

В.Н. ГРЕБЕННИКОВ

**Дренаж
засоленных
земель**



В. Н. ГРЕБЕННИКОВ

ДРЕНАЖ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «УЗБЕКИСТАН»
ТАШКЕНТ — 1968

ВВЕДЕНИЕ

Советский народ под руководством Коммунистической партии ведет гигантскую созидательную работу по построению и укреплению материально-технической базы коммунизма.

Непременным условием для дальнейшего подъема всей социалистической экономики, роста жизненного уровня народа является высокоразвитое сельское хозяйство. Поэтому XXIII съезд КПСС уделил особое внимание ускорению темпов развития этой важной отрасли производства.

Новым шагом в осуществлении взятого партией курса явился майский (1966 г.) Пленум ЦК КПСС, который одобрил мероприятия по широкому развитию мелиораций земель как основы получения высоких и устойчивых урожаев всех сельскохозяйственных культур.

В различных природных зонах Советского Союза комплекс мероприятий по повышению плодородия включает различные приемы мелиораций. В республиках Средней Азии и Закавказья, где осуществляется большое ирригационное строительство, одной из важнейших проблем повышения культуры земледелия и на ее основе урожайности является проблема борьбы с засолением орошаемых земель. Это можно иллюстрировать следующими данными. Из общего фонда более 9 млн. га ирригационно подготовленных земель в Советском Союзе около 4 млн. га в той или иной степени засолены. Наличие такого количества неблагоприятных в мелиоративном отношении земель безусловно наносит огромный ущерб народному хозяйству. Только потери хлопка-сырца вследствие снижения урожая на засоленных землях составляют ежегодно до 1—1,5 млн. т. Ог-

ромные площади пригодных к орошению земель из-за засоления в настоящее время вообще не используются в сельскохозяйственном обороте.

Как видно, проблема борьбы с засолением почв является одной из главных проблем общегосударственного значения и разрешение ее необходимо как для улучшения орошаемых земель в настоящее время, так и земель перспективного орошения.

По проработке, проведенной в 1963 г. Гипроводхозом СССР, из общей площади нетто 7,95 млн. га, намечаемых для орошения в республиках Средней Азии, Закавказья и Южном Казахстане на ближайшие 20—30 лет, 6,08 млн. га, или более 75%, это земли, нуждающиеся в осуществлении определенного комплекса мелиоративных мероприятий до ввода их в сельскохозяйственный оборот.

Комплекс мелиоративных мероприятий, направленный на восстановление плодородия почв, утраченного вследствие засоления, грубо может быть разбит на две группы. Первая — агротехнические и гидроэксплуатационные мероприятия, направленные на перераспределение вредных воднорастворимых солей на месте в пределах почвенно-грунтовой толщи и ограничение питания грунтовых вод и воднорастворимых солей; вторая — гидротехнические мероприятия, обеспечивающие и ускоряющие передвижение солей за пределы рассоляемой территории или оазиса. К последней, в частности, относятся различные виды дренажа — открытый горизонтальный, закрытый горизонтальный и вертикальный.

Однако не все земли для их улучшения обязательно требуют осуществления обеих групп мелиоративных мероприятий. В одних случаях для восстановления плодородия почв, утраченного засолением, или предупреждения вторичного засоления при их орошении достаточно проведения агротехнических и гидроэксплуатационных мероприятий; в других — зачастую попытка ввода новых земель в сельскохозяйственный оборот и их использование для получения урожая без сооружения надежно действующей системы дренажа может окончиться неудачей.

Значение дренажа в повышении плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур весьма велико. Это можно видеть хотя бы из того, что в Хо-

резмской области УзССР в результате широкого строительства коллекторов и дрен и улучшения водообеспеченности в комплексе с другими мероприятиями достигнут рост урожайности хлопчатника за истекшее семилетие почти на 10 ц/га.

Цель настоящей брошюры — на примере Голодной степи, являющейся одним из крупнейших объектов орошения и мелиорации не только Узбекистана, но и всей Средней Азии, ознакомить с основными видами дренажа, применяемыми для мелиорации засоленных и подверженных засолению земель, как сооружаются и эксплуатируются они и какое мелиорирующее действие оказывают дренажные системы на засоленные почвогрунты и грунтовые воды.

ПРИЧИНЫ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ И ДЕЙСТВИЕ СОЛЕЙ НА РАСТЕНИЯ

Под процессом засоления почв в общем виде понимается процесс накопления воднорастворимых солей в почвенно-грунтовой толще. Но этот процесс проявляется не везде, а лишь в определенных почвенно-гидрогеологических и климатических условиях. Так, на земном шаре засоленные почвы в основном приурочены к областям с засушливым (аридным) климатом, где испарение с поверхности почвы и транспирация растительной флорой намного больше того количества влаги, которое возвращается на землю в виде атмосферных осадков.

Другим неперенным условием образования засоленных почв является недостаточная естественная дренированность территории, где сток почвенно-грунтовых вод или полностью отсутствует или он очень слабый. В геоморфологическом отношении это обычно пониженные части рельефа, где грунтовые воды находятся близко от поверхности земли и баланс этих вод регулируется главным образом испарением и транспирацией (например, бессточные межгорные котловины, долины и дельты рек).

Основным источником засоления и пополнения солевых запасов служат продукты выветривания коренных пород и размыва соляных залежей которые в растворенном виде перемещаются от горных возвышенностей к низинам и далее к бессточным впадинам и котловинам, где они под действием сухого климата поступают в верхние горизонты почвогрунтов. Именно таким образом происходило и происходит до настоящего времени пополнение солевых запасов в почвогрунтах Голодной степи. Транспортирование растворенных солей здесь осуществлялось

и осуществляется подземными и поверхностными водами, стекающими с Туркестанского хребта и его отрогов (главным образом в Южную и Центральную части степи) и подземными водами со стороны Чаткальского хребта (в северную, староорошаемую часть степи). По ориентировочным подсчетам, исходя из притока грунтовых вод в Голодную степь, равного 90 м³/сек, годовое поступление воднорастворимых солей до орошения, с учетом частичного стока в р. Сыр-Дарью и Кызылкумы, составляло около 0,9—1,4 млн. т. При этом возраст естественных солончаков Голодной степи, как полагает проф. В. А. Ковда, исчисляется отрезком времени около 3 тыс лет. С началом орошения источником пополнения солевых запасов стала и оросительная вода.

Встречающиеся в почвогрунтах, в грунтовых и оросительных водах соли в подавляющем большинстве случаев представляют собой комбинации трех катионов Na⁺, Mg⁺, и Ca⁺, кислотными остатками соляной, серной и угольной кислот, причем последняя дает два ряда солей — средние (с анионом CO³) и кислые (с анионом HCO³). В результате этих комбинаций получаются следующие 12 солей:

NaCl — хлористый натрий (поваренная соль)

MgCl₂ — хлористый магний

CaCl₂ — хлористый кальций

Na₂SO₄ — сернокислый натрий (глауберова соль)

MgSO₄ — сернокислый магний (горькая соль)

CaSO₄ — сернокислый кальций (гипс)

Na₂CO₃ — углекислый натрий (сода нормальная, бельевая)

MgCO₃ — углекислый магний

CaCO₃ — углекислый кальций (известь)

NaHCO₃ — двууглекислый натрий (сода питьевая)

Mg(HCO₃)₂ — двууглекислый магний

Ca(HCO₃)₂ — двууглекислый кальций.

Наибольшую токсичность для культурных растений представляют нормальная и двууглекислая соды (Na₂CO₃ и NaHCO₃), а также все хлористые соли, причем самыми вредными являются Na₂CO₃ и NaHCO₃.

Из сернокислых солей вредными для растений являются соли натрия и магния. Что касается гипса (CaSO₄),

го вследствие слабой растворимости он является практически безвредным.

Средние и кислые соли магния угольной кислоты в отличие от солей натрия обладают незначительной токсичностью, а соли кальция этой кислоты, так же как и серной, безвредны.

Из перечисленных выше солей в почвогрунтах, в грунтовых и оросительных водах Голодной степи преимущественно распространены NaCl , Na_2SO_4 , CaSO_4 , MgSO_4 и $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Количество солей как в почве, так и в грунтовых водах бывает весьма различным и в первую очередь оно зависит от давности ввода земель в сельскохозяйственный оборот и комплекса применяемых мелиоративных мероприятий. На землях давнего освоения при достаточном дренаже почвогрунты и грунтовые воды, как правило, содержат такое количество солей, которое позволяет выращивать почти все культурные растения. Наоборот, запасы солей на неосвоенных землях, перелогах и целине достигают в верхнем двухметровом слое почвы до 600 и более тонн на гектар при минерализации грунтовых вод свыше 12—15 г/л.

Для характеристики степени засоления почв применяется пятибалльная шкала с градациями: слабо засоленные, засоленные, средние засоленные, сильно засоленные и солончаки. Отнесение земель по засолению к той или иной категории производится по содержанию в них (в процентах от веса воздушно-сухой почвы) плотного остатка или, другими словами, суммы воднорастворимых солей и ионов хлора, как наиболее токсичного аниона, и серной кислоты. В частности, для условий Голодной степи Б. В. Федоров дает следующие величины (табл. 1).

Таблица 1

Степень засоления почвы	Балл засоления	Содержание в метровом слое почвы, % от веса воздушно-сухой почвы		
		плотного остатка	хлора	серной кислоты
Слабо засоленные . . .	I	0,4—0,8	0,01—0,04	0,15—0,30
Засоленные	II	0,8—1,2	0,04—0,10	0,30—0,45
Средне засоленные . . .	III	1,2—1,6	0,10—0,20	0,45—0,60
Сильно засоленные . . .	IV	1,6—2,0	0,20—0,30	0,60—0,80
Солончаки	V	>2,0	>0,30	>0,80

По отношению к солям растения в основном делятся на две группы: галофиты — растения засоленных местообитаний, легко приспосабливающиеся к высокому содержанию солей в почве, и гликофиты — растения пресных местообитаний, обладающие сравнительно ограниченной способностью приспосабливаться к засолению. Растения первой группы образуют так называемую солончаковую растительность, для которой относительно высокое содержание солей в почве является необходимым условием их роста и развития. У гликофитов же, куда входит подавляющее большинство культурных сельскохозяйственных растений, возделываемых человеком, засоление создает неблагоприятные условия для их нормального роста, развития и формирования урожая.

Величина урожая сельскохозяйственных растений в условиях засоления определяется многими причинами и в первую очередь природой самого растения, а также количеством и качеством солей в почве.

Отрицательное действие солей на растение начинает сказываться уже с момента набухания и прорастания семени. Наличие солей в почве повышает водоудерживающую способность ее, и почвенная влага становится малодоступной для растения. Так, если на незасоленных почвах водоудерживающая способность при влажности почвы 18,3% составляет всего 2 атм, то при слабом засолении и той же влажности она доходит уже до 18 атм, а при сильном засолении — до 30 атм.

Вследствие этого по мере увеличения содержания солей в почве количество поглощаемой воды семенами за единицу времени убывает и процессы набухания и далее появления всходов все более задерживаются. Как показывают многочисленные исследования, засоление нарушает все физиологические и ростовые процессы в растениях. У хлопчатника, например, заметно задерживается прохождение фаз посев — всходы — бутонизация — цветение и несколько ускоряется фаза созревания. Однако в целом продолжительность периода от посева до созревания урожая при повышенном содержании солей увеличивается. Например, в одном из вегетационных опытов, проведенном на Центральной опытно-мелиоративной станции СоюзНИХИ в Голодной степи (А. П. Сушкевич) с хлопчатником сорта 108-Ф, увеличе-

ние содержания хлора с 0,025 до 0,046% и плотного остатка с 0,615 до 0,825% удлинило продолжительность периода от посева до наступления фазы созревания у 50% учетных растений со 114 до 139 дней. Очень наглядно влияние солей на рост и развитие хлопчатника видно

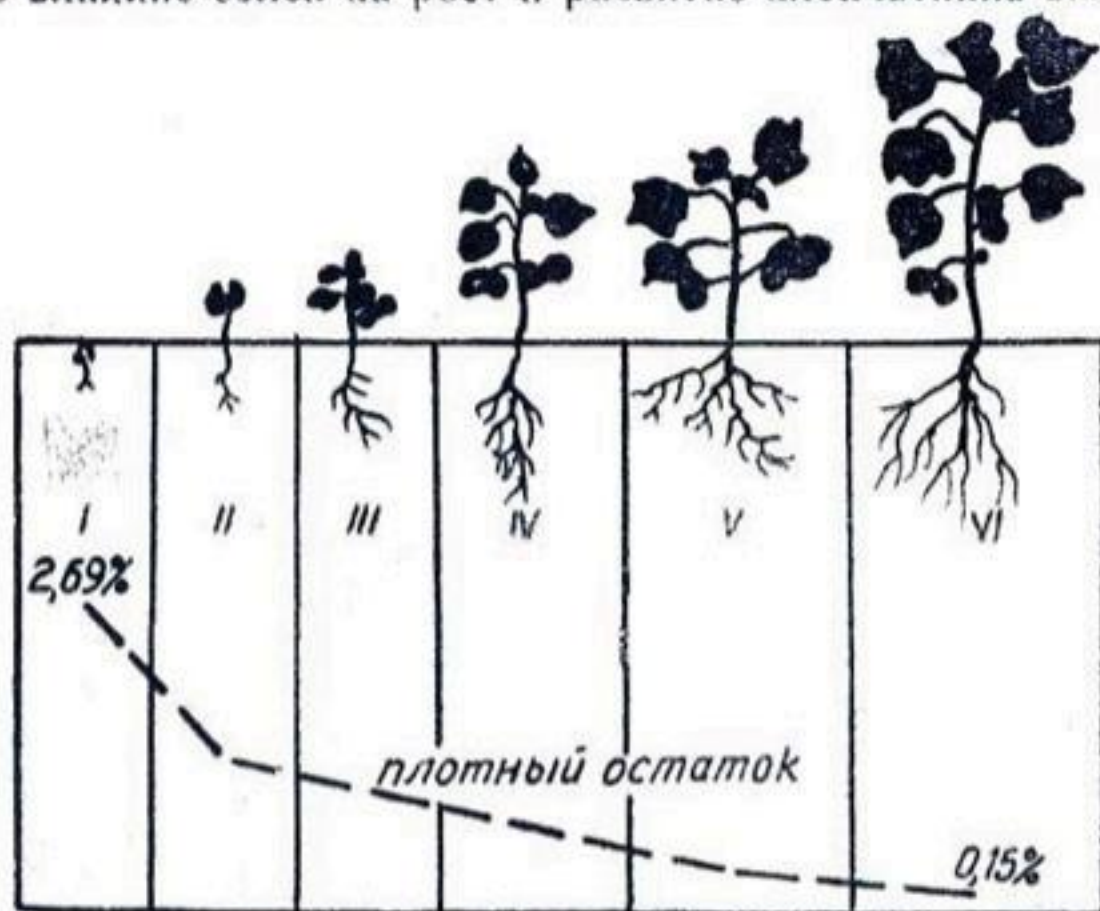


Рис. 1 Рост и развитие хлопчатника на различно засоленных участках (по Б. П. Строгонову):

I — солончаковое пятно; II — очень сильное засоление; III — сильное засоление; IV — среднее засоление; V — слабое засоление; VI — очень слабое засоление.

из рис. 1, заимствованного у Б. П. Строгонова. Здесь показано состояние растений на конец июля при различном засолении почв в Мильской степи АзССР.

При засолении нарушается минеральное питание растений и понижается обмен веществ, в результате чего заметно уменьшается выход сельскохозяйственной продукции и ее качество. Однако токсичность солей в известной мере зависит от окультуренности почв и их потенциального плодородия. На малоплодородных почвах отрицательное влияние солей проявляется в большей степени, чем на высокоокультуренных. Это хорошо видно из приведенных в табл. 2 данных по культуре хлопчатника.

Таблица 2

Содержание в метровом слое почвы, %		Высота растений на 1/VII, см	Число сформировавшихся коробочек на одно растение на 1/VIII шт.	урожай сырца, ц/га
хлора	плотного остатка			

Низкий уровень плодородия (новое освоение)

0,012	1,148	28,5	2,7	21,6
0,033	1,331	21,5	0,4	10,8

Средний уровень плодородия (давнее освоение)

0,012	0,544	41,0	3,9	31,5
0,031	1,255	27,0	3,9	26,1

Различные сельскохозяйственные культуры в силу их разных биологических особенностей обладают и различной солеустойчивостью, причем, у большинства их с возрастом солеустойчивость повышается. Из всех сельскохозяйственных культур наибольшую солеустойчивость имеет подсолнечник. Как показывают опытные данные, предельное содержание иона хлора в метровом слое почвы для посевов подсолнечника не должно превышать 0,08%. Однако и при более высоком засолении при посевах ранней весной удастся получить удовлетворительные всходы его.

