дренажной сети, представляет из себя ни что иное, как кривую гашения существующего напора грунтовых вод, создаваемого основным и дополнительным источниками питания грунтовых вод (рис. 13).

Но ни в первом, ни во втором случае депрессионная поверхность уровня грунтовых вод не будет свободной, так как по поверхности депрессионной кривой не смогут свободно скатываться частички воды от источника питания, то есть от наивысших отметок к низшим. Кривая депрессии формируется в результате гашения действующего напора, что и было подтверждено нашими исследованиями минерализации грунтовых вод, проведенными в Голодной степи и других районах республики.

Отсюда можно сделать вывод, имеющий большое практическое значение. Для резкого снижения уровня грунтовых вод в мелиоративно неблагополучных районах необходимо не частичное, а полное закрытие каналов на невегетационный период. При частичном закрытии и оставлении так называемого питьевого тока, питание грунтовых вод уменьшится незначительно, потому что действующий дополнительно напор („Н“) при этом сократится сравнительно на небольшую величину (рис. 14). При полном же закрытии канала этот дополнительный напор „Н“ полностью устранится и сработка образовав-

шегося „бугра" грунтовых вод от действия оросителя произойдет быстро.

Большое влияние на положение уровня грунтовых вод оказывает коллекторно-дренажная сеть, ее развитость, глубина и состояние. Назначение коллекторно-дренажной (заурной) сети — собирать и отводить грунтовые воды. Исследованиями установлена прямая зависимость между глубиной дрен и расходом воды. Чем глубже коллекторы и дрены, тем больше они отводят грунтовой воды и тем скорее снижается уровень грунтовой воды, поднятой природными или хозяйственными условиями, в зоне их действия. Для того, чтобы коллекторно-дренажная сеть отвечала своему назначению, необходимо, чтобы она постоянно находилась в исправном состоянии и без всяких задержек отводила собираемую ею грунтовую воду. Сорная растительность в коллекторно-дренажной сети мешает свободному стоку воды по ней, заросшая дрена отводит воды меньше, чем дрена, очищенная от сорняков.

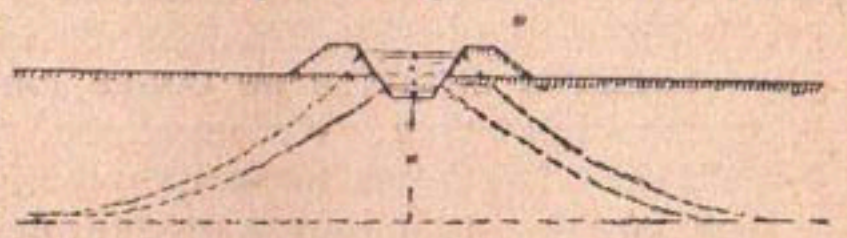

Рис. 14. Кривые депрессии установившегося равновесия между приходными и расходными частями грунтовых вод при изменении уровня воды в канале.

Заиление дна и стенок коллекторов и дрен препятствует выклиниванию в них грунтовой воды. Поэтому заиляющуюся часть коллекторно-дренажной сети необходимо очищать не реже одного-двух раз в год.

Сброса поверхностной воды в коллекторы и дрены нельзя допускать по следующим причинам. Сбросная поверхностная вода поднимает горизонт воды в дренах и как бы уменьшает их фактическую глубину; она вызывает быстрое заиление дрен, образование обвалов и оползней в местах сбросов и т. д; сбросная вода способствует опреснению грунтовой воды, поступающей в дрену, вследствие чего дрены усиленно зарастают сорной растительностью.

Хорошо работающая и развитая коллекторно-дренажная сеть, как показывают опыты и практика, отводит, примерно, одну треть грунтовой воды от всего объема воды, поступающей в оросительную сеть в течение года. Но дренами отводятся не оросительная вода, а грунтовая, совершенно отличная по своему качественному составу от оросительной.

В период промывок засоленных земель зачастую дренами отводится воды значительно больше, чем подается на орошение.

ВЛИЯНИЕ ПОЛИВНЫХ НОРМ И СПОСОБОВ ПОЛИВА НА ПОДЪЕМ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

Непременное условие получения высоких и прогрессивно возрастающих урожаев сельскохозяйственных культур — это

нормальный расход воды на орошение, соответствующий потребностям растений и получаемым урожаям, и технически правильное проведение самих поливов.

Известно, что при поливах затоплением на орошение воды затрачивается значительно больше, чем при поливах по бороздам. При поливах хлопчатника по бороздам в среднем вполне достаточна норма 700—900 м³/га, тогда как при поливах затоплением затрачивается в среднем 1200—1500 м³/га и более. Естественно, что при поливе затоплением грунтовые воды будут подняты выше, и на более длительный период, чем при поливе по бороздам. Кроме того, при поливе затоплением рыхлость и структура почв нарушаются в большей степени.

При плохой планировке полей, недоброкачественной нарезке борозд, чрезмерной их длине, неправильно подобранной бороздной струе воды и прочих причинах на полив затрачивается значительно больше воды, чем это требуется.

Во второй и третьей гидрогеологических зонах практически нет такой поливной нормы, которая не вызывала бы подъема уровня грунтовых вод. При поливе резко уменьшится расход грунтовой воды на испарение и транспирацию, приход же ее увеличится. Как уже отмечалось, грунтовые воды могут подняться даже без смыкания поверхностных вод с грунтовыми, это можно видеть из приведенного (рис. 15) графика подъема грунтовых вод после полива.

Грунтовые воды после полива поднимаются немедленно и на большую высоту. Происходит это потому, что прекращается расход на испарение и транспирацию непрерывно притекающих сюда грунтовых вод. Для того, чтобы поливная вода просочилась до грунтовой и вызывала ее подъем, требуется гораздо больше времени, чем это происходит на самом деле. Уровень грунтовых вод начинает снижаться только после того, как снова восстанавливается расход грунтовых вод на испарение и транспирацию.

О размере влияния поливных норм в вегетационный период на подъем грунтовых вод, в зависимости от глубины их залегания, можно судить по данным (табл. 10), полученным на основании исследований, проведенных на опытной станции Федченко (СоюзНИХИ).

Величина подъема уровня грунтовых вод после полива динамична и зависит от многих переменных величин. Главнейшие из них:

а) глубина залегания грунтовых вод. Чем ближе к поверхности земли залегают грунтовые воды (что в свою очередь определяется большим притоком их под рассматриваемый участок), тем выше будут подняты грунтовые воды при поливе;

б) влажность почвы. При высокой влажности почвы перед поливом и меньшей свободной порозности выше будут подняты грунтовые воды;

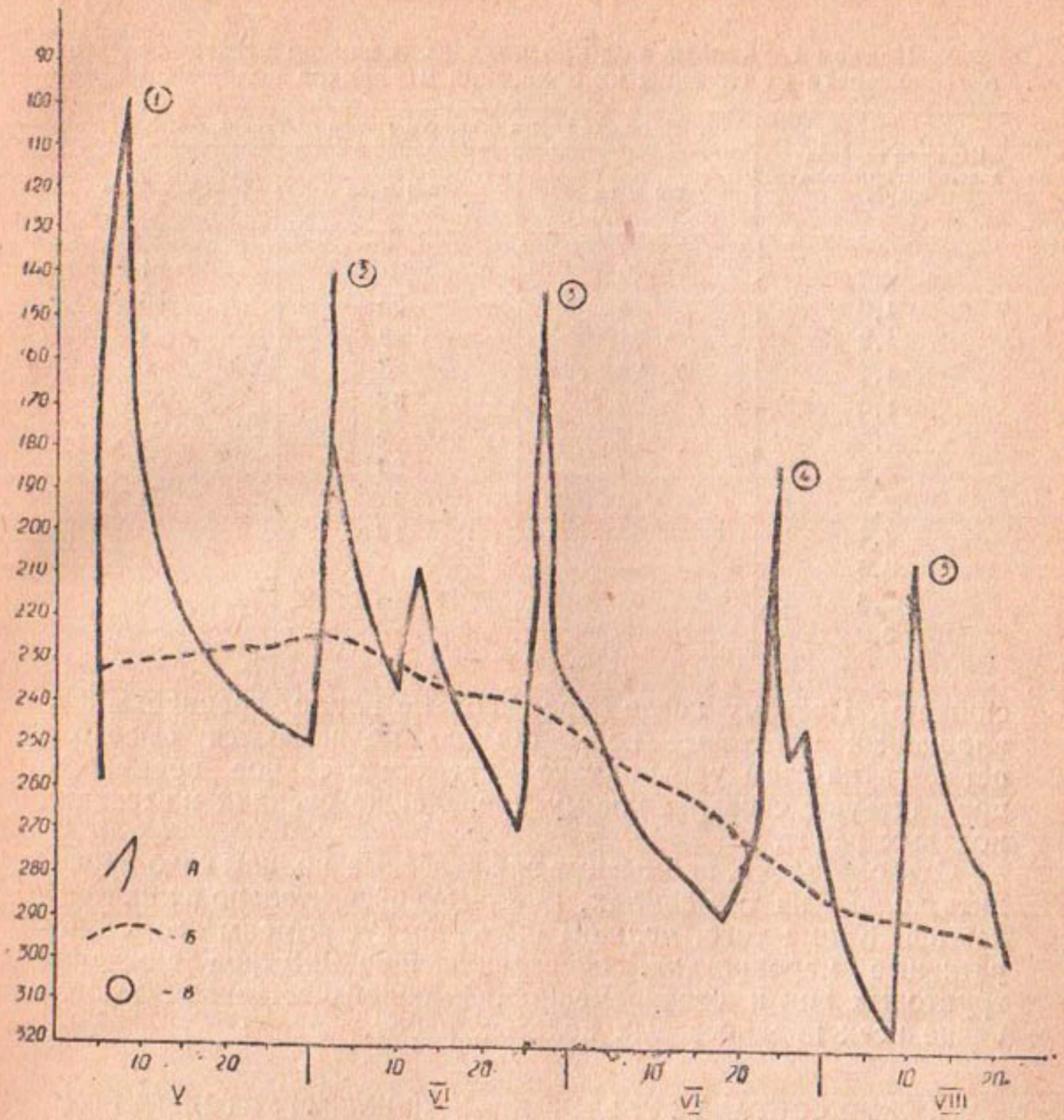

Рис. 15. Динамика уровня грунтовых вод в вегетационный период на целине и дренированном хлопковом поле.

Условные обозначения: *А* — уровень грунтовых вод на хлопковом поле; *Б* — уровень грунтовых вод на целине; *В* — номера поливов.

в) размер поливной нормы. При поливах большими поливными и оросительными нормами грунтовые воды поднимутся на большую величину и на более длительный период.

Значительное влияние на подъем уровня грунтовых вод оказывают промывные поливы, так как нормы их на много больше норм вегетационных поливов, а метеорологические факторы, определяющие интенсивность испарения, в это время

Таблица 10

Подъем грунтовых вод при поливах в период вегетации в зависимости от глубины их залегания и размера поливной нормы

Исходная глубина залегания грунтовых вод, *м*	Поливные нормы и подъем уровня грунтовых вод, *см*		
	700 *м³/га*	1000 *м³/га*	12000 *м³/га*
0,8	43	61	91
1,0	38	55	83
1,2	33	49	74
1,4	28	43	65
1,6	23	37	57
1,8	19	30	49
2,0	14	23	40
2,2	8	17	31
2,4	3	10	23
2,6	—	4	14
2,8	—	—	6
3,0	—	—	—

снижены. Поэтому после промывок на плохо дренированных площадках грунтовые воды обычно поднимаются высоко и остаются на этом уровне такое продолжительное время, что препятствуют своевременному проведению осенних и весенних полевых работ.

Следовательно, промывные или запасные поливы надо проводить только на тех землях, которые действительно в них нуждаются. Кроме того, должны быть предусмотрены все мелиоративные мероприятия, обеспечивающие быстрое снижение грунтовых вод и своевременное, высококачественное выполнение всех предпосевных полевых работ.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КУЛЬТУР НА УРОВЕНЬ ГРУНТОВЫХ ВОД

Любая сельскохозяйственная культура требует в период своего развития определенного количества воды. При коротком вегетационном периоде культуры и высокой влажности почвы меньше оросительной воды необходимо для получения высоких урожаев. При глубоком залегании уровня грунтовых вод в Средней Азии для получения урожая зерновых культур требуется в среднем затратить 3000, для хлопчатника — около 6000, а для риса — 20 000—25 000 м³/га и более оросительной воды на одних и тех же землях. Естественно, что чем больше будет дано воды на поле, тем больше пойдет ее на пополнение грунтовых вод. Резкий подъем уровня грунтовых вод, наблюдавшийся в последние годы в Голодной степи, в Хорез-

ме и в некоторых других районах, в значительной мере объясняется влиянием посевов риса.

Для того, чтобы убедиться в этом, достаточно сопоставить площади посева риса и глубину залегания грунтовых вод по состоянию на 1 апреля по Узбекской части Голодной степи (табл. 11).

Таблица 11

Площадь посевов риса и глубина залегания грунтовых вод по Узбекской части Голодной степи

Год	Площадь, *га*		Площадь (*га*) с различной глубиной залегания грунтовых вод			
	находившаяся под наблюдением	в том числе под посевами риса	от 0 до 1 *м*	от 1 до 2 *м*	от 2 до 3 *м*	глубже 3 *м*
1949	122 660	983	7 960	66 710	40 580	7 410
1950	122 660	1763	13 790	85 280	19 795	3 795
1951	122 660	1439	26 964	80 496	11 860	3 340
1952	122 660	2538	28 830	85 185	7 610	1 035
1953	122 660	2747	36 300	76 080	9 315	965

Из материалов, приведенных в табл. 11, видно, что с расширением посевов риса в Голодной степи наблюдается неуклонный подъем уровня грунтовых вод. Количество мелиоративно неблагополучных площадей, с глубиной залегания грунтовых вод от 0 до 2 м, в 1949 г. было 74 670 га, а к 1953 г. оно возрасло до 112 380, то есть увеличилось на 37 710 га. Некоторое сокращение площади посева риса на основном голодностепском плато на 828 га, при общем сокращении на 324 га в 1951 г., незамедлительно сказалось и на темпах подъема уровня грунтовых вод.

Динамика средней глубины залегания уровня грунтовых вод по массиву, находящемуся под наблюдением, говорит об ухудшении мелиоративного состояния этой территории (табл. 12).

Таблица 12

Динамика уровня грунтовых вод по Узбекской части Голодной степи по старому административному делению

Район	Средняя глубина залегания уровня грунтовых вод, *м*				
	1949 г.	1950 г.	1951 г.	1952 г.	1953 г.
Мирзачульский	1,77	1,57	1,44	1,35	1,33
Сыр-Дарьинский	1,45	1,45	1,30	1,35	1,25

Уровень грунтовых вод при рисосеянии повышался даже при расширении строительства коллекторно-дренажной сети. Следовательно, имеющаяся коллекторно-дренажная сеть не в состоянии остановить наблюдавшееся повышение уровня воды, поэтому требуется увеличение ее удельной протяженности.

Посев риса в бездренажных условиях вызывает подъем уровня грунтовых вод в среднем на расстоянии 300м и более во все стороны от рисового участка. Поэтому меньшая площадь рисового участка вызовет относительно больший вред земельным массивам, прилегающим к нему.

В третьей гидрогеологической зоне в мелиоративном отношении от посева риса получается больше вреда, чем пользы, поэтому посевов его здесь нужно всячески избегать, или приурочивать их к таким местам, где влияние рисовников на окружающие земельные массивы будет минимальным или полностью отсутствовать.

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗЕМЕЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (к. з. и.) НА ПОДЪЕМ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

Земли, орошаемые той или иной ирригационной системой, обычно бывают не полностью засеяны; часть их занята перелогами, пустырями, дорогами, каналами, постройками. Под освоенными землями второй и третьей гидрогеологических зон уровень грунтовых вод всегда залегает выше, чем под соседними пустующими землями или под площадями с низким коэффициентом земельного использования. Это объясняется тем, что на такие площади в общей сложности поливной воды подается меньше, чем на земли, полностью освоенные. Для правильного понимания значения к. з. и. в питании грунтовых вод приведем следующий пример.

Предположим, что имеем земельный массив площадью в 1000 га, из которого освоено 250 га. Условно предполагаем, что водоподача на 1 га в течение года составляла 12 тыс. м³/га по головному водозабору, включая сюда все потери воды в ирригационной сети от головного водозабора до поля (табл. 13). При к. п. д. системы, равном 0,6 — потери на фильтрацию от общей водоподачи на площадь, составят 1 200 тыс. м³. Если оросим 500 га и дадим на единицу площади уже не 12 тыс. м³/га, а только 10 тыс. м³/га, при повышенном к. п. д., равном 0,65 — потери на фильтрацию составят уже 1750 тыс. м³, то есть увеличится на 146% (табл. 13). При орошении же всей площади в 1000 га, сокращении затраты воды на единицу площади против первого варианта на 4000 м³/га (то есть на 33%) и доведении к. п. д. до 0,70—общие потери воды на фильтрацию составят 2 400 тыс. м³, то есть увеличатся по сравнению с первым случаем на 200%.

Таблица 13

Динамика подачи воды и пополнения запаса грунтовых вод за счет потерь при изменении коэффициента земельного использования

Номер варианта	Орошаемая площадь, *га*	Подача воды на единицу площади по головному водозабору, $м^3/га$	Подача воды на всю орошаемую площадь, тыс. $м^3$	Коэффициент полезного действия (к. п. д.)	Потери на фильтрацию от общей водоподачи, тыс. $м^3$
I	250	12 000	3000	0,60	1200
II	500	10 000	5000	0,65	1750
III	1000	8 000	8000	0,70	2400

Расход на испарение и транспирацию основного потока подземной воды, непрерывно притекающего на данную территорию, при повышенном к. з. и. складывается совершенно по-иному. В общей сложности расход воды на испарение и транспирацию совершенно прекращается или сильно уменьшается, а питание грунтовых вод увеличивается за счет фильтрации воды из каналов и полей.

Поэтому уменьшение затрат воды на единицу площади по головному водозабору или повышение к. п. д. оросительных систем не может быть надежным показателем мелиоративного благополучия той или иной территории. Во второй и третьей гидрогеологических зонах необходимо проверить изменение общей водоподачи на данную территорию. Требуется устанавливать общие потери воды на фильтрацию со всей площади, а также расход на испарение и транспирацию непрерывно поступающей сюда воды с окружающих земельных массивов. Иными словами, необходимо изучить водный баланс данной территории.

Изменение водного баланса с ростом орошаемых площадей можно наблюдать почти на каждой ирригационной системе. Например, в Мирзачульском и Сыр-Дарьинском районах в 1936 г. на орошаемый 1 га по головному водозабору подавалось воды 12 800 $м^3/га$, а на 1 га обарыченной площади приходилось 3900 $м^3/га$. К 1941 г. орошаемая площадь по этим двум районам возросла на 192%, а подача воды на орошаемый гектар снизилась до 11 600 $м^3/га$, то есть на 1200 $м^3/га$ по сравнению с 1936 г. Но на 1 га обарыченной площади стало приходиться воды уже не 3900, а 6800, или на 2900 $м^3/га$ больше. Грунтовые воды здесь резко поднялись, и общее мелиоративное состояние ухудшилось.

В связи с этим в гидрогеологической зоне рассеивания грунтовых вод, то есть на землях, засоленных или подверженных засолению, увеличение площади орошаемых земель в обяза-

тельном порядке должно сопровождаться усилением комплекса мелиоративных мероприятий.

Иными словами, тех мелиоративных мероприятий, которые были достаточны для поддержания уровня грунтовых вод на должной глубине и предупреждения засоления почв при к. з. и. 0,2—0,3 окажется совершенно недостаточно при доведении к. з. и. до 0,4—0,5 и т. д.

В бессточных оазисах, в третьей гидрогеологической зоне, с увеличением приходной части водного и солевого баланса территории, необходимо позаботиться и об увеличении расходной части, иначе уровень грунтовых вод поднимется до недопустимой высоты.

ПРИЧИНЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ РЕЗКИЙ ПОДЪЕМ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД В ПЕРВЫЕ ГОДЫ ОРОШЕНИЯ

Как уже отмечалось, при орошении земель во второй и третьей гидрогеологических зонах расход непрерывно поступающих сюда грунтовых вод на испарение и транспирацию будет снижен, а питание их неизбежно увеличится главным образом за счет фильтрации воды из каналов с земляным руслом. Отток же грунтовых вод под соседние участки, вследствие некоторого увеличения дополнительного напора, также возрастет, но этот расход не будет равноценен приходу. Поэтому при орошении в гидрогеологической зоне выклинивания или рассеивания грунтовые воды неизбежно начнут подниматься на какой бы исходной глубине они не находились.

Без введения необходимых мелиоративных мероприятий в различных природных и хозяйственных условиях под воздействием орошения уровень грунтовых вод установится на какой-то новой глубине, при которой сформируется относительно новое динамическое равновесие между приходной и расходной частями грунтовых вод.

Вновь установившийся уровень грунтовых вод в большинстве случаев не будет удовлетворять требованиям, предъявляемым земледелием. Поэтому при доведении к. з. и. до определенной величины (различной для разных мест) в зоне выклинивания возникает необходимость искусственного и неизбежного регулирования уровня грунтовых вод, а в зоне рассеивания — и дополнительного регулирования солевого режима почв.

Высота и скорость поднятия грунтовых вод при орошении земельных массивов в зоне рассеивания зависит от исходной глубины залегания грунтовых вод, общей подачи оросительной воды на данную территорию (определямой к. з. и.), составом сельскохозяйственных культур, водно-физическими и химическими свойствами почв и грунтов и т. д.

При увеличении к. з. и. неизбежно увеличится и общая подача воды на данную территорию, а следовательно, повысится питание грунтовых вод. При плохом состоянии оросительной сети и бесплановом водопользовании потери воды на фильтрацию увеличатся, и грунтовые воды станут подниматься быстрее и остановятся на более высоком уровне.

Если в данном районе или области высевают сельскохозяйственные культуры, требующие большого количества оросительной воды за период своей вегетации (например, рис), уровень грунтовых вод поднимается быстрее, а при посеве менее водолюбивых культур, имеющих короткий вегетационный период (зерновые), — медленнее. В тяжелых и слоистых грунтах подъем уровня грунтовых вод совершается медленнее, в однородных и легких — быстрее.

Особенно резко грунтовые воды поднимаются в первый период после орошения. Например, в совхозе „Пахта-Арал" в первый год орошения (1924/25 г.) грунтовые воды поднялись больше чем на 5 м, а за последующий период (с 1925 по 1955 г.) — всего лишь на 3 м. Объясняется это тем, что при близком залегании уровня грунтовых вод большее количество их будет расходоваться на транспирацию растениями и испарение почвой, то есть увеличивается расходная часть. При прочих равных условиях дальнейший подъем уровня грунтовых вод может быть замедленным или даже прекращен совершенно. Но этот новый установившийся уровень может не отвечать требованиям высокоразвитого земледелия.

Резкий подъем уровня грунтовых вод в первый период орошения объясняется повышенной некапиллярной порозностью грунтов, вызванной многолетней деятельностью животных и растительных организмов, и, в связи с этим, повышенной водопроницаемостью грунтов. Например, по исследованиям, проведенным в Голодной степи, количество нор землеройющих животных и ходов от разложившихся корневых остатков, зачастую идущих до уровня грунтовых вод, даже при залегании последних на глубине 15—17 м, насчитывается до 1000 шт. на 1 м^2. Диаметр этих ходов колеблется от 2 до 8 мм и более. На целинных землях Голодной степи в один из корневых ходов растения Карелинии каспики, при помощи воронки было влито 250 л воды, не заполнившей всех ходов.

В период освоения целинных земель Джильванарыкской степи, Шафриканского района, Бухарской области в 1954 г., мы наблюдали при проведении предпахотного полива обильное выделение воздуха из грунта (делянки „кипели"). После полного затопления поливной делянки размером около 100 м^2 потребовалась струя воды в 10 л/сек. для поддержания постоянного горизонта воды на протяжении более одного часа.

Если при орошении не будут нарушены некапиллярные ходы, то большое количество оросительной воды сразу же

вызовет резкий подъем грунтовых вод. Такие явления в первый период освоения земель наблюдались в Голодной степи, в Шаульдере (Казахстана), на Вахше, в районе Кум-Сангырского плато и в других местах Таджикистана.

Для предотвращения резкого подъема грунтовых вод при освоении новых земель необходимо предварительно провести глубокую вспашку, боронование и малование предназначаемых к орошению земель.

———

ГЛАВА 6

ИЗМЕНЕНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ПОЧВ ПРИ ОБРАБОТКАХ И ПОЛИВАХ

Доброкачественной и глубокой обработкой вновь осваиваемых земель нарушаются все некапиллярные ходы землероев и корневых остатков. Во время полива эти ходы дополнительно заиляются и уплотняются. В результате водопроницаемость таких почв резко снизится, а питание грунтовых вод уменьшится.

В зависимости от обработки и степени окультуренности почв, водопроницаемость их может резко меняться (табл. 14).

Таблица 14

Водопроницаемость голодностепских почв при постоянном напоре в 5 *см*

Характеристика почв	Водопроницаемость, *м*/сутки
Целинные почвы	3,6
Целинные почвы после полива	1,9
Целина обрабатываемая, но не орошавшаяся	1,06
Целина обрабатываемая и орошаемая	0,40
На второй год после распашки целины до первого полива	1,17
После первого полива, но до послепосевной обработки	0,96
После полива и обработки	0,35
Староорошаемые и обрабатываемые почвы	0,14

По водно-физическим свойствам основные почвенные типы староорошаемых земель Голодной степи разделяются на две группы. Первая группа — равнинная часть, имеющая среднесуглинистые, крупнопылеватые почвы, формирующиеся на таких же однородных слабогипсированных грунтах, и вторая группа — Голодностепские депрессии (Шурузякская, Сардо-

бинская и др.), по механическому составу тяжелосуглинистые почвы, формирующиеся на тяжелых суглинках и глинах (табл. 15).

Таблица 15

Водно-физические свойства основных почвенных групп Голодной степи

Свойства почв	Группа почв	
	первая	вторая
Объемный вес	1,25	1,34
Общая порозность	53,2	49,5
Средняя проницаемость за первые семь часов, *мм/час*	46,1	23,6

Как видно из приведенных данных, водопроницаемость равнинной части в два раза выше пониженных частей рельефа. Объясняется это тем, что в пониженные части рельефа смывались и здесь отлагались наиболее тонкие фракции грунтов.

В зависимости от обработок и поливов полей севооборота водопроницаемость почв изменяется в значительной степени (табл. 16).

Таблица 16

Водопроницаемость почв на различных севооборотных полях опытных станций СоюзНИХИ, *мм/час*

После севооборота	Водопроницаемость, *мм/час*		
	на Голодностепской мелиоративной станции	на Иолотанской опытной станции	на Ак-Кавакской опытной станции
По пласту трав	121	—	24,1
По обороту пласта	78	—	—
На 3-й год после распашки трав . .	65	—	—
Станционная старопашка	59	—	13,4
Колхозная старопашка	40	—	—
На травосмеси 2-го года	—	13,8	—
На травосмеси 3-го тода	—	24,3	—

Из приведенных в табл. 16 данных видно, что по мере удлинения сроков от распашки целинных земель или пласта трав водопроницаемость почв сильно снижается за счет изменения капиллярной и некапиллярной скважности их.

Из этих же данных видно, что голодностепские почвы (типа почв Центральной мелиоративной станции), имеющие относи-

тельно однородное и легкое по механическому составу строение, отличаются повышенной водопроницаемостью.

Почвы типа Иолотанской станции отличаются плохими водно-физическими свойствами, потому что они в той или иной степени солонцеваты. Биологические процессы, развивающиеся в почве при посеве люцерны и трав, значительно улучшают их водно-физические свойства, в результате чего водопроницаемость почв под посевом многолетних трав из года в год улучшается. После распашки трав водопроницаемость орошаемого поля снова начинает ухудшаться.

Водопроницаемость почв изменяется не только на протяжении сезона, но даже и на протяжении одного и того же полива: в начале полива она больше, а к концу меньше.

По определениям, проведенным на Ак-Кавакской опытной станции СоюзНИХИ, динамика водопроницаемости за первые три часа полива на разных фонах резко отличается (табл. 17).

Таблица 17

Динамика водопроницаемости весной и осенью на различных фонах

Фон	Суммарная водопроницаемость за первые три часа полива, *м*	
	30 мая	1 ноября
По пласту травосмеси	0,152	0,048
По обороту пласта	0,088	—
Старопашка	0,044	0,037

Как видно из приведенных в табл. 17 данных, наибольшие изменения водопроницаемости отмечены по пласту трав, на старопашке они незначительны.

Динамика водопроницаемости почв по определениям, проведенным на Чарджоуской опытной станции, показана в табл. 18. После каждого полива своевременно проводили послеполивную культивацию и мотыжение.

Общая закономерность снижения проникновения воды в почву как в течение одного полива, так и с удалением полива от начала к концу вегетации характеризуется динамикой водопроницаемости. Например, средняя водопроницаемость при первом поливе и в первый час была 30,3 мм, а в шестой час сократилась до 5,7 мм или сократилась в пять раз. При 4-м поливе средняя водопроницаемость в первый час, несмотря на проводимые междурядные обработки после каждого полива, уменьшилась до 19,6 мм и за четвертый час сократилась до 3,6 мм столба воды.

Изменения водопроницаемости почв в пространстве и во времени происходит вследствие изменения строения почв, нарушения ее естественного сложения под действием поливов и

обработок. Наибольшее изменение водопроницаемости производит вода, разрушающия агрегаты почв и заиляющая все некапиллярные и капиллярные ходы в почве.

