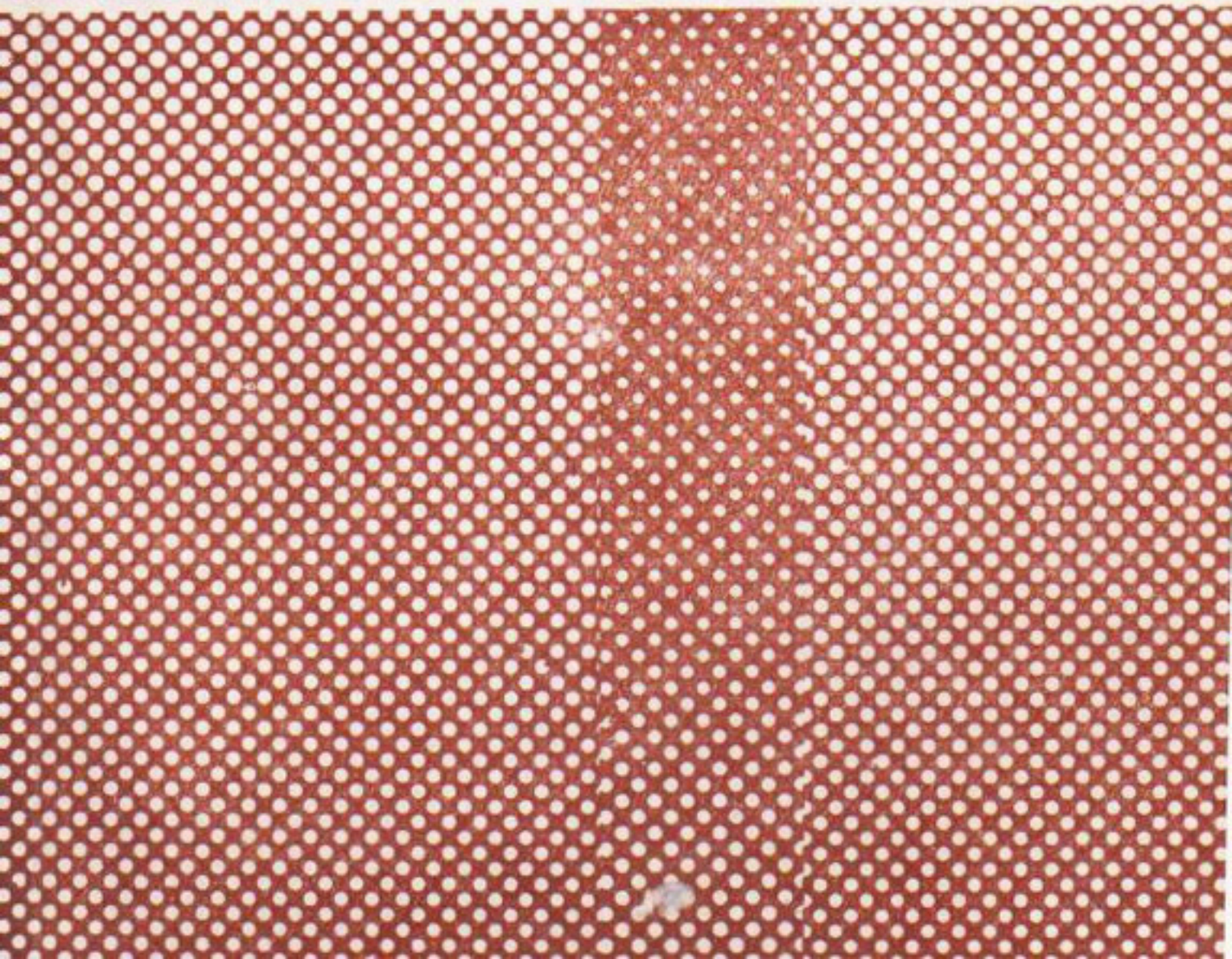
М. К. ГРОМАТОВИЧ,
В. Т. ЛЕВ

Дренаж

НА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЛЯХ УЗБЕКИСТАНА



М. К. ГРОМАТОВИЧ,
В. Т. ЛЕВ

ДРЕНАЖ НА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЛЯХ УЗБЕКИСТАНА

ТАШКЕНТ
«МЕХНАТ»
1987

УДК 631.626
ББК 42.16
Г 87

Рецензент — кандидат технических наук *О. П. Татур*

Громатович М. К., Лев В. Т.
Г 87 Дренаж на засоленных землях Узбекистана.— Т.: Мехнат, 1987. — 120 с.
1. Соавт.

В книге на основании анализа результатов многолетних исследований рассматривается проблема применения различного типа дренажа на засоленных орошаемых землях в Голодной, Джизакской, Каршинской и Сурхан-Шерабадской степях. В работе рассматриваются конструктивные особенности дренажа, технология и способы его строительства и проектирования, элементы коллекторно-дренажной сети и схемы ее расположения. Специальными исследованиями выявлена мелиоративная эффективность дренажных устройств в новой зоне хлопководства, уделено внимание вопросам эксплуатационной надежности дренажа и причинам выхода его из строя, показаны ремонтно-восстановительные работы и организация эксплуатационной службы. На основании данных многолетних исследований приводятся сведения об экономической эффективности дренажа в зонах хлопководства.