Несколько меньшую солеустойчивость имеет сахарная свекла — 0,05—0,06% Cl в метровом слое почвы. Далее в порядке уменьшения солеустойчивости следуют сорго (джугара), хлопчатник, кукуруза и, наконец, люцерна. Для последней предельное содержание хлора в корнеобитаемом слое почвы, при котором обеспечивается нормальное развитие в ранний период, составляет всего лишь 0,015—0,020% Cl.

Приведенные данные по отрицательному действию солей на культурные растения обуславливают необходимость проведения комплекса мелиоративных мероприятий, одним из составляющих которого является дренаж.

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ДРЕНАЖА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ, ИХ УСТРОЙСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

В общем виде под дренажом понимается процесс удаления из почвы почвенно-грунтовых вод. Поэтому он одинаково необходим как в районах с заболачиванием, так и в районах, подверженных засолению при близком залегании уровня грунтовых вод от поверхности земли. Однако в отличие от районов, подверженных заболачиванию, дренаж засоленных и подверженных засолению земель призван, наряду с созданием оптимального водного режима, обеспечить регулирование запасов солей в почве и поддержание их, в комплексе с другими мероприятиями, в таких количествах, которые не оказывали бы угнетающего действия на рост и развитие растений. При этом основная роль дренажа на засоленных землях именно и видится в отводе солей за пределы мелиорируемой территории, так как никакими другими мероприятиями сделать этого не представляется возможным.

Дренаж, как метод улучшения почв в мелиоративно-неблагополучных районах, имеет многовековую историю. В сельскохозяйственном производстве он использовался народами разных стран и континентов. История развития человечества зарегистрировала, а археологические раскопки памятников старины подтвердили факты применения дренажа во времена Римской империи или даже несколько ранее народами европейских и азиатских стран, в том числе и проживавшими на территории современных среднеазиатских республик. Далекие предки современных жителей Ферганской долины, Бухары и других мест, борясь с засолением почв, рыли узкие мелкие открытые каналы — «зауры» или «закеши», с помощью которых отводили соленые воды. Дренажные системы, как средство улучшения земель, были известны древнему Египту и Вавилону, Индии и Ассирии.

В настоящее время для восстановления плодородия засоленных почв в орошаемом земледелии применяются три вида дренажа: открытый горизонтальный, закрытый горизонтальный и вертикальный. По продолжительно-

сти действия дренаж, главным образом открытый, делится на временный и постоянный (систематический), а по глубине закладки — на мелкий и глубокий.

ОТКРЫТЫЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ

Наибольшее распространение из перечисленных выше видов дренажа на орошаемых подверженных засолению землях Средней Азии и Закавказья имеет открытый горизонтальный дренаж. Например, в Узбекистане им обслуживается свыше 94% мелиорируемых земель и общая протяженность его на 1 января 1966 г. составляла более 37 тыс. км.

Столь широкое развитие открытый горизонтальный дренаж получил благодаря высокому уровню механизации работ по сооружению его и сравнительной простоте устройства и эксплуатации. Разнообразие землеройной техники — одноковшовые и многоковшовые экскаваторы, канавокопатели и проч. — позволяет в настоящее время сравнительно быстро построить открытую дренажную систему любых размеров. К тому же устройство одного погонного метра открытой дрены при существующем уровне механизации обходится в 3—4 раза дешевле устройства погонного метра закрытой дрены той же глубины.

Открытая горизонтальная дрена представляет собой канал или канаву в земляном русле той или иной глубины, проходящий в отличие от оросительного канала по наиболее пониженным отметкам мелиорируемого участка. Обычное поперечное сечение открытой дрены — трапеция с шириной по дну до 1,0 м и заложением откосов от единичного до полуторного и более в зависимости от механических свойств грунтов. В грунтах более плотных откосы круче, в менее плотных — положе.

Первичная дрена в зависимости от фильтрационных свойств почвогрунтов и глубины самой дрены может обслуживать один или несколько поливных участков. В прямой зависимости от действующей* глубины и водно-

* В горизонтальном дренаже различаются общая и действующая (рабочая) глубины дрены. Общая глубина дрены определяется расстоянием от поверхности земли до дна дрены, а действующая —

физических свойств мелиорируемых почвогрунтов находятся расстояния между дренами. Так, при глубине дрены около 3 м междренные расстояния, как показывают опытные данные, накопленные в мелиоративной практике, в зависимости от коэффициентов фильтрации (К) исчисляются следующими величинами:

К, м/сутки	междренья, м
<1	<200
1—2	200—250
3—5	300—400
6—10	450—550
>10	>550

Расстояния между дренами зависят и от необходимой скорости понижения уровня грунтовых вод в тот или иной период. Чем быстрее требуется опустить грунтовые воды, тем чаще должен устраиваться дренаж. Для назначения междренных расстояний наряду с опытными данными применяют различные расчетные формулы.

Глубина первичной систематически работающей дрены на засоленных и подверженных засолению землях обуславливается необходимостью создания достаточного гидростатического напора в слое грунтовых вод для оттока их в дрена и поддержания грунтовых вод в течение всего периода ниже такого критического уровня, при котором, как указывает Б. В. Федоров, процессы засоления и рассоления почвы уравниваются. Для большинства староорошаемых земель допустимый уровень залегания грунтовых вод составляет, в зависимости от содержания солей в грунтовой воде, величину от 1,5 до 2,5 и более метров. Обычно действующая глубина первичной постоянной дрены принимается на 0,5 м больше допустимого уровня грунтовых вод.

Отдельные полевые дренаи объединяются коллектором-собирателем, имеющим несколько большую, чем дренаи, глубину для обеспечения свободного оттока воды. Группа дрена-собирателей и магистральных коллекторов образует коллекторно-дренажную систему.

от поверхности земли до горизонта воды в дрене. С увеличением действующей глубины мелиорирующая эффективность дренажа повышается.

Наряду с простотой устройства открытая горизонтальная коллекторно-дренажная сеть, в отличие от других видов дренажа, сравнительно проста в эксплуатации (хотя и требует больших затрат) и полностью доступна для контроля за работой. Вместе с тем открытый дренаж обладает и целым рядом недостатков.

Одним из главных недостатков является то, что открытые дрены в виде более или менее глубоких каналов создают значительную потерю орошаемой площади. Так, в Голодной степи под открытым дренажом и защитными полосами теряется от 6 до 10% наиболее ценных в мелиоративном отношении земель, расположенных у дрен и коллекторов, где возможность сезонной реставрации засоления при соответствующем режиме орошения значительно меньше, чем в середине междуренья. Кроме того, открытый дренаж препятствует широкой механизации сельскохозяйственного производства особенно там, где по мелиоративным и гидрогеологическим условиям требуется устраивать дрены часто друг от друга, например, через 150 м и менее.

Другим недостатком открытого горизонтального дренажа является сложность строительства и эксплуатации его в грунтах, склонных к оплыванию при насыщении последних водой. Особенно этот недостаток проявляется при реконструкции и углублении коллекторно-дренажной сети и при резких изменениях горизонта воды в коллекторах и дренах, вызываемых периодически сбросом пресных оросительных вод. Руслу открытой дренажной сети при сбросе пресных вод подвергаются интенсивному зарастанию камышом, кугой, водорослями и другой сорной растительностью, что также ухудшает сток почвенно-грунтовых вод.

Вследствие заиления, зарастания и деформации поперечного сечения открытой коллекторно-дренажной сети действующая глубина дрен постоянно изменяется, и нередко она из мелиорирующего средства превращается в источник пополнения грунтовых вод и ухудшения мелиоративного состояния.

Кроме постоянного систематически действующего открытого дренажа, для освоения и ввода в сельскохозяйственный оборот сильно засоленных земель и солончаков применяется временный дренаж. Глубина такого дренажа обычно не превышает 1,0 м и он располагается

намного чаще, чем постоянный, примерно через 20—50 м. Основное назначение временных дрен — повысить эффект промывных поливов и удалить как можно больше солей из пахотного и подпахотного слоев почвы при первоначальной промывке. Нарезку временных дрен осуществляют канавокопателями и по окончании промывок они ликвидируются.

Несмотря на то, что открытая коллекторно-дренажная сеть весьма проста в устройстве, эксплуатация и поддержание ее в рабочем состоянии, как уже отмечалось ранее, требует больших ежегодных затрат средств и труда. Примером опять-таки может служить Голодная степь.

Так, в старой зоне орошения ежегодно подвергаются очистке и ремонту до 15% общей протяженности открытого горизонтального дренажа. При этом в ряде случаев желаемый эффект от очистки и углубления не получается, хотя объемы механической очистки достигают в отдельные годы 1,5—3,0 млн. м³ грунта.

Примерно такое же положение и в новой зоне орошения. Здесь, по данным В. В. Духовного, в 1965 г. было очищено 192 км открытых коллекторов. Объем земляных работ составил более 1,2 млн. м³, или в расчете на 1 км — 6,5 м³ грунта. Наряду с этим на 1. V. 1966 г. из 1305 км открытых коллекторов 487 км, вследствие различных деформаций, требовали очистки, стоимость которой определялась суммой более 1 млн. рублей.

Поэтому известная дороговизна эксплуатации открытого горизонтального дренажа и невозможность при помощи его в должной мере зачастую регулировать уровень грунтовых вод заставляют применять другие, более совершенные виды дренажа — закрытый горизонтальный и вертикальный.

ЗАКРЫТЫЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ

Следующим видом дренажа, применяемым для улучшения засоленных и подверженных засолению земель, является закрытый горизонтальный дренаж. По сравнению с открытым он лишен целого ряда недостатков и его основное преимущество заключается в том, что действующая глубина, а равно и мелиорирующий эффект, достаточно устойчивы во времени.

Закрытые дрены не отнимают полезной орошаемой площади в том количестве, как открытые, и они не стесняют механизацию сельскохозяйственных работ. При закрытом дренаже намного повышается культура сельскохозяйственного производства. Вследствие того, что в закрытую дренажную сеть практически невозможен сброс оросительных вод, коэффициент полезного действия и мелиорирующая эффективность закрытой системы в отводе солей намного выше, чем открытой. Кроме того, качественно построенная закрытая дренажная сеть требует меньше средств на поддержание ее в рабочем состоянии.

Устройство закрытого дренажа заключается в закладке на определенной глубине и расстояниях гончарных, керамиковых, бетонных, асбоцементных или других труб или подземных ходов с креплением их такими материалами, как рваный камень, кирпич и т. п. Однако последние практически не встречаются в орошаемом земледелии и в основном здесь распространен трубчатый дренаж.

Примером наиболее простой конструкции трубчатого закрытого дренажа может служить опытный дренаж, построенный в Голодной степи близ ст. Акалтын (бывш. ст. Золотая Орда) в 1928—1929 гг. Закрытый дренаж здесь выполнен из коротких, длиной 0,33 м, гончарных труб диаметром от 100 до 300 мм без раструбов и муфт, уложенных впритык друг к другу непосредственно на грунт. Стыки труб для предохранения вмыва частиц грунта сверху на $\frac{2}{3}$ окружности были перекрыты толью.

Как показали более чем тридцатилетние исследования, эта конструкция оказалась вполне устойчивой лишь в плотных грунтах. В легких оплывающих грунтах устройство дренажной линии



Рис. 2. Основание под дренажные трубы в виде дощатого лотка.

начало наблюдаться с первых же лет эксплуатации, и это заставило прибегнуть к устройству основания под трубы в виде дощатого лотка (рис. 2). Несмотря на то, что в результате устройства лотка смещения и сдвиги труб прекратились полностью, в грунтах, склонных к оплыванию, целесообразнее применять такие конструкции, которые обеспечивали бы жесткое соединение стыков отдельных труб. В частности в новой зоне орошения Го-

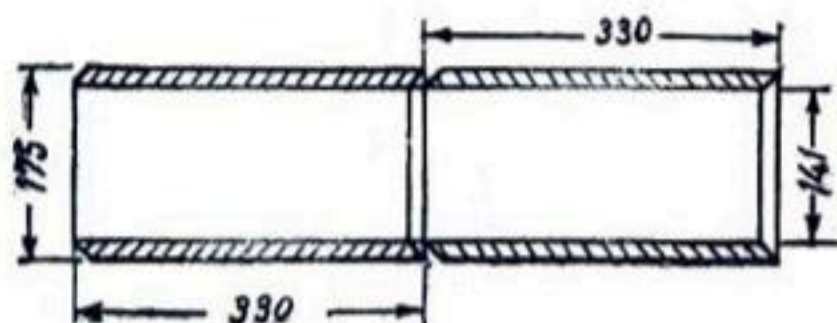


Рис. 3. Фасочное соединение коготких дренажных труб.

лодной степи в первые годы строительства применялись короткие асбоцементные трубы с фасками, вполне обеспечивающими строгую фиксацию стыков (рис. 3).

Жесткое соединение стыков дренажных труб также может быть достигнуто раструбами у керамических труб или муфтами у длинных асбоцементных труб. В последних для поступления почвенно-грунтовых вод снизу на $\frac{1}{3}$ окружности труб устраиваются через 10—15 см щели шириной 1—2 мм или круглые отверстия в 3—4 ряда диаметром до 5 мм и расстояниями друг от друга через 5—15 см. Однако при устройстве дренажа из длинных асбоцементных труб следует отдавать предпочтение дырчатой перфорации, так как вследствие уменьшения прочности труб щелями в процессе монтажа происходит большой их бой.

В настоящее время ведутся исследования по применению для закрытого дренажа орошаемых земель труб из синтетических материалов — полиэтилена, капрона и других, позволяющих сваривать трубы в длинные плети.

Несмотря на явные преимущества закрытого горизонтального дренажа перед открытым, что было доказано многолетними исследованиями, проведенными на опытных станциях в Голодной степи (УзССР) и на Мугани (АзССР), из-за отсутствия специальных машин

для его строительства и высокой стоимости ручных работ этот тип дренажа долгое время практически не имел распространения в орошаемом земледелии. И только в 1957 г., когда сотрудниками Голодностепстроя был сконструирован и изготовлен специальный дреноукладчик, закрытому дренажу на орошаемых землях открылась «зеленая улица».

Дреноукладчик конструкции Голодностепстроя представляет собой агрегат, состоящий из серийно выпускаемого многоковшового экскаватора ЭТУ-353 с несколько измененными рабочими органами и прицепного оборудования, включающего в себя бездонный бункер с трубопроводом, подающий механизм с приводом от экскаватора, ходовую часть и подъемное устройство (рис. 4). С 1960 г. после усовершенствования дреноукладчик был принят в серийное производство. В настоящее время выпускаются три типа дреноукладчиков: Д-251, Д-301 и Д-351, позволяющие укладывать дренажные трубы длиной от 0,3 до 0,7 м и диаметром от 150 до 300 мм на глубину (соответственно типам)—2,5; 3,0 и 3,5 м, со сменной производительностью до 400 м. При необходимости укладки труб на большую глубину под дреноукладчик отрывается специальное корыто.

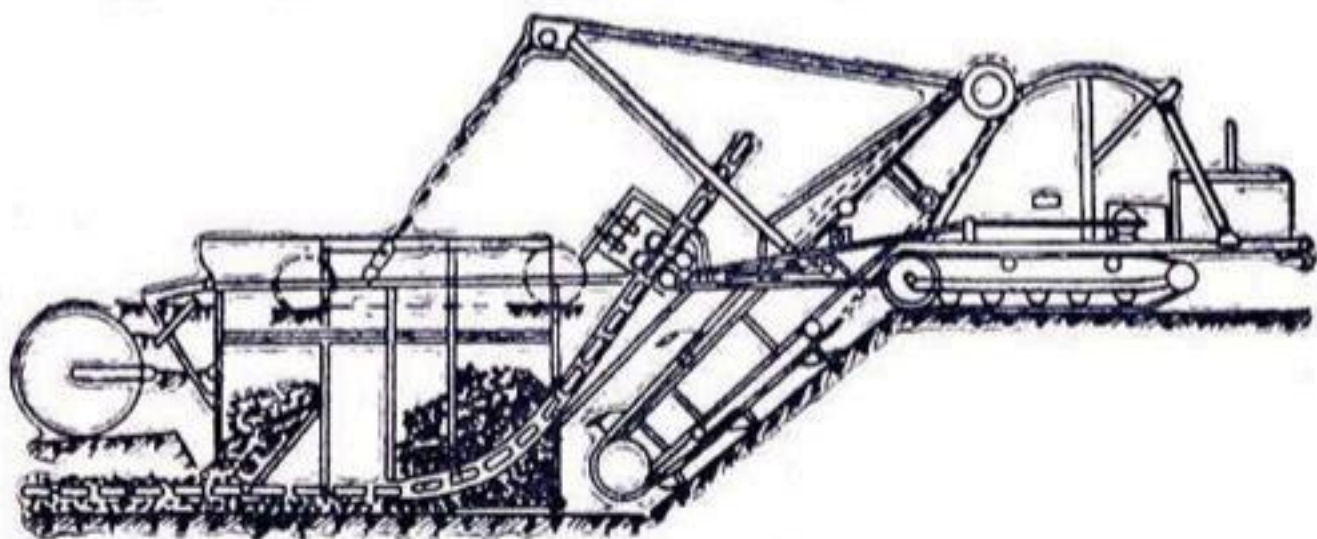


Рис. 4. Схема дреноукладчика Д-251.