Таблица 18

Динамика водопроницаемости староорошаемых почв, тяжелых по механическому составу

(Чарджоуская опытная станция)

Период наблюдений	Водопроницаемость, *мм* по часам						
	1	2	3	4	5	6	итого
13/VI, до полива	30,3	12,2	10,3	7,3	7,1	5,7	72,9
25/VI, после 1-го полива .	28,2	11,4	10,0	6,4	—	—	56,0
18/VII, после 2-го полива .	20,7	9,3	6,4	—	—	—	36,4
13/VIII, после 4-го полива	19,6	7,9	5,7	3,6	—	—	36,8

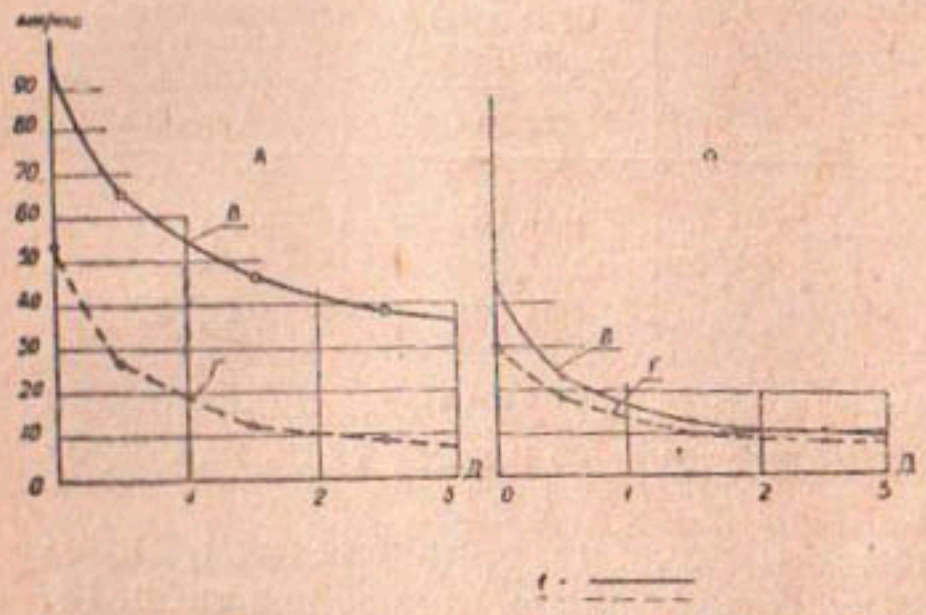

Рис. 16. Динамика сезонной водопроницаемости по пласту трав и старопашке.

Условные обозначения: *А* — по пласту трав; *Б* — по старопашке; *В* — водопроницаемость; *Г* — водопроницаемость (*Х*); *Д* — время (часов); *1* — весной; *2*—осенью.

Кроме действия на физические свойства почв, она вызывает и химические изменения в них. В зависимости от качества оросительной воды может значительно измениться коллоидная часть почвы, что также может улучшать или ухудшать водопроницаемость их.

Изменение водопроницаемости сероземов за первые три часа по пласту трав и по старопашке весной и осенью отражено на рис. 16.

По определениям Туркменской опытной станции СоюзНИХИ, средняя водопроницаемость на староорошаемых легких (суглинистых) почвах составляла 0,62 м/сутки, а на тяжелых (глинистых) почвах всего лишь 0,158 м/сутки. В связи с этим глубина промачивания при применении различных поливных норм также существенно изменялась (табл. 19).

Если учесть капиллярные свойства почв и проникновение на 150 см вглубь корневой системы большинства сельскохозяйственных растений, то выясняется, что в относительно однородных грунтах потери воды при повышенных поливных

нормах практически ничтожны. В таких случаях растения лучше используют запасы воды в почве, чем при частых поливах малыми поливными нормами.

Таблица 19

Глубина промачивания почв при поливе затоплением различными поливными нормами

Размер поливной нормы, *м³/га*	Глубина промачивания, *см*	
	на легких почвах	на тяжелых почвах
1000	80	60
1750	120—130	80
2500	160—180	100

В самом деле, предположим, что орошением создаем запас почвенной влаги в двухметровом слое. Предельная полевая влагоемкость этого слоя колеблется от 4600 на легких до 7000 м³/га на тяжелых по механическому составу почвах (табл. 20). Дефицит влаги или размер поливной нормы для этого слоя составит от 1400 до 2100 м³/га.

Таблица 20

Предельная полевая влагоемкость слоя почвы 0—200 *см* и поливная норма для него, рассчитанная по дефициту влажности при иссушении до 70%

Характеристика почв и грунтов	Предельная полевая влагоемкость (п. п. в.), *м³/га*	Запас влаги в почве при иссушении до 70 % от п. п. в., *м³/га*	Дефицит влаги, *м³/га*
Легкие	4600	3200	1400
Средние	5800	4000	1800
Тяжелые	7000	4900	2100

После полива, как только верхние слои почвы вследствие испарения и транспирации станут подсыхать, немедленно образуются токи воды от большего потенциала влажности к меньшему, из нижних слоев почвы в верхние и созданные запасы воды даже во втором метре не потеряются, а будут продуктивно использованы высеянной культурой.

В случаях близкого к поверхности земли залегания минерализованных грунтовых вод этот запас создаст опресненную подушку над минерализованными грунтовыми водами; запас этот будет в дальнейшем в лучшей степени использоваться растениями.

Как показывают расчеты и прямые опыты (табл. 9 и 10), потери воды непосредственно на поле при повышенных поливных нормах крайне ничтожны и в редких случаях превышают 5% при глубине залегания грунтовых вод в 1 м.

ГЛАВА 7

ЗАСОЛЕННЫЕ И СОЛОНЦЕВАТЫЕ ПОЧВЫ

По приближенным подсчетам почвенного института АН СССР, выполненных академиком Л. И. Прасоловым совместно с Н. Н. Розовым, общая площадь засоленных и солонцеватых почв на территории Советского Союза составляет около 75 млн. га, в том числе солонцеватых около 40—50 млн. га.

Солончаковые и солонцеватые почвы обычно встречаются в районах с незначительным количеством атмосферных осадков, недостаточных для выщелачивания солей из почвы.

Иными словами, засоление почв может возникать в районах, где восходящие токи почвенной и грунтовой воды, расходуемой на испарение и транспирацию, больше нисходящих. В районах, где количество атмосферных осадков или подаваемой воды на орошение меньше испарения и транспирации, может возникать засоление почв при условии недостаточной скорости горизонтального передвижения грунтовых вод (преобладание вертикального водообмена над горизонтальным).

В условиях превышения нисходящих токов (атмосферных осадков и поливной воды) над восходящими (испарением и транспирацией) засоление почв развиваться не может. При неудовлетворительных скоростях горизонтального передвижения грунтовых вод в таких случаях может возникать только заболачивание почв. Заболачивание и наблюдается в областях с относительно большим количеством атмосферных осадков, например, в северной части Советского Союза, юго-восточной части США, восточной части Австралии и большей части экваториальной полосы земного шара.

В республиках Средней Азии наибольшее количество солонцеватых почв, носящих местное название такырных и такыровидных, встречается главным образом на неорошаемой части Туркмении и Кара-Калпакии. В других республиках Средней Азии солонцеватые почвы имеют относительно малый удельный вес.

Значительные площади солонцеватых почв имеются в черноземной зоне Западно-Сибирской низменности, в Центрально-Черноземной области и Поволжье. Наибольшее распространение солонцеватые земли имеют в зоне каштановых почв—в Нижнем Поволжье, Казахстанских степях, Южной Украине, северной части Крыма, Ростовской области и других местах.

Засоленные и подверженные засолению почвы имеются во всех республиках Средней Азии. В среднем они занимают здесь около 50% от всей орошаемой площади.

Из земель, намечаемых к орошению в ближайшие годы, площадь засоленных или подверженных засолению почв достигает 70—80%. Объясняется это тем, что все лучшие и наиболее легко осваиваемые земли уже освоены.

Наименьшее количество засоленных земель и, тем самым, наименьший удельный вес их имеется в Киргизии, в южной части республики третья гидрогеологическая зона отсутствует совершенно, а в северной—развита слабо.

Бóльшая часть территории Казахстана, низовья Урала, Волги, Дона, Днепра в основном представлены гидрогеологической зоной рассеивания. Поэтому при орошении без принятия соответствующих мелиоративных мер здесь возможно засоление почв, а в некоторых местах и заболачивание их.

На засоленных почвах растения страдают от повышенной концентрации почвенного раствора, а на солонцеватых—от повышенной щелочности и присутствия в почве соды (Na_2CO_3 или $NaHCO_3$).

Теоретические основы мелиорации солонцеватых и солончаковых почв разработаны нашей отечественной наукой.

В большом объеме и с большей полнотой работы по исследованию солончаковых и солонцеватых почв и выявлению их влияния на рост и развитие растений были начаты во второй половине XIX в. Первые классические исследования солонцеватых почв и создание теории познания их проведены русским ученым академиком К. К. Гедройцем. Его теория принята учеными всего мира.

Дальнейшее изучение засоленных и солонцеватых почв—их образование, географическое распространение, исследования морфологических, водно-физических, химических и биологических свойств были проведены также русскими учеными: В. В. Докучаевым, К. Д. Глинкой, Г. Н. Высоцким, Б. Б. Полыновым, Л. И. Прасоловым, Н. А. Димо, И. Н. Антиповым-Каратаевым, В. А. Ковдой, Л. П. Розовым, А. Н. Розановым и др.

Все исследования как русских, так и зарубежных ученых показывают, что солонцеватые почвы отличаются от обычных незасоленных и засоленных большим количеством обменного натрия в поглощающем комплексе почв. Как правило, все солонцеватые почвы вследствие большой их дисперсности

отличаются плохими водопроницаемостью и аэрацией, недостатком органических и других питательных веществ и, кроме того, разъедающим клетки растений действием щелочей.

Между основаниями отдельных химических соединений, входящих в состав почвенного раствора, и коллоидальной частью почвы, существует некоторое относительное равновесие. По мере увеличения в почвенном растворе $Na^{\cdot\cdot}$, он все больше поглощается коллоидальной частью почвы с одновременным вытеснением им других оснований (главным образом $Ca^{\cdot\cdot}$ и $M_g{}^{\cdot\cdot}$). Процесс накопления $Na^{\cdot\cdot}$ в почвенном поглощающем комплексе носит название осолонцовывания почв.

Соли, имеющиеся в почвенном растворе, коагулируют коллоидальную часть почвы и по мере удаления солей почва начинает распадаться на составные части коллоидов, с проявлением всех отрицательных свойств их.

В случае недостатка в почве кальция происходит гидролиз натрия, находящегося в поглощающем комплексе, с образованием незначительных количеств гидрогенного алюминия и гидроокиси натрия.

Гидроокись натрия может вступать в реакцию с угольной кислотой, имеющейся в почвенном растворе и почвенном воздухе, и образовать соду по следующей реакции: $2\,Na(OH)+CO_2=Na_2\,CO_3+H_2O$, или $Na(OH)+CO_2=NaHCO_3$.

При физико-химическом, или так называемом обменном поглощении почвы происходит обмен некоторого количества катионов, находящихся на поверхности почвенных частиц, на эквивалентное количество катионов, входящих в состав почвенного раствора.

К обменным катионам в громадном большинстве случаев относятся катионы $Ca^{\cdot\cdot}$ и $M_g{}^{\cdot\cdot}$. в солонцеватых почвах к ним добавляется еще Na', а в кислых почвах—ион водорода H'.

В нейтральных почвенных растворах концентрация водородных ионов равна концентрации гидроксильной группе ионов, то есть: $H^+ = OH^- = 10^{-7}$ граммов-ионов на литр.

Если концентрация водородных ионов больше ($H^+ > 10^{-7}$), то почвенные растворы имеют кислую реакцию, и наоборот, при концентрации ионов $H^+ < 10^{-7}$ —щелочную.

Концентрация водородных ионов обычно выражается водородным показателем—pH, представляющим собой десятичный логарифм (H^+), взятый с обратным знаком—$pH = -lg\,(H^+)$.

В нейтральном растворе pH=7,0; в кислых $<7,0$ и в щелочных $>7,0$.

В зависимости от величины pH в водных растворах изменяется и содержание углекислоты. Например, при $pH < 4,0$ вся углекислота в почвенном растворе находится в виде углекислого газа (CO_2^-).

При pH=8,4 в воде будет присутствовать почти исключительно одни бикарбонаты иона HCO_3^-, а при $pH > 10,5$ — только

карбонаты иона CO_3^-. Бикарбонатные ионы (HCO_3^-) находятся в почвенном растворе только в присутствии свободной углекислоты (CO_2^-).

Содержание свободной углекислоты в поверхностных водах составляет 10—20 мг/л; наличие бикарбонатного иона HCO_3^- в поверхностных водах рек и пресных озер в редких случаях превышает 300 мг/л, а в наиболее распространенных природных минеральных источниках—1200 мг/л.

Содержание карбонатов иона CO_3^- в воде невелико, за исключением содовых вод и определяется растворимостью карбоната кальция.

Ионы бикарбоната HCO_3^- встречаются в большинстве почвенных растворов. Многие исследователи указывают, что высокая концентрация HCO_3^- в почвенном растворе вызывает у большинства растений хлороз, сходный с неусвояемостью железа.

В литературе имеются указания, что увеличенное содержание в почвенном растворе углекислого газа CO_2^- снижает содержание иона HCO_3^- и, тем самым, повышает плодородие многих солонцеватых почв вследствие снижения pH и одновременного повышения усвояемости фосфора растениями.

Повышенная концентрация ионов CO_3^- обычно связана с повышением pH. Повышенное содержание ионов карбоната CO_3^- обычно сопровождается высоким содержанием в почве обменного натрия и сопутствующими ему безструктурностью почвы, плохой аэрацией и малой пригодностью таких почв для земле́делия без химических мелиораций.

Сила сцепления поглощенных оснований с почвенными частицами огромна и измеряется сотнями и даже тысячами атмосфер. Поэтому поглощенные основания с поверхности почвенных частиц могут быть удалены только при помощи замены их другими обменными катионами.

Процесс минерального питания растений фактически заключается в обменных реакциях между почвенными частицами и клетками корней растений. Этот обмен совершается при помощи почвенного раствора.

Установлено, что pH оказывает большое влияние на проникновение питательных веществ и солей в растительную клетку. Повышение кислотности почвы способствует поглощению корнями растений анионов, а повышение щелочности—усилению поглощения катионов.

От присутствия в почве pH может изменяться растворимость питательных и отравляющих растения веществ, находящихся в почвенном растворе.

На кислых почвах повышается растворимость фосфатов и усвояемость их растениями.

Растворимость алюминия в сильной степени зависит от величины pH в почвенном растворе. Практически Al нерас-

творим при pH, равном 4,5—8,5. В более кислой среде растворимость Al резко возрастает. В связи с этим на кислых почвах растения страдают не только от избытка иона H, но также и от ядовитого действия иона Al.

Засоленными почвами принято называть такие, в составе корнеобитаемого слоя которых содержится большое количество вредных воднорастворимых солей, препятствующих нормальному развитию большинства сельскохозяйственных растений, вызывающих снижение урожайности или даже полную гибель их.

Состав солей в засоленных почвах может быть весьма разнообразным, однако практически в громадном большинстве случаев эти соли представляют собой химические соединения всего трех катионов — $Na^{\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$ и $Ca^{\cdot\cdot}$ и четырех анионов — Cl', SO_4'', CO_3'' и HCO_3'. Из этого количества катионов и анионов возможно образование 12 следующих солей, наиболее часто встречающихся в засоленных почвах:

$NaCl$ — поваренная соль
Na_2SO_4 — глауберовая соль
Na_2CO_3 — сода нормальная, бельевая
$NaHCO_3$ — сода двууглекислая, чайная
$Mg\,Cl_2$ — хлористый магний
$Mg\,SO_4$ — горькая соль
$Mg\,CO_3$ — углекислый магний
$Mg\,(HCO_3)_2$ — двууглекислый магний
$CaCl_2$ — хлористый кальций
$CaCO_3$ — известь
$CaSO_4$ — гипс
$Ca(HCO_3)_2$ — бикарбонат кальция

В засоленных почвах обычно $Na^{\cdot}$ является основным катионом, а Cl' и SO_4 — преобладающими анионами. В большинстве случаев в засоленных почвах катион $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$, или тот и другой вместе, преобладают над Na, тогда как в солонцеватых почвах в поглощающем комплексе $Na^{\cdot}$ преобладает над $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$. В обычных незасоленных и несолонцеватых почвах катионы $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$ составляют 90—95% и даже больше от обменных оснований. Из перечисленных солей одни более, другие менее ядовиты для растений.

Исследованиями установлено, что вредное действие солей на растения в большинстве случаев прямо пропорционально степени их растворимости, то есть чем легче соль растворяется в воде, тем она вреднее для растения. Как правило, хлориды лучше растворимы в воде, чем сульфаты, а последние легче растворимы, чем карбонаты. Следовательно, хлориды в своей массе более ядовиты для растений, чем сульфаты, а сульфаты более ядовиты, чем карбонаты. Исключение из этого составляет Na_2CO_3 и $NaHCO_3$. Присутствие первой соли в количест-

ве 0,005 весовых процента на метровый слой почвы считается уже нежелательным. Токсичные действия $NaHCO_3$ несколько слабее и приближаются к NaCl, но при этом нужно учесть, что $NaHCO_3$ при подсушке почвы легко может переходить в Na_2CO_3, согласно следующему уравнению:

$$2\ NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2.$$

Некоторые ученые отмечают, что токсичность иона HCO_3 объясняется очень легким проникновением его через стенки растительных клеток, особенно в тех условиях, когда щелочность почвенного раствора выше щелочности клеточного сока. Аналогично этому ион HCO_3', образовавшийся внутри клеточного сока, также легко может обмениваться на катион, находящийся вне клетки.

Такие соли как $CaSO_4$ и $CaCO_3$ почти не растворимы в воде, особенно последняя, поэтому ядовитое действие их на растения не проявляется. Например, $CaCO_3$ в сероземах Средней Азии достигает 16 — 18% от веса, но, несмотря на это, почвы высоко плодородны.

Хлористый кальций ($CaCl_2$) — одна из самых ядовитых солей для растения, вследствие чрезвычайно большой его растворимости. Достаточно указать на то, что в 1 л воды, при температуре 20°, растворяется 744 г* $CaCl_2$.

Д. С. Смирнов, проводивший опыты на подзолистых почвах, отмечает, что хлористый кальций вызывает большее снижение урожая по сравнению с хлористым Na и K при одинаковых концентрациях почвенного раствора. Растворимость $CaCl_2$ при температурах в интервале от 0 до 40° в среднем в 2,5 раза больше по сравнению с NaCl.

Работая над проращиванием пшеницы в растворах чистых солей, Хартер нашел, что половина из проросших семян погибла при следующих концентрациях раствора:

$NaCl$ — 0,05 г/л
Na_2SO_4 — 0,04 „
$NaHCO_3$ — 0,026 „
Na_2CO_3 — 0,01 „
$Mg\ Cl_2$ — 0,009 „
$Mg\ SO_4$ — 0,007 „

Растворимость M_gCl_2 при температурах от 0 до 20° в полтора раза выше по сравнению с NaCl, а $M_g\ SO_4$ — близка к NaCl.

Этими исследованиями также установлено, что если в растворе присутствует одна какая-нибудь соль, то вредное действие ее проявляется в значительно большей степени. При наличии

---

* Относительные величины растворимости солей см. ниже в разделе промывки почв.

же смеси солей вредное действие их резко снижается, вследствие возникающего антагонизма между отдельными электролитами.

Антагонизм, развивающийся между отдельными катионами и анионами смеси солей в почвенном растворе, ослабляет вредное действие какой-либо отдельной соли на растения.

В зависимости от соотношения в почвах катионов $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$ они могут оказывать положительное или отрицательное действия на растения. Академик Н. А. Максимов и Е. К. Миллер утверждают, что наилучшими соотношениями катионов $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$ в почве для растений будет 2:1 или 1:1.

Обычно в незасоленных и несолонцеватых почвах катион $Ca^{\cdot\cdot}$ преобладает над катионом $Na^{\cdot}$, но в некоторых случаях на солонцах обменный $Mg^{\cdot\cdot}$ начинает преобладать над обменным $Ca^{\cdot\cdot}$.

Многие русские ученые утверждают, что если в поглощающем комплексе почв будет содержаться $Mg^{\cdot\cdot}$ свыше 60% от емкости поглощения, то вредное действие его начинает отражаться на росте и развитии культурных растений.

Исследованиями Н. В. Орловского и А. М. Купцовой установлено, что обменный Mg при содержании его свыше 19% от емкости поглощения увеличивает угнетающее действие обменного натрия, что было ими зафиксировано на урожае зерновых. Е. И. Ратнер отмечает, что высокое содержание $Na^{\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$ в поглощающем комплексе снижают поглощаемость и усвояемость растениями $Ca^{\cdot\cdot}$.

Однако при высокой концентрации солей, независимо от соотношения их ионов, они все равно оказывают угнетающее действие на растения.

Опытами СоюзНИХИ установлено, что если после промывных поливов к моменту посева в метровом слое почвы содержится в сумме хлористых и сернокислых солей около 0,3—0,5 весовых процента (или 0,04 — 0,05 Cl), то прорастающие семена большинства культурных растений сильно угнетаются солями или полностью погибают. Для прорастания семян люцерны угнетающее действие солей проявляется при содержании Cl в метровом слое почвы всего лишь 0,01% от веса почвы.

ГЛАВА 8

ДЕЙСТВИЕ СОЛЕЙ НА РАСТЕНИЯ

Установлено, что вещества обменных оснований в минеральной почве обычно имеют форму кристаллов, размером меньше 5 μ в диаметре. Такие кристаллы свободно проходят между частицами почвы и участвуют в обмене основаниями как в почвенном растворе, так и между почвенным раствором и клеточным соком растений.

Некоторые ионы почвенных растворов, проникая в клетки растений, оказывают отравляющее влияние на них. Ион Cl' уменьшает содержание хлорофилловых зерен в растениях и, как следствие этого, снижает образование крахмала. Образование крахмала в растениях может совершенно прекратиться при некотором относительно повышенном содержании иона хлора в клеточном соке.

Зачастую нарушение минерального питания большинства культурных растений происходит от избытка в почве иона Cl' или иона Na'. Как тот, так и другой ионы ограничивают поступление в растения достаточных и необходимых количеств Ca, P, Fe и Mn. При незначительном содержании в почве иона Cl' (до 0,004 — 0,008% на метровый слой) он может, как показали опыты, оказывать стимулирующее действие на рост и развитие растений.

Щелочные соли разрушают различные ферменты, находящиеся в корнях растений. Исследования показали, что щелочность почв не только токсична для растений. Вредное действие ее сказывается еще и потому, что при щелочности, равной 8,0, большинство культурных растений не в состоянии поглощать достаточного количества нитратов и фосфатов из почвенного раствора. Поглощение нитратных ионов из щелочных почв заметным образом не изменяется, но передвижение их от корней к ветвям и листьям сильно снижается.

Поступление отдельных ионов из почвенных растворов в растения может быть различным. Накопление ионов в растении, как

установил М. Н. Якобс: „...происходит пропорционально разнице в концентрации данного иона внутри и снаружи клеток и не пропорционально концентрации иона, находящегося в почвенном растворе".

Если клетки растений окажутся истощенными по отношению к какому-нибудь иону, растение станет более энергично адсорбировать недостающий ион, тогда как количество других ионов, имеющихся внутри клеток, может оставаться без существенных изменений.

Содержание разных ионов в клетках растений вызывает различные физиологические функции их; например, соли калия увеличивают транспирацию воды растениями, а соли кальция сокращают ее.

Вредное действие любого иона, адсорбированного корнями растений из почвенного раствора, зависит от скорости перемещения данного иона от корней в надземные части растений. У бобовых растений ион натрия концентрируется в корнях и не переносится в стебли, вследствие чего бобовые растения относятся к самым несолеустойчивым культурам. В сахарной свекле, подсолнечнике и некоторых других культурах ион натрия переносится в листья, что сильно повышает солеустойчивость растений.

Отмечено, что галофиты (Statice, Frankepia, Tamarix, Saxifraga, Ameria и др.) способны поглощать значительные количества Na^{+} из почвенного раствора, который затем переносится к наружной части листьев и отсюда удаляется ветром или дождем.

Некоторые растения избавляются от излишнего содержания солей потерей части листьев. Н. Е. Хейворд и Е. М. Лонд нашли, что первые листья персика, выращиваемого на землях, подверженных засолению, содержат значительное количество солей. Эти листья довольно рано опадают и имеют большее содержание солей, чем последующие, вновь образуемые.

Кроме того, согласно исследованиям академика Н.А. Максимова и многих других, установлено, что для поглощения растениями воды, а вместе с ней и питательных веществ из почвы, необходимо, чтобы почвенный раствор имел меньшую концентрацию, чем клеточный сок растений.

Давление тургора стенок клетки может регулировать осмотическое давление содержимого клетки. Поэтому всасывающая сила растений будет зависеть от недостатка диффузивного давления. Если повышается концентрация почвенного раствора и тем самым снижается градиент между почвенным раствором и клеточным соком, поступление воды в растения снижается или может прекратиться.

Однако к изменяющимся условиям внешней среды растение может до некоторой степени приспосабливаться увеличением концентрации клеточного сока за счет транспирации. Снижение

содержания воды в клетках растений увеличивает активность углеводов и гидролиз их. Растворимые органические вещества, особенно сахара, способствуют увеличению осмотического давления клеточного сока растений.

Обычно солончаковая растительность имеет высокую концентрацию клеточного сока, в большинстве случаев она превышает 40 атм.; у большинства культурных растений в среднем она колеблется в пределах 10 — 20 атм.

На незасоленных или опресненных почвах концентрация почвенного раствора доходит до 1 — 2 атм.; на засоленных же почвах она зависит от количества и состава солей, находящихся в почве, почвенной влаги, водно-физических свойств почв и т. д. На солончаках концентрация почвенного раствора может доходить до 200 атм. и более; поэтому даже у солончаковых растений влага и питательные вещества поглощаться не могут, вследствие чего растения гибнут.

Многие исследователи отмечают, что при концентрации почвенного раствора, превышающей на 2 атм. нормальное осмотическое давление клеточного сока, растения начинают снижать темпы развития.

Угнетающее действие почвенного раствора на развитие растений прямо пропорционально осмотическому давлению его. Поэтому на недопромытых почвах минеральные удобрения могут повысить концентрацию почвенного раствора до недопустимой величины и тем самым не только не улучшить, а даже ухудшить условия развития растений.

Н. Е. Хейворд и Спур получили следующие результаты по скорости поглощения воды растениями (табл. 21).

Таблица 21

Скорость поглощения воды корнями растений при различной концентрации клеточного сока

Концентрация клеточного сока, атм.	Поглощение воды, $мм^3/мм^2$ час
8	0,249
6	0,075
4	0,030

Как видно из приведенных данных, с увеличением концентрации клеточного сока количество воды, поглощаемой на единицу боковой поверхности корневой системы растения, резко возрастает.

Оптимальная концентрация почвенного раствора для растений находится в прямой зависимости от целого ряда природных и хозяйственных условий. При хорошей аэрации почв и

достаточном количестве всех питательных элементов растения чувствуют себя значительно лучше даже при относительно высокой концентрации почвенных солей. Концентрация почвенного раствора в сильной степени зависит от влажности почвы и от климатических условий, то есть от скорости расходования имеющегося запаса почвенной влаги, пополнения этого расхода и изменения в связи с этим концентрации почвенного раствора.

Граница почвенной влажности, при которой начинается завядание культурных растений, колеблется от 10 до 23 атм. осмотического давления, в среднем она около 15 атм. Поэтому большинство культурных растений не в состоянии поглощать из почвы достаточного количества воды, если концентрация почвенного раствора приближается к 15 атм.

Многими учеными отмечена взаимосвязь между засухоустойчивостью и солеустойчивостью растений. Безусловно, в этом отношении имеется много общего, но имеются и некоторые различия. Например, многие растения, имеющие мощную или глубоко идущую корневую систему, получая воду из большого объема почвы, могут хорошо переносить засуху, но в то же время—быть слишком чувствительными к отравляющему действию солей.

Величина осмотического давления клеточного сока одного и того же растения не остается постоянной, а изменяется от возраста растения, метеорологических факторов и т. д. После полива концентрация почвенного раствора резко снижается, а концентрация клеточного сока остается высокой, вследствие чего вода обильно начинает поступать в растение. Но так как в этот момент в большом объеме вода не нужна растению, происходит усиленная транспирация, наблюдаемая после каждого полива до тех пор, пока не установится нормальное соотношение между концентрацией клеточного сока и почвенным раствором.

Для поступления в растения в достаточных количествах воды и вместе с нею питательных веществ необходимо, чтобы концентрация клеточного сока была примерно в два раза выше концентрации почвенного раствора.

Значительное количество свободного кислорода в корнеобитаемом слое почвы необходимо для поглощения растениями воды и минеральных веществ из почвы. Поэтому для получения высоких и прогрессивно возрастающих урожаев всех сельскохозяйственных культур крайне необходима хорошая аэрация почв.

В таких условиях корни растений в состоянии выделять достаточное количество CO_2, чтобы нейтрализовать излишнюю щелочность, образующуюся вокруг корня. Это необходимо для облегчения поглощения питательных веществ и, в первую очередь, фосфора.

Обычно засоленные почвы имеют относительно лучшую структуру по сравнению с солонцеватыми, потому что находящиеся в них соли всегда поддерживают коллоидальную часть почвы в коагулированном состоянии.

При удалении избыточного количества солей из почвы, почвенные частицы начинают диспергироваться, вследствие чего нарушается структура почвы, распыляются ее частицы; коллоидальная часть закупоривает капилляры почв и делает их водо- и воздухонепроницаемыми.

Для коагуляции коллоидальных частиц почвы, необходимо присутствие некоторого количества $Ca^{\cdot\cdot}$ в почвенном растворе, неодинакового для различных природных и хозяйственных условий.

В. А. Ковда и другие исследователи утверждают, что водно-физические свойства могут нарушаться вследствие осаждения гидроокиси алюминия в капиллярах почвы.

С ухудшением водно-физических свойств почв нарушается их водопроницаемость. На основании проведенных прямых опытов многие авторы пришли к выводу, что если водопроницаемость почвы меньше 150 см в год, то требуемого запаса влаги в ней создать невозможно и растения будут страдать не только от недостатка почвенного воздуха, но в основном от недостатка воды и связанных с нею элементов питания.

ГЛАВА 9

СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Под солеустойчивостью культурных растений мы понимаем способность их давать высокие и прогрессивно возрастающие урожаи при том или ином содержании солей в корнеобитаемом слое почвы.

При изучении солеустойчивости культурных растений чрезвычайно важно иметь в виду две величины содержания вредных солей, находящихся в корнеобитаемом слое почвы: первая—количество солей, при котором растения способны нормально развиваться и дать высокий урожай и вторая—критическое содержание солей, при котором растения только существуют, то есть находятся на грани гибели и безусловно не могут дать нормального урожая. Между этими двумя крайними положениями могут существовать и промежуточные.

В специальной литературе нередки неверные выражения: „На средне-и сильнозасоленных почвах получены высокие урожаи".

В действительности же такие почвы предварительно мелиорируют, промывают, превращают в незасоленные и только после проведения всего комплекса мероприятий можно получить высокие урожаи на них.

Как уже отмечалось выше, степень вредного действия солей на растения зависит от многих причин, главнейшие из которых: ботанический вид и возраст растений, водно-физические свойства почв, их плодородие, состав солей, климатические условия и т. д.

Тонковолокнистые советские сорта хлопчатника более солеустойчивы по сравнению с советскими сортами. На тяжелых почвах или в жарком и сухом климате вредное действие солей на растения начинает проявляться раньше и в большей степени по сравнению с легкими почвами или в более умеренном климате и повышенной влажности воздуха при всех прочих равных условиях.

Объясняется это тем, что водоотдача почв и грунтов обратно пропорциональна их физическим свойствам. На тяжелых почвах водоотдача происходит с бóльшим трудом по сравнению с легкими.

В жарком и сухом климате растения вынуждены потреблять большее количество воды, чем в умеренном и влажном климате. Поэтому может образоваться разрыв между поступлением воды в растения и расходом ее на транспирацию. Кроме того, концентрация почвенного раствора в случае большего испарения и транспирации будет увеличиваться сильнее, чем при слабом испарении и транспирации.

Увеличение концентрации почвенного раствора отражается на адсорбционной способности растений.

Опытами СоюзНИХИ установлено, что даже при слабом засолении почв развитие растения (прохождение фаз его) сильно задерживается. Резко снижается энергия прорастания семян, задерживается наступление фаз цветения, созревания. В результате получается сниженный урожай как по количеству, так и по качеству. Наиболее чувствительны к солям молодые растения, особенно в момент их прорастания.

Русскими учеными, в частности Н. М. Тулайковым в начале XX в. установлена прямая корреляционная зависимость между концентрацией почвенного раствора и прорастанием семян. В дальнейшем работами В. А. Ковды и другими исследователями это положение было подтверждено и развито.

В. Рудольфс, проведший большую работу по испытанию энергии прорастания семян пшеницы, кукурузы, дынь, гороха, сои, риса и других культур в растворах различных солей (концентрация раствора которых доходила до 7 атм.), пришел к выводу, что прорастание семян задерживается (по мере увеличения концентрации почвенного раствора) вследствие ослабления способности семян поглощать влагу из почвенного раствора.

Результаты работ, проведенных на мелиоративной станции СоюзНИХИ в Голодной Степи И. Е. Елсуковым и В. А. Бурыгиным. по прорастанию семян хлопчатника в зависимости от концентрации почвенного раствора представлены в табл. 22.

Из приведенных в табл. 22 данных видно, что набухание семян при концентрации раствора около 10 г/л плотного остатка, в том числе 1,5 г/л Cl', практически прекращается. Но даже и при весьма высокой концентрации раствора (26 г/л плотного остатка и 4 г/л иона хлора) отдельные семена хлопчатника еще не теряли энергии прорастания.

Ж. Х. Хикс, на основании проведенных им опытов с пшеницей и люцерной, утверждает, что основной вред находящиеся в почвенном растворе соли причиняют молодым проросткам, еще не вышедшим на поверхность почвы.

Таблица 22

Набухание и прорастание семян хлопчатника при различной концентрации раствора
(данные И. Е. Елсукова и В. А. Бурыгина)

Минерализация раствора, г/л		Вес 100 семян после замочки		Проросло семян, %
по плотному остатку	по хлору	г	процентов к контролю	
0,00	0,00	28,76	100,0	75
1,38	0,21	26,86	93,3	69
2,64	0,40	27,21	94,8	70
5,61	0,85	26,21	91,3	67
8,44	1,28	26,31	91,6	60
10,10	1,53	26,10	90,1	52
13,48	2,01	25,71	89,5	51
19,50	2,96	25,60	89,3	20
26,20	3,96	26,10	90,9	11

Потребность бобовых растений в $Ca^{\cdot\cdot}$ в почвенном растворе очень велика, поэтому они значительно чувствительнее к щелочным почвам по сравнению с пшеницей и другими сельскохозяйственными культурами. Во время прорастания $Ca^{\cdot\cdot}$, находящийся в молодых проростках бобовых, жадно поглощается почвой, в результате чего проростки быстро погибают.

Дальнейшее прохождение фаз развития этих растений на засоленных и солонцеватых почвах также может сильно задерживаться.

Задержка фаз развития хлопчатника по опытам, проведенным на Федченковской опытной станции СоюзНИХИ, отражена в табл. 23.

Таблица 23

Прохождение фаз развития хлопчатника при различной степени засоления почв

Содержание хлора в метровом слое почвы, весовых процентов	Растения с появившимися цветами на 25/VII, %	Растения с раскрывшимися коробочками на 10/IX, %
0,006	90	77
0,009	37	39
0,030	7	6

Опытами СоюзНИХИ установлено, что эффективность минеральных удобрений, вносимых в недостаточно промытую от солей почву, резко падает. В Ферганской долине удобрения не дают эффекта при содержании хлора более 0,03% в метровом слое почвы.

Поэтому на засоленных и солонцеватых почвах излишки вредных для растения водорастворимых солей или $Na^{\cdot}$ в поглощающем комплексе почв являются основными и самыми существенными препятствиями в дальнейшем подъеме урожайности хлопчатника и всех других сельскохозяйственных культур.

О степени влияния засоления на урожай хлопчатника можно судить по опытным данным, полученным на Федченковской опытной станции СоюзНИХИ (табл. 24).

Таблица 24

Урожай хлопка по сборам на почвах, имеющих различную степень засоления, *ц/га*

Степень засоления почв	Содержание хлора в метровом слое почвы, процентов от веса	Сбор			Всего за три сбора	
		I 23/IX	II 8/X	III 23/X	*ц/га*	%
Незасоленная . .	0,006	7,53	9,6	14,3	31,4	100,0
Слабозасоленная .	0,03—0,04	3,7	3,4	7,8	14,9	47,5
Выше слабозасоленной	0,04—0,06	0,0	0,0	5,5	5,5	17,4

В районах среднего и нижнего течения Аму-Дарьи, вследствие особых климатических, почвенных условий и состава почвенных солей можно получать довольно высокие урожаи хлопка и при большем содержании иона хлора (табл. 25).

Из приведенных примеров видно, что солеустойчивость одних и тех же культурных растений и их производительная способность для различных почвенных, климатических и хозяйственных условий может быть различной.

В Средней Азии по солеустойчивости культурных растений можно выделить две группы крупных природных областей. К первой группе, с пониженной солеустойчивостью растений, относятся Ферганская долина, Голодная степь, долина Зеравшана (Бухарская область).

Ко второй группе, с повышенной солеустойчивостью культурных растений, относятся орошаемые земли по среднему и нижнему течению Аму-Дарьи: Чарджоуская, Хорезмская, Ташаузская области и Кара-Калпакская АССР.

Солеустойчивость культурных растений в районах верхнего течения Аму-Дарьи, Мургабского и Тедженского бассейнов, долины Чу и других рек не установлена.

Однако следует учесть, что засоленные и подверженные засолению почвы по своей потенциальной производительности значительно выше, чем незасоленные.

Таблица 25

Степень засоления почв и урожай хлопка по опытам, проведенным на опытных станциях СоюзНИХИ, расположенных в районах среднего и нижнего течения Аму-Дарьи

Характеристика почв и время проведения опыта	Дата взятия почвенных образцов	Содержание хлора, процентов к весу почвы		Густота стояния растений, *тыс/га*	Урожай хлопка, *ц/га*
		0—20 *см*	0—100 *см*		
Чарджоуская опытная станция					
Тяжелые суглинки с глубиной залегания грунтовых вод 0,8—2,0 *м*, 1949 г.		0,053	0,035	70,2	31,4
	25/IV	0,064	0,050	77,1	40,9
Тяжелые суглинки с глубиной залегания грунтовых вод 1,0—1,6 *м*, 1954 г.		0,045	0,039	62,6	32,2
	11/V	0,078	0,073	65,8	41,7
Хорезмская опытная станция					
Тяжелые суглинки с глубиной залегания грунтовых вод 0,7—1,5 *м*, 1937 г.		0,055	0,032	82,7	28,0
	28/V	0,072	0,039	83,2	32,6
Тяжелые суглинки с глубиной залегания грунтовых вод 1,0—1,8 *м*, 1954 г.		0,030	0,031	81,2	28,9
	26/IV	0,055	0,054	87,3	33,7
Кара-Калпакская опытная станция					
Средние суглинки с глубиной залегания грунтовых вод 2,0—2,5 *м*, 1952 г.		0,047	0,055	77,0	28,7
	25/IV	0,058	0,070	83,5	30,0
Тяжелые суглинки с глубиной залегания грунтовых вод 1,7—2,1 *м*, 1954 г.		0,056	0,080	93,4	33,9
	13/V	0,097	0,093	97,1	37,1

Объясняется это тем, что с повышенных частей рельефа в пониженные, где главным образом и сосредоточены засоленные почвы, на протяжении геологических периодов атмосферными осадками и оросительной водой смывались и откладывались питательные вещества и соли. После освобождения этих почв от избытка воднорастворимых солей, их высокая потенциальная производительность быстро проявляется. Об этом свидетельствуют многочисленные опытные данные и практика передовых хозяйств.

Определение степени солеустойчивости культурных растений дело чрезвычайно сложное. Для установления сравнительной солеустойчивости различных растений нужно подобрать такие участки, на которых все элементы были бы одинаковыми, за исключением сравниваемых. К этим элементам нужно

отнести водно-физические свойства грунтов, глубину залегания грунтовых вод и их минерализацию, состав почвенных солей и т. д. Для получения необходимых результатов опытов требуется, чтобы варьировало только количество солей в почве, все же остальные элементы и условия были одинаковыми. Закладывая опыт по солеустойчивости культурных растений на больших делянках, такие условия в природе найти чрезвычайно трудно или даже просто невозможно. Поэтому при изучении солеустойчивости культурных растений по нашему предложению принята следующая методика работы.

Опыты закладывали и проводили на засоленных пятнах там, где водно-физические свойства почв, глубина залегания грунтовых вод и степень их минерализации в период проведения

Таблица 26

Предельная солеустойчивость сельскохозяйственных культур в Бухаре, Голодной степи и Фергане

Наименование культур	Предельное содержание хлора, процентов на воздушно-сухую почву		
	в Бухаре	в Голодной степи	в Ферганской долине
Полевые культуры			
Подсолнечник	0,058	0,080	0,058
Кукуруза	0,030	0,040	—
Ячмень	0,038	0,040	—
Просо	—	0,040	0,015
Свекла сахарная и кормовая	0,035	0,040	0,045
Хлопчатник	0,031	0,030	0,045
Пшеница	0,040	0,030	0,021
Овес	—	0,030	0,032
Люцерна	0,025	0,020	0,010
Маш	—	0,008	0,015
Джугара	—	—	0,038
Кунжут	—	—	0,015
Фасоль	—	—	0,0 5
Овощные и бахчевые культуры			
Тыква	—	0,020	—
Томат	—	0,020	—
Капуста	—	0,020	—
Дыня	—	0,015	—
Лук	—	0,010	—
Арбуз	—	0,008	—
Огурец	—	0,007	—

опыта остаются относительно постоянными, а изменяется только степень засоления почв от центра пятна к периферии его. В центре засоленного пятна отмечается наивысшая степень засоления почв и грунтовых вод, а к периферии снижается засоление от солончака до незасоленных почв. В этом же направлении изменяется и минерализация грунтовых вод. Составляя через определенные периоды картограмму изменения содержания солей такого пятна от центра его к периферии, узнаем — в каких условиях засоления развивались подопытные растения. Рядки подопытных растений располагают поперек засоленного пятна, следовательно, они развиваются в различных условиях засоления почв при относительной стабильности всех прочих условий.

Таким способом изучали солеустойчивость культурных растений на Центральной мелиоративной станции в Голодной степи (опыты проводились Л. Н. Дашевским и В. Е. Кабаевым), на Федченковской опытной станции, расположенной в Ферганской долине (М. С. Есиповым), на Бухарской опытной станции (Л. Н. Багдановой). Результаты этих исследований сведены в табл. 26.

Более подробно солеустойчивость культурных растений по той же методике определяли на Центральной мелиоративной станции в Голодной степи.

Наблюдения проведены в момент появления всходов и в первый период развития растений (табл. 27).

Таблица 27

Предельное содержание солей в почве при получении всходов и в первый период развития растений

(по опытам, проведенным в Золотой Орде)

Культура	Содержание хлора в слое 0—20 см, процентов от веса почвы	Концентрация почвенного раствора, *г/л*	Густота стояния растений, тыс/*га*	Урожай	
				объект учета	*ц/га*
Маш	до 0,008	до 0,4	—	зерно	6,8
Люцерна 1 года	0,015—0,02	0,8—1,1	—	сено	81,8
Овес	0,015—0,03	0,8—1,7	—	зерно	8,2
Пшеница местная . . .	0,02—0,03	1,1—1,7	—	»	11,9
Хлопчатник	0,02—0,03	1,1—1,7	78	хлопок-сырец	18,6
Сахарная свекла	0,02—0,04	1,1—2,2	37,4	корнеплоды	80,8
Кукуруза	0,03—0,04	1,7—2,2	62	зерно	17,6
Просо красное	0,03—0,04	1,7—2,2	—	»	7,2
Ячмень	0,03—0,04	1,7—2,2	—	»	10,5
Свекла на семена . . .	0,06—0,08	3,3—4,5	—	семена	9,5
Подсолнечник	0,06—0,08	3,3—4,5	49,8	»	9,8

Приведенные в табл. 26 и 27 величины солеустойчивости культурных растений нужно понимать как величины критического содержания солей в почве, при которых растения могут существовать, но находятся на грани гибели. Малейшие нарушения в агротехнике, особенно задержка полива, недостаточная величина поливных норм и т. д., при таком содержании солей в почве могут вызвать резкое снижение урожая или гибель его.

Поэтому для получения нормальных и высоких урожаев содержание иона хлора, по которому определялась солеустойчивость культурных растений, должно быть меньше указанных величин. Допустимое содержание хлора будет указано в разделе „Промывка засоленных почв".

ГЛАВА 10

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ

Для правильного построения и проведения системы мелиоративных мероприятий необходимо прежде всего знать степень засоления почв, а иногда и грунтов на значительную глубину. Для Средней Азии обычно принимается следующая классификация почв по степени засоления (табл. 28).

Таблица 28

Классификация почв по степени засоления

Степень засоления	Содержание солей в метровом слое в процентах от веса почвы			
	с преобладанием хлоридов над сульфатами		с преобладанием сульфатов над хлоридами	
	всех солей	хлора	всех солей	хлора
Незасоленные	меньше 0,25	меньше 0,01	меньше 0,3	меньше 0,01
Слабозасоленные . . .	0,25—0,50	0,01—0,04	0,30—1,0	0,01—0,04
Среднезасоленные . . .	0,50—1,0	0,04—0,20	1,0—2,0	0,04—0,2
Сильнозасоленные и солончаки	больше 1,0	больше 0,20	больше 2,0	больше 0,2

Степень засоления определяют взятием почвенных образцов в наиболее характерных точках интересующего нас участка и проведением химических анализов их.

Образцы почв обычно берут по горизонтам: в первом метре с интервалами через 20 см, во втором и последующих через 0,5 м (то есть 0—20; 20—40; 40—60; 60—80; 80—100 см и дальше 140—160; 190—210 см и т. д.).

Для решения практических задач, связанных борьбой с засолением, вполне достаточно во взятых образцах определить три следующих аниона — Cl', SO_4'', HCO_3' и плотный остаток. В случае необходимости определяют и состав катионов $Ca^{\cdot\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$, $Na^{\cdot} + K^{\cdot}$.

В производственной практике нередко требуется очень быстро и приближенно определить степень засоления отдельных участков (предназначенных под использование), а также характер и размер мелиораций, требуемых для их освоения. Такой способ глазомерной оценки степени засоления почв основан на различном отношении дикой растительности к засолению.

Большинство сорных и культурных растений не выносит значительного содержания солей в почве, но группа так называемых солончаковых растений (галофитов) переносит довольно большие концентрации солей в почвенном растворе. Однако в пределах этой группы не все виды даже сорных растений могут переносить одинаковые количества солей.

На основании многочисленных анализов почв и наблюдений за растениями, проведенными в Голодной степи и в Ферганской долине, установлены экологические ряды и соответствующие им степени или баллы засоления, а также перечень характерных специфических видов растений, переносящих эти условия. Засоление почв оценивалось по содержанию хлора как наиболее токсичной, активной и подвижной части солевого состава почвы.

В табл. 29 приведены названия наиболее распространенных растений, растущих на почвах той или иной степени засоления (по пятибальной оценке).

Таблица 29

Определение степени засоления почв по наличному растительному покрову

Балл засоления	Степень засоления	Название растений			Примерное содержание хлора в метровом слое почвы, весовые проценты
		ботаническое	русское	местное	
I	Слабая	Cynoadon Dactilon Pers.	пальчатая трава	кара-аджирик	
		Melilotus albus Desr.	донник белый	джунушка	0,01—0,04
		Eriantus ravennae	горный камыш	кияк	
II	Нижесредней	Karelinia caspeica	карелиния	акбаш	0,04—0,10
		Atriplex tatarica		алабаташор	
		hastata L.	лебеда	кермек-	
III	Средняя	Statice otolepis		кермек-саба	
		schrenk	кермек	ялпак-шора	0,1—0,2
		Kochia hyssopifolia	изень		
		schenk	(кохия)	—	

Балл засоления	Степень засоления	Название растений			Примерное содержание хлора в метровом слое почвы, весовые проценты
		ботаническое	русское	местное	
IV	Вышесредней	Suaeda heterophylla	сведа	кзыл-шора	0,2—0,3
		Petrosimonia brachiata Pal.	петросимания	—	
V	Сильная	Salsola crassa	солянка (сальсоля)	кзыл-шора	0,3—0,4 и больше
		Aeluropus littoralis Parl.	кошачья лапка	аджерик-шор	
		Salicornia herbacea L.	солерос	зоогак	
		Salsola lanata	солянка	—	
		Cressa cretica	кресса	—	

Оценивая степень засоления почв по растительному покрову, необходимо учитывать, что этот метод дает надежные результаты лишь при наличии относительно установившихся почвенных условий (на залежах и целинных землях). На регулярно орошаемых площадях, где распределение и количество солей в почве под влиянием орошения может резко измениться, этот метод не применим. Нужно так же учитывать, что только подавляющее количество любого вида растений на данной площади подтверждает тот или иной балл засоления почвы, соответствующий солевыносливости этого вида. Наличие в равных количествах растений, принадлежащих ко второму и третьему баллам засоления, указывает на среднюю между этими баллами степень засоления.

На освоенных землях основной показатель степени засоления почв —это состояние культурных растений и поля в целом.

К незасоленным относятся поля, характеризующиеся нормальным развитием культурных растений, без засоленных пятен и видимых признаков угнетения растений солями. Даже слабые выцветы солей на поверхности гребней рядков отсутствуют.

К слабозасоленным — почвы с легкими выцветами солей на гребнях рядков. Развитие культурных растений местами несколько угнетено.

К среднезасоленным — поля с заметным угнетением культурных растений и небольшой изреженностью от засоления. Количество засоленных пятен на таких участках может доходить до 20—25%.

К сильнозасоленным — участки, на которых количество засоленных пятен превышает 25% от общей площади участка, с сильным угнетением сохранившихся культурных растений.

ГЛАВА 11

МЕРЫ БОРЬБЫ С ЗАСОЛЕНИЕМ И ЗАБОЛАЧИВАНИЕМ ПОЧВ

После правильного установления основных причин, вызывающих засоление или заболачивание почв, определения степени засоления и состава солей того или иного участка можно наметить и провести мелиоративные мероприятия по ликвидации или предупреждению их.

Мероприятия в борьбе с засолением и заболачиванием почв можно разделить на два основных раздела: по предупреждению засоления и заболачивания (профилактические) и по ликвидации этих вредных явлений.

МЕРЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ

Главнейшая причина засоления почв — близость грунтовых вод и отсутствие удовлетворительных скоростей горизонтального передвижения верхних слоев грунтового потока. В результате этого, как отмечено выше, за счет испарения и транспирации соли накапливаются в первую очередь в грунтовых водах, а затем и в почве. В дальнейшем содержание их возрастает до недопустимой для земледелия высоты при орошении или без него.

Для предупреждения засоления необходимо создать такие условия, чтобы восходящие капиллярные токи минерализованных грунтовых вод не достигали корнеобитаемой зоны растений, или чтобы нисходящие токи в течение года преобладали над восходящими.

Предупредить засоление почв в каждом конкретном случае можно применением мелиоративного комплекса, установленного для данной природной и хозяйственной обстановки. В состав этого комплекса должны входить мероприятия:

а) эксплуатационные, применяемые на ирригационных (оросительных и осушительных) системах и

б) агротехнические, применяемые на полях.

Сущность этих мероприятий заключается в нормализации состояния и действия ирригационной сети, организации водопользования, уменьшении фильтрации воды из каналов, рационализации способов, норм и техники поливов, улучшении приемов агротехники, повышении плодородия почв, мелиорации климата и т. д.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ.

Главнейшие эксплуатационные мероприятия — это рациональное использование имеющихся водных ресурсов, увеличение коэффициента полезного действия оросительных систем и коэффициента использования воды на полях.

Рационально использовать имеющиеся водные ресурсы можно при правильном и жестком нормировании потребления воды. Потребность в воде растений определяется местными природными условиями и величиной урожая.

Плановое водопользование при жестком нормировании воды, в соответствии с действительной потребностью культурных растений в ней, на основе межбригадного или межотводного водооборота в хозяйствах уменьшит питание грунтовых вод.

Кроме того, плановый рациональный расход воды даст возможность использовать пустующие земли на данном источнике орошения и тем самым увеличить продукцию сельскохозяйственных культур.

Площадь возможного орошения определяют составлением так называемых водоземельных балансов, в которых учитывают: а) нормальное (незавышенное) потребление воды на полях, на фоне высокой техники полива; б) наименьшие потери воды в оросительной сети по пути следования ее от точек водозабора из реки до полей; в) обязательные круглосуточные поливы, не допускающие никаких сбросов и разливов воды по незасеянным полям и дорогам; г) своевременные и высококачественные послеполивные обработки для лучшего сохранения почвенной влаги.

Водно-земельными балансовыми расчетами по источникам орошения устанавливают не только площадь возможного орошения данным источником, но и систему гидротехнических мероприятий, позволяющих включить дополнительное количество орошаемых площадей и лучше обеспечить водой все освоенные и вновь осваиваемые земли.

Составление водно-земельных балансовых расчетов дает возможность определить периоды недостатка или избытка воды в источниках. В районах, мало обеспеченных водой, всю излишнюю воду невегетационного и вегетационного периодов необходимо сохранять в водохранилищах с тем, чтобы в дальнейшем использовать ее на орошение. До устройства водохранилищ воду невегетационного периода необходимо использовать

на проведение: а) запасных поливов, главным образом в первой гидрогеологической зоне, б) промывных поливов в третьей гидрогеологической зоне и в) в вегетационный период—на посевы повторных зерновых культур или же полубогарного хлопчатника, который будет орошаться только в период прохождения паводков. При недостатке оросительной воды во время вегетации намечаются агротехнические мероприятия, способствующие устранению или сильному снижению вредных последствий его.

Одновременно с этим намечаются мероприятия по повышению коэффициента полезного действия оросительной сети. Наибольшие потери воды происходят в оросительной сети. При земляных руслах каналов в сети теряется до 40—50% воды, забираемой из рек. Примерно 10% ее испаряется со свободной водной поверхности, остальное количество идет на питание грунтовых вод.

Следовательно, уменьшением потерь воды в оросительной сети одновременно и коренным образом решаются две задачи: возможность расширения орошаемых площадей за счет экономии воды и улучшение мелиоративного состояния территории.

Уменьшая потери воды в оросительной сети, можно улучшить водообеспеченность или увеличить орошаемую площадь.

Потери воды в каналах можно уменьшить комплексом простейших и сложных мелиоративных мероприятий. К первым из них относится организация планового водопользования на ирригационной системе в целом и в хозяйствах (колхозах и совхозах). Основа основ планового водопользования заключается не в распылении получаемой воды одновременно по всем каналам и по всей территории колхоза или совхоза, а в сосредоточении ее в группах каналов. Сосредоточение планируют с таким расчетом, чтобы канал работал при нормальном заполнении его водой (нормальным расходом), а работающая длина оросительной сети при этом была бы наименьшей. При такой организации поливают одновременно не все поля колхоза, а постепенно включают в полив один за другим смежные земельные массивы; этим уменьшается холостой прогон воды по каналам, следовательно, и потери ее.

Бессистемное проведение поливов (распыленность их) в хозяйстве приводит не только к большим потерям оросительной воды. Это отражается и на выработке тракторов, выполняющих послеполивные культивации, так как приходится делать большие холостые переезды с одного участка на другой.

Преимущества поливов сосредоточенным током и массивами даже в передовых хозяйствах далеко не использованы.

Опыт введения планового водопользования, поставленный работниками СоюзНИХИ в колхозе Кзыл-Ой, Пахтакорского

района, Самаркандской области, на основе водооборота между бригадами позволил сэкономить 20% оросительной воды и повысить урожайность всех культур за счет своевременного и доброкачественного проведения всех послеполивных обработок.

Тот же опыт, проведенный в совхозе Пахта-Арал, дал возможность сэкономить 25% оросительной воды, так же с одновременным повышением урожайности хлопчатника.

К сложным мелиоративным мероприятиям по уменьшению потерь воды в оросительной сети относятся: придание руслу каналов правильного сечения и недопущение всякого рода так называемых технических потерь воды, то есть утечки воды на водозаборных и вододелительных узлах, переливы воды через дамбы канала. Должны быть приняты меры и по уменьшению потерь воды на фильтрацию через дно и стенки канала. Этого можно достигнуть механическим уплотнением ложа канала, кальмоттацией его и применением специальных одежд каналов. К одеждам относятся: мощение дна и откосов каналов булыжным камнем, асфальтирование и бетонирование русел каналов и т. д.

Для получения наибольшего эффекта все перечисленные работы по уменьшению потерь воды из каналов должны проводиться не отдельно, а в комплексе.

Дальнейшему увеличению коэффициента полезного действия оросительных систем способствует переход на новую систему орошения, при котором переустраивается ирригационная сеть и оснащается необходимыми водозаборными и водорегулирующими сооружениями, уменьшаются удельная протяженность постоянной сети и количество точек выдела воды в хозяйство и внутри его, каналам придается правильное сечение.

АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

В состав агротехнических мероприятий по предупреждению засоления почв входят: рационализация техники и режима орошения сельскохозяйственных культур, своевременная и высококачественная обработка площадей (особенно подверженных засолению), введение травопольной системы земледелия (в первую очередь хлопково-люцерновых севооборотов).

Рационализация техники и режима орошения. Работами СоюзНИХИ установлено, что при орошении часть поливной воды по некапиллярным ходам уходит вглубь и пополняет запасы грунтовых вод. Эти потери в зависимости от размера поливной нормы, свойств почвы, подготовки участка к поливу и рельефа его составляют 5—10% от общей оросительной нормы.

Основы рационализации водопользования на полях заключаются в планировке, способах полива, целесообразной длине поливных борозд и поливном режиме.

Планировка (выравнивание) полей обеспечивает равномерность и достаточность увлажнения орошаемых участков при относительно малом размере поливных норм.

Способ полива. Установлено, что лучший способ полива хлопчатника и других пропашных культур (особенно на землях, подверженных засолению), обеспечивающий наиболее бережное использование оросительной воды,— это полив по бороздам, небольшой струей, без сброса. При таком способе наполнение борозд при поливе не должно превышать одной трети их глубины. Требуемая глубина увлажнения достигается поддерживанием тока воды по всей длине борозд орошаемого участка на протяжении необходимого периода времени.

Определение наилучшей длины борозд и размера струй воды в бороздах представляет собою необходимое условие правильного водопользования. Длину борозды и размер струи определяют в размерах, при которых увлажнение почвы было бы равномерным по всей длине поливной борозды, без затопления гребней и без сброса или с минимально возможным сбросом воды в конце поливного участка.

Поливные режимы (количество и схемы поливов, поливных и оросительных норм) сельскохозяйственных культур устанавливают, исходя из природных и хозяйственных особенностей каждого поля, потребностей растения, получаемой урожайности, характера засоления почв и хозяйственной целесообразности.

Рационализация техники и режимов орошения непременно должна строиться на фоне высокой до- и послеполивной агротехники. Недостатки агротехники, особенно отсутствие послеполивных обработок, не должны покрываться излишними затратами оросительной воды. Излишние поливы могут повести к дальнейшему ухудшению мелиоративного состояния территории и к сокращению орошаемых площадей.

Обработка участков, подверженных засолению. Системы допосевных обработок и мероприятий по уходу за хлопчатником в период вегетации должны обеспечить необходимые условия для нормального развития растений и, кроме того, иметь мелиоративное значение.

Основное внимание при этом должно быть уделено глубокой зяблевой вспашке — мероприятию, способствующему улучшению физических свойств почвы, созданию в ней запаса воды, усилению действия промывных поливов, сохранению выпадающих атмосферных осадков и конденсационной влаги, циркулирующей в почве.

Главное требование к агротехнике, применяемой на почвах, подверженных засолению — своевременность и высокое качество всех полевых работ (обработок и поливов). Как в допосевный, так и в вегетационный периоды поверхность поля не-

обходимо поддерживать в рыхлом и чистом от сорняков состоянии.

Должное внимание нужно уделять допосевной обработке почв по системе акад. В. Р. Вильямса. Опыты и производственная практика подтвердили хорошие результаты применения этой системы обработки на подверженных засолению почвах Средней Азии. Так следует обрабатывать все площади. Если поле засорено, или после зяблевой пахоты проводились промывные поливы большими нормами и в зимний период не было промораживания почв, или промывные поливы проводились после зяби в весенние сроки, — весной приходится перепахивать зябь, а после промывок по зяби лучше провести чизелевание. В каждом конкретном случае вопрос решается отдельно и применяется то или иное орудие. После холодных зим можно применять предпосевное боронование даже после грузных осенних промывок по зяби.