За один проход усовершенствованный дреноукладчик отрывает траншею шириной 0,6 м, укладывает подстилающий слой фильтра и дренажные трубы, проверяет качество укладки труб, засыпает дренажные трубы фильтром и предохранительным слоем грунта. Применение дреноукладчиков позволило уже в 1963 г. уложить

в новой зоне орошения Голодной степи более 210 км закрытых дрен.

Однако работа дренаукладчиков возможна при укладке только коротких труб и там, где грунтовые воды находятся глубоко или грунты достаточно устойчивые. При близком залегании грунтовых вод или необходимости укладки длинных труб пока устройство закрытого дренажа осуществляется полумеханизированным способом по следующей технологии. Вначале экскаватором, обычно «драглайном», строится открытая дрена с откосами 1:1 или 1:1,5. Затем в одном из откосов вручную разрабатывается дополнительная траншея, в которой укладываются (также вручную) фильтр и дренажные трубы. Безусловно, такой полумеханизированный способ обходится дороже, чем укладка дрены дренаукладчиком. Так, если устройство одного погонного метра дрены механизированным способом (без учета стоимости труб, фильтра, подготовительных работ и сооружений) стоит 52 коп., то при полумеханизированном способе — 2 руб. 05 коп.

Несмотря на то, что закрытый горизонтальный дренаж является более совершенным, чем открытый, его положительные стороны проявляются лишь при удачном подборе конструкции в соответствии с имеющимися почвенно-гидрогеологическими условиями, высококачественном строительстве и надлежащей эксплуатации.

Техническая эксплуатация закрытой дренажной системы в сравнении с открытой несколько сложнее, причем, доля работ, выполняемая землепользователем по поддержанию дренажа в рабочем состоянии, намного возрастает. Эффективная работа закрытого горизонтального дренажа возможна, когда землепользователь постоянно охраняет от повреждения дренажную сеть, своевременно осуществляет профилактические и ремонтные мероприятия. Только в этом случае можно ожидать, что закрытый горизонтальный дренаж будет нормально работать длительный срок и в совокупности с осуществлением всего комплекса агротехнических и гидроэксплуатационных мероприятий будет способствовать получению высоких и устойчивых урожаев всех сельскохозяйственных культур.

В отличие от открытой коллекторно-дренажной сети, где вся система доступна для инспекции, в системе за-

крытого горизонтального дренажа контроль за работой осуществляется с помощью специальных контрольных или смотровых колодцев (рис. 5). Эти колодцы обычно устраиваются из асбоцементных, керамических или других труб диаметром 300—400 мм и более и располагаются на расстоянии 100—150 м один от другого. Для предупреждения заиления дрены колодцы имеют отстойники глубиной не менее 0,5 м.

Так как протяженность закрытого горизонтального дренажа на подверженных засолению орошаемых землях из года в год увеличивается, а достаточного производственного опыта эксплуатации его пока не имеется, следует остановиться на основных видах нарушений дренажа, могущих образоваться в процессе его работы, и их предупреждении, а также на простейших, доступных всем способах обнаружения мест повреждений. Вместе с тем нужно отметить, что характеры и виды повреждений закрытого дренажа для разных конструкций будут разными.

В дренаже из коротких труб, например гончарных, когда стыки не имеют строгой фиксации, могут наблюдаться искривления дренажной линии в вертикальной или в горизонтальной плоскостях с увеличением зазора между стыками труб или без такового, смещения или сдвиг, разрушение и заиление грунтом отдельных звеньев труб. Кроме перечисленных видов повреждений и деформаций закрытых дрен, в определенных условиях могут иметь место проникновение корней растений в дренажные трубы через их стыки или перфорацию и закупорка (зарастание) труб.

Все перечисленные виды повреждений дренажа из коротких труб, за исключением последнего, являются следствием нарушений технологии в процессе строительства или ремонта дренажа или следствием воздействия в той или иной форме поверхностных оросительных вод и значительно реже атмосферных осадков.

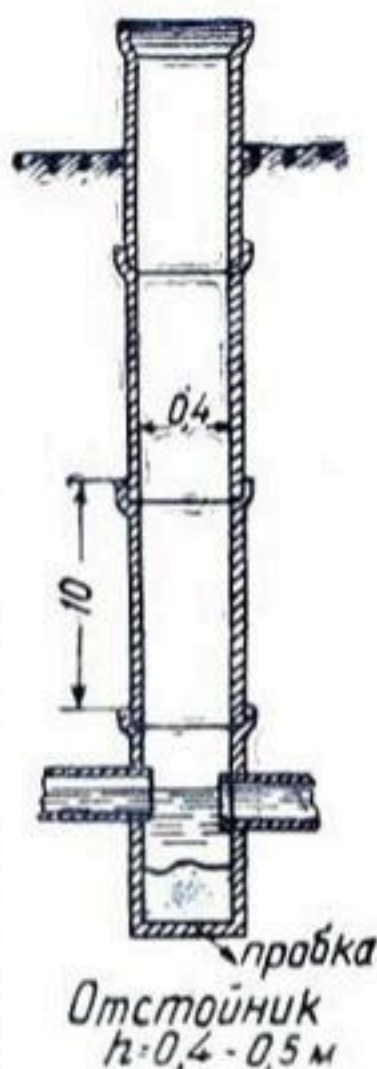


Рис. 5. Контрольный колодец на закрытом горизонтальном дренаже.

Искривление дренажной линии в вертикальной или горизонтальной плоскостях происходит в основном из-за плохой укладки дренажных труб во время строительства или производства ремонтных работ, с одной стороны, и при неравномерной осадке грунта под трубами или неправильной засыпке дрены, с другой стороны. При ручной укладке дренажных труб в грунтах легкого механического состава и склонных к оплыванию искривление дренажной линии происходит в результате разжижения основания под ногами рабочих. Само по себе искривление дренажной линии в горизонтальной плоскости почти не ухудшает работу закрытой дрены, если оно (искривление) не сопровождается увеличением зазора между стыками труб более чем на 2—3 мм. Что касается искривления дренажной линии в вертикальной плоскости, то этот вид деформации всегда, даже в случае, если не происходит увеличение зазора больше нормы, приводит к заилению отдельных участков дрены из-за уменьшения скорости движения воды и транспортирующей способности потока.

Если же искривление дренажной линии в горизонтальной и в вертикальной плоскостях сопровождается увеличением зазора между стыками труб больше нормы, то происходит интенсивная суффозия (вмыв) частиц грунта в трубы и заиливание их, вплоть до полной закупорки. В конечном итоге искривления дренажной линии приводят к образованию следующего вида деформации — к смещению и сдвигу отдельных звеньев труб.

Искривления дренажной линии могут наблюдаться и при жестком фиксированном соединении как коротких, так и длинных труб. Поэтому для предупреждения искривлений дренажные трубы как в процессе строительства дренажа, так и при производстве ремонтных работ на нем должны укладываться и засыпаться весьма тщательно. В отдельных случаях засыпку построенной дрены на 0,5—0,7 м производят вручную.

Смещение или сдвиг отдельных звеньев труб наблюдается только на дренах, стыки труб которых не имеют строгой фиксации и преимущественно в легких грунтах, склонных к оплыванию. Образование этого вида деформаций обычно происходит двумя путями. В первом случае вмыв частиц грунта собственно грунтовыми водами

через увеличенные зазоры в стыках приводит к образованию каверны (пустоты) под трубой, в которую она затем опускается. В последующем сдвиг труб приводит к дальнейшему увеличению зазора и к значительному уменьшению, вплоть до нуля, рабочего сечения дрены. Во втором случае основную роль играют поверхностные воды, главным образом искусственно подаваемые на поливной участок, которые по корневым ходам или ходам землероев проникают в дрену. В точках входа их в трубу вследствие значительных скоростей и больших напоров происходит суффозия грунта с образованием каверны. Смещение осей двух труб может произойти и без образования каверны, например, при некачественной засыпке дрены после укладки труб. Предупреждение данного вида деформации достигается путем подбора конструкции дрены и обратного фильтра наиболее отвечающих механическим и физическим свойствам мелиорируемых почвогрунтов. Так, для оплывающих грунтов самой целесообразной будет конструкция с жесткой заделкой стыков.

Механическое разрушение отдельных труб наблюдается, главным образом, в местах обвалов и провалов грунта, вызванных действием поверхностных оросительных вод. В отличие от предыдущего вида деформации, где каверны образуются под дренажными трубами, этот вид деформации обусловлен образованием сводчатых каверн за счет вымыва частиц грунта непосредственно над трубой и реже сбоку. В конечном результате происходит обвал сводчатой каверны, приводящий к разрушению трубы. Механическое разрушение отдельных звеньев труб также может происходить за счет потери прочности труб при транспортировке и укладке или за счет нарушений технологии в процессе их изготовления. Основными мерами предупреждения разрушения труб являются качественная укладка дрены в период строительства и мероприятия, предотвращающие суффозию грунтов горизонта закладки дрены.

Заиление дренажных труб за счет вымыва и осаждения частиц грунта в трубах и нарушение нормальной работы дрены по этой причине зачастую происходит в совокупности с другими отмеченными выше деформациями. Оно может иметь место как в конструкциях с короткими, так и в конструкциях с длинными трубами,

где поступление воды происходит через щелевую или дырчатую перфорацию (рис. 6).

Для предупреждения заиления обычно устраивается обратный фильтр и более часто (через 75—100 м) размещаются контрольные колодцы с отстойниками. Кроме того, для повышения скорости течения воды и ее транспортирующей способности закрытой дрены прида-

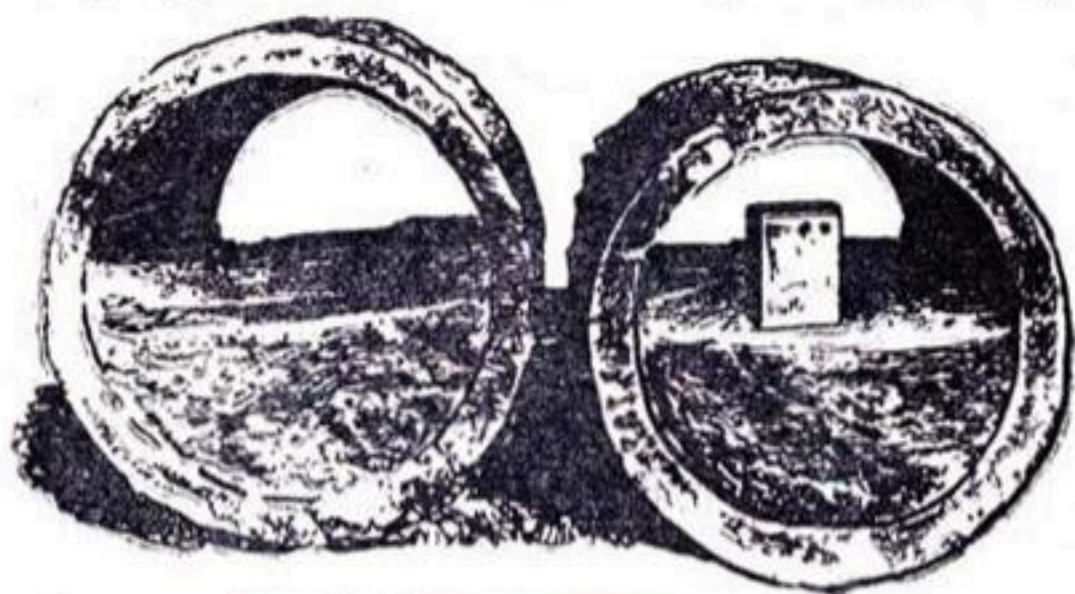


Рис. 6. Заиление дренажных труб.

ется несколько больший уклон, чем это делается для открытой. Обычно в мелиоративной практике он составляет не менее 0,001. В период эксплуатации заиление может быть предупреждено периодической очисткой отстойников контрольных колодцев и промывкой дрены через контрольные колодцы. При частичном заилении дренажных труб, пока наносы не уплотнились, промывка осуществляется собственно дренажными водами путем перекрытия отверстия трубы в контрольном колодце и создания подпора на вышележащих участках на 1,0—1,5 м. После открытия волна спущенной воды обычно смывает за один раз слой ила толщиной 10—15 мм. Если слой ила в трубах больше 15 мм, эту операцию повторяют несколько раз в зависимости от степени заиления. Перед промывкой и после нее отстойники контрольных колодцев обязательно очищаются от ила. При частичном заилении сильно уплотненными наносами последние предварительно разрыхляются круглой металлической щеткой (ершом). Техника протаскивания ерша будет рассмотрена нами ниже. По данным зарубежной практики, неплохие результаты очистки от уплотненных

наносов дает промывка дрены под давлением с помощью специальных наконечников-распылителей.

При сплошном заилении дренажных труб сильно уплотненными наносами или при заилении более чем $\frac{2}{3}$ живого сечения трубы очистка производится с помощью специальной «ложки» из взрезов, устраиваемых на заиленном участке через 30—40 м. Однако, если наиболее интенсивно заиляемые дрены или участки промывать периодически, полного заиления труб, кроме случаев, когда происходит внезапное заиление из-за обвалов каверн, поломки дренажных труб и т. п., можно избежать.

К последнему виду деформации закрытого горизонтального дренажа относится зарастание внутренней полости труб корнями. Этот вид деформации, так же как и заиление, может иметь место в различных конструкциях дренажа. В дренаже из коротких труб проникновение корней происходит через стыки, в конструкциях с длинными трубами — через перфорацию, устраиваемую для поступления грунтовой воды.

Проникновение корней древесной растительности и закупорка дренажных труб, как показывают исследования, происходит при размещении насаждений на расстоянии менее 15—20 м от линии закладки закрытой дрены или коллектора. Вследствие возможного зарастания дренажных труб мелиорирование закрытым дренажом земель, предназначенных для посадки садов, может явиться неэффективным. В зарубежной практике (США) имеется пример, когда из-за необходимости частой прочистки дренажа от зарастания трубчатые дрены были заменены открытыми.

Наряду с корнями древесной растительности дренажные трубы могут зарастать и корнями сорной растительности, например, корнями камыша. В связи с этим в период эксплуатации дренажа наддренные полосы, если таковые остаются, необходимо регулярно перепахивать, применяя при этом различные гербициды. В качестве предупредительной меры против зарастания в эксплуатационный период следует также примерно раз в год протаскивать через дрены ерш.

Места повреждений и деформаций закрытой дренажной системы могут быть определены следующими простейшими способами, дающими, как показала апро-

бация их на опытной системе в Золотой Орде, достаточно хорошие результаты.

В случаях, когда вода проходит по трубам, на одном или нескольких участках вследствие незначительных деформаций обнаруживается подпор, в дренах или коллекторах через контрольные колодцы запускают «парашют», представляющий собой небольшой конусообразный мешок, сшитый из тонкого брезента или другой плотной ткани (рис. 7). Диаметр «парашюта» должен быть

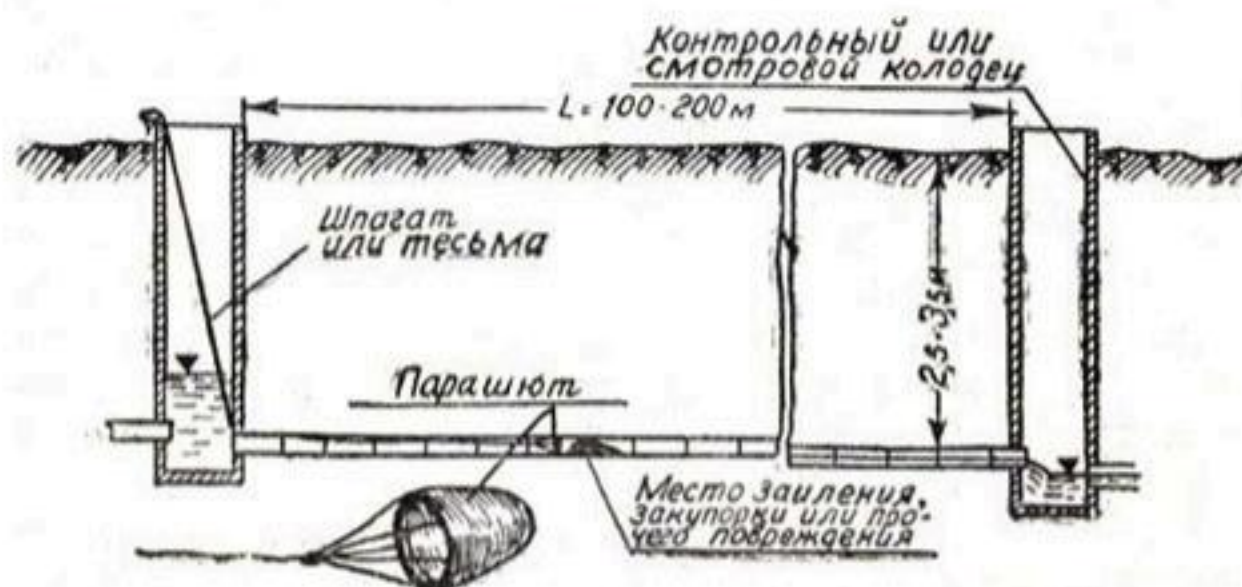


Рис. 7. Определение места повреждения закрытой дренажной системы с помощью «парашюта».