Многократные весенние перепашки зяби (двукратные и более), вызывающие сильное иссушение пахотного горизонта и и не имеющие никакой мелиоративной и агротехнической ценности, должны быть запрещены. При крайней необходимости можно допустить перепашку или чизелевание зяби не более одного раза. Боронить же зябь можно несколько раз, после каждого ливня, ведущего к образованию корки.

На почвах, подверженных засолению, нельзя применять предпосевных и подпитывающих поливов, уплотняющих почву и сильно повышающих уровень грунтовых вод. Весной грунтовые воды залегают высоко и дальнейший подъем их может вызвать усиленную реставрацию засоления почв. Необходимый запас воды в почве к периоду сева должен создаваться накоплением и сохранением влаги атмосферных осадков. Там же, где их недостаточно, запас влаги создается промывными и запасными поливами, проводимыми в осенне-зимний (промывные поливы) и зимне-ранневесенний (запасные поливы) периоды. Собственно предпосевные поливы допустимы с целью создания почвенной влаги на период маловодья только на почвах, сильно водопроницаемых и маловлагоемких, а также землях, получающих воду из рек снегового типа питания.

МЕЛИОРИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ТРАВ

Повышение плодородия почв внесением органических и минеральных удобрений, глубокой обработкой, созданием структуры почвы, введением севооборотов, поведет к снижению поливных и оросительных норм и капиллярного поднятия грунтовых вод, улучшит условия роста и развития культур на засоленных и подверженных засолению землях, улучшит мелиоративное состояние территории.

Многолетние травы на землях, склонных к засолению, помимо повышения плодородия имеют существенное значение в изменении мелиоративных свойств почв.

Совокупностью мелиоративных качеств и должны определяться роль и место трав в севообороте на засоленных землях. Роль многолетних трав и, в первую очередь, люцерны, как культур способствующих мелиорации почв, заключается в следующем:

а) улучшении структуры почвы;

б) притенении поверхности почвы растительным покровом и создании особого микроклимата в корнеобитаемых слоях почвы и приземных слоях атмосферы;

в) большой транспирационной способности люцерны, обеспечивающей снижение уровня грунтовых вод и, тем самым, обеспечивающей лучший вымыв солей при проведении вегетационных поливов. Снижение уровня грунтовых вод под люцерновыми полями объясняется мощной и глубоко идущей корневой системой и большой испаряющей поверхностью надземной массы ее.

Влияние структуры, притенения и каптажа грунтовых вод люцерной обусловливает значительное снижение капиллярных токов, направленных к поверхности почвы и понижение уровня грунтовых вод, облегчают условия вмыва солей в нижние горизонты и способствуют дальнейшей мелиорации освоенного участка.

Все эти элементы создают благоприятные условия, при которых в течение года применение правильной системы агротехнических и гидротехнических мероприятий обеспечат преобладание нисходящих токов оросительной воды и атмосферных осадков над восходящими и реставрация засоления не произойдет совсем, или же будет наблюдаться в меньшей степени.

Люцерна дает мелиорирующее влияние уже в год посева. Наибольшее опреснение почв под люцерной отмечается обычно после трехлетнего стояния ее, при условии применения правильной агротехники и поливов. Однако и после двухлетнего стояния ее при хорошей агротехнике и достаточных поливах можно достичь удовлетворительного мелиоративного состояния почв.

При изреженности травостоя, засорения люцерны сорняками, плохой агротехнике и недостаточных поливах мелиоративное влияние многолетних трав уменьшается. Иногда засоление почв на таких участках даже увеличивается вследствие потребления люцерной очень больших количеств воды из запаса минерализованных грунтовых вод.

Осень — наилучший срок посева люцерны, обеспечивающий быстрое ее развитие и получение высоких урожаев укосной массы даже в первый год стояния.

Как показали опыты, хорошие результаты дают осенние посевы люцерны в растущий хлопчатник. При этом способе люцерну высевают в воду вразброс при последнем поливе хлопчатника (в августе — начале сентября). Перед поливом борозды не нарезают. Затенение, создаваемое хлопчатником, предохраняет почву от быстрого высыхания и реставрации засоления и, тем самым, создает условия, благоприятствующие всходам и укоренению люцерны. Наши опыты, заложенные в Бухарской области, показали, что люцерна, посеянная осенью в растущий хлопчатник, менее подвержена нападению вредителей по сравнению с чистыми посевами, проведенными в те же сроки. Поэтому весной следующего года люцерна, посеянная в растущий хлопчатник, хорошо укрепившись, быстро отрастает и при высокой агротехнике, за вегетационный период может дать такое же количество укосов, как и люцерна второго года стояния.

Испытание этого способа посева люцерны на опытных станциях (Золотая Орда, Федченко, Бухара, Вахшская долина и др.) и в производственных условиях показало его высокую эффективность. По данным мелиоративной станции СоюзНИХИ в Золотой Орде (Голодная степь) урожай сена в первый год стояния люцерны составил в среднем за три года наблюдений

при весеннем сроке посева . . . .41,4 ц/га
при осеннем сроке посева в растущий хлопчатник . . . . . .81,7 „

Урожай люцерны второго года стояния (посева в растущий хлопчатник) по тем же данным равнялся 132 и 135 ц/га.

Однако следует оговорить, что этот способ посева люцерны при дефолиации хлопчатника и машинном сборе его следует дополнительно проверить.

Засоленные земли, освоенные промывкой и выправленные культурой люцерны, через некоторые периоды времени необходимо вновь засевать травами. Срок оборота полей люцерны в севообороте зависит от почвенных и гидрогеологических особенностей участков. На почвах, отличающихся повышенной энергией капиллярного поднятия, с близкими минерализованными грунтовыми водами и повышенной степенью реставрации засоления, должен быть обеспечен более быстрый возврат люцерны (например, семипольный севооборот со схемой 3:4, три поля люцерны и четыре поля хлопчатника). На почвах, достаточно опресненных, с замедленной скоростью капиллярного поднятия, может быть допущено и более длительное пребывание хлопчатника в севообороте (8—9-польные севообороты по схемам 3:5 и 3:6). На землях, нуждающихся в сплошной планировке и промывке повышенными нормами, рекомендуется вводить так называемый мелиоративный севооборот с одним полем зерновых. Например, севооборот 3:4 превращается в се-

вооборот 1:3:3, а севооборот 3:6 — в 1:3:5, то есть одно поле зерновых, с последующим проведением мелиоративных работ после снятия урожая, три поля люцерны и три или пять полей основной культуры. После приведения мелиорируемого поля в порядок (капитальной планировки и промывки) его отводят под основную культуру.

С мелиоративной точки зрения большое значение имеют севообороты с коротким циклом оборачиваемости трав (2:3 и 2:4), способствующие при высокой агротехнике более быстрому восстановлению плодородия почвы и созданию лучших условий для борьбы с реставрацией засоления, по сравнению с севооборотами длинной ротации.

Однако схемы севооборота определяются не только мелиоративным состоянием данной территории, но и народнохозяйственными планами. Поэтому устанавливаемые схемы севооборотов должны увязываться с государственным заданием по выпуску продукции на определенный период времени.

Опытами и практикой установлено, что для прорастания люцерны и ускорения ее развития в молодом возрасте требуется хорошее опреснение почвы. С возрастом люцерна становится более солеустойчивой.

Для проявления мелиоративного влияния и обеспечения достаточного урожая сена люцерны необходимы своевременные укосы, уборка, поливы и удобрения.

Засоленные земли, отводимые под посевы люцерны, должны быть хорошо выровнены (спланированы) для избежания появления солончаковых пятен и изреженности как на люцерновых полях, так и в дальнейшем на посевах основной культуры. Хорошо спланированные поливные участки могут быть лучше промыты меньшим количеством воды. В вегетационный период люцерну необходимо своевременно поливать нормами, исходя из хозяйственных и природных условий участков. Только при точном и тщательном выполнении всех агротехнических мероприятий люцерна может дать высокий урожай сена и полностью проявить свои способности по улучшению физических свойств почв и повышению их плодородия.

Плодородие почв с повышением урожайности люцерны не снижается, а непрерывно возрастает.

ГЛАВА 12

МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ЗАСОЛЕНИЕМ И ЗАБОЛАЧИВАНИЕМ ПОЧВ

Условия для получения высоких и прогрессивно возрастающих урожаев имеются не везде. В одних местах — это природные условия, в других — они должны создаваться человеком соответствующей переделкой неблагоприятных природных условий, или, как говорят, коренной мелиорацией их.

В состав основных работ по коренной мелиорации в наших социалистических условиях должны входить мелиорации климата, почв, гидрогеологических и гидрологических условий.

Под мелиорацией климата подразумевается избавление значительных территорий от суховеев, засухи и безводья, некоторого смягчения зимней стужи, летнего зноя, сухости воздуха и силы ветра.

В мелиорацию почв входят: полная ликвидация процессов засоления или заболачивания, выравнивание рельефа местности (планировка полей), улучшение водно-физических свойств почв и подъем их плодородия.

Применением комплекса обычных мелиоративных мероприятий почв можно получить высокие урожаи. Но в течение вегетационного сезона происходит накопление солей или реставрация засоления корнеобитаемого слоя почвы. Для ликвидации процесса засоления требуется проведение ежегодных или периодических промывных поливов. При коренной мелиорации почв можно понизить уровень минерализованных грунтовых вод до такой глубины, при которой невозможна реставрация засоления корнеобитаемого слоя и поэтому промывные поливы не потребуются. Воду, расходуемую на промывные поливы, можно направлять в водохранилища и производительно использовать на орошение полей в вегетационный период.

Мелиорация гидрогеологических условий — это снижение уровня грунтовых вод до требуемых глубин всеми доступными нам способами: устройством дренажа, снижением степени минерализации грунтовых вод и использованием подземных вод на орошение.

Мелиорацией гидрологических условий называется полное регулирование стока рек, борьба с паводками и зимними заторными водами (приносящими ущерб социалистическому земледелию и ухудшающим мелиоративное состояние территории), устройство инженерных головных водозаборных, водораспределительных и водорегулирующих сооружений и водоотводящих трактов, обеспечивающих плановое поступление воды на данную территорию.

МЕЛИОРАЦИЯ КЛИМАТА

В целях получения высоких и все возрастающих урожаев сельскохозяйственных культур требуется, прежде всего, изменить—смягчить существующие метеорологические условия, то есть мелиорировать климат и ослабить процессы засоления почв.

Главные факторы, усиливающие испарение и транспирацию (следовательно, и засоление почв) — это низкая влажность приземных слоев воздуха, высокая его температура и сильные ветры.

Единственным мероприятием, обеспечивающим смягчение климатических условий, можно считать введение травопольной системы земледелия в самом широком ее понимании. Составные части этой системы—лесоразведение и обводнение, улучшают микроклимат, уменьшают скорость воздушных течений, понижают испарение воды почвой и транспирацию растений. Введение травопольной системы земледелия ведет к снижению затрат оросительной воды, что особенно важно в мелиоративно неблагополучных и маловодных районах.

В орошаемых районах необходимо высаживать древесные насаждения, в первую очередь, по всей постоянной оросительной, коллекторно-дренажной и дорожной сети, а также по границам колхозов, бригадных участков и севооборотных полей.

Древесная растительность повышает устойчивость берегов ирригационной сети против размыва и оползней, предохраняет каналы от зарастания и заиления и, тем самым, значительно снижает объем работ по их очистке.

Классическими примерами в этом отношении служат каналы „Султаняб“ Мургабской оросительной системы и магистральный канал совхоза „Пахта-арал“. До тех пор, пока канал „Султаняб“ был обсажен деревьями, он не нуждался в очистке и откосы его не оплывали. После уничтожения деревьев канал стал зарастать, заиляться, откосы оплыли. Магистральный канал совхоза „Пахта-Арал“ с момента постройки (в 1924 г.) обсажен деревьями и до настоящего времени не нуждается в очистке.

По нашим наблюдениям, проведенным в Голодной степи, на 1 м^2 откоса каналов, обсаженных деревьями, учтено много-

летних сорняков в 10 раз, а однолетних в 4 раза меньше, чем на необсаженных.

Всякая растительность вообще, а древесная в особенности в вегетационный период потребляет большое количество оросительной и грунтовой воды и, тем самым, неплохо выполняет роль „растительного или биологического дренажа". Этот фактор особенно важен в засоленных и заболоченных, или подверженных этим явлениям районах.

По данным Л. В. Елисеева, относящимся к Туркмении, различные породы деревьев с апреля по октябрь транспирировали следующее количество воды: ива — 92, тополь — 80, шелковица — 66, абрикос — 33, лох — 24 и туранга — 12 м³ в пересчете на одно 15-летнее дерево.

Многолетние наблюдения показали, что в период вегетации уровень грунтовых вод на обсаженных деревьями каналах образует депрессионные кривые, подобные тем, которые получаются на хорошо работающих дренах.

Разность уровня грунтовых вод двух скважин, из которых первая расположена на расстоянии 4 м от постоянно действующего оросителя, а вторая—на 154 м от него, была значительная. За период наших наблюдений уровень в дальней скважине был на 0,4—0,9 м выше, чем в первой.

По расчетам автора настоящей работы все деревья совхоза „Пахта-Арал" в течение года транспирируют 12—15 млн. м³ воды, что составляют около 18% от всего водозабора совхоза.

Основное условие для получения быстрого и значительного мелиоративного эффекта от лесопосадок заключается в конструкции лесных полос, правильном размещении и выборе ассортимента пород. Различные породы деревьев необходимо высаживать в зависимости от условий, в которых будут находиться данные лесопосадки.От деревьев, располагаемых вдоль ирригационной сети, кроме полезащитной и хозяйственной ценности, требуется, чтобы они перехватывали максимальное количество фильтрующейся из каналов воды, чтобы эта вода в меньших количествах поступала на питание грунтовых вод и не ухудшала мелиоративного состояния территории. Деревья по оросительной сети будут располагаться в основном на опресненных землях, имеющих опресненные „подушки" над грунтовыми водами, созданные водой, фильтрующейся из каналов и с орошаемых полей. Поэтому здесь можно высаживать несолеустойчивые породы. Деревья же, высаженные по границам орошаемых оазисов, находятся в весьма жестких климатических, почвенных и водных условиях. Следовательно, для посадок в таких местах нужно подбирать засухо-и солеустойчивые породы.

Часто лесопосадки располагают на засоленных землях перелогов или вдоль коллекторно-дренажной сети. Для них, прежде всего, должны применяться мероприятия по опреснению почв и подбору более солеустойчивых древесных пород.

Наиболее пригодны для облесения орошаемых территорий республик Средней Азии и Закавказья следующие породы: тополь, тал (ветла), белая акация, шелковица, чинар, ясень, дуб, гледичия, лох и др. Из плодовых — яблони, абрикос, грецкий орех, каштан, вишня, черешня, виноград и др.

Хозяйственно-биологические свойства некоторых древесных пород.

Тополь — всех видов светолюбив и относительно засухоустойчив. На транспирацию расходует значительное количество воды. Весьма желателен для лесных полезащитных полос, особенно в районах с неглубоким залеганием уровня грунтовых вод. К важнейшим качествам относится быстрый рост: хозяйственной спелости тополь достигает в 15-летнем возрасте. Наиболее ценную древесину дает тополь бахофени, а наибольшую массу древесины — канадский тополь, меньше всех остальных подвергающийся нападению вредителей.

Белая шелковица (тутовник) — засухоустойчивая, солеустойчивая и светолюбивая порода. Растет довольно быстро. На транспирацию потребляет достаточно большое количество воды, поэтому может иметь немалое значение в снижении уровня грунтовых вод в вегетационный период. Кроме кормового значения (для тутового шелкопряда) имеет и хозяйственное — дает весьма прочную древесину, пригодную для многих поделок.

Тал (ива) — хорошо развивается в заболоченных местах. В возрасте 15 лет достигает хозяйственной и технической спелости. Хорошо размножается черенками.

Акация белая — светолюбива; отличительные особенности ее — повышенные засухо-и солеустойчивость. Белая акация зарекомендовала себя как неприхотливая порода. Прирост в год достигает 1,5 м. Хорошо развивается и уживается вместе с другими древесными породами. Древесина прочная. К недостаткам ее можно отнести большую поражаемость акациевой тлей, которая заражает хлопчатник, бахчевые и другие культуры.

Гледичия — засухо-и солеустойчивая порода. Древесина ее твердая и прочная. Гледичию не порожает большинство вредителей древесных пород. Посадкой ее в первом ряду полос достигается защита лесонасаждений от потрав скотом.

Ясень — достаточно засухо-и солеустойчивая порода. Растет быстро, имеет хорошую и прочную древесину.

Лох (джида) — очень засухо-и солеустойчивая порода. Древесина прочная. После сруба дает густую поросль. Легко разводится семенами, корневыми отпрысками и черенками.

В республиках Средней Азии, Казахстане и других местностях с жарким и сухим климатом древесные насаждения служат в основном базой для получения строевой, поделочной и топливной древесины. Лесомелиоративное значение насаж-

дений было значительно меньшим. Система озеленения должна развиваться в следующих основных направлениях:

а) закладка лесных массивов и рощ различной величины вокруг населенных пунктов, около крупных гидросооружений, водных узлов, в понижениях рельефа и на некоторых неосвоенных в настоящее время землях;

б) закладка колхозных, многорядных лесных полезащитных полос;

в) облесение всей постоянной оросительной, коллекторно-дренажной и дорожной сети, границ колхозов и севооборотных полей.

Наибольшую часть лесных насаждений в колхозах следует высаживать вдоль ирригационной сети. В зависимости от величины каналов и полос ирригационного отчуждения, а также глубины залегания уровня грунтовых вод и их минерализации применяется та или иная конструкция лесных полос и ассортимент высаживаемых пород.

В зависимости от размера канала и полосы отчуждения ориентировочно может быть рекомендована конструкция лесных полос, приведенная в табл. 30.

Таблица 30

Примерная конструкция лесопосадок в зависимости от ширины канала и полосы отчуждения

Ширина канала по верху (от бровки до бровки), м	Ширина полосы отчуждения		Рекомендуемое количество рядов деревьев
	общая	в том числе под лесопосадками	
3	7,8	4,5	3
4—7	13,0	7,5	5
7—10	18,0	10,5	5
10—15 и больше	23,0	15,0	10

Для предохранения каналов от заростания сорняками, деревья необходимо высаживать так, чтобы они затеняли каналы. Поэтому первый ряд деревьев высаживают по борту канала, отступая от наивысшего уровня воды в канале на 0,5—1 м.

Обсадку и облесение крупной ирригационной сети и всех пониженных мест, не занятых сельскохозяйственными культурами, рекомендуется вести высокоштамбовыми древесными породами с повышенной транспирацией (тополь, тал, дуб, вяз, чинар, грецкий орех и др.). Этими же породами обсаживают колхозные границы и дорожную сеть; внутриколхозную групповую ирригационную сеть и поля севооборотов — то же высокоштамбовыми породами, в состав которых должно быть включено значительное количество шелковицы; мелкую внутрихозяйственную постоянную ирригационную сеть—низкоштам-

бовыми деревьями, шелковицей (кормовая база шелкопряда) и фруктовыми породами, в том числе и виноградом.

Деревья, высаженные вдоль ирригационной сети, обеспечиваются фильтрационной водой из оросительной сети при пропуске по ней воды.

Особое внимание должно быть уделено охране лесных насаждений. Нельзя допускать: выпас скота и прогон его через территорию, занятую молодыми лесопосадками, поломок и порубок посадок и подкос их при очистке от сорной растительности, и выжигание сорной растительности вблизи посадок. Необходимо тщательно следить за появлением вредителей и болезней на лесопосадках, и при обнаружении немедленно принимать меры для уничтожения их.

Метеорологические условия орошаемых районов республик Средней Азии отличаются от районов, удаленных от источников орошения. Как правило, орошаемые районы в зимние месяцы имеют более высокую, а в летние более низкую температуру воздуха по сравнению с пустыней. Относительная влажность воздуха в орошаемых районах значительно выше по сравнению с районами пустыни, находящимися на одной и той же широте. В качестве примера приводим средние многолетние показания двух метеорологических станций (табл. 31), находящихся на одной широте (одна в пустыне, а другая в центре орошаемого оазиса).

Таблица 31

Средние многолетние метеорологические данные

Местонахождение станций	Месяц												Среднегодовой показатель
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура воздуха													
В центре пустыни . . .	—2,4	1,4	8,2	15,8	28,4	28,4	31,6	29,2	23,2	14,6	7,1	0,9	15,1
В центре орошаемого оазиса . . .	—0,6	3,0	8,8	16,3	23,2	27,8	29,6	27,6	21,8	14,2	7,2	2,0	15,1
Количество атмосферных осадков, *мм*													
В центре пустыни	7	14	20	18	7	5	1	1	2	6	6	8	95
В центре орошаемого оазиса . . .	20	17	24	20	9	2	0	0	0	3	9	19	123

продолжение табл. 31

Относительная влажность воздуха, %

Местонахождение станций	Месяц												Среднегодовой показатель
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	X	X	XI	XII	
В центре пустыни . . .	78	67	57	44	29	28	24	24	28	38	50	73	45
В центре орошаемого оазиса . . .	80	74	64	55	38	30	29	30	33	45	59	77	51

Среднемесячные минимальные температуры воздуха в пустыне на 9–10° ниже, чем в орошаемом и облесенном оазисе. Поэтому деревья оазиса, находящиеся на границе с пустыней страдают от сильных морозов и даже гибнут. Например, зимой 1953/54 г. абрикосовые деревья, находящиеся на границе с пустыней в Шафриканском районе Бухарской области, были побиты морозами, а такие же деревья, но растущие вдали от пустыни, совершенно не пострадали.

МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

Рассмотрим способ избавления почв от излишнего количества воднорастворимых солей, находящихся в корнеобитаемом слое, мешающих нормальному росту и развитию высеваемых растений.

Промывка засоленных земель — единственное наиболее активное средство удаления из почвы вредного для культурных растений избытка легкорастворимых солей, повышения урожайности культур на почвах, подверженных засолению и периодически засоляющихся, и освоения засоленных земель.

Засоленные земли можно освоить только с помощью промывок. Опреснять почву нужно возможно меньшим количеством промывной воды. Как недостаточная промывка засоленных почв, так и излишняя затрата воды на промывку могут привести к уменьшению урожая и ухудшению мелиоративного состояния территории.

Наиболее токсичны на засоленных почвах анионы хлора (Cl') и серной кислоты (SO_4''). После промывки в метровом слое почвы к моменту посева их не должно оставаться больше, чем указано в табл. 32.

Таблица 32

Допустимое содержание анионов хлора и серной кислоты в метровом слое почвы, % от веса

Тип засоления	Cl'	SO_4''	Плотный остаток
Сульфатно-хлоридный . .	$< 0{,}01$	$< 0{,}15$	0,4
Хлоридно-сульфатный . .	$< 0{,}01$	$< 0{,}50$	1,0

В районах среднего и нижнего течения Аму-Дарьи содержание Cl' и SO_4 в почве может быть несколько выше, чем указано в табл. 32, вследствие особых метеорологических, почвенных, гидрогеологических условий и состава солей этих мест. Однако и здесь желательно придерживаться оставления анионов Cl' и SO_4 в указанных выше размерах. При пониженном содержании этих анионов всегда получают большие урожаи сельскохозяйственных культур. В районах с выпадением значительного количества атмосферных осадков (больше 200 мм с октября по апрель) при осенних сроках промывки допустимо содержание в почве хлора не больше 0,015—0,02%. Избытки его против нормы 0,01% к моменту посева будут выщелочены из почвы атмосферными осадками и циркулирующей в ней конденсационной водой. Поэтому при промывках засоленных почв необходимо строго учитывать количество атмосферных осадков и конденсационной влаги, наиболее вероятных для данной местности.

Норму промывных поливов устанавливают исходя из приведенных данных о количестве солей, которое можно оставлять в почве после промывки в определенных природных и хозяйственных условиях.

Размер промывной нормы зависит от степени засоления почв и состава солей, водно-физических свойств почв, глубины залегания грунтовых вод, времени и техники проведения промывных поливов, подготовки почв к промывке, степени дренированности почв и т. д.

Для уменьшения размера промывных норм, особенно на вновь осваиваемых землях, промывные поливы необходимо проводить по хорошо подготовленному для этого полю: спланированному, вспаханному, заборонованному, замалованному*, разбитому на промывные делянки размером не больше 0,25 га.

Промывные делянки огораживают хорошо утрамбованными валиками, исключающими возможность прорыва или перелива воды через них и утечку ее за пределы промываемого участка. Высота валика после утрамбовки или усадки должна быть не меньше 30 см. Валики нарезают специальным орудием — пало-делателем.

Размер промывной нормы в общем виде может быть определен следующим уравнением:

$$M = m_1 + m_2 + n_1 + n_2 - O_1 - O_2, \qquad (1)$$

где M — общий размер промывной нормы, в кубометрах на гектар;

---

* Малованием называется прикатывание поля доской с грузом 80—130 кг на площадь доски 0,6—0,5 $м^2$. Малованием планируют микрорельеф местности и слегка уплотняют — заглаживают верхний взрыхленный слой.

m_1 — норма вытеснения или транспортирующая часть промывной нормы, в кубометрах на гектар;

m_2 — недостаток насыщения расчетного (промываемого) слоя почвы до предельной полевой влагоемкости, в кубометрах на гектар;

n_1 — непроизводительные во время промывок потери воды на просачивание вглубь по некапиллярным ходам, в кубометрах на гектар;

n_2 — потери воды на испарение (до момента посева) со свободной водной поверхности и из почвы во время и после промывки, в кубометрах на гектар;

O_1 — количество атмосферных осадков, пошедшее на выщелачивание солей из расчетного слоя почвы, в кубометрах на гектар;

O_2 — количество конденсационной воды, пошедшее на выщелачивание солей из расчетного слоя почвы, в кубометрах на гектар.

Транспортирующая часть промывной нормы может быть подсчитана по формуле:

$$m_1 = \frac{S}{k}, \qquad (2)$$

где k — количество солей (в тоннах), вымываемое одним кубическим метром воды из расчетного слоя почвы;

S — количество солей (в тоннах) в расчетном слое почвы, подлежащее удалению.

Это количество солей может быть определено по следующей формуле:

$$S = 100\,hp(S_1 - S_2), \qquad (3)$$

где h — глубина расчетного слоя, в метрах;

p — объемный вес почвы;

S_1 — исходное содержание солей в почве, в процентах от веса;

S_2 — количество солей (в процентах от веса), которое может быть оставлено в расчетном слое почвы после окончания промывки.

Как показали опыты СоюзНИХИ, размер транспортирующей части промывной нормы для сульфатно-хлоридного типа засоления может быть определен по содержанию хлора в почве.

При хоридно-сульфатном засолении кроме иона хлора необходимо учитывать и количество оставляемого после промывки иона серной кислоты, величина которого в метровом слое почвы к моменту посева большинства сельскохозяйственных растений не должна превышать 0,4—0,5% от веса почвы.

Недостаток насыщения (m_2) расчетного слоя почвы до предельной полевой влагоемкости определяется по формуле:

$$m_2 = 100hp(v - r), \qquad (4)$$

где v — предельная полевая влагоемкость, в процентах от веса;
г — влажность расчетного слоя почвы на момент промывки, в процентах от веса.

Подставляя значение отдельных параметров в уравнение (1), получим развернутую формулу для определения размера промывной нормы:

$$M = \frac{100hp\ (S_1 - S_2)}{k} + 100hp\ (v - r) + n_1 + n_2 - o_1 - o_2 \quad (5)$$

Коэффициент вымыва (выщелачивания) солей (к), также как и общий размер промывной нормы, зависит от водно-физических свойств почв и глубины залегания грунтовых вод. Для различных природных условий его определяют опытным путем.

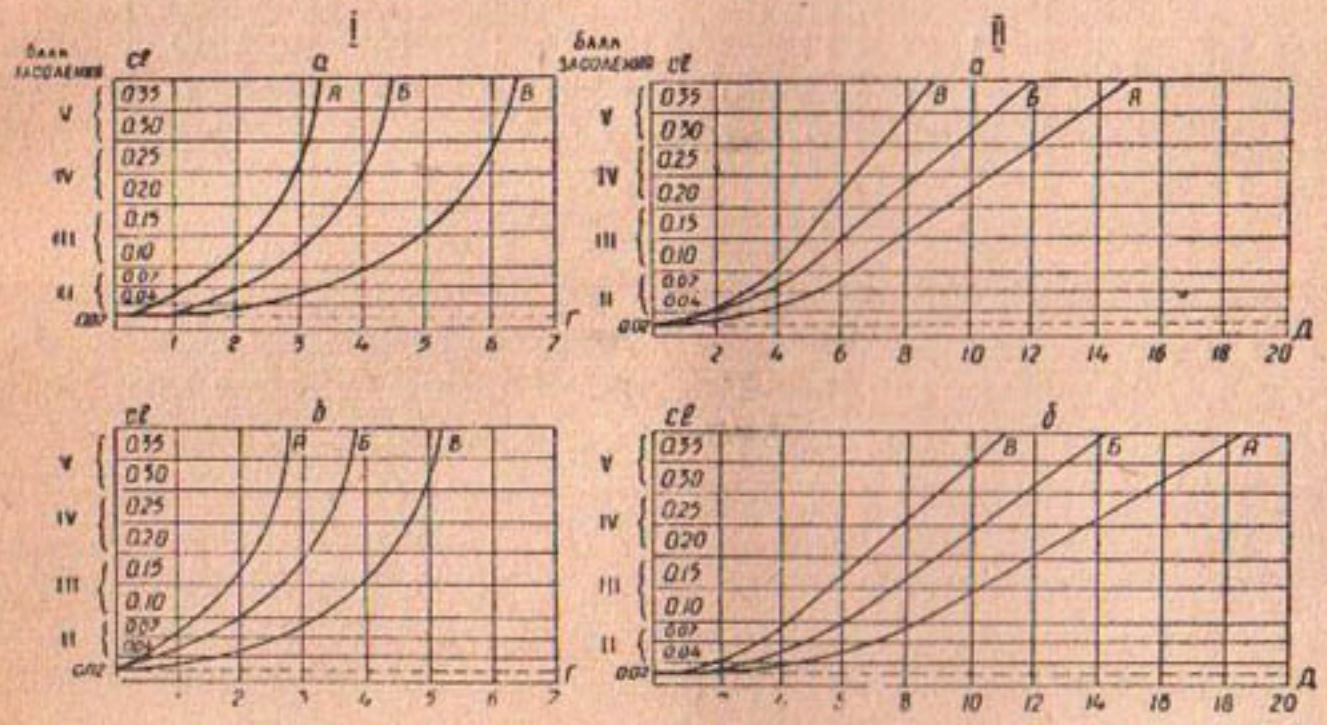

Рис. 17. Коэффициенты *К* и затраты воды (*м*³/*га*), необходимые для опр снения земель в бездренажных условиях в зависимости от степени засоления почвы и исходной глубины залегания уровня грунтовых вод. Шкала — содержание хлора до промывки.

Условные обозначения: *I* — коэффициенты *(К)*; *II* — затраты промывной воды; *А* — грунтовые воды до промывки залегали на глубине 1,5 м; *Б* — грунтовые воды до промывки залегали на глубине 2,5 *м*; *В* — грунтовые воды до промывки залегали на глубине 3,5 *м*; *Г* — вымыв хлора (*кг*/*м*³ воды) — нормы вытеснения солей; *Д* — нормы промывной воды (тыс. *м*³/*га*); *а* — средние почвы; *б* — тяжелые почвы.

Приближенные величины коэффициента вымыва солей и промывной нормы в бездренажных условиях (при осенней промывке по хорошо подготовленным участкам) даны на рис. 17. Эти величины рекомендуются нами для опреснения метрового слоя средних и тяжелых почв до 0,02% по хлору, при трех глубинах залегания грунтовых вод.

Транспортирующая часть промывной нормы (m_1) зависит от многих природных и хозяйственных условий. Главнейшие из них: характер и тип засоления почв, водно-физические свойства почв и грунтов, глубина залегания грунтовых вод, дрени-

рующих и водоупорных горизонтов, температуры почвы и воды и пр. Минимальное значение транспортирующей части промывной нормы, вместе с атмосферными осадками и конденсационной водой примерно равно предельной полевой влагоемкости опресняемого слоя (табл. 33).

Таблица 33

Водно-физические свойства почв Средней Азии
(Средние величины)

Почва	Средний объемный вес	Содержание физической глины, %	Предельная полевая влагоемкость, % от веса		Предельная полевая влагоемкость метрового слоя, $м^3/га$	
			от — до	средняя	расчетная	округленная
Легкая	1,40	14—33	13—19	16	2240	2200
Средняя	1,42	34—40	19—21	20	2840	2800
Тяжелая	1,45	41—66	21—26	24	3480	3500

Для удаления из корнеобитаемого слоя почвы всего излишка вредных для растения солей необходимо весь объем воды в почве, равный предельной полевой влагоемкости этого слоя, заменить один или несколько раз промывной водой.

В исключительных случаях при промывке слабозасоленных почв, когда требуется только ослабить концентрацию почвенного раствора до требуемой величины, размер промывной нормы может быть меньше количества воды, необходимого для насыщения расчетного слоя почвы до предельной полевой влагоемкости.

Обычно к началу осенних промывных поливов почвы в различной степени обезвожены. Следовательно, к минимальной транспортирующей части промывной нормы, равной объему предельной полевой влагоемкости, должен быть добавлен недостаток насыщения расчетного слоя почвы. Размер недостатка насыщения при некотором иссушении метрового слоя показан в табл. 34.

Минимальный размер промывной нормы, без учета опресняющего действия атмосферных осадков и конденсационной влаги, при различной степени иссушения почвы к моменту промывок должен быть не меньше величин, приведенных в табл. 35.

Динамика вымыва солей из почвы, в том числе даже легко подвижного иона хлора, крайне замедлена (рис. 18, опыты Федченковской опытной станции СоюзНИХИ). Например, при исходном содержании иона хлора 0,307% от веса в метровом слое почвы, требуемое опреснение (содержание иона хлора меньше 0,02%) не было достигнуто промывной нормой

Таллица 34

Недостаток насыщения метрового слоя почвы до предельной полевой влагоемкости в зависимости от степени иссущения, *м³/га*

Почва	Предельная полевая влагоемкость	Исходная влажность почвы, % от предельной полевой влагоемкости почв				
		50	60	70	80	90
Легкая	2200	1100	880	660	440	220
Средняя	2800	1400	1200	640	560	280
Тяжелая	3500	1750	1400	1050	700	350

Таблица 35

Минимальный размер промывной нормы, *м³/га* при различной исходной влажности метрового слоя почвы

Почва	Исходная влажность почвы, % от предельной полевой влагоемкости					
	50	60	70	80	90	100
Легкая	3300	3080	2860	2640	2420	2200
Средняя	4200	3920	3640	3360	3080	2800
Тяжелая	5250	4900	4550	4200	3850	3500

Таблица 36

Динамика вымыва солей в дренажных и бездренажных условиях

(по опытам, проведенным в Золотой Орде)

Горизонт почв, *см*	Содержание хлора, % от веса			
	до промывки	после промывки нормой в нарастающем итоге (*м³/га*)		
	15/XI	3540 8/I	5960 28/I	8830 12/II
В дренажных условиях				
0—100	0,217	0,042	0,006	0,004
100—200	0,140	0,157	0,017	0,011
В бездренажных условиях				
		2800	5000	8800
	23/XI	24/XII	30 XII	6/I
0 - 50	0,256	0,168	0,147	0,073
0—100	0,183	0,151	0,107	0,064

2500 м³/га даже для 10-сантиметрового слоя почвы. Повышением промывной нормы до 6300 м³/га следующими один за другим поливами почву опреснили только на глубину до 30 см, что для хозяйственных условий крайне недостаточно. Лишь после доведения промывной нормы до 11100 м³/га в дренажных условиях почва опреснилась до 1 *м* — до хозяйственно приемлемой величины, когда в 1-метровом слое почвы хлора осталось 0,006, а в 2-метровом — 0,027%.

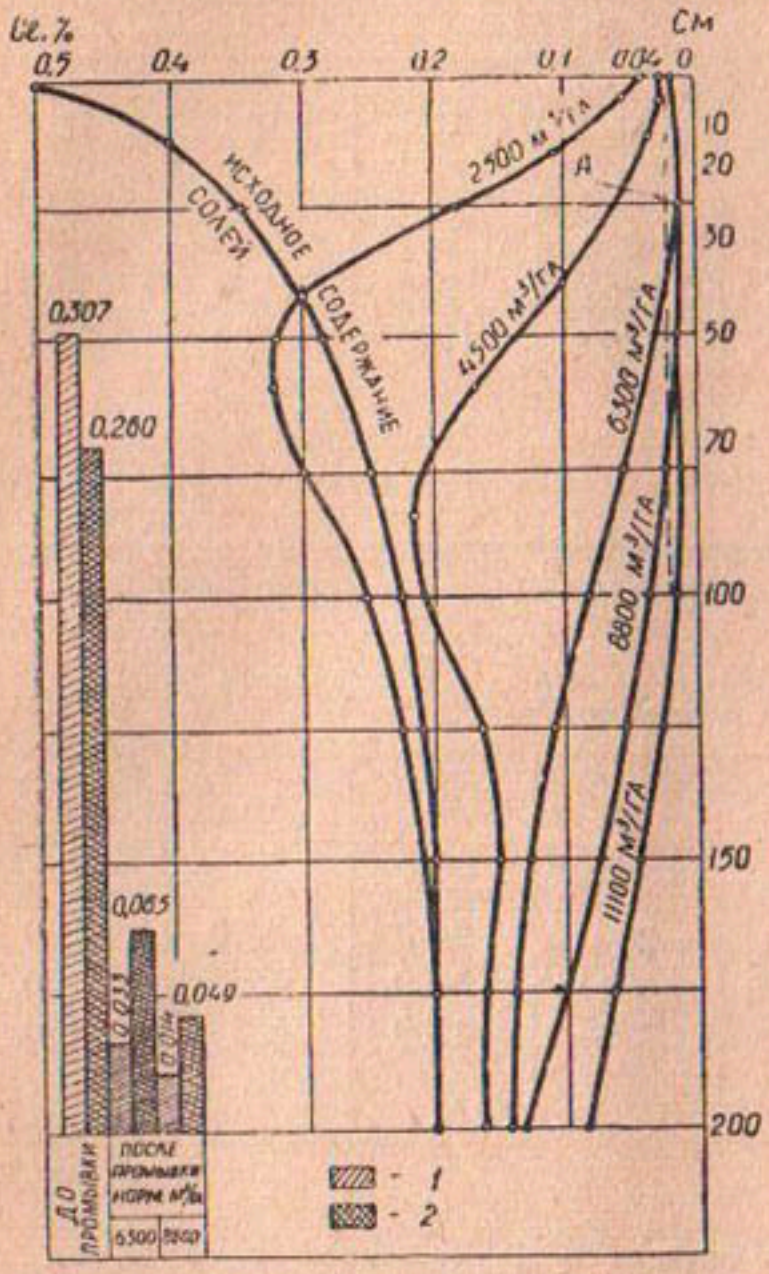

Рис. 18. Динамика вымыва хлора из почвы при промывках.

Условные обозначения: *А* — линия требуемого опреснения; Cl — засоление почв по хлору (%); *1* — в слое почвы 0—100 *см*; *2* — в слое почвы 0—200 *см*.

Динамика вымыва солей при промывках в дренажных и бездренажных условиях различна (табл. 36).

Выщелачиваемость отдельных анионов и катионов из почвы одинаковым количеством воды при одних и тех же природных и хозяйственных условиях также разная.

Хлор — наиболее подвижный и активный элемент — удаляется из почвы скорее и в больших количествах, чем анион $SO_4^{"}$ и другие менее активные катионы и анионы (табл. 37).

Аналогичные данные получены по опытам, проведенным на Федченковской опытной станции СоюзНИХИ по наблюдению за энергией выщелачивания различных элементов на тяжелых гипсированных глинистых почвах с исходной глубиной залегания грунтовых вод в пределах 1,5 м (табл. 38).

Следовательно, в зависимости от строения почв, грунтов и применяемых промывных норм в метровом слое почвы наблюдается уменьшение: плотного остатка в 1,06—2,1, хлора — в 9,3—27,8, иона серной кислоты — в 1,05—1,9 раза. Изменения содержания кальция практически не наблюдалось, а магния при промывках уменьшалось в 1,2—5 раз.

Судя по выщелачиваемости отдельных элементов, можно прийти к выводу, что образование солонцеватости почв после

Таблица 37

Динамика вымыва плотного остатка и анионов Cl и SO_4 из метрового слоя почвы в дренажных условиях

(по опытам, проведенным в Золотой Орде)

Почва	Норма промывки, $м^3/га$	Содержание солей, % от веса		Вымыв солей, % от исходного содержания
		до промывки	после промывки	
Плотный остаток				
Средние суглинки . . .	5 050	1,188	1,118	5,9
Средние и тяжелые суглинки	10 570	1,845	1,420	23,0
Средние суглинки . . .	8 500	1,527	0,773	49,4
Преимущественно тяжелые суглинки	22 500	1,931	1,372	53,2
Cl'				
Средние суглинки . . .	5 050	0,083	0,009	89,2
Средние и тяжелые суглинки	10 570	0,182	0,018	90,1
Средние суглинки . . .	8 500	0,212	0,009	95,8
Преимущественно тяжелые суглинки	22 500	0,688	0,025	96,4
SO''_4				
Средние суглинки . . .	5 050	0,591	0,537	9,1
Средние и тяжелые суглинки	10 570	0,756	0,713	5,7
Средние суглинки . . .	8 500	0,669	0,376	43,8
Преимущественно тяжелые суглинки	22 500	0,899	0,644	28,4

Таблица 38

Выщелачивание отдельных элементов из метрового слоя почвы

(по опытам, проведенным на Федченковской станции)

Элементы водной вытяжки	Содержание, % от веса почвы					
	скважина № 1			скважина № 2		
	до промывки	после промывки	вымыв, % от исходного содержания	до промывки	после промывки	вымыв, % от исходного содержания
Плотный остаток	2,2	1,2	45,4	2,0	1,1	45,0
Cl'	0,177	0,006	96,6	0,124	0,008	93,5
SO_4''	1,03	0,67	35,0	1,06	0,59	44,3
CaO	0,31	—		0,31	0,30	3,2
MgO	0,17	0,08	52,9	0,25	0,05	80,0

промывки мало вероятно, так как выщелачивается в основном Cl' и, вероятно, связанный с ним Na. Ионы $Ca^{\cdot\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$ и $SO_4^{''}$ выщелачиваются в меньшей степени.

Для опреснения почв до хозяйственно приемлемых размеров необходимо затратить большое количество поливной воды. В бездренажных условиях, особенно при высоком коэффициенте земельного использования, и одновременной промывки больших площадей это непременно вызовет резкий подъем уровня грунтовых вод, усиленную реставрацию засоления на окружающих непромываемых земельных массивах, а местами даже заболачивание.

Поэтому во всех случаях необходимо стремиться к уменьшению общего размера промывных норм агротехническими и гидротехническими приемами.

Агротехнические приемы, способствующие снижению размера промывных норм

К агротехническим приемам, способствующим снижению размера промывных норм и повышению эффективности действия промывной воды можно отнести: подготовку почв к промывке, выбор наилучших сроков проведения ее, максимальное использование выпадающих атмосферных осадков и конденсационной воды, рационализацию техники промывных поливов и др.

Техника проведения промывных поливов. Опытами Союз НИХИ установлено, что интенсивность выщелачивания солей из почвы в сильной степени зависит от скорости впитывания воды в почву. Наиболее успешно соли вымываются при скорости впитывания воды не меньше 25—30 и не больше 130—150 см в сутки.

На легких, хорошо водопроницаемых почвах нередко наблюдается недостаточный период контакта между частицами почвы и фильтрующейся промывной водой, вследствие чего соли с поверхности почвенных частиц не успевают перейти в почвенный раствор и не вмываются ниже корнеобитаемого слоя. Предварительной тщательной обработкой можно закрыть все некапиллярные поры, это замедлит скорость фильтрации воды и облегчит удаление солей.

На тяжелых слабоводопроницаемых почвах скорость впитывания настолько мала, что основная масса промывной воды не фильтруется, а испаряется. Предварительная глубокая обработка таких почв облегчает промывку, однако, слишком большое распыление, особенно тяжелых почв, иногда может снизить эффективность промывного действия воды (табл. 39).

Необходимо помнить, что скорость впитывания воды в почву — величина динамичная. В начале промывных поливов она

Таблица 39

Динамика хлора (% от исходного содержания) в метровом слое почвы в зависимости от способов ее подготовки к промывке

Вариант опыта	Мелиоративная станция в Голодной степи		Бухарская область		Федченковская опытная станция (Ферганская долина)	
	участок 1	участок 2	опытная станция	Каганский район	участок 1	участок 2
Промывка без предварительной обработки поля	68,0	80,3	50,9	32,5	76,5	27,0
Вспашка + боронование + промывка	43,5	34,6	35,0	24,5	59,7	41,9
Вспашка + боронование + малование + промывка	25,6	—	—	18,1	54,7	50,0

больше, а к концу постепенно снижается. Поэтому при промывках необходимо обеспечить требуемую скорость впитывания воды в почву, соответствующей обработкой ее.

Снижение выщелачиваемости хлора на 2-м участке Федченковской опытной станции по второму и третьему вариантам опыта объясняется сильным распылением почв на участке.

Опытами, проведенными на Чарджоуской опытной станции, установлено, что при вспашке перед промывкой на глубину 36 см хлора удалено 71,7%, а при вспашке на глубину 20 см — только 4% от исходного содержания. Это можно объяснить разрушением уплотненного подпахотного горизонта и уничтожением некапиллярных ходов.

В наших условиях глубокая вспашка с оборотом пласта, кроме лучшего удаления солей из почвы, имеет большое значение в борьбе с сорняками, болезнями и вредителями растений.

При глубокой (27—30 см) вспашке с оборотом пласта далеко не все семена сорняков могут прорасти. Личинки и яйца вредителей, находящиеся на относительно больших глубинах окажутся на поверхности почвы, а расположенные близко к дневной поверхности будут погребены при обороте пласта. Следовательно, глубокая зяблевая обработка ставит сорняков и вредителей в невыгодные условия существования и большая часть их погибает.

Техника проведения промывных поливов имеет существенное значение. Прежде всего необходимо рассмотреть способы промывки засоленных почв: затоплением, по бороздам со сбросом воды с промываемых делянок, или без него.

В многовековой практике республик Средней Азии засоленные почвы всегда промывали способом затопления хорошо

спланированных небольших делянок. Никогда не допускалась промывка по бороздам. Сбросы воды с промываемых делянок, как правило, отсутствовали.

В начале XX в., с возникновением опытного дела в Средней Азии было предложено несколько способов промывки засоленных почв. Один из этих способов — напуск воды на засоленную, подлежащую промывке, делянку и сброс воды с нее в водоотводящую сеть.

М. М. Бушуев проверил этот способ на засоленных землях в Голодной степи. Он доказал, что сбросная вода выносит солей в 10 раз меньше, чем она могла бы удалить из корнеобитаемого слоя, если бы промывная вода фильтровалась вглубь.

Проверка этого способа промывки на опытных станциях СоюзНИХИ подтвердила правильность выводов М. М. Бушуева. Нетрудно математически доказать, что, промывая почву со сбросом воды, мы внесем солей с оросительной водой больше, чем может быть вымыто, потому что количество сбрасываемой с участка воды во много раз меньше поступающей.

Лучшим и проверенным способом промывки засоленных земель нужно считать затопление по мелким, хорошо спланированным промываемым делянкам, без сброса воды и перепускания ее с делянки на делянку.

За последние годы опубликованы статьи с рекомендацией промывать сильнозасоленные почвы поливами по бороздам (Л. И. Дашевский и Б. В. Федоров).

На опытных станциях СоюзНИХИ неоднократно проверяли этот метод промывки и всегда получали отрицательный результат при сравнении его с первым.

На делянках, промываемых по бороздам, получалось неодинаковое опреснение гребня и дна борозды. В результате этого на таких делянках урожай всегда получался ниже, чем на делянках, промывавшихся сплошным затоплением по хорошо выровненному полю.

На Бухарской опытной станции, при освоении сильнозасоленных земель, в 1955 г. заложены опыты, подтвердившие результаты прежних лет.

Испытывали четыре варианта промывки:

I — промывка затоплением по хорошо выровненному полю (контроль);
II — промывка по глубоким бороздам;
III — промывка затоплением, с предварительным внесением навоза;
IV — промывка затоплением минерализованной дренажной водой.

Промывку провели в декабре нормой 6500 м³/га. На делянках, промытых по бороздам, получен самый низкий урожай хлопка (табл. 40).

Таблица 40

Урожай хлопка при различных способах промывки засоленных почв

Номер варианта	Вариант опыта	Урожай хлопка, *ц/га*
I	Промывка затоплением (контроль)	25,82
II	Промывка по глубоким бороздам	21,36
III	Промывка затоплением с предварительным внесением навоза	28,13
IV	Промывка затоплением минерализованной дренажной водой	22,33

Приведенные данные говорят о необходимости воздержаться от промывки сильнозасоленных земель способом полива по бороздам. Этот способ полива можно рекомендовать только для слабозасоленных почв, особенно при промывке по растущему хлопчатнику.

Промывка засоленных почв с предварительным внесением навоза дает определенный эффект, который будет объяснен ниже.

Данные опытов говорят и о том, что вода коллекторов и дрен повсеместно может быть использована на промывку засоленных почв. Это позволит уменьшить подачу воды в орошаемые районы и тем самым улучшить их мелиоративное состояние.

Весьма эффективным и важным мероприятием в технике производства промывок является определение промежутка времени между отдельными поливами.

Скорость впитывания воды по капиллярам больше скорости диффузии. Поэтому для повышения эффективности промывного действия воды необходимо делать перерывы между окончанием впитывания воды в почву от предыдущего полива и началом следующего промывного полива. Перерывы необходимы для того, чтобы соли из почвы перешли в почвенный раствор и затем гравитационными токами воды последующих промывных поливов были вмыты вглубь, и понижения уровня грунтовых вод.

Проведенные нами в этом направлении опыты подтвердили теоретические предположения и дали хорошие результаты. В испытывавшихся вариантах на тяжелых почвах наилучший эффект промывного действия воды был получен от перерыва до 8 дней (табл. 41).

Краткосрочные перерывы между отдельными промывными поливами дают эффект лишь на почвах слабо- и среднезасоленных, на сильнозасоленных—перерывы заметных результатов не дают. Объясняется это тем, что при меньшей степени засоления почв затруднен переход солей с поверхности почвен-

Таблица 41

Затраты воды (*м*³/*га*) на вымыв 0,001% хлора из метрового слоя почвы при различной исходной степени засоления ее и различной техники промывки

Вариант опыта	Засоленность почв		
	слабая	средняя	сильная
Контроль, обычная производственная промывка	512	159	43,1
Перерыв между концом впитывания от предыдущего полива и началом следующего —4 суток . . .	328	152	46,4
То же 8 суток	315	114	40

ных частиц в раствор, то есть солеотдача почвенными частицами усложняется и при уменьшении солей в почве вымыв их затрудняется. Чем выше степень засоления, тем легче соли переходят из почвы в почвенный раствор и легче выщелачиваются. Необходимо учесть, что этот процесс динамичен: в начале промывки сильнозасоленных почв солеотдача протекает быстрее, а по мере снижения степени засоления в период промывки—замедляется. Поэтому и перерывы между концом впитывания воды и началом следующего полива также должны быть динамичны. В начале промывки солончака они совсем не нужны, а по мере опреснения почвы продолжительность перерывов между поливами должна увеличиваться, но не превышать 8 дней.

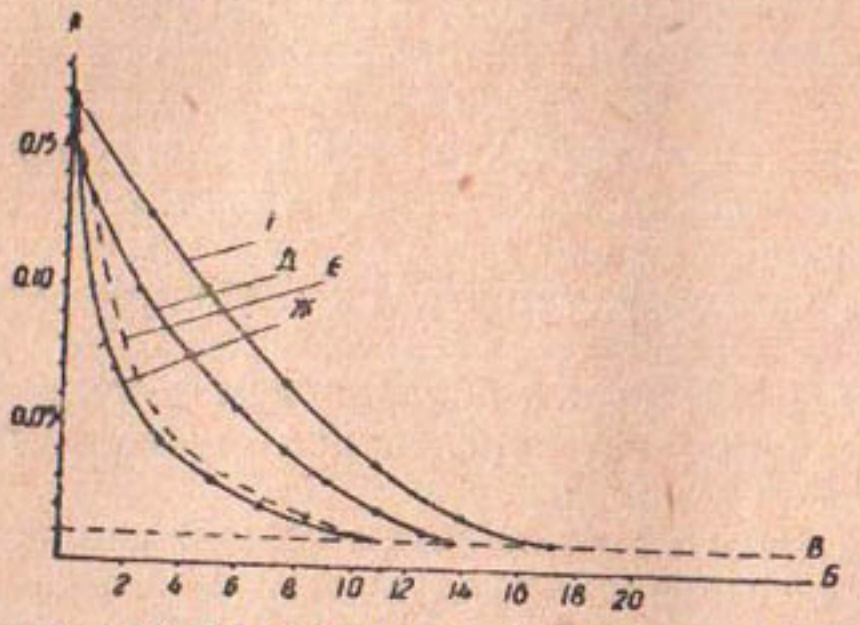

Рис. 19. Влияние продолжительности перерыва между концом впитывания воды от предыдущего и началом следующего полива на динамику вымывания хлора из метрового слоя почвы.

Условные обозначения: *А* — содержание хлора (%) в слое почвы 0—100 *см*; *Б* — промывная норма (*м*³/*га*); *В* — норма опреснения по хлору; *Г* — при перерыве в одни сутки; *Д* — при перерыве в четверо суток; *Е* — при перерыве в восемь суток; *Ж* — при перерыве в двенадцать суток.

Наилучший эффект при промывках достигается в том случае, когда за каждый полив дают норму, равную 30—40% от предельной полевой влагоемкости опресняемого слоя.

При опреснении метрового слоя почвы эти нормы равны: для легких почв—700—900, для средних—900—1100 и для тя-

желых — 1100 — 1500 м³/га без учета дефицита влажности почвы. Из норм воды, даваемых за каждый промывной полив, слагается общая промывная норма данного участка.

Эффективность вымыва солей из почвы в зависимости от величины поливной нормы, даваемой за каждый промывной полив, по данным Федченковской опытной станции СоюзНИХИ, изображена на рис. 20.

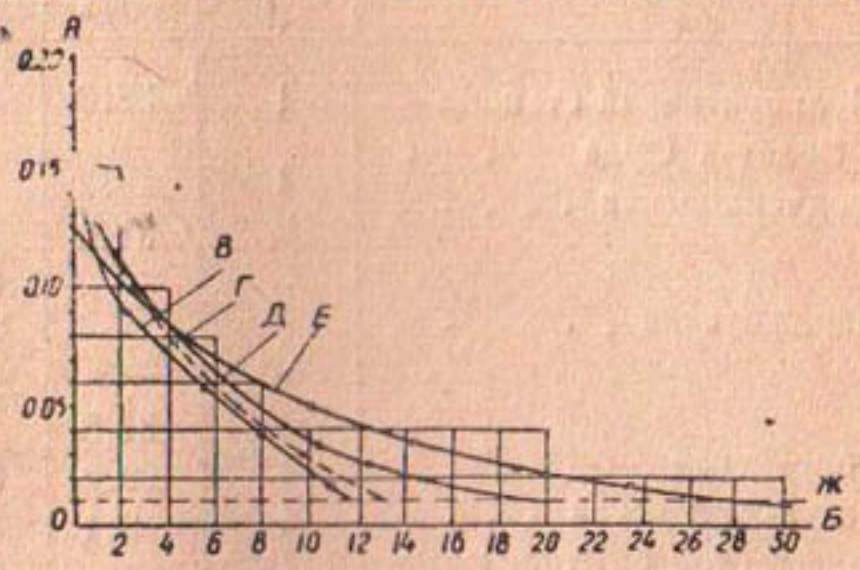

Рис. 20. Динамика вымыва хлора из метрового слоя почвы в зависимости от размера поливной нормы, даваемой за каждый промывной полив. Перерыв между окончанием впитывания воды в почву от предыдущего полива и началом следующего — 4 дня.

Условные обозначения: *А* — содержание хлора (%) в метровом слое почвы; *Б* — размер промывной нормы (тыс. *м³/га*); *В* — поливная норма 30% от предельной полевой влагоемкости; *Г* — 40% от предельной полевой влагоемкости; *Д* — 50% от предельной полевой влагоемкости: *Е* — 100% от предельной полевой влагоемкости; *Ж* — норма опреснения почв по хлору.

Размер поливной нормы, даваемой в каждый и все промывные поливы вместе, зависит от размера поливной струи на промываемую делянку. Для равномерности опреснения всей площади необходимо, чтобы промывная делянка по возможности быстро покрывалась ровным слоем воды. Величина поливной струи находится в прямой зависимости от размера промывной делянки и скорости впитывания воды в почву. На крупных делянках и лучшей впитываемости воды в почву, поливная струя должна быть увеличена. Для средних условий наилучший размер поливной струи колеблется от 40 до 100 л/сек. Этот ток воды на промывную делянку впускается в двух-трех местах.

Сроки проведения промывных поливов. Лучшим сроком проведения промывных поливов считается период, когда грунтовые воды залегают наиболее глубоко, значительно ослаблено испарение воды из почвы, а сама почва еще достаточно теплая. В большинстве случаев для Средней Азии таким периодом является осень и начало зимы до наступления сильных и устойчивых морозов (сентябрь, октябрь, ноябрь).

В целях наилучшего вымыва солей из почвы рекомендуем в сентябре начинать промывку сильнозасоленных участков, а заканчивать промывные поливы всех земель—к началу января (табл. 42).

Из приведенных в табл. 42 данных видим, что с передвижкой сроков промывных поливов с осени на начало весны урожай хлопка резко снижается и при весенних сроках промывки получается самый низкий.

Таблица 42

Урожай хлопка *(ц/га)* в зависимости от сроков проведения промывных поливов

Опытная станция	Номер участка	Срок проведения промывных поливов				
		ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
Мелиоративная станция Золотая Орда	1	37,3	—	31,5	—	—
Федченковская	1	—	—	30,8	24,2	—
	2	31,2	—	26,0	25,8	—
	3	—	37,7	—	—	33,3
Чарджоуская	1	—	—	—	16,2	14,7
	2	—	—	—	18,0	15,2
	3	31,2	—	—	22,6	—
Хорезмская	1	22,9	24,3	—	—	21,4
Пахта-Аральская	1	43,1	—	—	40,6	—
Ташаузское опытное поле	1	—	—	29,8	27,7	22,8
	2	—	—	27,6	25,2	20,7

При одном и том же количестве воды, но поданной на промывку в разное время, эффективность ее различна (табл. 43). Наибольший урожай хлопка получен при использовании большого количества промывной воды в осенне-зимний период. В Хорезме неплохие урожаи хлопка были получены, когда, примерно, 75 или 50% промывной нормы давали осенью, а

Таблица 43

Урожай хлопка *(ц/га)* в зависимости от распределения промывной нормы в весенний и осенний периоды

(данные Хорезмской станции)

Характеристика почв	Глубина залегания грунтовых вод осенью перед промывкой	Промывная норма *($м^3$/га)*			Урожай хлопка, *ц/га*
		осенью	весной	общая	
Тяжелосуглинистые	1,6—1,7	1865	1902	3767	33,4
		1800	1900	3706	32,6
		—	3700	3700	28,0
Тяжелосуглинистые	1,5–2,0	2893	708	3601	39,2
		1923	1710	3633	38,1
		1001	2626	3627	36,3
Среднесуглинистые	1,4—1,6	3011	1000	4011	43,2
		3020	1037	4057	44,8
		—	4006	4006	40,5
		—	4016	4016	40,8

остальные 25 или 50%—весной. Объясняется это очень малой величиной атмосферных осадков (50 мм), выпадающих в Хорезме в осенне-зимний и весенний периоды, вследствие чего сильно иссушаются верхние слои почвы и реставрируются соли. Весенней промывкой частью общей промывной нормы почва доводится до нормальной влажности, а скопившиеся за зиму в почве соли вымываются, или же снижается концентрация почвенного раствора.