несколько меньшим или примерно равным диаметру дренажных труб, через которую он пропускается. К «парашюту» привязывается шпагат или прочная тесьма. Течение воды увлекает «парашют» и привязанную к нему тесьму, и он движется, пока не дойдет до места повреждения. После остановки «парашюта» на тесьме делается отметка и его извлекают из дрена. Теперь, чтобы определить местонахождение повреждения, достаточно замерить пройденное «парашютом» расстояние и отложить его на местности. Если тесьма предварительно размечена через 5—10 м, то для определения места деформации при производстве ремонтных работ можно и не вытаскивать «парашют» из дрена. В отдельных случаях, например, при малой скорости движения воды в трубе или недостаточном расходе запускается система «парашютов», состоящая из двух-трех и более. Иногда для сбора воды и увеличения расхода временно перекрываются отдельные участки дрена или коллектора.

С помощью «парашюта» могут быть определены места с просадками труб на небольшую величину, места с проникшими в трубы корнями растений или забитые мусором, попавшим в дренаж через смотровые или контрольные колодцы, а также проведена эксплуатационная очистка дренажных труб при их незначительном (неполном) зарастании и заиливании. Для этого после выхода «парашюта» из нижележащего контрольного колодца к тесьме привязывается металлический трос, а

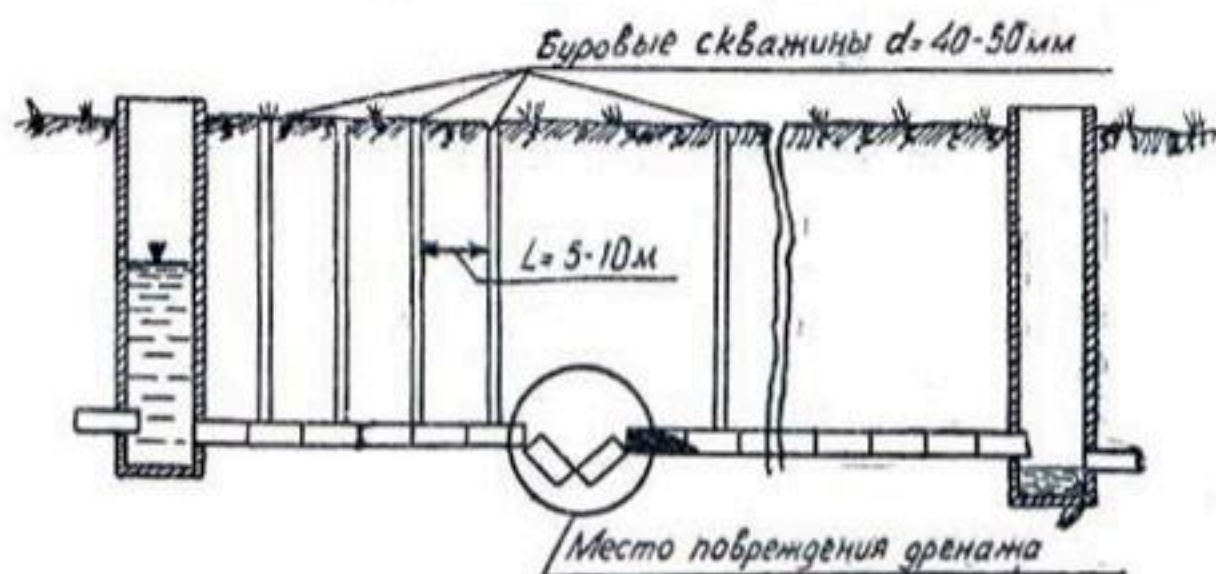


Рис. 8. Определение места повреждения закрытой дренажной трубы с помощью буровых скважин.

затем и металлический ерш диаметром, равным примерно 0,8—0,9 диаметра очищаемой дренажной трубы, и протаскивается несколько раз по трубе по течению и против него.

Однако, если по дрене совершенно нет движения воды (что наблюдается при значительном расстройстве дренажа или полной закупорке труб), места повреждений могут быть определены с помощью буровых скважин (рис. 8). Для этого обыкновенным почвенным буром точно по центру дренажной линии выбуриваются скважины до дренажных труб и, если над трубами воды нет (нормальная работа дрены — безнапорный трубопровод), то данный участок дрены или коллектора находится в рабочем состоянии. На участках же, где дрена не работает, горизонт воды обязательно будет находиться над дренажными трубами. Данный метод позволяет быстро и достаточно точно (в пределах 2—3 м) определить место повреждения. В последующем после прове-

дения ремонтных работ буровые скважины тщательно тампонируются (забиваются) мятой глиной.

Кроме перечисленных простых методов, существуют и более сложные, на которых мы здесь не останавливаемся.

Так как работа закрытой дрены в принципе ничем не отличается от открытой, то и назначение глубины, междренних расстояний и других параметров производится так же, как и для открытого горизонтального дренажа.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ

Несмотря на явные преимущества закрытого горизонтального дренажа перед открытым, как тот, так и другой в определенных гидрогеологических и литологических условиях, например, при наличии на мелиорируемом объекте напорных подземных вод и верхних мелкоземов мощностью более 10 м, могут оказаться недостаточно эффективными, а иногда и экономически дорогими из-за необходимости устройства глубоких дрен с малыми междренними расстояниями. В этих случаях, особенно, когда мелкоземы подстилаются хорошо проницаемыми галечниками или крупнозернистыми песками, наиболее радикальным будет вертикальный дренаж, осуществляемый при помощи откачки воды из специально заложенных на орошаемой площади буровых колодцев.

Мелиорация земель с помощью буровых колодцев основана на том, что воды на разных горизонтах и глубинах не изолированы и представляют собой единое целое. Поэтому с какой бы глубины ни проводилась откачка, а обычно она производится из хорошо проницаемых горизонтов с высокой водоотдачей, во всех случаях будут достигнуты понижение уровня минерализованных грунтовых вод и улучшение мелиоративного состояния засоленных земель.

По сравнению с горизонтальным дренажом вертикальный дренаж имеет ряд существенных преимуществ.

Во-первых, при вертикальном дренаже на мелиоративно неблагоприятных землях коэффициент их сельскохозяйственного использования может быть самым

высоким, так как непосредственно под дренажное сооружение здесь отходит из расчета на 1 га мелиорированной площади всего около одного или немногим больше одного квадратного метра (рис. 9), а при открытом дренаже потеря полезной площади составляет 6—10%.

Во-вторых, вертикальные дрены позволяют понижать уровень грунтовых вод на значительно большую глуби-

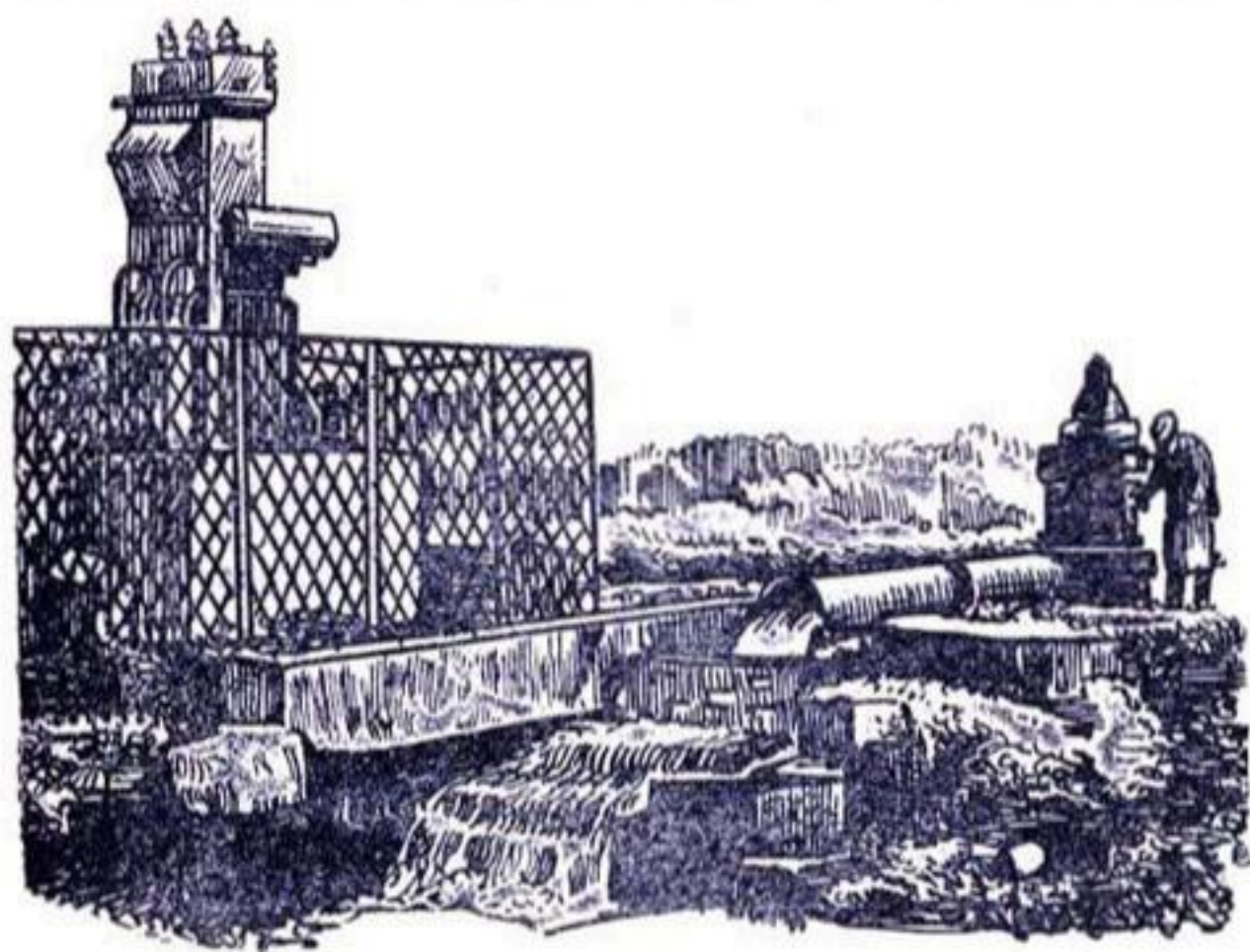


Рис. 9. Скважина вертикального дренажа в совхозе «Социализм».

ну и с большей скоростью, чем это возможно при применении горизонтальных дрен.

Далее, работы по устройству скважин вертикального дренажа могут производиться в любое время года, независимо от положения уровня грунтовых вод.

Более совершенным вертикальный дренаж является и с точки зрения эксплуатации. В отличие от других видов дренажа здесь представляется возможным широкое использование автоматики и телемеханики в обеспечении оптимального режима откачки, понижения уровня грунтовых вод и рассоления мелиорируемых почвогрунтов.

Вместе с тем сфера применения вертикального дренажа, как уже отмечалось выше, ограничивается опре-

деленными гидрогеологическими условиями. Далее, для отвода каждого метра дренажного стока необходима затрата посторонней энергии, которая, безусловно, удорожает его эксплуатацию и вместе с этим и мелнорацию орошаемых земель. Если удельные затраты по эксплуатации закрытого горизонтального дренажа исчисляются 7—10 руб. на 1 га, то эксплуатация вертикального дренажа в течение одного года обходится 30—50 руб. и более также на 1 га. Однако при использовании откачиваемых вод в сельскохозяйственном производстве (на промывку или орошение) некоторая часть этих затрат окупается.

Эффективное действие вертикального дренажа проявляется лишь при той конструкции скважины и фильтра, которые позволяют получать удельные дебиты (расходы) на каждый метр понижения воды в скважине более 5 л/сек. Получение таких больших удельных дебитов возможно, как показывает практика, при устройстве скважин большого диаметра (от 500 мм) с гравийным фильтром. В настоящее время строительство высокодебитных скважин на подверженных засолению землях может быть осуществлено одним из трех способов.

При первом способе роторными станками УРБ-3АМ или АББ-400 пробуривается скважина диаметром 500 мм на всю проектную глубину, в которую опускается колонна из стальных труб. В зоне предполагаемого водозабора, где слои наиболее проницаемые, трубы перфорируются, причем, перфорация может быть как дырчатой, так и щелевой. Для образования фильтра вокруг центральной скважины на технически возможно близком расстоянии (0,3—0,5 м) пробуриваются так называемые питающие скважины в количестве 5—6 штук той же глубины и диаметра, как и центральная (рис. 10.4). В эти скважины засыпается сортированный гравий. В процессе продолжительной строительной откачки за счет разрушения перегородок между питающими скважинами вокруг последней формируется фильтр. Таким способом, в частности, были построены первые скважины в г. Гулистане (Голодная степь). Недостатком данного способа является большой объем буровых работ и известная трудность создания надежного гравийного фильтра.

При втором способе с помощью станков УКС-22М или УКС-30 специально подготовленным долотом с округляющим приспособлением ударным способом пробуривается, с подачей глинистого раствора на забой для выноса разбуренной породы, скважина диаметром 700—900 мм на полную проектную глубину. При достижении проектной глубины в скважину опускается колонна из

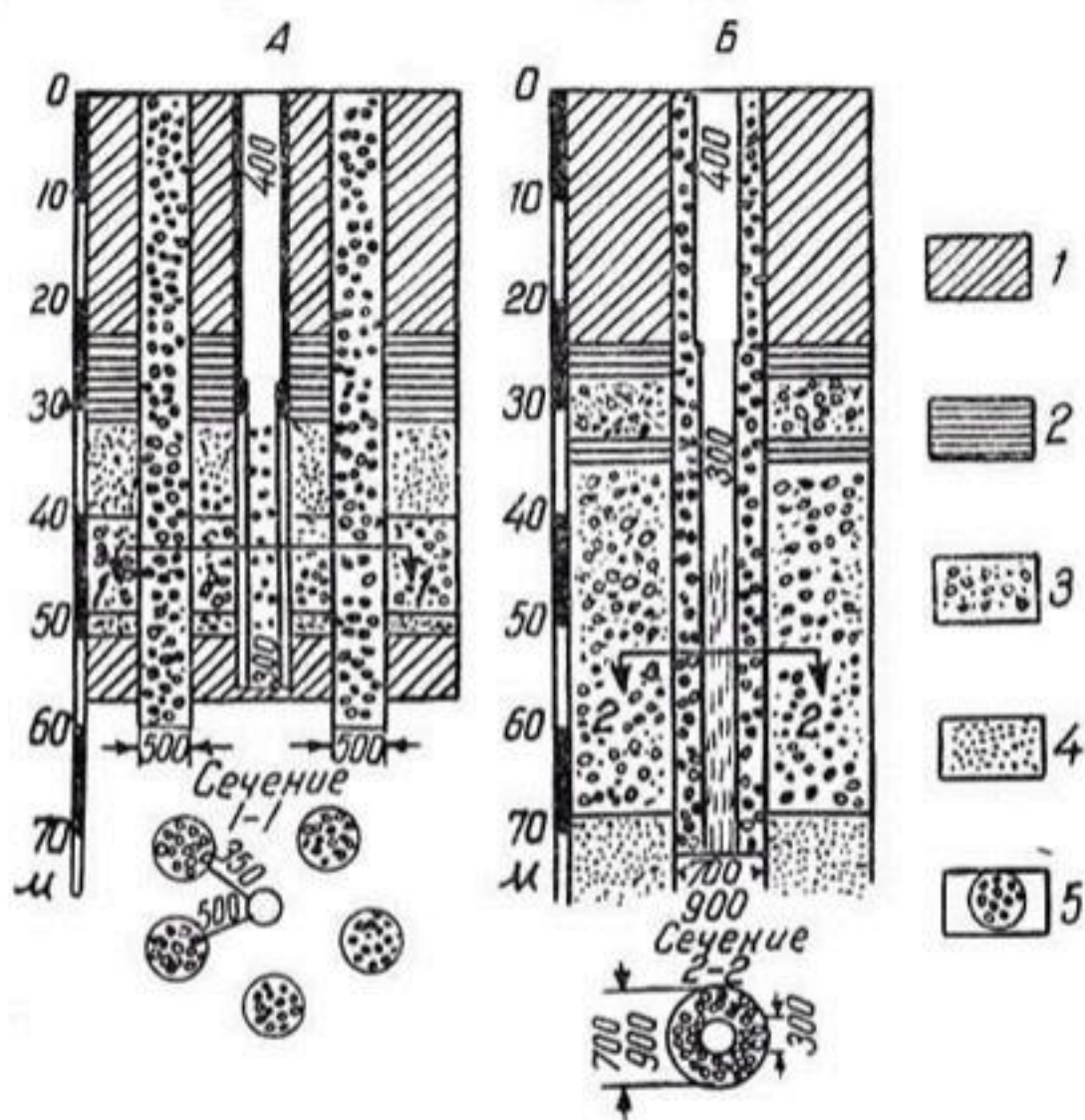


Рис. 10. Конструкции скважин вертикального дренажа:

А — в г. Гулистане; Б — в совхозе «Социализм»; 1 — суглинок; 2 — глина;
3 — гравий с песком; 4 — песок; 5 — «фильтрующая» скважина.