Наиболее сильное снижение урожая хлопка наблюдалось при весеннем использовании всей промывной нормы или большей ее части. Грунтовые воды значительно поднимаются при промывках, задерживают начало сева и вызывают усиленную реставрацию засоления с наступлением первых теплых весенних дней.

При назначении сроков промывки учитывают состав солей, находящихся в почве, или тип засоления почв, потому что растворимость солей варьирует с изменением температурных условий. Растворимость в воде солей, наиболее часто встречающихся в засоленных почвах, указана в табл. 44.

Таблица 44

Растворимость в воде некоторых чистых (не смесей) солей при различной температуре

Соль	Показатель	Растворимость, *г/л* при различной температуре (градусов)									
$CaCl_2$	Температура	−50	−30	−10	0	10	20	25	30	40	—
	Растворимость	435	484	550	598	650	744	820	1030	1160	—
$MgCl_2$	Температура	−30	−20	0	10	20	40	60	80	100	—
	Растворимость	285	362	525	535	550	575	610	650	724	—
NaCl	Температура	−20	−10	0	10	20	40	60	80	100	—
	Растворимость	310	333	357	358	359	364	370	380	392	—
$CaSO_4$	Температура	0	10	20	30	40	80	100	—	—	—
	Растворимость	1,76	1,94	2,06	2,12	2,12	1,85	1,69	—	—	—
$MgSO_4$	Температура	−39	1	10	20	30	40	50	60	80	100
	Растворимость	235	267	325	347	398	445	500	540	638	710
Na_2SO_4	Температура	0	5	15	20	30	32,3	40	60	80	100
	Растворимость	48,5	60,7	89,2	189	410	497	483	452	432	420
K_2SO_4	Температура	0	20	40	60	80	100	—	—	—	—
	Растворимость	74	111	147	181	222	240	—	—	—	—
Na_2CO_3	Температура	0	10	20	30	3,3	41,0	60	80	100	—
	Растворимость	70	121	221	392	500	485	464	458	455	—
K_2CO_3	Температура	0	10	20	30	40	50	60	80	100	—
	Растворимость	513	520	225	532	539	548	559	583	609	—
$CaCO_3$	Температура	0	10	20	30	40	50	—	—	—	—
	Растворимость	0,81	0,70	0,65	0,52	0,44	0,38	—	—	—	—

Из материалов таблицы видно, что растворимость соли $Na_2SO_4 10H_2O$ с изменением температуры от 0 до 20° увеличивается в 4,2 раза. Это значит, что почвы, содержащие эту соль, то есть почвы, имеющие сульфатный или хлоридно-сульфатный тип засоления (сюда относятся пухлые солончаки и земли с начальной стадией образования пухлых солончаков) необходимо промывать ранней осенью или даже летом.

В Средней Азии наивысшая температура почв бывает в сентябре-октябре, а наименьшая в марте-апреле. Поэтому от осенних промывок сульфатных солончаков эффект значительно выше, чем от весенних.

По всей вероятности, промывка солонцов и солонцеватых почв будет более эффективной в теплое или даже летнее жаркое время. Растворимость хлоридов от изменения температурных условий изменяется незначительно, поэтому срок промывки их безразличен.

Растворимость солей, находящихся в почве, не постоянная величина, она сильно меняется от многих биохимических и физических причин.

Если в растворе воды имеется CO_2, то растворимость всех солей сильно повышается (табл. 45). Вода, насыщенная CO_2, повышает растворимость $CaCO_3$ в 3,1 раза по сравнению с обычной водой, а это значит, что во столько же раз может быть снижен и размер промывной нормы.

Таблица 45

Растворимость $CaCO_3$ в воде при температуре 15° и насыщении ее свободной CO_2
граммов на 100 см³ насыщенного раствора

Свободная CO_2	$Ca(HCO_3)_2$	Ca
0,0029	0,0595	0,0147
0,0047	0,0821	0,0203
0,0145	0,1249	0,0308
0,0243	0,1331	0,0329
0,0347	0,1492	0,0368
0,0485	0,1540	0,0380
0,0528	0,1597	0,0394
0,0863	0,1755	0,0433
0,1574	0,1872	0,0462

Разложение органических веществ в почве обычно сопровождается обильным выделением CO_2 и органических кислот, что также в сильной степени активизирует растворимость солей, находящихся в почве. Поэтому промывка почв с одно-

временным посевом любых трав, корневая система которых выделяет CO_2, внесение в почву навоза, или запашка зеленых удобрений до промывки повышает эффективность промывного действия воды.

Присутствие в воде $MgSO_4$, Na_2SO_4 и MgCl повышает растворимость $CaCO_3$.

Присутствие $MgCl_2$ в воде, насыщенной CO_2, препятствует осаждению извести, даже при повышении температуры, что нужно считать явлением отрицательным.

Растворимость $MgCO_3$ повышается, если в растворах находится и KCl, $MgCl_2$ и $MgSO_4$. Наличие в почвенных растворах NaCl сильно повышает растворимость гипса, а $MgSO_4$ снижает ее.

С увеличением в почвенном растворе солей NaCl или $MgSO_4$ растворимость Na_2SO_4 заметно снижается (табл. 46), и при содержании NaCl 350 г/л—практически полностью прекращается.

Таблица 46

Растворимость Na_2SO_4 в водном растворе NaCl при различных температурах

(граммов на 100 г воды)

t = 10°		t = 21,5°		t = 27°		t = 33°		t = 35°	
NaCl	Na_2SO_4	NaCl	Na_2SO_4	NaCl	Na_2SO_4	NaCl	Na_2SO_4	NaCl	Na_2SO_4
0,0	9,14	0,0	21,33	0,0	31,10	0,0	48,48	0,0	47,94
4,28	6,42	9,05	15,48	2,66	28,73	1,2	46,49	2,14	43,75
9,60	4,76	17,48	13,73	5,29	27,17	1,99	45,16	13,57	26,26
15,65	3,99	20,41	13,62	7,90	26,02	2,64	44,09	18,78	19,74
21,82	3,97	26,01	15,05	16,13	24,83	3,47	42,61	31,91	8,28
28,13	4,15	26,53	14,44	18,91	21,39	12,14	29,32	35,63	0,00
30,11	4,34	31,80	10,28	19,64	20,11	32,84	8,76		
32,27	4,53	33,69	4,73	20,77	19,29	33,99	4,63		
33,76	4,75	35,46	0,0	32,33	9,53	34,77	2,75		

В присутствии NaCl в водном растворе растворимость Na_2CO_3 также значительно снижается и особенно заметно при повышении температуры.

В присутствии в растворе солей $CaCl_2$ растворимость NaCl снижается. Растворимость той же соли в присутствии соды изменяется значительно. Например, при 15° в 1 л воды растворяется 357,6 г NaCl, а при содержании в водном растворе 100 г/л $NaHCO_3$ и той же температуре растворяется 354,6 г/л NaCl.

Растворимость $MgCO_3$ при содержании в водном растворе Na_2CO_3 заметно возрастает (табл. 47).

Увеличение содержания NaCl в растворе до 147 г/л повышает растворимость $MgCO_3$, а затем она начинает снижаться.

Необходимо отметить, что растворимость отдельных солей в сложных почвенных растворах и их взаимное влияние еще недостаточно изучены.

Таблица 47

Растворимость $MgCO_3$ в водном растворе Na_2Co_3 при t 25°, *г/л*

Вес 1 л раствора, *г*	Содержание, *г/л*	
	Na_2Co_3	$MgCO_3$
996,8	0,0	0,223
1019,9	23,12	0,288
1047,7	50,75	0,510
1082,5	86,42	0,879
1118,9	127,3	1,314
1147,7	160,8	1,636
1166,1	181,9	1,972
1189,4	213,2	2,317

Заканчивать промывные поливы необходимо до наступления сильных (7—10°) и устойчивых морозов, препятствующих промывкам. При морозах затруднено управление водой, имеется опасность обмерзания и разрушения ирригационных сооружений, воду используют с крайне низким коэффициентом полезного действия; все эти явления резко ухудшают мелиоративное состояние территории.

Промывки следует заканчивать с таким расчетом, чтобы грунтовые воды к началу весенних полевых работ успели понизиться на глубину не менее 1 м от поверхности почвы и не препятствовать своевременному проведению весенних полевых работ. В связи с этим, между окончанием промывок и началом весенних работ на плохо дренированных площадях должен быть промежуток не менее 80—100 дней.

Сочетание промывных поливов с обработкой почв. Опытами СоюзНИХИ установлено, что наилучший эффект промывные поливы дают при проведении их после зяблевой пахоты (табл. 48).

Из приведенных в табл. 48 данных видно, что во всех случаях урожай доморозных и послеморозных сборов увеличен в вариантах проведения промывки после зяблевой пахоты.

На примерах Федченковской и Бухарской опытных станций можно убедиться, что по мере окультуривания и рассолонения почв урожаи хлопка непрерывно растут. Если в первых опытах, относящихся к 1940—1942 гг., получали урожаи соответственно 29—30 и 19,4—21,1 ц/га, то к 1952—1953 гг. они возросли до 39,6—41,9 и 51,7—54,0 ц/га.

Однако при сочетании зяблевой пахоты с промывками необходимо учитывать энерговооруженность хозяйства. Если она

недостаточна, то промывные поливы рекомендуем проводить как до, так и после зяблевой пахоты для того, чтобы не сорвать два основных мелиоративных мероприятия — зябь и промывные поливы. В районах с засоленными или подверженны-

Таблица 48

Зависимость урожая хлопка от сочетания зяблевой пахоты, промывок и весенних обработок почв

Номер опыта	Вариант опыта	Промывная норма $м^3/га$	Урожай, *ц/га*	
			общий	доморозный
	Федченковская опытная станция			
I	Промывка (XII*) + предпосевная вспашка	5000	29,3	26,7
	Зябь (XI) + промывка (XII) + п/п** чизелевание	5000	30,3	27,0
II	Промывка (XII) + п/п чизелевание (8—10 *см*)	1800	39,6	37,6
	Зябь + промывка (XII) + п/п чизелевание (18—20 *см*)	1800	40,9	37,6
	Зябь + промывка (XII) + п/п чизелевание (8—10 *см*)	1800	41,9	37,3
	Бухарская опытная станция			
I	Промывка (XII) + зябь (I) + п/п чизелевание	4500	19,4	14,2
	Зябь (XII) + промывка (XII) + п/п чизелевание	4500	21,1	14,5
II	Промывка (XII) + п/п вспашка (18 *см*)	2400	25,4	15,7
	Промывка (XII) + п/п вспашка (24 *см*)	2400	26,1	17,6
	Зябь + промывка (XII) + п/п перепашка	2400	29,8	19,8
	Зябь + промывка (XII) + п/п чизелевание	2400	21,4	17,7
III	Промывка (XII) + вспашка (II) + п/п чизелевание	3000	51,7	43,0
	Зябь (XI) + промывка (XII) + п/п чизелевание	3000	54,0	44,0
	Хорезмская опытная станция			
	Промывка (IX) + зябь (XI) + п/п перепашка	1500	37,0	22,4
	Зябь (XI) + промывка (XI) + п/п перепашка	1600	38,1	23,4

* (XII) — месяц
** п/п — предпосевное

ми засолению почвами зябь без промывных поливов не может дать требуемого эффекта.

В современных условиях оснащенности сельского хозяйства мощными тракторами и другими сельскохозяйственными машинами вспахать под зябь всю площадь орошаемых земель республик Средней Азии можно за 15—20 дней. Промывные же поливы, с учетом водоносности рек, можно провести только в течение 2—2,5 мес. Поэтому промывку следует повсеместно проводить после зяблевой пахоты. После неоднократного промерзания и оттаивания к моменту посева сохраняется достаточная рыхлость почв. Следовательно, после проведения промывных поливов по зяби в большинстве случаев предпосевную обработку почв можно ограничить предпосевным боронованием или чизелеванием.

В районах с относительно теплыми зимами (Бухарская, Сурхан-Дарьинская, Кашка-Дарьинская области Узбекистана; Вахшская долина Таджикистана; Чарджоуская, Марыйская, Ашхабадская области Туркмении и др.), где промерзание почв бывает не сильным и не частым, на землях, промывавшихся после зяблевой пахоты, предпосевная обработка почв состоит из глубокого чизелевания или даже перепашки, особенно на тяжелых и засоренных почвах.

Для уменьшения затрат воды и получения наилучшего эффекта от промывки на вновь осваиваемых землях в обязательном порядке промывным поливам должны предшествовать глубокая вспашка с оборотом пласта, боронование и малование. Опытами, проведенными на Чарджоуской опытной станции СоюзНИХИ, это указание подтверждено (табл. 49).

Таблица 49

Влияние глубины вспашки на эффективность промывного действия воды
(данные Чарджоуской опытной станции)

Горизонт почвы, *см*	Объемный вес после вспашки на глубину		Горизонт почвы, *см*	Остаток хлора в почве после промывки, % к исходному содержанию	
	20 *см*	30 *см*		после вспашки на 20 *см*	после вспашки на 30 *см*
0—10	1,05	1,26	0—20	55,0	16,3
10—20	1,33	1,27	20—40	90,7	38,8
20—30	1,69	1,39	40—60	172,5	30,0
30—40	1,63	1,31	60—80	153,5	36,7
40—50	1,45	1,45	80—100	133,0	34,6
0—50	1,43	1,34	0—100	96,0	28,3

В некоторых районах Средней Азии промывные поливы проводят в весеннее время (Хорезм, Кара-Калпакия, Ташауз-

ская область и др.). Оказывается, что и здесь допромывная и допосевная обработки почв имеют немалое значение в получении высоких урожаев.

На Хорезмской и Кара-Калпакской опытных станциях СоюзНИХИ на всех опытах проведения весенних промывок после зяблевой пахоты получены более высокие урожаи (табл. 50).

Таблица 50

Урожай хлопка при различном сочетании допосевных обработок с весенними промывками, *ц/га*

(данные Кара-Калпакской опытной станции)

Номер опыта	Вариант опыта	Промывная норма, *м³/га*	Урожай, *ц/га*	
			общий	доморозный
I	Промывка (II—IV) + весновспашка	3000	39,2	21,2
	Зябь (XII) + промывка (II — IV) + культивация	3000	41,8	28,9
II	Промывка (III — IV) + весновспашка	3000	35,3	29,6
	Весновспашка (III) + промывка (IV) + чизелевание	3000	30,3	24,2
	Зябь (XII) + промывка (IV) + чизелевание	3000	39,4	32,8
III	Промывка (IV) + чизелевание . . .	3400	33,9	18,4
	Весновспашка (IV) + промывка (IV) + чизелевание	3400	33,8	19,1
	Зябь (XII) + промывка (IV) + чизелевание	3400	37,1	23,2

Зяблевая пахота обеспечила прибавку урожая общих и доморозных сборов. На всех засоленных и подверженных засолению землях своевременное проведение зяби одно из основных мелиоративных мероприятий.

В целях разгрузки весьма напряженного осеннего периода от полевых работ необходимо растягивать сроки промывки. На староорошаемых землях, занятых посевами хлопчатника, подверженных засолению и слабозасоленных, промывку можно проводить по растущему хлопчатнику. Такую промывку ведут следующим образом: после одного-двух сборов сырца с нижних ярусов поле поливают по старым бороздам или, еще лучше, затоплением. Опытные данные по такому способу промывки в сочетании с предпосевной обработкой и промывкой после зяблевой пахоты приведены в табл. 51.

Из приведенных в табл. 51 данных видно, что при осенних промывках по растущему хлопчатнику получено преимуще-

Таблица 51

Урожай хлопка (*ц/га*) при промывках по растущему хлопчатнику в сочетании с допосевными обработками

Вариант опыта	Урожай хлопка, *ц/га*			
	Чарджоуская станция		Хорезмская станция	
	общий	доморозный	общий	доморозный
Промывка по растущему хлопчатнику + зяблевая вспашка + предпосевные:				
боронование	30,7	26,4	29,6	25,5
чизелевание	33,3	26,4	31,2	25,4
перепашка	29,7	24,4	30,8	24,7
Зяблевая вспашка + весенняя промывка + предпосевные:				
боронование	17,7	13,3	30,0	25,4
чизелевание	22,4	18,0	29,7	25,3
перепашка	27,8	21,8	29,7	23,7

ство в урожае по сравнению с практикующимися здесь обычными способами промывки в весенний период. Предпосевное чизелевание повысило общий и доморозный урожай. Перепашка дала снижение урожая.

При обычных сроках промывки (зябь + весенняя промывка) в южных районах на тяжелых почвах и в относительно теплую зиму перепашка зяби после весенних промывок дала лучший результат по сравнению с боронованием и чизелеванием. В северных районах (Хорезмская опытная станция), где наблюдались промерзание и оттаивание почв, особенных преимуществ перепешка не дала. На Хорезмской опытной станции проведено сравнение промывных поливов по растущему хлопчатнику с осенними промывными поливами и дополнительными предпосевными поливами (табл. 52).

Сочетание последнего вегетационного полива хлопчатника с промывным, без весеннего предпосевного полива, снизило урожай по сравнению с остальными вариантами. С предпосевным поливом здесь получен наивысший урожай. Без предпосевного полива наилучший урожай получен при осенней промывке по зяби.

В районах с малым количеством атмосферных осадков на участках, получивших промывной полив небольшой нормой, предпосевной полив дает прибавку урожая, как общих, так и доморозных сборов.

Освоенные земли, имеющие повышенную степень засоления (заметны угнетенное состояние культурных растений, из-

Таблица 52

Урожай хлопка *(ц/га)* при промывках по растущему хлопчатнику и осенней промывке после зяби

Вариант опыта	Дата промывных поливов	Промывная норма, *м³/га*	Урожай хлопка, *ц/га*			
			без предпосевного полива		с предпосевным поливом	
			общий	домо-розный	общий	домо-розный
Последний вегетационный полив затоплением + зябь	29/VIII — 3/IX	1560	34,1	17,6	42,2	27,3
Промывной полив после первого сбора хлопка + зябь	29— 30/XI	1504	37,0	21,4	38,3	23,0
Зябь + промывной полив .	29/XI — I/XII	1580	38,1	23,4	39,2	26,9

реженность, наличие засоленных пятен и т. д.), необходимо быстро освободить от урожая и стеблей хлопчатника и других культур, провести глубокую зяблевую пахоту, спланировать, разбить на промывные делянки и промыть.

Промывные нормы даже в пределах одного поля нужно строго дифференцировать в зависимости от степени его засоления.

Очередность промывки тех или иных участков зависит от степени засоления почв и рельефа местности. Все поля, сильнозасоленные или находящиеся в пониженных частях рельефа местности, нужно стремиться промыть в первую очередь, а слабозасоленные и участки, расположенные на возвышенных частях, — в последнюю очередь. Это вызвано тем, что на сильнозасоленных участках требуется вылить большее количество воды, для чего потребуется и больше времени. Если начать промывать в первую очередь возвышенные части рельефа, то в пониженных сильно поднимутся грунтовые воды, и опреснение их будет затруднено или даже невозможно.

Участие атмосферных осадков и конденсационной воды в опреснении почв. Атмосферные осадки в опреснении почв для большинства районов Средней Азии имеют подчиненное значение.

За период с 1 октября по 1 марта в районах с засоленными и подверженными засолению почвами атмосферных осадков в среднем выпадает от 51 (Нукус) до 188 мм (Карши). Из этого количества только небольшая часть профильтруется в грунт ниже корнеобитаемого слоя и вынесет из него некоторое количество солей. Остальная же часть осадков пойдет на насы-

щение почв до предельной полевой влагоемкости, на сток и испарение.

По наблюдениям, проведенным на Голодностепской мелиоративной станции, в среднем из годового количества атмосферных осадков на фильтрацию за пределы первого метра, а следовательно, на выщелачивание солей из этого слоя, в лучшем случае идет около 30%, с колебанием от 20 до 45% в зависимости от режима выпадающих осадков и исходной влажности почв.

Чем выше исходная влажность почв, тем большее опресняющее действие могут оказать атмосферные осадки и конденсационная вода, циркулирующая в почве. Поэтому на почвах, увлажненных осенью до предельной полевой влагоемкости, эффективность опресняющего действия атмосферных осадков выше, чем на неувлажненных.

Результаты опресняющего действия на засоленные почвы конденсационной влаги [0_2 см. формулу (1)], и атмосферных осадков, выпадающих на сухую почву за осенне-зимний и ранневесенний периоды, по наблюдениям Федченковской опытной станции в 1946 — 1947 гг. и Центральной мелиоративной станции СоюзНИХИ в 1944 — 1945 гг., приведены в табл. 53 и 54.

Глубина залегания грунтовых вод на подопытном участке Федченковской опытной станции колебалась в пределах 1—1,5 м. Осадки в количестве 59,4 мм, выпавшие с 25 ноября по 17 февраля, и конденсационная влага фактически не изменили содержания солей в метровом слое на землях, имеющих слабую степень засоления (табл. 53). Значительное опреснение

Таблица 53

Опресняющее действие зимних осадков и конденсационной влаги

(средние данные по 9 скважинам Федченковской опытной станции)

Горизонт, *см*	Содержание иона хлора (в весовых процентах) по периодам				
	исходное на 25 ноября	на 17 февраля		на 7 мая	
		после выпадения 59,4 мм осадков	% вымыва хлора	после выпадения дополнительных 17 мм осадков	% вымыва хлора
	На слабозасоленных почвах				
0—10	0,069	0,040	—42	0,027	—61
10—20	0,038	0,037	— 3	0,024	—37
20—30	0,025	0,033	+32	0,021	—16
30—50	0,028	0,030	+ 7	0,021	—25
50—70	0,018	0,034	+89	0,019	+ 5
70—100	0,025	0,034	+36	0,020	—20
0—100	0,030	0,034	+13	0,021	—30

Продолжение табл. 53

На среднезасоленных почвах					
0—10	0,186	0,036	—81	0,200	+ 8
10—20	0,175	0,120	—31	0,157	—10
20—30	0,115	0,118	+ 3	0,116	+ 7
30—50	0,080	0,062	—22	0,082	+ 2
50—70	0,071	0,054	—24	0,066	— 7
70—100	0,049	0,046	—6	0,060	+22
0—100	0,093	0,064	—31	0,095	+ 2
На сильнозасоленных почвах					
0—10	0,324	0,056	—93	0,392*	+21
10—20	0,356	0,270	—24	0,307	—14
20—30	0,291	0,262	—10	0,287	— 1
30—50	0,213	0,168	—31	0,348	+43
50—70	0,193	0,169	—12	0,320	+66
70—100	0,161	0,125	—22	0,248	+54
0—100	0,233	0,167	—28	0,307	+32

произошло только в верхнем 10-сантиметровом слое почвы, ниже которого наблюдается увеличение солей за счет перемещения их из верхнего горизонта. На землях, имевших среднюю и сильную степени засоления, под действием тех же факторов количество солей уменьшилось в первом случае на 31 и во втором — на 28%. За второй период (с 17 февраля по 7 мая) на землях со слабой степенью засоления, под действием дополнительно выпавших атмосферных осадков (17 мм) и главным образом конденсационной влаги, циркулирующей в почве, произошло дальнейшее опреснение метрового слоя почвы. На землях, имеющих среднюю и сильную степени засоления, в том же слое отмечено накопление солей, так как из него испарялась почвенная влага.

По опытам, поставленным на ЦМОС (табл. 54), на землях, имеющих среднюю степень засоления метрового слоя, но при различном количественном распределении солей по профилю, под действием 130 мм осадков, выпавших с 5 ноября по 13 марта, во всех случаях несколько опреснился почвенный слой. Наибольшее опреснение здесь также отмечено в верхнем 10-сантиметровом слое. В слое 10—20 см, в зависимости от исходной степени засоления, количество солей или увеличивается, или уменьшается. В слое 20—30 см во всех, а в слое 30—50 см — в двух случаях отмечено накопление солей за счет перераспределения их по профилю из верхних слоев в нижние. В слое 50—100 см во всех трех случаях наблюдалось уменьшение солей.

На сильнозасоленных землях второе определение проведено 21 мая.

Таблица 54

Опресняющее действие зимних осадков и конденсационной влаги

(данные Центральной мелиоративной станции СоюзаНИХИ в Голодной степи — ЦМОС)

Горизонт, *см*	Содержание иона хлора (в весовых процентах) по периодам			Примечание
	исходное на 5 ноября	на 13 марта		
		после выпадения 130 мм осадков	% вымыва хлора	
На слабозасоленных почвах (среднее по 3 скважинам)				
0—10	0,029	0,027	—7	при исходной глубине залегания грунтовых вод 2,4 *м* на 4 ноября
10—20	0,078	0,094	+21	
20—30	0,054	0,111	+107	
30—50	0,044	0,093	+112	
50—70	0,033	0,027	—18	
70—100	0,025	0,022	—12	
0—50	0,102	0,084	—18	
0—100	0,065	0,054	—17	
На среднезасоленных почвах (среднее по 3 скважинам)				
0—10	0,560	0,026	—80	
10—20	0,181	0,158	—13	
20—30	0,097	0,227	+134	
30—50	0,090	0,157	+69	
50—70	0,075	0,065	—13	
70—100	0,081	0,051	—37	
0—50	0,204	0,149	—27	
0—100	0,141	0,103	—27	
На сильнозасоленных почвах (среднее по 5 скважинам)				
0—10	0,276	0,057	—79	при исходной глубине залегания грунтовых вод 1,6 *м* на 4 ноября
10—20	0,136	0,119	—13	
20—30	0,088	0,128	+45	
30—50	0,100	0,088	—12	
50—70	0,087	0,067	—23	
70—100	0,065	0,054	—17	
0—50	0,140	0,096	—32	
0—100	0,107	0,078	—27	

Разная степень опреснения почвенных слоев по профилю, кроме различной исходной степени засоления и водно-физических свойств, может быть объяснена конденсацией газообразной

воды, циркулирующей в почве. Конденсационной называется вода, которая, испаряясь с зеркала грунтовых вод, поднимается в верхние слои почвы в виде пара и здесь конденсируется — сгущается вследствие более низкой температуры по сравнению с нижними слоями. Накапливаясь таким образом, вода обращается в гравитационную, которая выщелачивается и переносит соли из верхних горизонтов в нижние (рис. 21). Зона максимальной конденсации может быть различной в зависимости от нижних испаряющих и верхних конденсирующих слоев почвы, поэтому соли могут выщелачиваться с разной глубины.

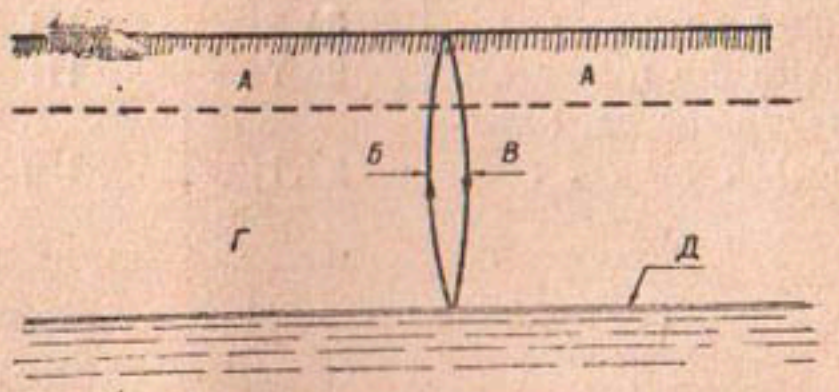

Рис. 21. Схема образования конденсационной воды в почве.

Условные обозначения: *А* — зона конденсации; *Б* — путь парообразной воды; *В* — гравитационная вода; *Г* — зона испарения почвенных и грунтовых вод; *Д* — уровень грунтовых вод.

Уменьшение солей в почве в опытах Федченковской опытной станции за период с 17 февраля по 17 мая на слабозасоленном фоне (табл. 53), можно объяснить только явлениями конденсации. Этим же можно объяснить и уменьшение солей в слое 50—100 см на ЦМОС (табл. 54).

Некоторое представление о конденсации циркулирующей в почве парообразной воды в вегетационный период можно получить из опытных данных Федченковской опытной станции.

В опыте было три варианта: 1) на дно траншеи, отрытой глубиной 30 см, уложили слой гравия — 7 см, а затем траншею засыпали землей; 2) траншею, отрытую на такую же глубину, засыпали землей (без укладки гравия). Вдоль и по оси засыпанных траншей высеяли хлопчатник; 3) контроль — обычный посев хлопчатника на поле после вспашки. Средняя глубина залегания минерализованных грунтовых вод на опытном участке была около 1,5 м. Гравий был усилителем конденсации парообразной воды, циркулирующей в почве, а реагентом на нее — хлопчатник. Полученный урожай на орошаемом и неорошаемом фонах приводится в табл. 55.

Прибавка урожая по первому и второму вариантам получена, несомненно, за счет более усиленной конденсации. Количественное выражение размеров конденсации в наших условиях пока неизвестно.

Высококачественная зяблевая вспашка повышает опресняющее действие атмосферных осадков и конденсацию (табл. 56).

На обработанном участке после выпадения осадков количество солей значительно уменьшилось на всех почвах различной степени засоленности. На необработанном участке со-

Таблица 55

Влияние конденсации почвенной влаги на урожай хлопка

Вариант опыта	Урожай хлопка			
	орошаемый фон		неорошаемый фон	
	ц/га	%	ц/га	%
Траншея с гравием . .	34,8	151	16,2	253
Траншея без гравия . .	25,7	111	11,9	186
Обычный посев (контроль)	23,1	100	6,4	100

Таблица 56

Содержание иона хлора в метровом слое почвы

(весовые проценты)

на обрабатываемом и необрабатываемом участках до и после выпадения осадков

Степень засоления почв	Количество иона хлора в метровом слое почвы			
	обрабатываемый участок		необрабатываемый участок	
	до выпадения осадков	после выпадения осадков	до выпадения осадков	после выпадения осадков
Слабая	0,037	0,023	0,049	0,045
Средняя	0,160	0,088	0,039	0,045
Сильная	0,289	0,205	0,204	0,116

держание солей уменьшилось только на сильнозасоленных землях.

За счет атмосферных осадков и конденсационной воды промывная норма для осенних промывок может быть уменьшена на такой объем воды, которым может быть выщелочено из метровой толщи почвы оставшееся после промывки количество солей — от исходной величины до 0,01% по хлору. В большинстве случаев этот объем воды равен примерно 600—800 м³га и подлежит уточнению в каждом конкретном случае.

На землях, имеющих высокую степень засоления (больше 0,02—0,03% хлора в метровом слое), нельзя ожидать опреснения почв за счет метеорологических факторов в хозяйственно приемлемые сроки. Следовательно, и в этих случаях приходится прибегать к промывным поливам.

Необходимо стремиться к тому, чтобы выпадающие атмосферные осадки полностью задерживались и фильтровались в почву на полях. Кроме опресняющего действия, это дает возможность сохранить достаточное количество влаги в почве и тем самым уменьшить потребность в воде для растений в вегетационный период. Помимо этого, искусственное или есте-

ственное препятствие образованию поверхностного скота сильно ослабляет или совсем исключает процессы эрозии почв.

Непроизводительные потери воды при промывных поливах. К таким потерям можно отнести: испарение со свободной водной поверхности во время промывок, испарение из почвы после промывок до посева (обозначено в формуле расчета размера промывных норм — n_2) и просачивание воды вглубь по некапиллярным ходам (n_1).*

Потери воды на испарение (n_2) во время промывных поливов могут быть определены по данным ближайшей метеорологической станции. Среднее многолетнее количество воды, испаряющейся со свободной водной поверхности в период наилучших сроков промывок (октябрь — январь), для большинства районов Средней Азии с засоленными почвами колеблется в пределах от 1,5 до 2,5 мм/сутки.

При промывке почв со средней степенью засоления потребуется держать поле покрытым водой около 10—15 дней. За это время испарится примерно около 15—37 мм воды, что в пересчете на поливную норму составит 150—370 м³/га. Для каждого конкретного случая потери воды на испарение со свободной водной поверхности за период промывок можно определить довольно точно.

Значительно труднее определить количество воды, испарившейся с поверхности почвы за период от окончания впитывания после промывок до посева. Величина этого испарения зависит от комплекса природных и хозяйственных факторов. Эта величина значительная, и для Средней Азии достигает 25—60 м³/га за каждый месяц невегетационного периода. Она также зависит от степени влажности почвы. Почва после промывок сильно увлажнена, и ее испаряющая способность в это время велика. Величина испарения в период от окончания промывок до посева обусловливает реставрацию засоления почв. Поэтому необходимо принять меры для уменьшения испарения почвенной влаги. Уменьшить испарение можно тщательными и своевременными послеполивными обработками (зяблевой вспашкой, боронованием или чизелеванием). Весной после наступления спелости самых верхних слоев почвы необходимо их бороновать. Боронование следует повторять после каждого сильного дождя до посева и появления всходов.

Своевременным послеполивным обработкам почв в сильной степени будет способствовать переход на новую систему орошения, с применением самых совершенных почвообрабатывающих орудий.

Лесонасаждения на постоянной ирригационной сети и по границам колхозов, севооборотных полей, бригадных участков, дорогам и на пустующих землях также уменьшат испарения

---

* См. формулу (1) раздела „Мелиорация почв".

воды как со свободной водной поверхности, так и из почвы.

Однако даже и при этих условиях непроизводительные, и зачастую и вредные потери воды на испарение достигают 600—800 м³/га и более.

Непроизводительные потери воды на фильтрацию в грунт по макропорам (n_1), без выщелачивания солей из почвы, зависят от водно-физических свойств и подготовки их к промывке. Для почв средней водопроницаемости при хорошей подготовке поля к промывке эти потери по предварительным определениям не превышают 100 — 200 м³/ га. Таким образом, при промывках в наилучшие сроки общие непроизводительные потери воды на испарение и фильтрацию в грунт могут достигать 800 — 1000 м³/га и подлежат уточнению для каждого района и участка.

Борьба с пятнистостью полей на засоленных почвах. На почвах, подверженных засолению, обращает на себя внимание неравномерность густоты стояния растений. На отдельных местах поля растения угнетены и есть места, совершенно лишенные растительности. Эти явления носят название „пятнистости полей". В некоторых областях и районах республики Средней Азии пятнистость полей достигает 30% и более.

Борьба с пятнистостью полей — это борьба за высокий урожай. Ликвидация пятнистости обеспечивает полноценную густоту стояния растений на поле и сразу же дает прибавку урожая около 30%. Пятнистость полей вызывается не только засолением почв, но зачастую и недостатками агротехники.

Нашими исследованиями установлено, что образование пятен на полях зависит от трех основных причин.

1. Микрозабугрения рельефа. Пятна, лишенные или имеющие угнетенную растительность, в этом случае выше окружающих полей на 10—15 см и более. Почвенный покров на пятне, по сравнению с окружающими частями поля, более легкий, с бóльшим содержанием солей. Во время промывных и вегетационных поливов, а также в период выпадения дождей микрозабугрения мало увлажняются и недостаточно опресняются. Залегающие под ними грунтовые воды плохо опресняются. Поэтому на микрозабугрениях быстро реставрируется засоление, которое губит или сильно угнетает растения.

2. Микропонижения рельефа. Они также имеют сравнительно небольшие величины — 15 — 20 см и более. Почвенный покров этих пятен более тяжелый по сравнению с окружающими почвами и отличается худшей водопроницаемостью.

В период поливов и выпадения атмосферных осадков в пониженные места поступает большее количество воды, а вместе с ней и наиболее мелкие частицы почв, что и обусловливает плохие водно-физические свойства микропонижений. Вследствие плохой водопроницаемости почв вода в этих понижениях

не фильтруется, а задерживается на один-три дня и более. Задерживаясь, вода нарушает нормальную аэрацию, микробиологические, химические и физические процессы почв. Молодые растения погибают, взрослые — сильно страдают или тоже погибают.

3. Недостатки агротехники. Пятна, вызываемые недостатками агротехники, могут встречаться на различных частях местности — микрозабугрениях, микропонижениях и ровных местах. Они образуются вследствие плохой разделки почв, неравномерного их увлажнения и т. д. Иногда пятнистость на ровных участках поля может образоваться вследствие краткосрочной или длительной солонцеватости почв.

По нашим многочисленным наблюдениям, урожаи хлопчатника на микрозабугрениях колебались от 0 до 7,5 и на микропонижениях — от 0 до 4,2 ц/га. На ровных частях этих же полей, имеющих нормальную густоту стояния растений, урожаи равнялись 22—36 ц/га и более. Пятна, лишенные растительности, имеют разнообразную форму и обычно бывают в беспорядке разбросаны по всему полю.

Зная причины образования пятен на полях, можно легко наметить пути их уничтожения. Ликвидации пятнистости полей в сильной степени будет способствовать новая система орошения и все мероприятия, связанные с ней. Главнейшее из них — планировка полей, которую можно проводить самыми совершенными орудиями на укрупненных поливных участках.

Опыты и практика подтвердили, что только спланированные площади обеспечивают высокую эффективность всех мероприятий по освоению новых земель и профилактике почв. Поэтому планировка полей относится к тем мелиоративным мероприятиям, без выполнения которых освоение засоленных земель сильно затруднено или даже невозможно.

Объем выполняемых земляных работ при планировке поливных участков в сильной степени зависит от рельефа местности. Чем относительно круче уклон местности, тем меньше может быть объем земляных работ и менее тщательно проведена сама планировка по сравнению с площадями, имеющими малые (меньше 0,001) уклоны.

Так, на уклонах свыше 0,008 микрозабугрения в 10—15 см при поливе по бороздам не будут иметь сколько-нубудь существенного значения, тогда как на участках, имеющих общий уклон меньше 0,001, эти микрозабугрения могут оказать существенное препятствие бороздной струе и вызвать затопление отдельных мест на орошаемом поле. Затопление ведет к неравномерности увлажнения, к пестроте получаемого урожая, к излишним затратам поливной воды и труда.

При планировке полей во всех случаях необходимо сохранять существующий основной уклон местности и стремиться уменьшить объем планировочных работ.

В зависимости от условий рельефа осваиваемых участков и от объема выполняемых работ планировку подразделяют на легкую и капитальную. При легкой планировке уничтожают мелкие понижения или повышения на общем вполне удовлетворительном для бороздкового полива рельефе местности. Такую планировку можно проводить при глазомерной оценке или с применением простейших инструментов, без составления предварительных проектов.

На участках с повышенной забугренностью, особенно отличающихся малым уклоном (меньше 0,001), применяют капитальную, значительно более трудоемкую планировку, при которой объем земляных работ достигает иногда 200—400 м³/га и более. В таких местах сколько-нибудь удовлетворительно спланировать участок на глаз или простейшими инструментами нельзя. Планировку таких участков проводят по специальным проектам и сметам, составляемым на основе данных сплошной нивелировки участка по квадратам со сторонами в 20 м, а для резко пересеченного рельефа — 10 м. Попутно на таких участках проводят и почвенное обследование для установления допустимой глубину срезки.

Без соответствующих мелиоративных мероприятий по восстановлению плодородия почв обнажение подпахотного малоокультуренного и неплодородного слоя на больших площадях при планировке допускать нельзя, так как это может повести к снижению урожаев. В местах проведения глубокой срезки при планировке в обязательном порядке необходимо вносить повышенные дозы органических и минеральных удобрений с одновременным посевом трав, которые в дальнейшем запахивают как зеленые удобрения.

Опытами СоюзНИХИ, проведенными на Таджикской станции, установлено, что при срезке грунта в период планировки даже на 1,0—1,3 м плодородие почв может быть восстановлено относительно быстро применением соответствующего комплекса мелиоративных мероприятий. В состав этого комплекса входил посев травосмесей (шабдар + райграс) на срезаемых участках с запашкой весной отросшей травосмеси на зеленое удобрение (табл. 57).

Внесение на срезанных местах только минеральных удобрений не дает должного эффекта. Внесение бактериальных удобрений, даже в смеси с минеральными и органическими, экономически не может быть оправдано.

При выравнивании микрозабугрений, особенно никогда не орошавшихся, нужно иметь ввиду, что при срезке их заподлицо и дальнейшем орошении на месте прежнего микрозабугрения может образоваться микропонижение. Поэтому еще до планировки такое микрозабугрение желательно осадить водой или срезать его не на всю высоту. Если микрозабугрение засолено, его необходимо промыть отдельно от всего участка.

Таблица 57

Эффективность мероприятий по восстановлению плодородия почв при капитальных планировках
(данные Таджикской опытной станции)

Вариант опыта	Урожай хлопка ц/га
Контроль без внесения удобрений и посева трав на срезанных местах	12,5
Осенний посев на срезанных местах травосмесей (шабдар + + райграс) с весенней запашкой их на зеленое удобрение и внесение минеральных удобрений N—75 и P_2O_5—200 *кг/га* .	26,7
Проведены те же мероприятия, и, кроме того, внесены навоз и бактериальные удобрения	34,3
На срезанные места внесены минеральные удобрения N—120 и P_2O_5—150 *кг/га*	13,0
Внесены минеральные удобрения в те же строки и в тех же количествах, но к ним добавлен навоз	15,4
То же самое с добавлением бактериального удобрения . . .	14,1

Микропонижения, отличающиеся плохими фильтрационными свойствами грунта, перед засыпкой необходимо предварительно глубоко вспахать или прочизелевать.

Промывают засоленные земли после планировки с таким расчетом, чтобы хорошо и равномерно опреснить весь участок наименьшим количеством воды. Размер промывной делянки устанавливают с учетом природных и хозяйственных условий, степени спланированности поля, величины уклона местности и свойств почв. На легких, водопроницаемых почвах или при наличии значительных уклонов, а также в случае плохой спланированности поля делянки делают меньших размеров, а на плотных, тяжелых почвах и на хорошо спланированных участках—бо́льших. Размер промывных делянок от 0,1 до 0,25 га. Делянки сверх указанных размеров не только очень увеличивают объемы планировочных работ, но также резко повышают промывные нормы и продолжительность полива, что видно из результатов опытов, проведенных в Голодной степи (рис. 22).

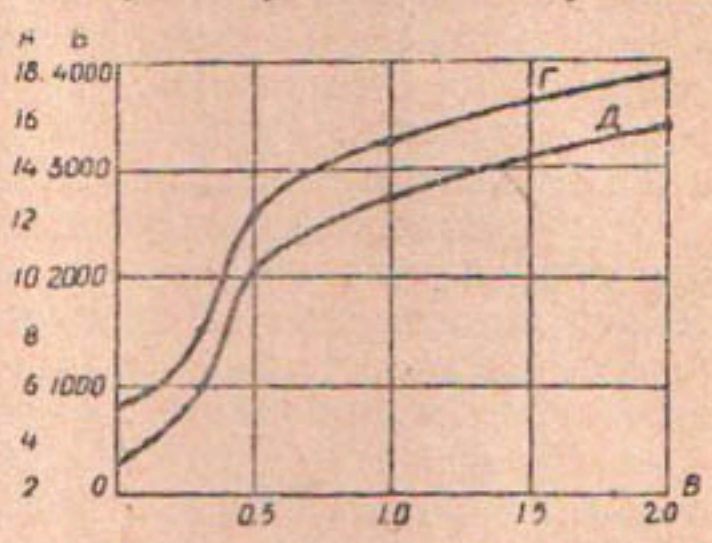

Рис. 22. Кривые зависимости поливных норм и продолжительности поливов от размера промывных делянок при постоянной поливной струе 70 л/сек.

Условные обозначения: *А* — продолжительность полива (часов); *Б* — поливная норма ($м^3/га$) *В* — размер промывной делянки *(га)*; *Г* — поливная норма; *Д* — продолжительность полива.

Для равномерного опреснения почв необходимо, чтобы разность слоя впитываемой воды в верхнем и нижнем концах делянки не превышала 5—7 см. С таким расчетом и должны быть нарезаны валики, огораживающие промывные делянки, спланированные по уклону.

Ширина промывной делянки (рис. 23) в таком случае определяется по следующей формуле: $b = \frac{h}{i}$,

где b — ширина делянки в метрах;

h — допустимая разность глубины воды при затоплении в верхней и нижней частях промывной делянки (не более 0,05 — 0,07 м);

i — общий уклон спланированного участка.

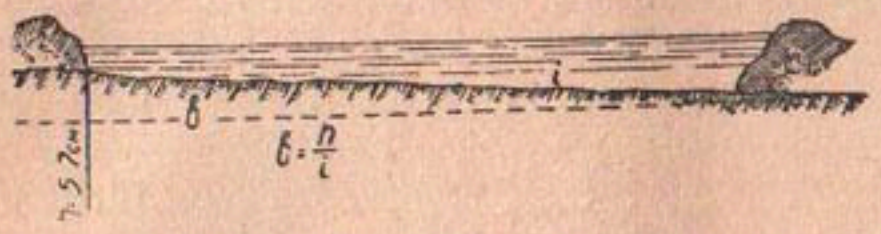

Рис. 23. Зависимость ширины промывной делянки от уклона местности.

Планировка полей с последующим проведением необходимого комплекса работ, кроме уничтожения пятнистости и повышения урожайности полей, дает возможность резко сократить затраты воды на орошение и промывку, что и требуется при переходе на новую систему орошения. Затраты воды на вегетационные поливы на спланированном поле были уменьшены на 39% при одновременном улучшении качества поливов. При промывке засоленных земель потребность в воде значительно уменьшается. Для промывки пухлого солончака на спланированном участке потребовалось затратить воды 9000, а на неспланированном при равных условиях — 18000 $м^3$/га.

Укрупнять поливные участки, то есть объединять в один одновременно поливаемый и обрабатываемый контур можно только равноценные по плодородию и механическому составу почвы, требующие за период вегетации одинакового количества поливов и обработок.

В бассейнах Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи на аллювиальных отложениях довольно часто встречаются почвы с пестрым механическим составом. Эта пестрота сложения почвенного покрова чаще всего проявляется в виде пятен среди культурных и подлежащих освоению земель и ведет к неравномерности поспевания после поливов тяжелых и легких почв. Кроме того, на тяжелых почвах это приводит к образованию корки и неудовлетворительным обработкам почв перед посевом и после вегетационных поливов. Разделка почвы получается грубокомковатая, не обеспечивающая нормальной густоты стояния растений. Слабая водопроницаемость и способность образования мощной корки на тяжелых почвах определяется их механическим составом и зачастую солонцеватостью. С переходом на новую систему орошения нельзя мириться с мелки-

ми, имеющими неправильную форму поливными участками, оконтуривающими отдельные почвенные вкрапления. Поэтому в некоторых случаях микропестроту водно-физических свойств почв приходится искусственно переделывать.

Выровнить плодородие почв на укрупняемом участке при переходе на новую систему орошения можно введением хлопково-травопольных севооборотов с короткой ротацией (например, три поля трав и три поля хлопчатника, или два поля трав и три поля хлопчатника), химическими мелиорациями, с одновременным улучшением механического состава почв. Обильное внесение навоза в размере 40 т/га улучшает водно-физические свойства почв. Удовлетворительные результаты дает внесение песка (до 150 т/га) до вспашки.

От химических мелиораций тяжелых такыровидных почв наибольший эффект получается при внесении гипса и серы с навозом. Опытами установлено, что эффективность гипса и серы начинает проявляться через 1,5—2 года с момента их внесения. Хорошие результаты при мелиорации тяжелых почв получены от применения сернокислого аммония.

Нормы внесения химических реагентов на солонцеватых, такыровидных (тяжелых) почвах должны быть эквивалентными содержанию поглощенного Na, находящегося в слое 0—50 см.

Ориентировочно для долины Мургаба, из расчета на 1 га площади это составляет: гипса—18—22; суперфосфата—18—21; $CaCN_2$—8—10; $(NH_4)_2SO_4$—14—16; серы 3—5 и навоза — до 40 т/га.

В борьбе с солонцеватостью почв необходимо испытать и промывку их грунтовой водой, содержащей $Ca^{\cdot\cdot}$ и $SO_4^{\cdot\cdot}$ в повышенных количествах. Такая промывка должна быть наиболее дешевой и эффективной.

Значение дренажа при промывках засоленных почв. Как уже отмечалось, для опреснения почв до хозяйственно приемлемых размеров, необходимо затратить большое количество воды. В бездренажных условиях, особенно при высоком коэффициенте земельного использования и одновременной промывки значительных площадей, большая затрата воды вызовет подъем уровня грунтовых вод и усиленную реставрацию засоления на окружающих массивах.

В дренажных условиях невозможен длительный подъем грунтовых вод выше определенного уровня, и реставрация засоления сильно снижается. Вследствие свободного оттока грунтовых вод промывка засоленных земель в дренажных условиях облегчается, и затраты воды на нее уменьшаются.

Сравнительная эффективность промывок засоленных земель в дренажных и бездренажных условиях по опытам, проведенным в Голодной степи и Ферганской долине, приведена в табл. 58.

Из данных табл. 58 видно, что во всех случаях при равных почвенных и гидрогеологических условиях, но при более

Таблица 58

Сравнительная эффективность промывной воды в дренажных и бездренажных условиях

Место проведения опытов	Год	Почва	Дренированность	Глубина залегания грунтовых вод до промывки, *м*	Общая промывная норма, *м³/га*	Содержание Cl′ в процентах на метровый слой почвы		Глубина опреснения почвенного слоя, *м* до 0,02% Cl′	*K*** на весь слой опреснения в *кг/м³*
						до промывки	после промывки		
Голодная степь	1939/40	средне-суглинистая	недренированная	3,5	11000	0,213	0,010	1,8	—
	1937/38	"	дренированная	3,6	8500	0,212	0,009	1,6	9,4
	1942/43	"	недренированная	2,6	8700	0,265	0,035	0,0	—
	1947/48	"	дренированная	2,6	5000	0,248	0,010	2,2	14,2
	1945/46	тяжело-суглинистая	недренированная	2,5	5400	0,104	0,057	0,0	—
	1945/46	"	дренированная	2,2	4100	0,119	0,026	0,6	3,8
Федченковское опытное поле (Ферганская долина)	1942/43	"	недренированная	1,2	7500	0,293	0,072	0,0	—
	1940/41	"	дренированная	1,6	6250	0,261	0,030	0,8	8,7
	1942/43	"	недренированная	1,2	6500	0,149	0,026	0,8	2,9
	1940/41	"	дренированная	1,6	8700	0,380	0,007	1,65	10,4
	1948	"	недренированная	1,7	6900	0,206	0,072	0,55	3,0
	1940/41	"	дренированная	1,6	6300	0,398	0,013	1,3	15,3
	1948	"	недренированная	1,7	7700	0,193	0,068	1,35	2,5
	1940/41	"	дренированная	1,6	8800	0,309	0,020	1,0	7,0

* Коэффициент вымыва солей.

повышенной степени засоления, эффективность промывного действия в дренажных условиях гораздо выше как по затратам воды, так и по глубине опреснения почвенного слоя.

Сравнительная эффективность промывного действия воды в дренажных и бездренажных условиях для тяжелых почв при глубине залегания грунтовых вод от 1 до 2 м приведена на рис. 24.

Необходимо помнить, что промывкой нужно опреснить не только корнеобитаемый слой почвы, но также и верхние слои грунтовых вод, иначе довольно быстро засоление реставрируется. В дренажных условиях грунтовые воды опресняются быстро, тогда как без дренажа они, особенно в первое время, обогащаются солями.

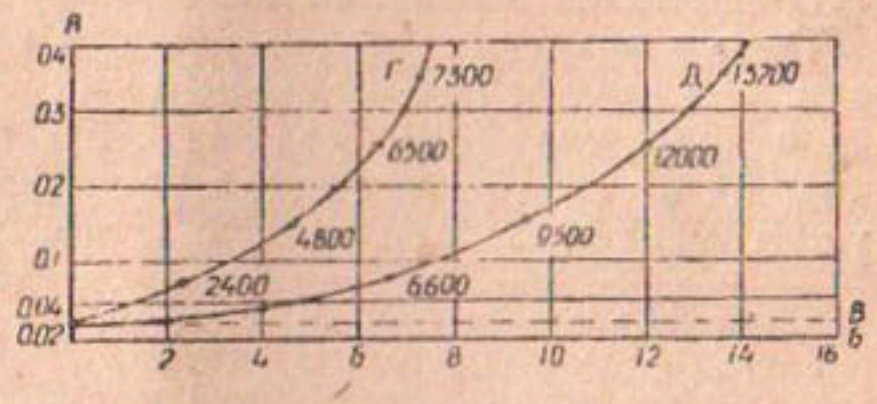

Рис. 24. Размеры промывных норм в дренажных и бездренажных условиях.

Условные обозначения. *А* — исходная степень засолени почв по хлору (%); *Б* — общий размер промывной нормы (тыс. $м^3/га$); *В* — норма опреснения; *Г* — дренажные условия (1—2 *м*); *Д* — бездренажные условия.

Промывками в дренажных условиях почвы и грунтовые воды опресняются лучше, вследствие облегченного оттока грунтовых вод. Облегченный отток приводит к более быстрому снижению грунтовых вод после промывки (рис. 25). В нашем опыте подача воды на промывавшийся в бездренажных условиях участок была прекращена 5 сентября; затем грунтовые воды начали медленно опускаться. На втором участке, имевшем сходные почвенные и гидрогеологические условия, но дренированном, подача воды на промывку была прекращена 2 октября. При определении 15 октября грунтовые воды как на дренированном, так и на недренированном участках залегали на одинаковой глубине — 68см — от поверхности. Для снижения грунтовых вод на эту глубину на недренированном участке в лучших метеорологических ус-

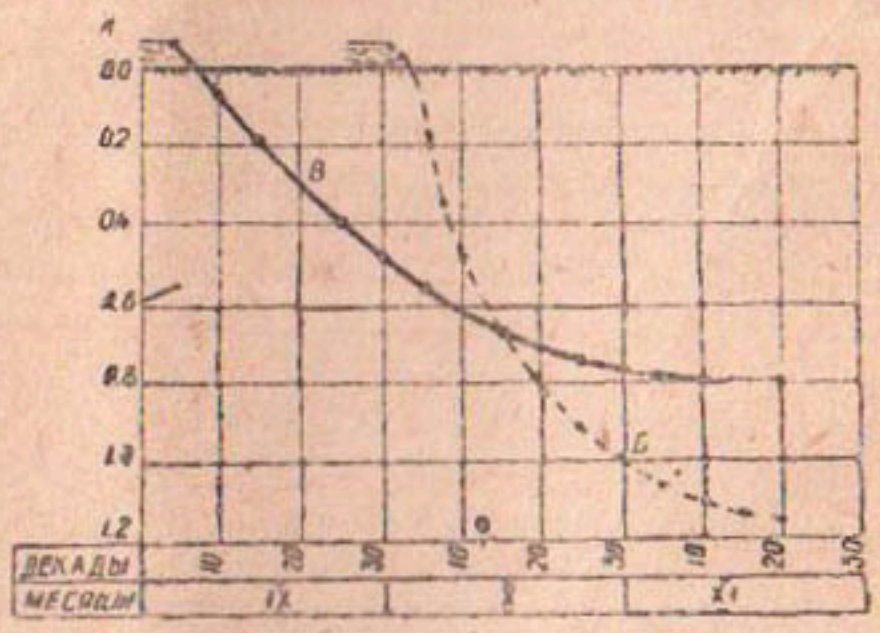

Рис. 25. Динамика уровня грунтовых вод в дренажных и бездренажных условиях.

Условные обозначения: *А* — глубина залегания уровня грунтовых вод (*м*); *Б* — при дренаже; *В* — без дренажа.

ловиях (при более высоких температурах) потребовалось 40 дней. Средняя скорость снижения на этот период равнялась 1,7 см/сутки. В дренажных условиях при худших метеорологических факторах на ту же глубину грунтовые воды понизились за 13 дней при средней скорости снижения их 5,2 см/сутки. На недренированном участке к 20 ноября грунтовые воды залегали на глубине всего лишь 80 см, а в дренажных условиях — 1,13 м.

Чем быстрее снижаются грунтовые воды, тем медленней реставрируется засоление почв после промывки.

Таково значение дренажной сети при промывке засоленных почв. Поэтому к началу промывных поливов вся коллекторная и дренажная сеть должна быть приведена в порядок — очищена от заиления, сорной растительности, и там, где это нужно, углублена или построена новая.

ГЛАВА 13

МЕЛИОРАЦИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МЕСТНОСТИ

Во многих случаях в гидрогеологических зонах выклинивания или рассеивания грунтовые воды залегают близко к поверхности почвы, или при орошении поднимаются на недопустимую высоту и препятствуют нормальному развитию сельскохозяйственных растений. Поэтому приходится искусственным путем регулировать в зоне выклинивания положение уровня, а в зоне рассеивания—и минерализацию грунтовых вод и почв.

В гидрогеологических зонах выклинивания и рассеивания, отличающихся плохой проточностью грунтовых вод (особенно в последней) с увеличением приходных статей водно-солевого режима орошаемой территории необходимо обязательно позаботиться и об увеличении расходных частей его. В противном случае грунтовые воды и соли поднимутся до недопустимых пределов и затруднят нормальное развитие земледелия.

В этих гидрогеологических зонах при небрежном обращении с оросительной водой, с проведением плохо продуманных и не увязанных с природными и хозяйственными условиями мелиоративных мероприятий, подъем уровня грунтовых вод протекает более интенсивно. В условиях бережного расхода воды грунтовые воды поднимаются медленнее. С применением требуемого комплекса мелиоративных мероприятий подъем грунтовых вод и засоление почв будут полностью исключены.

К мерам предупреждения подъема уровня грунтовых вод и засоления почв необходимо отнести комплекс эксплуатационных, агротехнических, организационно-хозяйственных и гидротехнических мероприятий. Применение гидротехнических мероприятий обязательно в тех местах бессточных оазисов, где непрерывный приток грунтовых вод и солей не регулируется практически значимым естественным оттоком их. Резкий подъем уровня грунтовых вод наступает, когда коэффициент земельного использования начинает превышать некоторые величины, различные для разных районов. Чтобы придать

гидрогеологическим процессам нужное нам направление, необходима решительная переделка неблагоприятных условий природы: искусственное удаление избытка грунтовой воды и солей.

Древесная и иная растительность в регулировании водного режима территорий играет большую, но не решающую роль. Зеленые растения расходуют грунтовую воду только в вегетационный период, с неодинаковой интенсивностью в течение дня, ночи и сезона. В относительно бессточных областях поступающая грунтовая и поверхностная воды расходуются главным образом на испарение и транспирацию. Уровень грунтовых вод в таких районах в большинстве случаев поднимается с октября по май, то есть в период промывки засоленных земель и запасных поливов. Испарение растений в это время исключено, а температурные факторы, регулирующие уровень грунтовых вод, также сильно снижены. Приход грунтовых вод за этот период увеличен еще и за счет выпадающих атмосферных осадков и конденсационной воды. Таким образом, растения не могут с одинаковой интенсивностью на протяжении круглого года регулировать водный режим грунтовых вод.

Древесной и иной растительностью в вегетационный период можно до некоторой степени регулировать уровень грунтовых вод. Но растениями нельзя регулировать солевой режим территории, потому что вынос солей из почвы ими очень ограничен. Например, с поля, при урожае хлопка-сырца 30 ц/га, со стеблями хлопчатника и волокном выносится зольных элементов всего лишь около 300 кг/га, из них хлора 6 кг/га, тогда как только с оросительной водой на хлопковое поле ежегодно вносится в среднем около 2800—3000 кг/га всех солей.

Вследствие того, что в невегетационный период приход грунтовых вод значительно превышает их расход, грунтовые воды начинают быстро подниматься, формируя так называемый весенний (март—май) максимальный уровень, часто мешающий своевременному выполнению весенних полевых работ, предпосевной обработке и посеву. Высокое залегание уровня грунтовых вод в это время способствует усиленному засолению почв.

Поэтому для нормального проведения всех весенних полевых работ и, тем самым, получения высоких урожаев всех высеваемых культур нужно добиваться всеми доступными средствами понижения уровня грунтовых вод до требуемых глубин.

При условии включения необходимого дифференцированного мелиоративного комплекса удельное протяжение дрен или количество колодцев вертикального дренажа может только сократиться, но не отпасть совсем, так как приток грунтовых вод, где бы они не находились, происходит непрерывно.

В определенных хозяйственных условиях третьей гидрогеологической зоны могут накапливаться соли в почве и грунтовых водах. При повышенном коэффициенте земельного использования и определенном составе культур вредный избыток солей можно удалить из почвы и грунтовых вод только орошением на фоне хорошо работающего дренажа.