стальных труб диаметром 300—400 мм. В зоне водозабора трубы, как и в первом случае, перфорированы. После опускания всей колонны пространство между трубами и стеной скважины на всю глубину последней заполняется промытым и сортированным гравием (рис. 10Б). Преимущество данного способа перед первым заключается в том, что гравийный фильтр устраивается непосредственно у фильтровой колонны и формиро-

ние его идет значительно быстрее. Кроме того, устройство скважины по второму способу на 30—40% дешевле первого.

Еще более экономичным является третий способ. При этом способе роторными станками УРБ-ЗАМ или АВБ-400 с помощью специальных шарошек пробуривается на всю проектную глубину скважина диаметром 1000 мм. Бурение, как и при втором способе, ведется без обсадных труб с применением для временного закрепления стенок скважины глинистого раствора. Дальнейшая технология по устройству фильтра аналогична второму способу.

После бурения и строительной откачки, которая проводится эрлифтами, скважины оборудуются насосами и сдаются в постоянную эксплуатацию. Из многочисленных марок насосов, выпускаемых нашей промышленностью, для вертикального дренажа обычно применяются турбинные насосы (АТН-14), вертикальные пропеллерные (ВП-24×5) и погружные (АП-8, АП-12, ЭЦНВ-12). Тип насоса для той или иной скважины подбирается, исходя из размеров скважины и ее предполагаемого (расчетного) дебита. Так, при диаметре водоподъемной колонны 300 мм и расчетном дебите до 65 л/сек может быть использован погружной насос марки ЭЦНВ-12. В качестве двигателей для насосов наиболее удобны электромоторы.

Успешная эксплуатация систем вертикального дренажа достигается только при безотказной работе насосного оборудования. Поэтому в комплекс эксплуатационных мероприятий входит периодический осмотр состояния водоподъемного и силового оборудования, электрических сетей и понижающих трансформаторных подстанций и, наконец, самой скважины. Например, в процессе эксплуатации могут возникнуть просадки гравия в затрубном пространстве, для чего около каждой скважины создается необходимый запас сортированного гравия для ликвидации их.

Глубина скважин вертикального дренажа зависит от глубины залегания и мощности наиболее проницаемого водоносного слоя. В условиях старой зоны орошения Голодной степи она обычно составляет от 40 до 80 м. Скважины вертикального дренажа большей частью размещают равномерно по всей мелниорируемой площади с

расстояниями одна от другой не более двойного радиуса влияния их. В зависимости от фильтрационных свойств водоносной толщи, глубины скважины и дебита откачки одна скважина может понизить уровень грунтовых вод на расстоянии 200—1000 м.

Продолжительность откачки и ее режим определяются требованиями сельскохозяйственного производства и величинами засоления почвогрунтов и грунтовых вод. На сильно засоленных землях с высокой минерализацией грунтовых вод может потребоваться непрерывная откачка в течение двух-трех лет и более. В дальнейшем по мере опреснения почвогрунтов и грунтовых вод продолжительность откачки может быть сокращена и работа скважины приурочена к определенным периодам, например, к периоду проведения промывных поливов и т. п.

Из рассмотренных видов дренажа вертикальный дренаж является самым молодым. Впервые для борьбы с засолением почв он был применен в США в 1918 г. Позднее, вследствие высокой эффективности, он начал применяться в других странах. Широкое развитие получает вертикальный дренаж и у нас, в Советском Союзе.

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ДРЕНАЖА

Как уже отмечалось ранее, действие дренажной сети на орошаемых подверженных засолению землях проявляется в отводе дренами промывных и собственно грунтовых вод, насыщенных в той или иной степени солями. Каким образом это происходит при том или ином виде дренажа, определяется специальными пьезометрическими исследованиями*, которые, в конечном итоге, позволяют выявить гидродинамическую картину движения потока грунтовых вод к дренажному сооружению и механизм его рассоляющего действия.

Безусловно, механизм действия дренажа, иллюстрируемый линиями тока грунтовых вод к дрене, будет зависеть не только от вида применяемого дренажа, но и от комплекса таких природных условий, как литология

* Пьезометрические исследования дают возможность определить напор (давление) грунтовых вод в точке на любой глубине от поверхности почвы.

и гидрогеология мелниорируемых почвогрунтов, фильтрационные свойства почвогрунтов, мощность покровных мелкоземов, наличие водоупора или отсутствие такового, характер питания грунтовых вод и т. п.

В однородной среде с близким или глубоким залеганием водоупора при условии пополнения грунтовых вод за счет просачивания ирригационных вод и атмосферных

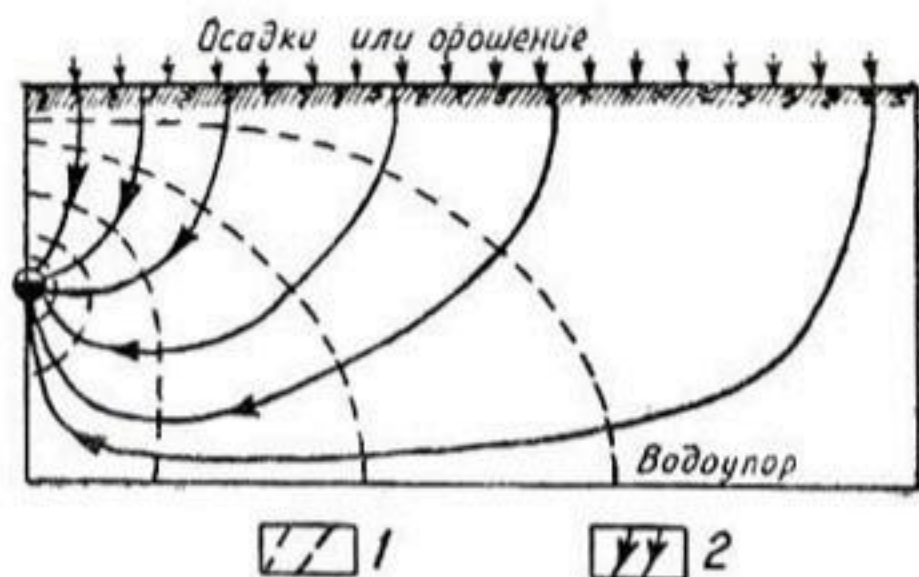


Рис. 11. Схема движения грунтовых вод под действием горизонтального дренажа при безнапорных грунтовых водах:

1 — линии равных напоров; 2 — линии токов.

осадков движение грунтовых вод при действии горизонтальной дрены, открытой или закрытой, происходит так, как это показано на рис. 11. Здесь преимущественное направление линий токов — вертикальное (нисходящее) и горизонтальное (боковое к дрене).

Однако в большинстве районов Средней Азии, в том числе и в Голодной степи, где почвы засолены или подвержены засолению, грунтовые воды находятся под напором слабоминерализованных вод (2—3 г/л плотного остатка) песчано-галечниковых отложений, подстилающих верхние мелкоземы. Это природная напорность, частично гасящаяся лишь в период выпадения интенсивных атмосферных осадков, обуславливает постоянное подпитывание грунтовых вод, расходующихся на испарение и транспирацию. В результате этого на землях, не затронутых деятельностью человека, господствует напорно-восходящий поток грунтовых вод в покровных

мелкоземах, который транспортирует соли к испаряющей поверхности (рис. 12).

Деятельность человека и в первую очередь устройство той или иной системы дренажа и орошение оказывает влияние на этот поток грунтовых вод.

При работе горизонтальной дрены, заложенной в мелкоземах, мощность которых велика по сравнению с

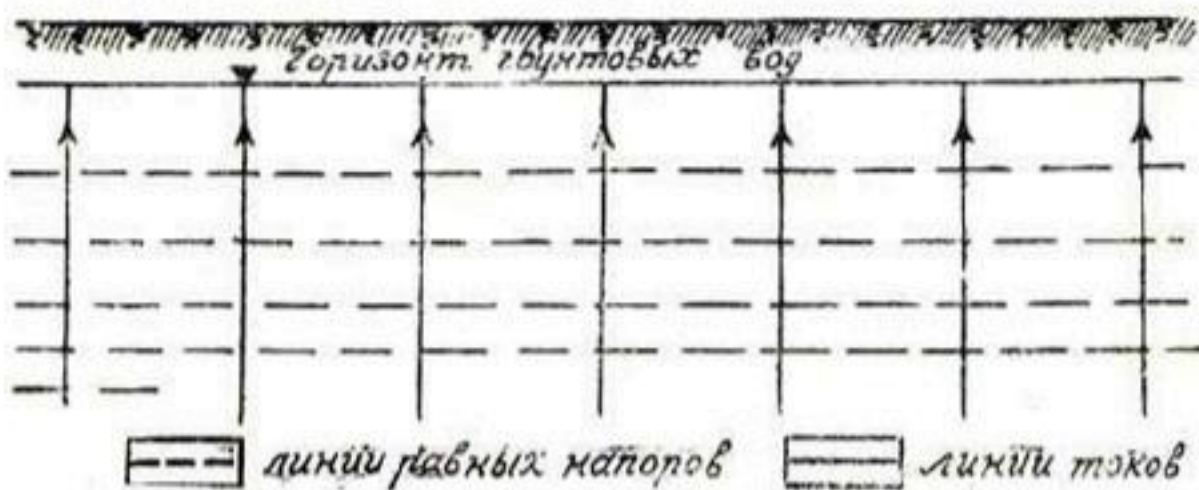


Рис. 12. Схема движения грунтовых вод при напорном питании их в естественных бездренажных условиях.

действующей глубиной дрены, и напорном питании грунтовых вод линии токов последних в зоне активного действия дрены (размер которой зависит как от водно-физических условий почвогрунтов, так и от глубины закладки дрены) устремляются к дрене (рис. 13А). За пределами же активной зоны линии токов, хотя несколько и искривлены, в основном направлены вертикально к поверхности почвы. Таким образом, как показывает приведенная схема движения грунтовых вод, при работе горизонтальной дрены в условиях напорного питания формируются два потока — преобладающий вертикальный восходящий с большими скоростями и подчиненный боковой с гораздо меньшими скоростями.

При орошении или промывке междуренья на фоне горизонтального дренажа картина движения грунтовых вод становится иной (рис. 13Б). Вследствие подачи оросительных вод горизонт грунтовых вод становится больше, чем горизонт пьезометрического напора*. Как и в предыдущем случае, мы имеем здесь два потока, но

* При напорных водах пьезометрический напор в песчано-галечниковых отложениях обычно выше бытового горизонта грунтовых вод мелкоземов.

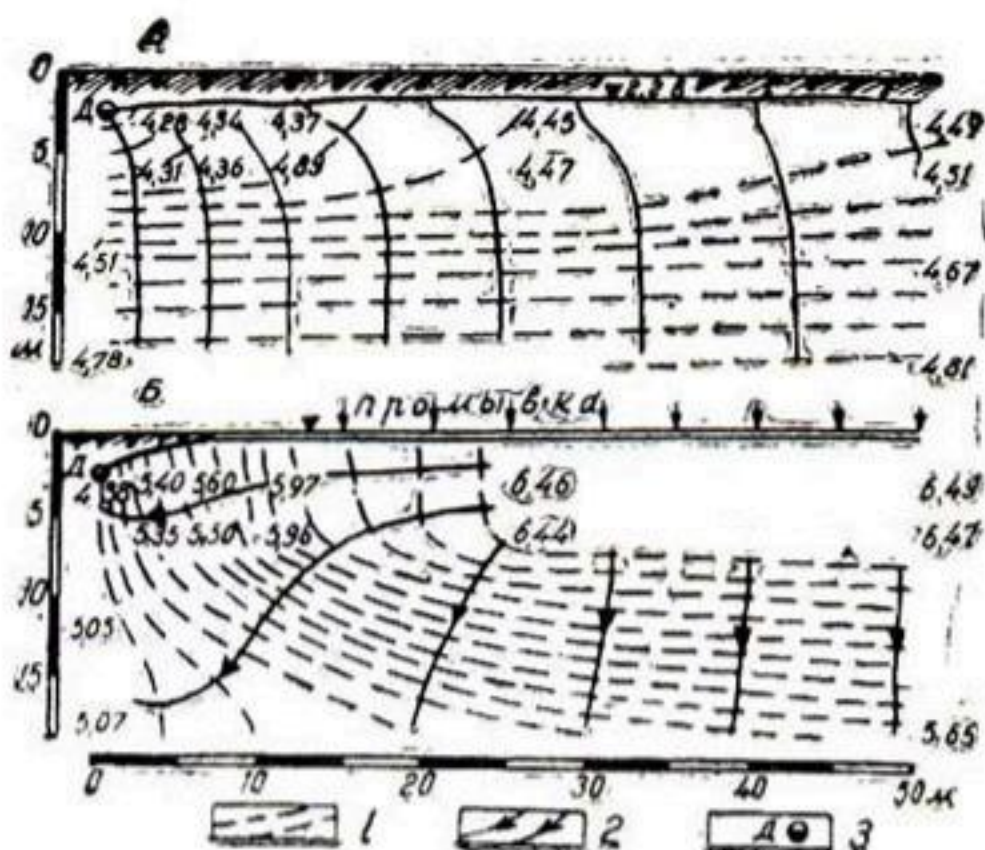


Рис. 13. Схемы движения грунтовых вод при действии горизонтального дренажа:

А — при нормальной работе дрены и отсутствии промывки (орошения);
 Б — в период проведения промывки (орошения); 1 — линии равных на-
 поров; 2 — линии токов; 3 — дрена.

уже преобладающий вертикальный нисходящий, отжимающий минерализованные воды и почвенные соли вглубь, и подчиненный боковой, отжимающий минерализованные воды в сторону дрены. Подобное движение сохраняется до тех пор, пока горизонт грунтовых вод не сравняется с горизонтом пьезометрического напора песчано-галечниковых отложений. Как только горизонт грунтовых вод опустится ниже пьезометрического напора, восходящее движение, которое было до подачи оросительной воды, восстанавливается и отжатые промывкой или орошением соленые воды вглубь возвращаются к исходным позициям.

При откачке из скважины вертикального дренажа вследствие снятия пьезометрического напора с подошвы мелкозема в песчано-галечниковых отложениях и в мелкоземах также формируются два потока грунтовых вод (рис. 14А). В мелкоземах, главным образом, образуются вертикальные нисходящие токи такого же характера, как и в случае промывки и орошения на фоне горизонтального дренажа. В песчано-галечниковых же

отложениях, откуда производится основной забор воды, линии токов приобретают горизонтальное направление в сторону скважины. Такое движение потока грунтовых вод будет сохраняться в течение всего периода откачки.

Однако стоит прекратить изъятие подземных вод и сработку пьезометрического напора, как сразу же начинается восстановление картины первоначального естественного движения грунтовых вод, причем, чем ближе к скважине, тем скорее будет происходить этот процесс (рис. 14Б).

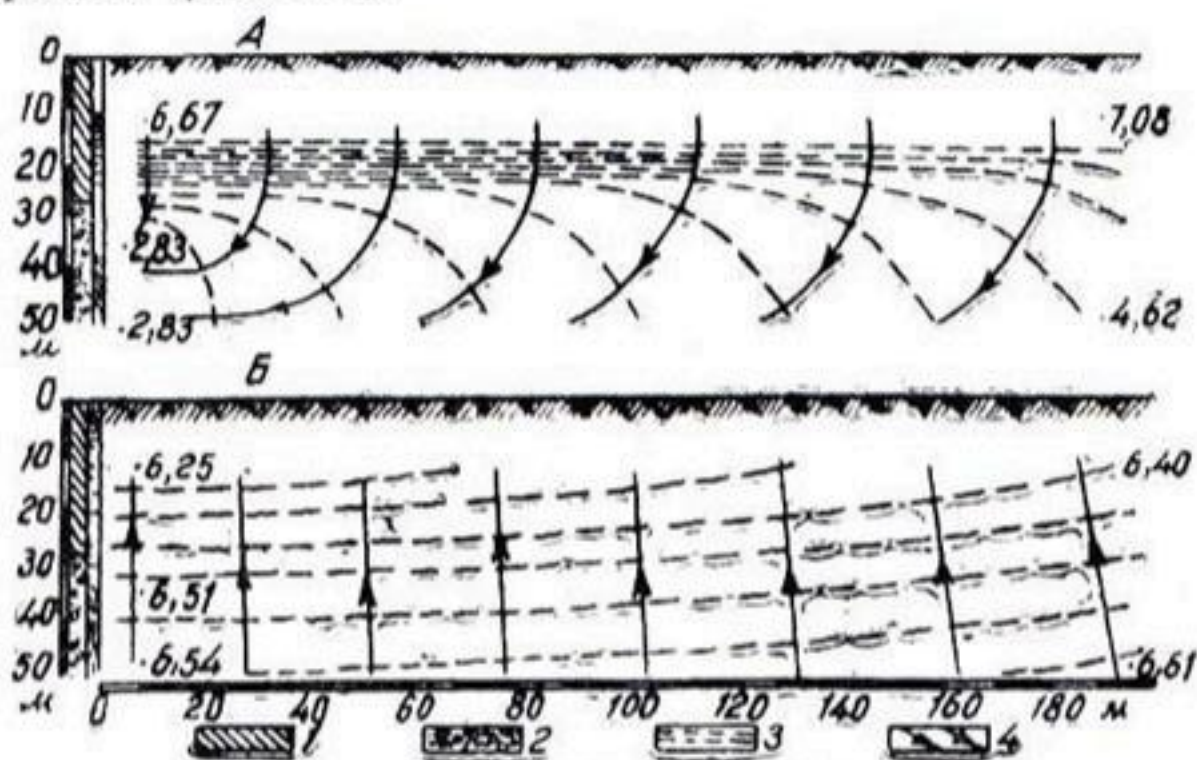


Рис. 14. Схемы движения грунтовых вод при вертикальном дренаже:

А — через сутки после начала откачки; Б — через неделю после прекращения откачки; 1 — суглинок; 2 — гравий с песком; 3 — линии равных напоров; 4 — линии токов.