Под влиянием промывок и орошения в вегетационный период на фоне дренажа почвы и грунтовые воды непрерывно опресняются. Динамика опреснения дренажных вод одной из опытных станций СоюзНИХИ дана в табл. 59.

Таблица 59

Динамика опреснения дренажных вод по хлору и плотному остатку, г/л

Год	Содержание, г/л		Год	Содержание, г/л			Содержание, г/л	
	плотного остатка	хлора		плотного остатка	хлора		плотного остатка	хлора
1929	14,70	4,65	1937	8,01	1,92	1945	6,09	1,35
1930	12,39	3,78	1938	7,69	1,86	1946	6,38	1,38
1931	10,06	2,77	1939	7,72	1,60	1947	6,07	1,45
1932	10,34	2,77	1940	7,22	1,45	1948	6,78	1,32
1933	10,78	2,93	1941	7,21	1,75	1949	6,20	1,30
1934	10,11	2,57	1942	7,45	1,66	1950	6,07	1,65
1935	8,72	2,25	1943	7,91	1,70	1951	6,00	1,40
1936	8,80	2,24	1944	6,80	1,55	1952	6,10	1,30
						1953	6,30	1,31

За 25 лет работы станции минерализация дренажных вод по плотному остатку снизилась по сравнению с исходной в 2,3 и по хлору в 3,5 раза. За этот период с каждого дренированного гектара было удалено 672 т всех солей, в том числе хлора 170 т. В среднем каждый год удаляли 26,6 т/га плотного остатка, в том числе хлора—6,8 т/га.

При промывке засоленных земель в дренажных условиях минерализация грунтовых вод значительно изменяется. Например, при промывке сильнозасоленной залежи, содержавшей плотного остатка в слое 0—100 см 458 т/га и в слое 0—200 см —926 т/га, произошли следующие изменения. Минерализация дренажной воды с декабря по апрель понизилась по первой дрене с 82,9 до 43,5 г/л и по второй дрене—с 46,2 до 31,1 г/л плотного остатка. За этот период двумя дренами было удалено всех солей 341 т/га, из них хлора 26,5 т/га, что составляет 37% от исходного содержания солей в 2-метровой толще почвы, и 82%—от вымытого количества их из того же слоя.

Из приведенных примеров видно, что солевой режим дренированной территории складывается благоприятно, то есть расход солей значительно превышает приход их с оросительь-

ной и грунтовой водой и территория интенсивно рассоляется (табл. 60).

Таблица 60

Динамика солей по плотному остатку на дренированной территории

Место проведения опыта	Дренированная площадь, *га*	Поступило солей в год, *т/га*		Отведено солей с дренажной водой, *т/га*	Уменьшение засоленности в расчетном слое, *т/га*	Отношение выноса солей к поступлению их
		с подземной водой	с оросительной водой			
Центральная мелиоративная опытная станция . .	166	10,4	3,6	25,7	—11,7	1,8
Федченковская опытная станция	55	0,56	1,2	16,9	—15,2	9,9

Только безупречно работающий дренаж способствует интенсивному рассолонению почв и грунтовых вод. Вырастить на дренированных землях высокие урожаи можно при условии правильного применения высококачественных промывных, вегетационных поливов и послеполивных обработок. Без этих условий почвы даже в дренажных условиях могут засоляться (табл. 61).

Таблица 61

Динамика хлора в 2-метровом слое почвы в зависимости от дренажа и агротехники

Вариант опыта	Среднее содержание хлора в 2-метровом слое, *т/га*		Прибыль или убыль хлора от весны к осени	
	весной	осенью	*т/га*	%
Дренированный, хорошо обрабатываемый и орошаемый участок. . .	4,51	3,32	—1,19	—26
Дренированный, среднеобрабатываемый и орошаемый участок . . .	6,38	8,93	+2,55	+140
Дренированный, неорошаемый участок	38,90	59,27	+20,37	+153
Недренированная и неорошаемая целина . .	52,13	92,02	- 39,92	+177

Из приведенных примеров видно, что дренаж—эффективное средство, способствующее рассолонению почв и грунтовых вод.

Чтобы рассолонить почву и грунтовые воды, нужна упорная работа (планировка, промывка, севообороты, послеполивные обработки и т. д.) на фоне дренажа.

Дренаж орошаемых земель представляет собой один из видов мелиорации по коренной переделке неблагоприятных для земледелия природных условий. Его применяют в тех случаях, когда обычными агротехническими, эксплуатационными и организационными мерами невозможно предупредить опасный подъем уровня грунтовых вод.

Как уже отмечалось, дренаж на орошаемых землях необходим только в двух гидрогеологических зонах: выклинивания и рассеивания грунтовых вод. Необходим он в тех частях зон, где расход на испарение и транспирацию и отток грунтовых вод меньше прихода или равен ему. В таких условиях не обеспечивается требуемая глубина залегания грунтовых вод даже при наличии планового водопользования, бетонирования каналов, высокой агротехнике, травопольных севооборотах и т. д.

В гидрогеологической зоне выклинивания подземных вод почвы могут только заболачиваться, а в отдельных случаях засоляться относительно трудно растворимыми в воде солями: сернокислыми или углекислыми.

Закладка дренажа в этой зоне обеспечивает нормальную аэрацию корнеобитаемого слоя почв. Корневая система на протяжении жизни растений непрерывно меняется. Поэтому по мере ее углубления может меняться и уровень грунтовых вод.

Для большинства однолетних сельскохозяйственных культур средняя глубина зоны осушения здесь не должна превышать 1,0—1,2 м. Соответственно с этим и средняя глубина закладки дрен в зоне выклинивания не должна превышать 1,5—2 м от поверхности земли.

На дренах этой зоны необходимо устраивать перегораживающие сооружения для регулирования в течение сезона верхнего и нижнего горизонтов незасоленных грунтовых вод. Такой способ регулирования грунтовых вод позволяет компенсировать недостаток оросительной воды за счет грунтовой, некоторым временным подъемом ее уровня. Вместо очередного полива на некоторое время подпирают грунтовые воды и почва увлажняется снизу, то есть проводят одну из разновидностей подпочвенного орошения. Такой способ полива с успехом применяли в группе Кокандских районов, в совхозе им. „Пятилетия Узбекистана“ и других районах Средней Азии.

Принципиально иное положение с дренажем в гидрогеологической зоне рассеивания. Устройством дренажа здесь преследуют цель понизить уровень минерализованных грунтовых вод до таких глубин, с которых вынос солей в корнеобитаемую зону испаряющейся и транспирируемой грунтовой водой был бы прекращен или ослаблен до ничтожных размеров, а удаляемое

количество дренажной воды и солей было бы наибольшим. С этой целью необходимо быстрее и на большую глубину снизить уровень грунтовых вод, поднятый в результате проведения вегетационных поливов, промывок или выпавших атмосферных осадков. Это зависит от способности дрен удалять определенное количество воды в единицу времени с единицы площади (от так наз. дренажного модуля).

Количество грунтовой воды, которое способны удалить дрены, зависит от водно-физических свойств грунтов, глубины и частоты закладки дрен. Чем глубже дрена и сильнее напор грунтовых вод, тем скорее и больше такая дрена будет отводить воды и солей. Поэтому средняя глубина первичных дрен горизонтального дренажа для гидрогеологической зоны рассеивания должна быть не меньше 2—2,5 м считая от поверхности земли до уреза воды в дрене.

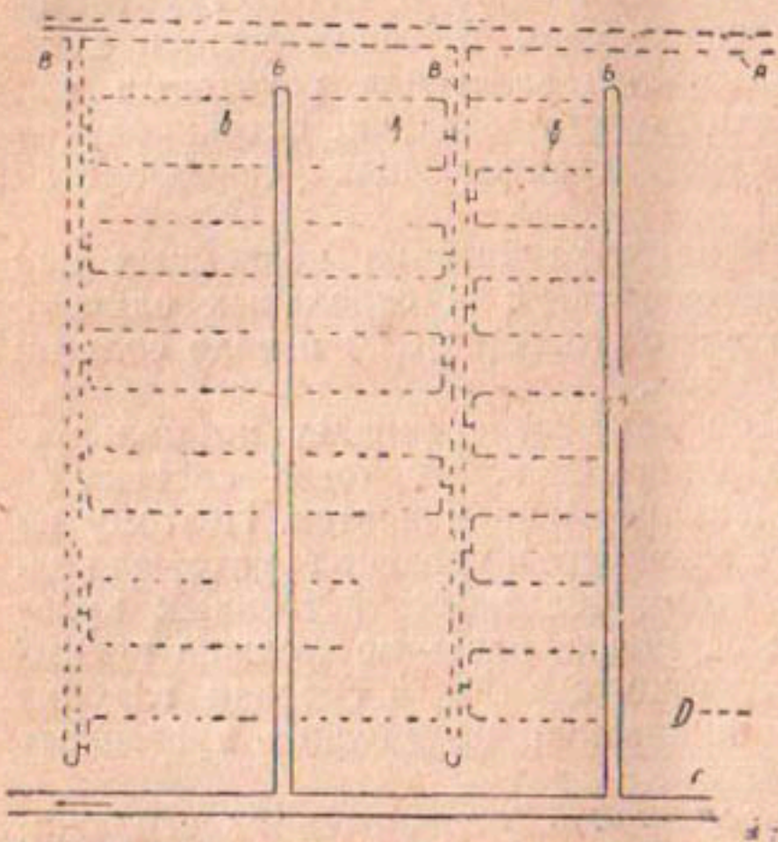

Рис. 26. Схема сочетания постоянной коллекторно-дренажной сети с оросительной сетью и временным дренажем.

Условные обозначения: *А* — коллектор; *Б* — постоянный ороситель; *В* — постоянная дрена; *в* — временные дрены; *Г* — распределитель; *Д* — схема движения механизмов при нарезке временных дрен.

Опресняются почвы и грунтовые воды в дренажных условиях гораздо быстрее и на большую глубину, чем в бездренажных; это вызвано уменьшением сопротивления грунтов действующим напорам и облегчением оттока грунтовых вод.

Чем быстрее снижаются грунтовые воды, тем медленнее реставрируется засоление после промывок, так как со снижением грунтовых вод уменьшается и количество испаряющейся воды.

Временный дренаж устраивают при освоении сильнозасоленных почв и для облегчения их промывки меньшим количеством воды. Такие дрены глубиною в 80—120 см нарезают механизмами между постоянно действующими коллекторами или дренами на расстоянии 40—80 м одна от другой в зависимости от почвенных и гидрогеологических условий местности. Их нарезают перед началом промывных работ и засыпают перед началом весенних полевых работ. При нарезке временных дрен придерживаются следующей схемы движения механизмов (рис. 26, 27).

В связи с укрупнением поливных участков, не отвечающих требованиям новой системы орошения, коллекторно-дренажную сеть можно уничтожить только после постройки новой или углубления существующей коллекторно-дренажной сети.

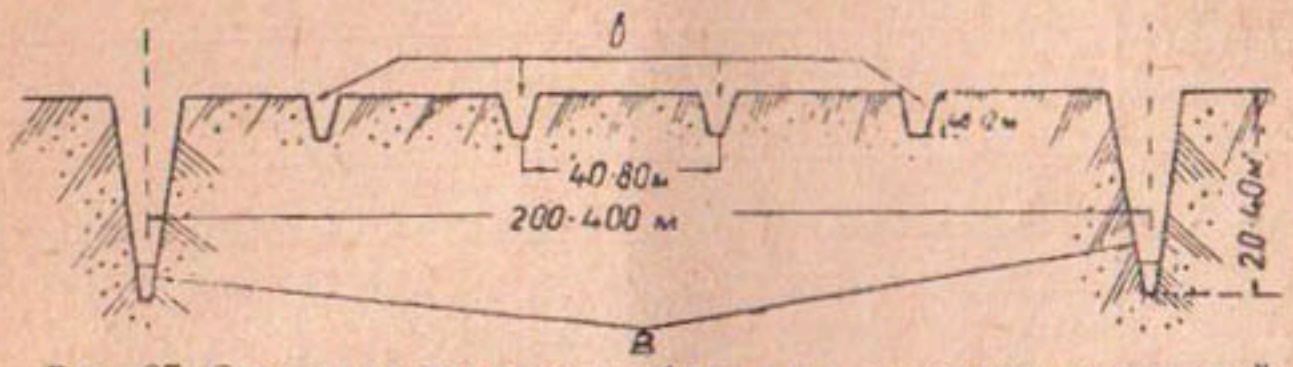

Рис. 27. Схема поперечного профиля при сочетании постоянной дренажной сети с временными дренами.

Условные обозначения: *В* — постоянная дрена; *в* — временные дрены.

Важное условие при устройстве открытых дрен—это крутизна откосов, так как при крутых откосах обычны обвалы и оползни, а отлогие увеличивают объем земляных работ и удорожают стоимость устройства дрен. Крутизна откосов зависит от свойств грунта и глубины дрен. На мелиоративных станциях СоюзНИХИ установили, что в плотных однородных, связных глинистых грунтах, при средней глубине дрен в 2,5 м минимально допустимый размер откосов не должен быть меньше 1:0,75, лучше—1:1. В более рыхлых или сильнозасоленных грунтах (пухляки) размер откосов необходимо повышать до 1:1; 1:1,25 и даже до 1:1,50. С уменьшением глубины закладки дрен величину откосов можно несколько уменьшить. Дрены средней глубины в 1,2 м, заложенные в плотных грунтах, хорошо работали при откосах 1:0,50.

Расстояние между дренами—один из главнейших элементов, определяющих стоимость дренажных устройств и эффективность их работ. Будучи связано с глубиной закладки дрен, оно в сильной степени зависит от природных условий участка и главным образом от проницаемости активной зоны водоносных горизонтов, наличия в них проницаемых прослоек и проч.

На основании результатов работ мелиоративных станций в Золотой Орде и опытной станции в Федченко СоюзНИХИ в табл. 62 приводим (в качестве придержки) ориентировочные расстояния между дренами при глубине их в 2,0—2,5 м.

На землях, засоленных или подверженных засолению, дрены необходимо располагать посередине между двумя смежными оросителями постоянного или временного действия.

В таком сочетании коллекторно-дренажной и оросительной сети почвы и грунтовые воды опресняются быстрее и при наименьших затратах воды.

Таблица 62

Ориентировочные расстояния между дренами при глубине их 2,0—2,5 *м* на почвах, подверженных засолению

Степень засоления почв	Глубина залегания грунтовых вод, *м*		Расстояние между дренами, *м*		
	до орошения и промывки	после промывки и устройства дренажа	тяжелые почвы	средние почвы	легкие почвы
Слабая . .	2—3	1—2	Устройство отдельных коллекторов в пониженных местах		
Средняя и сильная .	2—3	1—2	250—300	300—400	400—600
Слабая . .	1—2	1—2	300—400	400—500	500—600
Средняя и сильная .	1—2	1—2	200—250	250—300	300—400
Слабая . .	0—1	1—2	150—200	200—300	250—350
Средняя и сильная .	0—1	1—2	100—150	150—200	200—300

При переустройстве и укрупнении поливных участков дренажную сеть необходимо направлять по линии наибольшего уклона местности. В таких условиях дрены меньше заиляются, а при достаточных уклонах и размываемых скоростях дрены будут даже самозаглубляться. Дрены, расположенные вдоль уклона местности, работают всей своей длиной. Перечисленные обстоятельства увеличивают расход воды в дрене.

Дренажные воды необходимо повсеместно использовать на орошение или промывку засоленных почв. На орошение их можно использовать в чистом виде или в смеси с поверхностной водой, в зависимости от степени минерализации этой воды. Подают на поля дренажную воду самотеком или при помощи насосных установок.

Введение интенсивного земледелия на засоленных и подверженных засолению почвах связано с необходимостью срочного дренирования значительных территорий. Поэтому выбору типа дренажа должно быть уделено должное внимание. В производственной практике до сих пор применяют открытый горизонтальный дренаж. Он позволяет регулировать водный и солевой режим почв и получать на его фоне высокий и прогрессивно возрастающий урожай. Но по затратам труда на его строительство и эксплуатацию, а так же по эффективности его действия он относится к самым несовершенным.

Другой тип дренажа—вертикальный—резко уменьшает объем земляных работ и одновременно повышает мелиоративный эффект. Вертикальный дренаж может быть применен для борьбы с засолением и заболачиванием земель, получения подземной воды на орошение и улучшение водообеспеченности земель, водоснабжения городов, населенных пунктов и пастбищ

в горно-рудничном деле и при постройке различных сооружений, требующих значительного понижения уровня грунтовых вод.

За последние 30 лет дренирование и орошение земель с помощью колодцев вертикального дренажа в мировой практике получило большое распространение. Многие пустынные и полупустынные области различных стран света остались бы совершенно необитаемыми без глубоких буровых колодцев вертикального дренажа и специально приспособленных для них глубинных насосов.

Достаточно указать на то, что в США вертикальный дренаж впервые начали применять в 1918 г., а к 1950 г. количество дренажных колодцев достигло 130 000. Количество подземной воды, откачиваемой этими колодцами, в общей сложности измеряется тысячами кубических метров в секунду.

Значительная часть откачиваемой из колодцев воды в чистом виде или в смеси с поверхностной водой употребляют на орошение сельскохозяйственных культур, промывку засоленных и особенно солонцеватых почв. Вертикальный дренаж благоприятствует гидрогеологическим процессам дренируемой территории. Верхние наиболее минерализованные до орошения грунтовые воды, при поливах оттесняются вглубь пресной оросительной водой, погружаются все глубже, и, в конечном итоге, откачкой из колодцев они будут удалены с полей, уступив свое место пресной оросительной воде. Поэтому процесс опреснения почв и грунтовых вод при работе вертикального дренажа протекает быстро и на большую глубину.

Вертикальный дренаж представляет собою буровые скважины глубиною 20—150 м, а иногда и больше. В среднем глубина их равна 50—70 м. Буровые скважины закрепляются перфорированными (дырчатыми) или цельнометаллическими трубами, диаметром 25—50 см и более. Перфорированные трубы (фильтр), в зависимости от водно-физических свойств грунта, закладывают с глубины 6—15 м, чаще всего—10—15 м от поверхности земли. Откачивают воду из такого колодца с глубины 10—30 м при помощи особого глубинного центробежного насоса с вертикальным валом, погружающегося насоса или воздушного насоса-эрлифта. Насосы приводят в движение электромотором или тепловым двигателем. Количество воды, откачиваемой из одного колодца, колеблется от 10 до 500 л/сек. Дебит колодца зависит от глубины понижения уровня воды в колодце, его диаметра, конструкций фильтра и строения грунтов.

Дренирование земель при помощи колодцев вертикального дренажа основано на том, что подземные воды разных горизонтов и глубин не изолированы один от другого, а сообщаются между собой. Поэтому, с какой бы глубины не проводили откачку, результат будет один—понижение уровня грунтовых вод.

Радиус действия таких колодцев принимается для суглинистых грунтов равным 800—1000 м. По кратковременным откачкам, проведенным в Армении, радиус получен около 1000 м. Как исключение, в очень плотных грунтах колодцы устраивают с радиусом действия 400—500 м. В некоторых случаях, при крупнозернистом гравии и мощной откачке, радиус действия распространяется до 3 км.

Площадь, дренируемая колодцем, не зависит от глубины погружения его в водоносный слой. Поэтому нет смысла заглублять колодец, особенно при устройстве его с открытым дном. Обычно доводят их до верха первого водопроводящего слоя, имеющего высокий коэффициент фильтрации.

Понижение уровня воды по оси колодца вертикального дренажа в среднем принимается для гравелисто-песчаных грунтов 6—8, а для глинистых—15 м и более.

Размер отверстий в обсадных трубах и сетке устраивают в зависимости от крупности зерен породы, примыкающей к трубе. Вначале применяли плотные сетки, совершенно не пропускающие породу. Затем выяснилось, что такие фильтры быстро забиваются породой и кристаллизующимися на фильтре солями, и колодец переставал работать.

В настоящее время применяют фильтры с таким расчетом, чтобы мельчайшие зерна породы могли быть вынесены в колодец и откачкой удалены из него. За счет этого повысится водоотдача грунтов, прилегающих к стенке колодца.

В гравелистых грунтах фильтр должен обеспечить вынос породы в колодец при откачке не более 30—40, а для песчаных грунтов—не более 40—60%

Особенно затрудняет конструкцию фильтров и работу колодцев встречающийся плывун. Если плывун залегает на глубине ниже предполагаемого понижения уровня грунтовых вод, целесообразнее в зоне плывуна не устраивать фильтры.

Для увеличения дебита колодца в грунтах, имеющих плохую водоотдачу, устраивают гравийную обсыпку колодца. Лучший результат получается от гравия с размером зерен 6—12 мм. Нельзя допускать песчаную обсыпку фильтра, так как она может создавать дополнительное сопротивление воде, вследствие чего дебит колодца снижается.

С увеличением глубины стренера, проходящего водоносные слои гравия, щебня, песка, расширяется водосборная площадь такого колодца, следовательно, возрастет и его дебит.

Откачка воды из колодцев вертикального дренажа ежегодно непрерывно длится 6—11 мес. С целью понижения уровня грунтовых вод в течение года наибольшее число колодцев работает от 8 до 11 мес.

Эффект в понижении уровня грунтовых вод одиночных колодцев иногда проявляется не сразу, а спустя один-два и даже четыре года с начала работы. Это зависит от величины

притока грунтовых вод к колодцу и мощности насосной установки.

Применение самоизливающихся скважин вертикального дренажа в зоне выклинивания грунтовых вод облегчит борьбу с заболачиваемостью этих почв и даст возможность получить добавочное количество пресной воды на орошение.

Иногда колодцы вертикального дренажа доходили до слоя, в котором пьезометрический напор грунтовых вод был наибольшим. Получалась самоизливающаяся вода при достаточном количестве скважин. Понижение уровня грунтовых вод на прилегающих земельных массивах и ниже их по рельефу местности наступало без механической откачки грунтовых вод.

В зоне рассеивания применение колодцев вертикального дренажа с механической откачкой воды из них значительно облегчит борьбу с засолением почв и даст добавочное количество воды для орошения и на промывку.

С помощью вертикального дренажа грунтовые воды могут быть опущены на значительную глубину, при которой реставрация засоления корнеобитаемого слоя почвы станет невозможной и надобность в промывных поливах полностью отпадет. Воду, расходуемую на промывные поливы, можно собирать в водохранилища и использовать на орошение в вегетационный период, что даст возможность дополнительно расширить орошаемые площади или увеличить водообеспеченность орошаемых.

Кроме того отмечено, что откачиваемая вертикальным дренажем подземная вода содержит значительное количество $C_a^{\cdot\cdot}$, $M_g^{\cdot\cdot}$ и $SO_4^{''}$, которые способны вытеснить из поглощающего комплекса почвы $Na^{\cdot}$ или вступить с ним в реакцию, и тем самым облегчить борьбу с солонцеватостью почв и значительно улучшить их водно-физические свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андриянов К. С., Нитратные солончаки Исфаринского района Тадж. ССР, Химизация социалистического земледелия, М., 1936, № 10.

2. Антипов-Каратаев И. Н., О теории и практике мелиорации солонцовых почв в условиях орошения, Труды почвенного института АН СССР, т. 24, М., 1940.

3. Антипов-Каратаев И. Н. и Филиппова В. Н., Изменение солонцеватости почв Заволжья под влиянием химических мелиораций и орошения, Труды Комиссии по ирригации, вып. 6, М., 1936.

4. Аскоченский А. Н., Основные задачи ирригационного хозяйства, Труды ВАСХНИЛ, вып. XXIV, М., 1937.

5. Астапов С. В., Промывка засоленных земель, Сельхозгиз, М., 1943.

6. Беседнов Н. А., Дренаж засоленных земель Кура-Араксинской низменности, Диссертация на соискание ученой степени доктора с.-х. наук, М. —Баку, 1955.

7. Брудастов А. Д., Осушение болот и регулирование водоприемников.

8. Бушуев М. М., Отчеты голодностепской опытной станции за 1905—1916 гг., Ташкент.

9. Волобуев В. Р., Промывка засоленных почв, Баку, 1948.

10. Вопросы использования водных ресурсов Средней Азии, АН СССР, М., 1954.

11. Вопросы происхождения засоленных почв и их мелиорации.

12. Гедройц К. К., Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация, Носовская опытная станция, М., 1928.

13. Здобнов Е. И., Гидравлика работающей дрены по опыту исследования дренажных сооружений Мугано-Сальянской степи, Труды АзНИЗ, вып. 57, Баку, 1950.

14. Ковда В. А., Солончаки и солонцы, АН СССР, М., 1937.

15. Ковда В. А., Происхождение и режим засоленных почв, т. I и II, АН СССР, М., -Л., 1946—1947 гг

16. Коньков Б. С., Агротехнические меры борьбы с засолением почв, Госиздат УзССР, Ташкент, 1948.

17. Костяков А. Н., Основы мелиорации, изд. V, Сельхозгиз, М., 1951.

18. Костяков А. Н., Учет динамики водного баланса—основа системы мероприятий по борьбе с засолением, Труды ВАСХНИЛ, вып. XXIV, М., 1937.

19. Легостаев В. М., Горизонтальный дренаж орошаемых земель, Сельхозгиз, М., 1952.
20. Легостаев В. М., К вопросу гидротехнических мелиораций Голодной степи, Ташкент, 1951.
21. Легостаев В. М., Промывные поливы засоленных почв, Сельхозгиз, М., 1953.
22. Легостаев В. М., Основные источники питания грунтовых вод и причины подъема их при орошении, Труды СоюзНИХИ, изд. САГУ, Ташкент, 1955.
23. Легостаев В. М., Скорости движения грунтовых вод в засоленных грунтах, Труды лаборатории гидротехнических проблем, т. X, М., 1951.
24. Макридин Н. В., Заболачивание и засоление земель на оросительных системах за границей и инженерные методы борьбы с ними, ВНИИГИМ, Бюллетень № 3, М., 1934.
25. Максимов Н. А., Краткий курс физиологии растений, изд. 8, Сельхозгиз, М., 1948.
26. Малыгин В. С., Мелиорация засоленных земель в Средней Азии, Проблемы ирригации республик Средней Азии, Ташкент, 1934.
27. Малыгин В. С., Глубокий закрытый дренаж, СоюзНИХИ, Ташкент, 1939.
28. Мелиорация солонцов в СССР, АН СССР, М., 1953.
29. Морозов А. Т., К методике составления водно-солевого баланса орошаемого района, Автореферат, Почвенный институт АН СССР, М., 1954.
30. Нунупаров М. С., Опыт производственных промывок засоленных земель Кура-Араксинской низменности, Азербайджанской ССР, Труды 6-й сессии Академии наук Туркм. ССР, Ашхабад, 1954.
31. Полынов Б. Б., Определение критической глубины залегания уровня засоляющей почву грунтовой воды, ВАСХНИЛ, изд. сектора гидротехники, вып. XXII, М., 1930.
32. Ратнер Е. И., Влияние обменного натрия в почве на рост растений и физические свойства почвы, 1936.
33. Розов Л. П., Мелиоративное почвоведение, М., 1936.
34. Шошин А. А., Агрономические меры борьбы с засолением в Восточном Закавказье, Труды ВАСХНИЛ, вып. XXIV, М., 1937.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
Глава 1. Первоисточники солей, встречающихся в почве 7
Глава 2. Перераспределение продуктов выветривания по земной поверхности 13
Глава 3. Понятие о гидрогеологических зонах 17
Первая гидрогеологическая зона 17
Вторая гидрогеологическая зона 18
Третья гидрогеологическая зона 20
Четвертая гидрогеологическая зона 26
Глава 4. Закономерности в распределение типов засоления почв и грунтовых вод 27
Глава 5. Основные источники питания грунтовых вод и причины подъема их при орошении 31
Влияние водоносности рек на режим грунтовых вод . . . 40
Влияние оросительной сети и технического состояния ее на режим грунтовых вод 41
Влияние поливных норм и способов полива на подъем уровня грунтовых вод 47
Влияние состава культур на уровень грунтовых вод . . . 50
Влияние коэффициента земельного использования на подъем уровня грунтовых вод 52
Причины, вызывающие резкий подъем уровня грунтовых вод в первые годы орошения 54
Глава 6. Изменение водопроницаемости почв при обработках и поливах 57
Глава 7. Засоленные и солонцеватые почвы 62
Глава 8. Действие солей на растения 69
Глава 9. Солеустойчивость культурных растений 74
Глава 10. Способы определения степени засоления почв 82
Глава 11. Меры борьбы с засолением и заболачиванием почв . . . 85
Меры предупреждения зосоления почв 85
Эксплуатационные мероприятия 86
Агротехнические мероприятия 88

Мелиорирующее влияние трав 90
Глава 12. Мероприятия по борьбе с засолением и заболачиванием почв 94
Мелиорация климата 95
Мелиорация почв 100
Агротехнические приемы, способствующие снижению размера промывных норм 108
Техника проведения промывных поливов 108
Сроки проведения промывных поливов 113
Сочетание промывных поливов с обработкой почв . . . 118
Участие атмосферных осадков и конденсационной воды в опреснении почв 123
Непроизводительные потери воды при промывных поливах 129
Борьба с пятнистостью полей на засоленных почвах . . 130
Значение дренажа при промывках засоленных почв . . . 135
Глава 13. Мелиорация гидрогеологических условий местности . . . 139
Литература 151

В. М. ЛЕГОСТАЕВ

МЕЛИОРАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

137

Редактор *Л. И. Куранова*
Техредактор *А. Мельников*
Корректор *М. Маджидходжаева*

Слано в набор 3/VII-58 г. Подписано к печати 11/XI-58 г. Формат 60×92¹/₁₆. Печ. *л.* 9,74. Усл. печ. *л.* 9,75. Изд. *л.* 11,5. Тираж 3000. Индекс *с/х.* Р 05543. Государственное издательство УзССР, Ташкент, Полиграфическая, 74. Договор № 454/57.

Типография № 1 Главиздата Министерства культуры УзССР, Ташкент, ул. Хамзы, 21. Заказ № 335. Цена 3 р. 85 к.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка		Напечатано	Следует читать
	сверху	снизу		
5		14	воднонерастворимых	водопроницаемых
21	4		ода	пода
21	5		гидрогео —	гидрогеоло —
63		7	Л. П. Розовым	Н. Н. Розовым
64	10		Mg''	Mg''
77	2		водорастворимых	воднорастворимых

К заказу № 335.