Так как различные виды дренажа по-разному воздействуют на природный характер движения грунтовых вод, то и процесс опреснения грунтовых вод, являющихся основным объектом мелиорации*, будет происходить по-разному и с различной скоростью.

* В отличие от почвогрунтов, опреснение которых не представляет значительных трудностей, грунтовые воды обычно опресняются очень медленно. При достижении минерализации 1—2 г/л плотного остатка грунтовые воды в условиях дренажа и орошения могут залегать даже на глубине 1—1,5 м от поверхности почвы, не вызывая при этом засоления. Поэтому коренная мелиорация засоленных и подверженных засолению почв и заключается в опреснении грунтовых вод.

В условиях с безнапорными грунтовыми водами (например, в Северной Мугани АзССР) дренаж позволяет не только снижать их горизонты, но и создавать возможность беспрепятственному проникновению в почвенно-грунтовую толщу значительных объемов пресных промывных и оросительных вод. Опреснение грунтовых вод здесь идет сверху вниз (рис. 15А) за счет наслоения пресных вод на соленые и отжатия последних в дрены. При этом скорость опреснения грунтовых вод и мощность пресной «подушки» зависит как от уровня водоподдачи, так и от величины дренажного стока. Обычно в таких условиях опреснение грунтовых вод до оптимальных размеров наступает через 15–20 лет работы мелиоративно-оросительной системы.

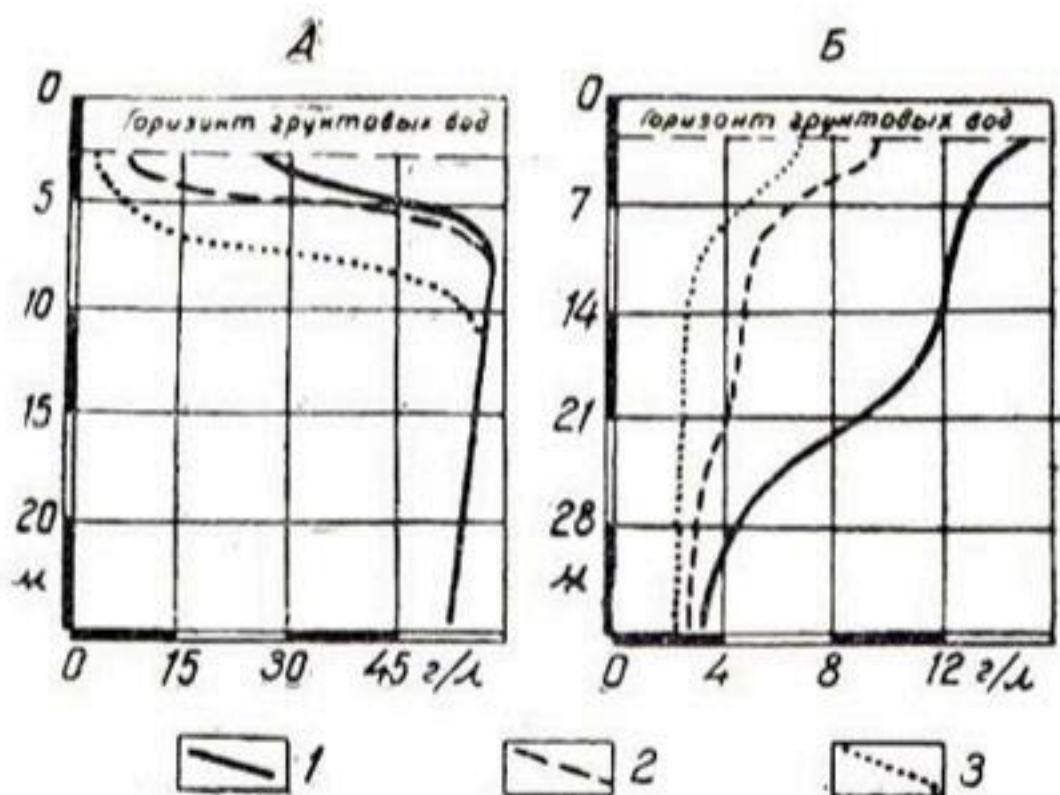


Рис. 15. Схемы опреснения грунтовых вод по вертикальному профилю на фоне горизонтального дренажа:

А — при безнапорных грунтовых водах (Северная Мугань АзССР);
Б — при напорном питании грунтовых вод (Голландия); 1 — исходная минерализация; 2 — минерализация через 15–20 лет; 3 — минерализация через 25–30 лет.

При напорном питании грунтовых вод и горизонтальном дренаже опреснение их идет по-иному. Так как беспрепятственное движение грунтовых вод возможно только снизу вверх, то и в этом направлении идет их

опреснение (рис. 15Б). Горизонтальный же дренаж, открытый или закрытый, за счет сработки верхних слоев грунтовых вод в той или иной мере ускоряет это движение и скорость опреснения здесь зависит уже от интенсивности притока слабоминерализованных подземных вод, интенсивности отвода грунтовых вод коллекторно-дренажной сетью, запасов солей в мелкоземках и мощности самих мелкоземов. Орошение и промывка, являющиеся средствами нормального создания водно-солевого режима для сельскохозяйственных культур в корнеобитаемом слое, снижают приток подземных вод из глубоких горизонтов и в какой-то мере сдерживают опреснение грунтовых вод. Поэтому срок опреснения грунтовых вод до оптимальных размеров здесь уже растягивается до нескольких десятков, а то и сотен лет.

Намного быстрее опресняются грунтовые воды при вертикальном дренаже. Здесь снижение пьезометрических напоров в песчано-галечниковых отложениях и нисходящие токи в мелкоземках обеспечивают свободное проникновение любых объемов оросительных и промывных вод и опреснение грунтовых вод идет сверху вниз, т. е. так же, как и в случае с дренажом при безнапорных грунтовых водах. В процессе откачки из вертикальной скважины и орошения солевой максимум в грунтовых водах мелкоземов смещается вниз, а сверху наслаиваются пресные оросительные воды (рис. 16). В зависимости от продолжительности откачки и интенсивности водоподачи на мелнируемую территорию за довольно короткий промежуток времени (3—7 лет) опреснится до оптимальных размеров та или иная толща грунтовых вод.

Несмотря на обратимость процесса рассоления грунтовых вод при вертикальном дренаже в определен-

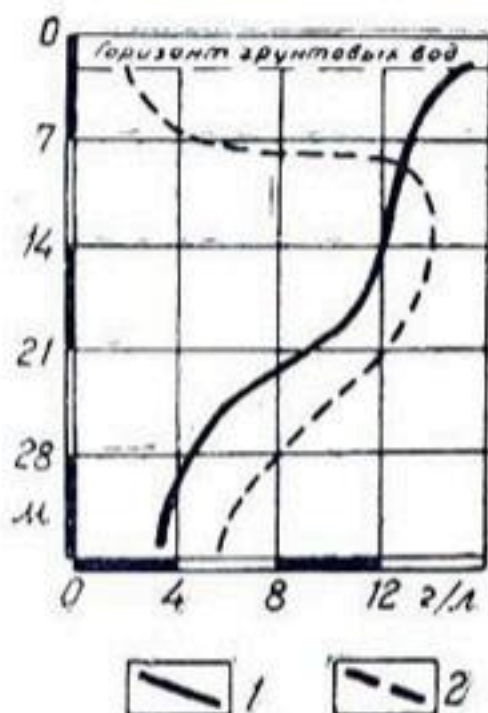


Рис. 16. Схема опреснения грунтовых вод по вертикальному профилю на фоне вертикального дренажа:

1 — исходная минерализация; 2 — минерализация через 3—7 лет.

ных литологических и гидрогеологических условиях этот вид дренажа может быть самым радикальным средством мелiorации засоленных земель.

ИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ДРЕНАЖА В ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

Явления засоления и заболачивания земель в Голодной степи начали проявляться с первых же лет освоения. Повсеместный подъем уровня грунтовых вод в северо-восточной части, вызываемый хищническими приемами орошения и недоучетом гидрогеологических и природных особенностей, приводили к катастрофически быстрой потере плодородия орошаемых почв. Указанное обстоятельство потребовало проведения соответствующих почвенных исследований для принятия каких-либо мер по предупреждению засоления. В результате исследований 1906—1908 гг., не вскрывших до конца природу засоления почв Голодной степи, считалось (Н. А. Димо) возможным свести борьбу с засолением к таким довольно простым, вполне доступным и недорогим приемам, как многократное удаление механическим путем солевых корок и солей, вызываемых поливом и укатыванием засоленных участков. Позднее были рекомендованы посевы риса на фоне «сухого» дренажа — перелогов и залежей.

Первым пропагандистом идей дренажа, как главного средства улучшения земель Голодной степи, был М. М. Бушуев. Еще до окончания строительства и сдачи в эксплуатацию Голодностепской оросительной системы он неоднократно предупреждал, что, если не будет сооружен хотя бы открытый дренаж, «осолонение почв наступит неизбежно и скоро». Взгляды М. М. Бушуева о неизбежности засоления и заболачивания естественно-недренированных земель Голодной степи и необходимости дренажа поддерживал В. С. Малыгин, ставший впоследствии крупным ученым и специалистом по мелiorации земель Средней Азии. В. С. Малыгиным в 1912—1915 гг. были проведены первые в Голодной степи исследования эффективности сначала открытого, а затем и закрытого горизонтального дренажа. Эти опыты, несмотря на то, что основные параметры дренажа (глубина закладки, междренные расстояния и т. п.) были механически перенесены из практики дренажа районов

избыточного увлажнения, показали, что дренаж является единственной радикальной мерой, позволяющей удерживать грунтовые воды на определенной глубине (в зависимости от действующей глубины дренажа) и выносить фильтрационные воды, а с ними и растворенные соли с мелиорируемого участка.

Нужно сказать, что в ходе строительства Голодно-степской оросительной системы были предприняты некоторые меры по отводу воды за пределы орошаемой территории. Но водосборная сеть глубиной до 1,0 м была рассчитана только на предупреждение застоев поверхностных вод, которые могли образоваться и образовывались при не вполне умелом обращении новоселов с оросительной водой. Редкие водосборные каналы, проложенные по границам отдельных наделов, подключались к магистральным водосборам — Шурузяк, Койботкан, Кендык, служившим, в свою очередь, катастрофическими сбросами магистральных оросительных каналов. Часть водосборной сети имела даже тупиковый характер. Однако наличие такой сети утешало строителей и освоителей, ибо борьба с засолением и заболачиванием почв, если они и возникнут местами, не представится трудной.

В 1913 г. Голодностепская оросительная система была сдана в эксплуатацию и уже через год значительная часть орошенной территории подверглась засолению и заболачиванию. Сбросная сеть не оправдала возложенных на нее надежд, и все чаще стали раздаваться голоса о необходимости изучения процессов засоления и устройства дренажных систем. Но так как в системе в это же время имелось достаточное количество земель с почвами, на первый взгляд незасоленными, срочность проведения дренажных работ отпала и все внимание строителей и освоителей сосредотачивается на западной части степи. Вскоре и эти земли постигает участь ранее орошенных. Этому в немалой степени способствуют хищническое обращение с оросительной и сбросной сетью и большие оросительные нормы. Крестьяне-переселенцы, не знакомые с поливным земледелием, считая, что чем больше полив, тем выше урожай, расходовали на 1 га пропашных культур от 20 до 40 тыс. м³ оросительной воды. Более трети забранной воды сбрасывалось в водосборы и в пониженные по рельефу места,

что привело к образованию болот, озер и т. п. Эти болота и озера, а также застой воды в резервах каналов и в водосборах создали благоприятные условия для размножения малярийного комара.

Особенно тягостную картину представляла Голодная степь в 1919—1921 гг. Голодностепская оросительная система была запущена в сильной степени. Крупные недостатки, допущенные в проекте этой системы, из-за ужасной эксплуатации и обильных поливов при малой пропускной способности водосборных каналов и незначительной их глубине, при почти полном отсутствии дренажной сети привели к тому, что к 1923 г. более 65% обарыченных земель вследствие засоления были заброшены и не эксплуатировались. Видный специалист по орошению Голодной степи Г. К. Ризенкампф так характеризовал ее состояние: «В настоящее время (1921 г.—В. Г.) северо-восточная часть Голодной степи представляет из себя в большей части заболоченную и засоленную местность с заброшенными хуторами и поселками. Получилось то, что нами предсказывалось, то, против чего мы настойчиво предупреждали проектировщиков и строителей каналов. Однако невежество и легкомыслие всегда связаны с самоуверенностью и наш голос оставался голосом вопиющего в пустыне. Помимо позора для русской техники получилось бедствие, ликвидация которого потребует много денежных средств и времени». В качестве мер по оздоровлению степи им предлагались: дренаж, пересмотр земельно-водной политики, урегулирование водоземлепользования и осуществление законодательной и практической охраны земель и системы. Другой видный специалист К. К. Лийдеман, отмечая дороговизну устройства дренажа, писал: «Пусть мелиорация не пугает своей громоздкостью и дороговизной, пусть подсчитают, сколько потрачено миллионов, энергии, нервов и жизней при применении всяких полумер и проволочек, какие получены народным хозяйством убытки от недоборов хлопка и проч., благодаря солончакам, сколько теряли рабочих сил, бросая орошенные районы, впустую обработанные поля, переселяясь дальше, вновь орошая, вновь застраиваясь и т. д. — наверно эти брошенные на ветер потери многим больше тех, которые потребуются для мелиораций и урегулирования водопользования, для восстановления

погибающего плода человеческого творчества, для устойчивого возрождения богатого хлопкового района».

В 1924—1925 гг. осуществляется земельно-водная реформа, не требовавшая значительных капиталовложений. В результате этой реформы уменьшилась удельная водоподача, что в какой-то степени привело к снижению горизонта грунтовых вод. Сокращение отпуска воды на единицу площади и некоторое улучшение мелиоративного состояния повлекло за собой даже то, что признававшаяся необходимость устройства дренажа не получила практического осуществления в этот период. Тем не менее с 1925 г. возобновляются исследовательские работы по генезису солончаков Голодной степи и мелиорирующему действию дренажа. В 1927 г. отпускаются небольшие суммы на организацию опытной станции в Золотой Орде, где в 1929 г. впервые в Голодной степи сооружаются система глубокого закрытого горизонтального дренажа, работающая по настоящее время, и первые скважины вертикального дренажа.

Вместе с постепенным вводом в сельскохозяйственный оборот ранее заброшенных засолившихся залежей с 1927 г. начинаются работы по очистке и углублению магистральных водосборов. Так в этом году был очищен железнодорожный водосбор, начата расчистка и удлинение Шурузякского водосбора. В 1928 г. очищаются водосборы Пограничный и Малекский. В эти же годы завершается комплексная борьба с малярией. Озера и болота (непаводкового питания) стали высыхать, дороги не заливались, категорически запрещаются посевы риса. Крестьянство начинает бережно относиться к своим землям, постепенно улучшая технику земледелия.

Упорядочение водопользования, повышение коэффициента полезного действия оросительной системы, приведшие к некоторому мелиоративному улучшению, послужили толчком к рекомендациям сокращения протяженности регулирующей сбросной сети. Мелкая сбросная сеть, доставшаяся от старого режима, уже не только не была полезной, а вредной, так как при пропусках воды по ней она становилась источником пополнения грунтовых вод и причиной мелиоративного ухудшения орошаемых земель. Ряд хозяйств начали засыпать сбросную сеть. Однако принятых мер оказалось недостаточно для приостановления прогрессирующего засоления почв.

С 1935—1936 гг. в Голодной степи вводится еще более жесткое водопользование с применением комплекса агротехнических и гидроэксплуатационных мероприятий по борьбе с засолением почв и понижением уровня грунтовых вод. Эти мероприятия позволили резко поднять и урожайность сельскохозяйственных культур. Урожай хлопка-сырца в целом по системе повысился с 8,6 ц/га в 1934 г. до 17,7 ц/га в 1939 г.

Наряду с ростом урожайности в этот период продолжался и ввод в сельскохозяйственный оборот ранее выпавших земель. Вместе с тем освоение перелогов и залежей из-за отсутствия дренажной сети происходило крайне напряженно и сопровождалось, как правило, выпадом из оборота старопахотных земель. Так, если за период 1936—1938 гг. в Голодной степи было освоено около 16 тыс. га перелогов, то соответственно за этот же период выпало более 7,5 тыс. га старопахотных земель. Указанное обстоятельство заставило пересмотреть взгляды на искусственный дренаж. Устройство дренажа в Голодной степи началось в 1936—1937 гг. с углубления магистральной водосборной сети, и такие водосборы, как Шурузяк, Кендык, Қойботкан, к концу 1938 г. стали магистральными коллекторами для будущей дренажной сети. Особенно широкий размах приняли работы по устройству дренажной сети после июльского постановления СНК и ЦК КП(б) Уз об освоении в течение 1940—1941 гг. 60 тыс. га перелогов. Частично методом народных строек, частично специальными строительными организациями в наиболее засоленной части Голодной степи началось строительство сети межхозяйственных коллекторов и дрен со средней глубиной до 1,8 м, протяженность которой к 1944 г. достигла 500 км. Однако устроенная коллекторно-дренажная сеть в первые годы освоения перелогов не оправдала возложенных на нее надежд. Мелиоративное состояние земель не всегда улучшалось. Во многих случаях произошло даже ухудшение, и урожайность сельскохозяйственных культур катастрофически падала. Так, урожай хлопка-сырца в целом по системе снизился с 21 ц/га в 1941 г. до 8,6 ц/га в 1942 г. и 7,6 ц/га в 1943 г.

Причиной ухудшения мелиоративного состояния явилось то, что в период освоения перелогов (1939—1941 гг.) были повторены все ранее совершенные ошиб-

ки с вводом земель Голодной степи в сельскохозяйственный оборот. Здесь были налицо и рисовые посевы, и промывки почв по неподготовленным полям, и почти полное бездействие редко расположенной дренажной сети, вызванное переполнением последней сбросными пресными водами. Эти ошибки за 1—2 года свели на нет упорную работу прошлых лет по снижению уровня минерализованных грунтовых вод. На многих массивах, как например Шурузякском, грунтовые воды близко подошли к поверхности земли и усложнили не только дальнейшее освоение пустующих засоленных земель, но и сельскохозяйственное использование ранее освоенных культурных земель.

Для ликвидации создавшегося положения в 1942 г. Наркомводхозом УзССР утверждается проект строительства дренажа в Мирзачульском и Сырдарьинском районах общей протяженностью 1,2 тыс. км. В 1943 г. запрещается рисосеяние на основном плато. В 1945 г. по окончании Великой Отечественной войны строительство открытого горизонтального дренажа разворачивается в более широких масштабах, и к 1950 г. общая протяженность его уже составляла около 1,3 тыс. км. Однако состояние этой сети, ее эффективность и эксплуатация были крайне неудовлетворительны. По-прежнему на основном плато производились посевы риса и в открытые дрены сбрасывались пресные оросительные воды, приводившие к переполнению и интенсивному зарастанию живого сечения русла. Сеть продолжительное время не очищалась и действующая глубина была сравнительно мала.

С 1950 г. наряду с дальнейшим увеличением протяженности начинаются работы по углублению всей построенной ранее открытой дренажной сети. В шестидесятые годы заканчивается сооружение Главного пойменного коллектора протяженностью 74 км, заметно улучшившего мелиоративное состояние земель в пойме р. Сыр-Дарьи и разворачивается строительство Центрального Голодностепского коллектора, который в настоящее время является основным водо- и солеотводящим трактом для земель как старой, так и новой зоны орошения. Имея протяженность около 85 км, зона действия Центрального Голодностепского коллектора рассчитана более чем на 300 тыс. га.

Большие работы по устройству открытой коллекторно-дренажной сети, реконструкция и углубление магистральных коллекторов и всей сети, почти полное прекращение посевов риса на основном плато начали способствовать рассолению орошаемых земель. Это можно видеть из табл. 3, в которой приводятся данные, харак-

Таблица 3

Годы	Единица измерения	Степень засоления почв					Всего (обследованная площадь)
		незасоленные	слабо засоленные	средне засоленные	сильно засоленные	солончаки и проч.	
1908—1911	тыс. га %	94,5 55,9	31,9 18,8	27,3 16,2	3,6 2,1	11,8 7,0	169,1 100
1923—1925	тыс. га %	49,5 29,2	35,7 21,1	44,5 26,4	21,1 12,4	18,6 10,9	169,4 100
1934—1935	тыс. га %	22,8 13,4	50,8 29,9	22,3 13,3	33,3 19,6	40,3 23,8	169,5 100
1937	тыс. га %	3,7 3,4	26,9 24,4	16,1 14,5	24,4 22,5	39,2 35,2	110,3 100
1952	тыс. га %	— —	65,5 41,1	27,0 16,4	35,2 22,2	30,4 20,3	158,1 100
1958	тыс. га %	— —	77,5 48,8	30,6 19,3	30,5 19,3	19,5 12,6	158,1 100
1960	тыс. га %	— —	89,6 54,3	59,9 37,6		13,0 8,1	159,8 100

теризующие ход изменения засоления почв в бывшей Узбекской части старой зоны орошения за период с 1908 по 1960 г.

В шестидесятые годы возобновляются опытно-производственные исследования по вертикальному дренажу, в результате которых были разработаны наиболее эффективные конструкции скважин и фильтров. Успешные результаты этих исследований и известные трудности строительства открытой коллекторно-дренажной сети глубиной более 2,5—3,0 м привели к необходимости создания в 1963 г. схемы внедрения вертикального дренажа на площади 210 тыс. га. К 1 января 1966 г. в старой зоне орошения Голодной степи уже было построено 168 скважин вертикального дренажа, которые охватывали площадь более 25 тыс. га.

Работы по сооружению дренажа в новой зоне орошения начались с 1957 г. после постановления ЦК КПСС и СМ СССР от 6 августа 1956 г. «Об орошении и освоении целинных земель в Голодной степи в Узбекской ССР и Казахской ССР для увеличения производства хлопка»*. При этом в новой зоне, в отличие от старой, где основными видами дренажа являются открытый горизонтальный дренаж и частично вертикальный, широкое применение получает закрытый горизонтальный (в настоящее время его насчитывается более 1000 км) и открытый горизонтальный (преимущественно коллекторы и собиратели) дренажи. В последние годы и здесь начаты экспериментальные исследования по применению вертикального дренажа на отдельных массивах.

МЕЛИОРИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ДРЕНАЖА

(на примере старой зоны орошения Голодной степи)

Мелиорирующее действие любого вида дренажа принято оценивать количеством солей, удаляемых с обслуживаемой территории за тот или иной промежуток времени, скоростью снижения уровня грунтовых вод и их залеганием от поверхности земли. При этом, чем ниже будет горизонт грунтовых вод, тем меньше интенсивность сезонной и годовой реставрации засоления почв и выше эффективность агротехнических и гидроэксплуатационных мероприятий.

* В 1963 г. Казахская часть Голодной степи Указом Президиума Верховного Совета Казахской ССР передана в состав Узбекской ССР.

Как уже отмечалось ранее, наибольшее распространение в Голодной степи пока имеет открытый горизонтальный дренаж. Общая протяженность этого вида дренажа в настоящее время составляет более 5,6 тыс. км, из которых 1,4 тыс. км находятся в новой зоне орошения, около 1,0 тыс. км — в бывш. Казахской части степи, а остальные — в бывш. Узбекской части старой зоны орошения.

Большая протяженность открытой коллекторно-дренажной сети в бывш. Узбекской части степи позволила в последние годы не только предотвратить подъем уровня грунтовых вод к поверхности почвы, но и несколько снизить горизонт их, несмотря на заметное повышение коэффициента земельного использования и рост посевных площадей. Это видно из приводимого ниже среднего уровня грунтовых вод в среднем по Гулистанскому и Сырдарьинскому районам за период с 1958 по 1965 г.

	Г о д ы							
	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Уровень грунтовых вод, см	145	161	172	175	176	181	187	199

Наоборот, в Пахтааральском, Кировском и Джетысайском районах, где дренажная сеть развита слабее, в результате освоения новых массивов и введения в сельскохозяйственный оборот внутрихозяйственных перелогов, грунтовые воды за этот же период поднялись с 248 до 215 см.

Существующая открытая коллекторно-дренажная сеть удаляет огромное количество вредных для растений воднорастворимых солей с мелиорируемой территории. Убедительной иллюстрацией этого может служить табл. 4, в которой приведены данные по трем основным коллекторам Голодной степи — Шурузяк, Главный пойменный и Центральный Голодностепский за истекшие восемь лет.

При этом, чем больше удельная протяженность дренажа, тем благоприятнее складывается баланс солей в мелиорируемых почвогрунтах. Так, если в бывш. Узбекской части старой зоны орошения, где открытая коллекторно-дренажная сеть более или менее достаточно развита, в 1965 г. отвод солей по дренажной сети

превысил поступление их с оросительной водой на 705 тыс. т, в том числе NaCl — на 228 тыс. т, то в бывш. Казахской части отведено солей было меньше, чем поступило на 937 тыс. т, в т. ч. NaCl на 273 тыс. т. Поэтому в

Таблица 4

Год	Отведено воды, млн. м ³	Вынесено солей, тыс. т	
		всего	в том числе NaCl
1958	481,3	1912,3	479,3
1959	510,4	2063,0	516,0
1960	563,1	2208,0	664,0
1961	507,7	1873,0	552,0
1962	636,0	2316,3	696,6
1963	750,3	2595,0	623,6
1964	805,9	2596,9	623,0
1965	682,2	2203,7	518,8

этой части степи идет накопление воднорастворимых солей в почвогрунтах и грунтовых водах и ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель.

Вместе с тем эффект открытого горизонтального дренажа в удалении воднорастворимых солей мог бы быть еще большим, если бы в него не сбрасывалась пресная оросительная вода. Сброс пресных вод в открытую коллекторно-дренажную сеть, происходящий из-за отсутствия строгой дисциплины в водопользовании и надлежащего контроля за проведением вегетационных и промывных поливов, приводит к уменьшению действующей глубины мелиоративной сети со всеми вытекающими из этого последствиями. Насколько интенсивен сброс пресных вод, можно судить из следующих данных. Когда вода в оросительной сети отсутствует и дренаж срабатывает грунтовые воды, содержание солей в дренажном стоке большинства дрен и коллекторов составляет 5—6, а зачастую и более граммов на литр. С началом же оросительного периода содержание солей в каждом метре стока, отводимого дренажной сетью, как правило, резко снижается, составляя в отдельные периоды 1,8—2,0 г, тогда как средняя минерализация грунтовых вод превышает 8—10 г/л. Далее, если в системе закрытого горизонтального дренажа, где сброс оросительных вод исключен, отношения максимального и минимального месячного содержания солей в дренажном стоке исчисляются величинами порядка

1,2—1,6, то в открытой коллекторно-дренажной сети они достигают 3,0 и более.

Подробнее изучено в Голодной степи мелиорирующее действие закрытого горизонтального дренажа. Подспорьем этому явилось строительство на площади около 170 га опытной дренажной системы в 1928—1929 гг. близ ст. Акалтын, Среднеазиатской ж. д. (бывш. ст. Золотая Орда), исследования на которой продолжаются по настоящее время.

Весьма интересна история освоения участка, где функционирует система дрен и коллекторов.

Впервые территория участка была орошена в 1914 г. и хотя не вся его площадь использовалась в сельскохозяйственном обороте, он подвергся сильному вторичному засолению. Через 2—3 года значительная часть земель была заброшена, а вскоре и полностью прекращается орошение этих земель.

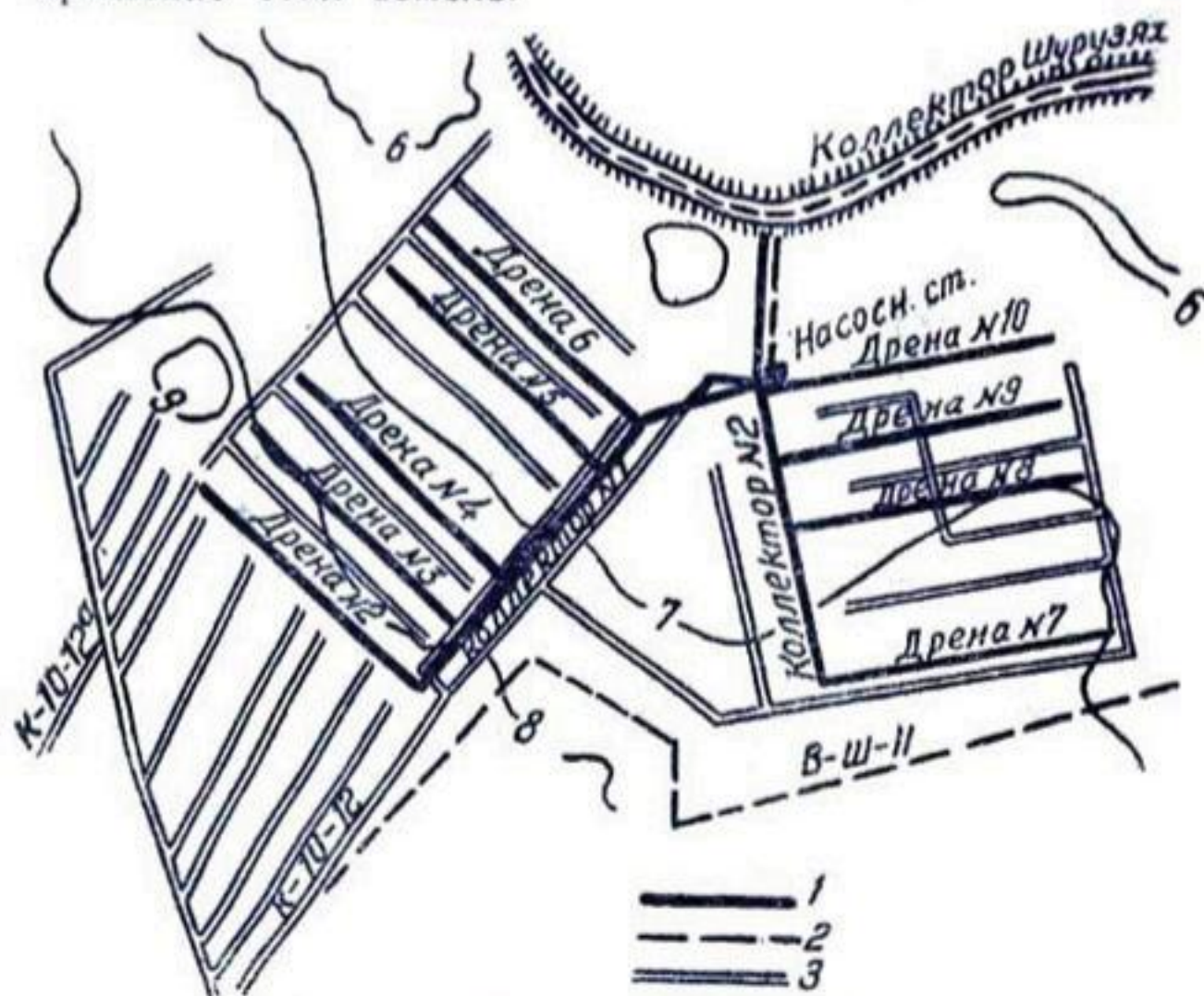


Рис. 17. Схема опытного участка закрытого горизонтального дренажа в Золотой Орде:

1 — закрытая дренажная сеть; 2 — открытая дренажная сеть;
3 — оросительная сеть.

В 1923 г. сельскохозяйственные предприниматели на арендных условиях у государства пытались использовать часть этого участка под посевы хлопчатника. Однако на большей части посевов хлопчатник вскоре после появления всходов погиб из-за засоления, и земли снова забрасываются.

В 1927 г. местным населением, вопреки протестам агрономов и почвоведов, была вновь сделана попытка использовать эти земли под посевы. Но и на этот раз она оказалась неудачной. В связи с этим местное население было переселено на другие земли, а участок, как наиболее полно представляющий типы засоленных земель северо-восточной части Голодной степи, отдается под опыты с закрытым горизонтальным и вертикальным дренажами.

К осени 1929 г. здесь было закончено строительство системы, состоящей из десяти первичных дрен-собирателей, образующей две группы двух соединяющих дренажных коллекторов с общей для всей системы насосной станцией (рис. 17). Как уже указывалось ранее, вся сеть была выполнена из коротких гончарных труб. Однако дрена № 1 заложенная в плавунных грунтах повышенной части участка, вскоре после сдачи системы в эксплуатацию (в 1931 г.) вышла из строя и к настоящему

Таблица 5

№№ дрен и коллекторов	Длина, м	Диаметр труб, мм	Уклон	Глубина заложения, м		Междреннее расстояние, м
				в начале	в конце	
Первая дренажная группа						
Дрена № 2	530,0	100—175	0,001	2,40	3,10	132,5 132,5 265,0 100,0
Дрена № 3	530,0	100—175	0,001	2,00	3,15	
Дрена № 4	530,0	100—150	0,001	2,30	2,88	
Дрена № 5	530,0	150	0,001—0,0005	1,86	2,67	
Дрена № 6	530,0	100—150	0,001—0,0005	2,03	2,65	
Коллектор №1	880,0	150—300	0,001	3,27	3,45	
Вторая дренажная группа						
Дрена № 7	530,0	125—150	0,001	2,03	2,78	265,0 132,5 132,5
Дрена № 8	530,0	125—150	0,001	2,34	2,99	
Дрена № 9	530,0	100—125	0,001	1,89	3,44	
Дрена № 10	530,0	125—150	0,001	1,93	2,97	
Коллектор №2	560,0	150—250	0,001	2,86	3,45	

времени она и часть коллектора до дрены № 2 полностью разобраны. Основные параметры и конструктивные данные системы приведены в табл. 5.

Закрытый горизонтальный дренаж, так же как и открытый, в условиях Голодной степи совершенно не изменяет природный характер колебания грунтовых вод, а лишь способствует в целом удержанию их горизонта на несколько большей глубине от дневной поверхности. В зависимости от удаленности от дрены последняя понижает уровень грунтовых вод на 0,2—1,0 м в период высокого стояния грунтовых вод (зима—весна) и на 0,1—0,5 м в период низкого стояния их в сравнении с уровнем, наблюдаемым в бездренажных условиях, что в какой-то мере способствует меньшей сезонной реставрации солей в мелиорируемых почвогрунтах. Дренаж вызывает более быстрое понижение высоких весенних уровней, а также сработку пиков подъема грунтовых вод, вызываемых орошением и промывкой.

Одним из показателей эффективности работы дренажа является опреснение дренажного стока, который косвенно характеризует интенсивность опреснения грунтовых вод, являющихся основным объектом мелиорации. За более чем тридцатипятилетний период работы дренажа содержание солей в дренажном стоке уменьшилось почти в три раза, и в последние 10—15 лет она стабилизировалась в пределах 5,5—6,0 г/л плотного остатка и 1,2—1,4 г/л хлора. Наиболее интенсивно дренажный сток опреснялся в первые 3—4 года работы дренажа. Достигнутое в результате промывок на фоне дренажа мелиоративное улучшение почв позволило уже к 1932 г. получить по 6 ц/га хлопка-сырца, в то время как при последней попытке использования земель под посевы хлопчатника в бездренажных условиях не были получены даже всходы.

В целом влияние дренажа на эффективность промывных поливов хорошо видно из данных А. Е. Нерозина, приведенных в табл. 6.

За 1929—1960 гг. дренажом с обслуживаемого им участка отведено более 21 млн. м³ воды и вместе с нею около 145 тыс. т солей, в том числе NaCl более 55 тыс. т, или в расчете с 1 га мелиорируемой площади соответственно 895 и 358 т.

Подобно дренажному стоку за длительный период

Таблица 6

Горизонты, см	Содержание хлора в почве, % к весу		
	до промывки	после промывки	нормой, м ³ /га
В дренажных условиях			
0—60	0,225	5960 0,005	8830 0,004
60—100	0,206	0,008	0,004
0—100	0,217	0,006	0,004
В бездренажных условиях			
0—60	0,237	5000 0,134	8000 0,069
60—100	0,104	0,067	0,055
0—100	0,183	0,107	0,064

работы дренажа, орошения и промывок минерализация грунтовых вод на участке претерпела значительные изменения, которые характеризуются как уменьшением общего содержания солей, так и уменьшением доли вредных для растений солей NaCl , Na_2SO_4 и MgSO_4 . Например, если в междудренье 5—6 до постройки дренажа грунтовые воды содержали 16,30 г/л плотного остатка, 4,85 г/л хлора и 4,13 г/л серной кислоты, то в результате осуществления комплекса мелиоративных мероприятий при постоянном использовании земель под посевы сельскохозяйственных культур уже к 1952 г. минерализация снизилась до 5,52 г/л плотного остатка, 0,96 г/л хлора и 2,25 г/л серной кислоты. Наряду со снижением минерализации уменьшилась и доля вредных для растений солей. В общем виде эти изменения могут быть иллюстрированы данными табл. 7, где приводятся минерализация и состав солей в грунтовых водах не-

Таблица 7

№ сква- жины	Плотный остаток, г/л	В том числе, г/л				% вредных солей	в том числе % NaCl
		NaCl	Na_2SO_4	MgSO_4	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{CaSO}_4$		
5	23,89	13,99	1,53	6,37	2,00	91,5	58,6
20	4,68	0,84	0,38	1,81	1,65	64,8	17,9

дренированной целины, никогда не подвергавшейся орошению (скв. 5), и поле, которое дренировано и постоянно находилось в сельскохозяйственном обороте (скв. 20).

Однако постепенное снижение минерализации грунтовых вод, которое происходит значительно медленнее опреснения дренажного стока, наблюдается только в том случае, когда постоянно осуществляется орошение и комплекс агротехнических мелиораций. При прекращении орошения и возделывания сельскохозяйственных культур содержание солей в грунтовых водах повышается, даже несмотря на удовлетворительную работу дренажа. Например, выпад из сельскохозяйственного оборота по хозяйственным причинам восточной половины участка между дренами 9—10 с 1941 г. привел к увеличению содержания хлора и плотного остатка с 2,67 и 10,25 г/л в 1940 г. до 4,77 и 17,90 г/л в 1942 г. и 6,06 и 20,25 г/л в 1944 г. На дренированной целине, где орошение в течение всего периода не проводилось, минерализация грунтовых вод продолжает оставаться высокой — 4,9—8,5 г/л хлора и 15,8—24,7 г/л плотного остатка.

Такое же положение имеет место и с динамикой содержания солей в почвогрунтах. Там, где наряду с дренажом продолжительное время осуществлялся комплекс агротехнических мероприятий и орошение, наблюдается постепенное уменьшение содержания солей или стабилизация их запасов в размерах, не оказывающих вредного действия на рост и развитие растений (0,010—0,050 % хлора и 0,65—1,25 % плотного остатка).

Сам по себе дренаж без орошения не опресняет почвогрунты и не предотвращает реставрацию засоления освоенных земель по прекращению их орошения. Так

Таблица 8

№ точ- ки	Период от- бора образ- цов	Плотный остаток, г/га	В том числе				% вредных солей	в том числе % NaCl
			NaCl	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	Ca(HCO ₃) ₂ + CaSO ₄		
1	X—1923	593	192,8	181,3	50,7	165,0	72,0	92,6
	X—1960	303	21,0	62,0	43,7	157,0	44,5	6,9
2	VIII—1927	454	144,4	62,6	73,6	171,0	62,0	31,9
	Y—1960	276	12,7	47,0	32,2	169,0	35,2	4,6

же как и в грунтовых водах, при орошении на фоне дренажа существенно меняется состав солей в мелиорируемых почвогрунтах, что видно из данных табл. 8, в которой приводятся запасы солей в двухметровом слое почвогрунтов в двух точках, находящихся на постоянно используемых в сельхозобороте участках, до постройки дренажа и через 32 года после его работы.

Если сравнить уменьшение содержания солей в почвогрунтах, которое исчисляется величинами 170—290 т/га, в том числе NaCl 125—170 т/га с количеством солей, вынесенных за этот период дренажом, то увидим, что опреснение почвогрунтов произошло на гораздо меньшую величину, чем отведено солей. Такое несоответствие вызвано непрерывным пополнением солевых запасов из напорных подземных вод, восходящий поток которых не может быть ликвидирован с помощью горизонтального дренажа. Тем не менее комплекс мелиоративных мероприятий на фоне действующего горизонтального дренажа, особенно при закрытом, в состоянии обеспечить за определенный промежуток времени такое рассоление почвогрунтов и грунтовых вод, которое позволяет в системе хлопково-люцерновых севооборотов получать урожай хлопка-сырца до 35—40 ц/га.

Мелиорирующее действие вертикального дренажа пока изучено недостаточно. Однако имеющиеся данные по опытно-производственным системам совхозов «Соци-

Таблица 9

Технические параметры и результаты откачек	Совхоз «Социализм»	Совхоз «Пахта-арал»	Гор. Гулистан
Количество скважин, шт.	28	33	9
Глубина скважин, м	65—80	50—70	40—60
Диаметр скважин, м	0,7—0,9	0,7—1,0	0,5
Длина фильтра, м	25—40	15—36	10—17
Тип фильтра	Щелевой с гравийной обсыпкой	Щелевой с гравийной обсыпкой	Дырчатый с гравийной обсыпкой
Дебит скважин, л/сек	100—200	60—120	60—80
Удельный дебит, л/сек, м	10—15	5—8	5—8
Радиус влияния, м	700—900	600—700	500—600
Площадь, обслуживаемая одной скважиной, га	120—150	125—150	60—100

ализм» и «Пахтаарал» и гор. Гулистана говорят о его достаточно высокой эффективности. Основные технические параметры скважин и результаты откачек по этим системам приводятся в табл. 9.

Большие расходы воды, забираемые вертикальными скважинами из песчано-галечниковых отложений в первую очередь, приводят к снижению напора в этих отложениях и образованию в них депрессионных пьезометрических поверхностей. Вследствие этого на определенной площади устраняется препятствие для общего понижения уровня грунтовых вод. Снижение пьезометрических напоров в песчано-галечниковых отложениях в общем виде может быть иллюстрировано нижеследующими данными, полученными на участке вертикального дренажа в совхозе «Социализм» (табл. 10).

Таблица 10

Показатель, м	Расстояние от вертикальной скважины, м			
	13	18	185	300
Горизонт воды перед откачкой	6,54	6,54	6,58	6,61
Горизонт воды через сутки после начала откачки . .	2,83	2,95	4,62	5,31
Снижение напора	3,71	3,59	1,96	1,30

Коренным образом меняя естественный характер режима подземных вод, вертикальный дренаж активно воздействует и на режим грунтовых вод, ибо воды различных горизонтов здесь не изолированы друг от друга и составляют единое целое.

В отличие от горизонтального дренажа, который не изменяет природного режима грунтовых вод, при откачке из вертикальных скважин предотвращаются климатические подъемы уровня грунтовых вод, и они, как правило, залегают значительно глубже от поверхности почвы. Скорости снижения грунтовых вод под действием вертикального дренажа, как показывают исследования, в несколько раз больше скоростей, наблюдаемых на участке, мелниорируемом горизонтальным дренажом. Влияние откачки на режим грунтовых вод можно ви-

деть на рис. 18, где наряду с кривой динамики уровня грунтовых вод на фоне вертикального дренажа приведены кривые динамики уровня грунтовых вод на фоне горизонтального дренажа и в бездренажных условиях.

В зависимости от продолжительности откачки и минерализации откачиваемых вод одной скважины за год может быть удалено до 10 тыс. т и более воднорастворимых солей. Поэтому и эффективность рассоления почвогрунтов при вертикальном дренаже намного выше, чем при горизонтальном. Так, если в условиях горизонтального дренажа ежегодное уменьшение запасов воднорастворимых солей в покровных суглинках исчисляется в 8—11 т/га (при открытом) и 25—30 т/га (при закрытом), то в зоне действия вертикального дренажа это уменьшение, по данным Х. Якубова и В. А. Барона, составляет более 60 т/га. Если же при этом учесть, что часть солей (примерно до 5 т/га) восстанавливается в покровных суглинках за счет восходящих токов слабоминерализованных подземных вод, а при вертикальном дренаже эти токи ликвидируются, то мелиорирующий эффект вертикальных скважин в сравнении с горизонтальным дренажом будет еще большим.

Мелиорирующая эффективность вертикального дренажа может быть еще более повышена при использовании откачиваемых подземных вод на орошение и промывку. Однако при этом необходимо учитывать, что со временем вследствие перемещения солей и мине-

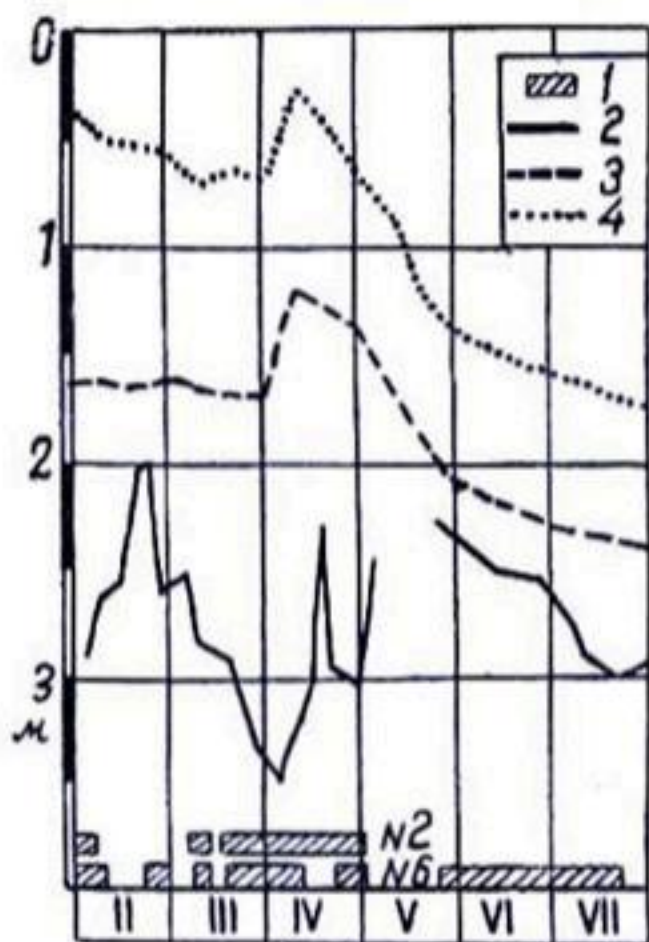


Рис. 18. Динамика уровня грунтовых вод при действии различных видов дренажа и в бездренажных условиях:

1 — работа скважин вертикального дренажа; 2 — горизонт грунтовых вод на участке вертикального дренажа; 3 — горизонт грунтовых вод на участке горизонтального дренажа; 4 — горизонт грунтовых вод в бездренажных условиях.

рализованных вод в нижние горизонты минерализация откачиваемых вод повышается и ухудшается ее качество. Это можно видеть из табл. 11, где приведены среднегодовые данные по скважине № 6 совхоза «Социализм», которая эксплуатируется уже более 6 лет.

Таблица 11

Год	Плотный остаток, г/л	В том числе, г/л				% вредных солей
		NaCl	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	Ca(HCO ₃) ₂ + CaSO ₄	
1960	1,42	0,49	0,19	0,30	0,41	70,5
1961	1,47	0,48	0,20	0,36	0,34	75,0
1962	1,62	0,56	0,20	0,44	0,36	76,5
1963	1,83	0,56	0,37	0,43	0,39	77,8
1964	1,92	0,66	0,15	0,59	0,52	73,0
1965	2,08	0,68	0,20	0,65	0,53	74,3
1966	2,20	0,67	0,53	0,53	0,47	78,8

Улучшение мелиоративного состояния при действии вертикального дренажа способствует заметному повышению урожайности. Например, в совхозе «Социализм» на фоне вертикального дренажа уже в первые годы его работы на ранее заброшенных вследствие засоления землях было получено по 22,3 ц/га хлопка-сырца.

В заключение необходимо подчеркнуть еще раз, что одним дренажом нельзя получить улучшения мелиоративного состояния засоленных земель. Только комплекс мероприятий, включающий в себя систему обработки почвы и ухода за растениями, орошение и планировку, приемы борьбы с бесполезными потерями оросительной воды и хлопково-люцерновые севообороты, плановые водопользования и дренаж и т. д., способны обеспечить прогрессирующее рассоление почв и резкий рост урожайности всех сельскохозяйственных культур.

О Г Л А В Л Е Н И Е

В в е д е н и е	3
Причины засоления почв и действие солей на растения.	6
Основные виды дренажа, применяемые для улучшения засо- ленных почв, их устройство и эксплуатация	12
Открытый горизонтальный дренаж	13
Закрытый горизонтальный дренаж	16
Вертикальный дренаж	28
Механизм действия дренажа	33
Из истории развития дренажа в Голодной степи	40
Мелиорирующее действие дренажа (на примере старой зоны орошения Голодной степи)	47