Рассчитана на специалистов-мелиораторов, агрономов, преподавателей сельхозвузов и студентов.

ББК 42.16

Г $\frac{3802030100-53}{M\ 359(04)-87}$ 31—86

© Издательство «Мехнат», 1987 г.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Советском Союзе осуществляется обширная долговременная программа мелиоративного строительства, определенная решениями XXIV—XXVII съездов КПСС и Пленумов ЦК КПСС. В Долговременной программе мелиорации, повышения эффективности использования мелиорированных земель в целях устойчивого наращивания продовольственного фонда страны помимо увеличения площадей новоорошаемых земель была поставлена задача реконструкции старых оросительных систем, и улучшения качества плодородия земель.

В свете этих задач на XXI съезде компартии Узбекистана указывалось на необходимость повышения отдачи орошаемых земель, разработки мер по улучшению их плодородия и рационального использования земельных и водных ресурсов.

Практика освоения орошаемых земель показывает, что дополнительное увлажнение верхних горизонтов почвогрунтов практически всегда сопровождается сбросом части поливных вод вниз. Эти воды существенно увеличивают питание грунтовых вод и вызывают подъем их уровня из-за недостаточной естественной дренированности. Подъем грунтовых вод создает угрозу заболачивания и вторичного засоления земель, в силу большого содержания солей в почвогрунтах и грунтовых водах, что часто наблюдается в условиях жаркого климата.

В настоящее время в Узбекистане более 40% земель в различной степени засолены. Орошение распространилось на новые массивы, где земли менее удобные по природным условиям и 70% из них засолены или подвержены засолению. На староорошаемых массивах, где

не проведена реконструкция старой дренажной сети или она неправильно эксплуатируется, также появились засоленные земли. Недостаточность дренажа или его плохая работа вызывает ухудшение мелиоративного состояния, а, следовательно, и плодородия земель. Основной способ борьбы с засолением земель — внедрение дренажа и создание оптимального водно-солевого режима почвогрунтов.

Узбекистан — один из древнейших центров земледелия и самый крупный район поливного земледелия Советского Союза. На его долю приходится более 20% орошаемых земель страны. При существующих темпах освоения новых земель к 2000 г. орошаемая площадь в Узбекистане возрастет до 5,0—5,5 млн га.

В настоящее время в республике искусственно дренируется около 2500 тыс. га орошаемых земель. Протяженность коллекторно-дренажной сети достигла 106,1 тыс. км. В среднем на 1 га дренируемой площади приходится около 40 м дренажа. На засоленных землях хлопковой зоны Узбекистана быстрыми темпами строится закрытый горизонтальный дренаж. Общая его длина достигла почти 36 тыс. км. Он построен на площади около 540 тыс. га.

Для улучшения мелиоративного состояния земель во многих областях строится вертикальный дренаж, насчитывающий более 2540 скважин, которыми дренируется 380 тыс. га. В Каршинской степи на площади 60 тыс. га строится комбинированный дренаж. На перспективу до 2000 г. протяженность закрытого горизонтального дренажа в Узбекистане значительно возрастет. Вертикальным дренажем также будут охвачены большие площади.

Такой объем строительства дренажа вызывает необходимость создания на орошаемых землях совершенных, перспективных и наиболее надежных в эксплуатации дренажных систем. Технически грамотно запроектированный, построенный и правильно эксплуатируемый дренаж на орошаемых землях, подверженных засолению, в сочетании с новейшей техникой орошения и оптимальным режимом орошения позволит повысить эффективность использования орошаемых земель, добиться увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и быстрой окупаемости капиталовложений в мелиорацию.

Глава I. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ОРОШАЕМЫХ РАЙОНОВ И НЕОБХОДИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ДРЕНАЖА

Засоление почв и влияние солей на растения

В Узбекистане основные орошаемые площади или засолены или подвержены засолению. Из имеющихся 3,8 млн га поливной пашни почти половина в различной степени засолена. Выращивание хлопчатника и других культур на этих землях возможно при удалении избыточного содержания солей. Решение такой задачи возможно при проведении комплекса мелиоративных мероприятий, главным элементом которого является дренаж как наиболее эффективное средство предотвращения засоления орошаемых земель.

Под дренажем понимается процесс удаления из корнеобитаемой толщи излишков влаги. Он необходим и на заболоченных, и на засоленных землях. Основной его ролью в районах, подверженных засолению, является поддержание на определенной глубине грунтовых вод, создание нисходящих токов, отвод излишков воды и солей за пределы мелиорируемой территории.

Для снижения содержания солей в почвах хлопковой зоны требуются проведение большого объема капитальных и профилактических промывок, промывной и дифференцированный режимы орошения, различные виды дренажа.

К засоленным землям относятся почвы, в которых легкорастворимые соли находятся в количествах, угнетающих растения хлопчатника и снижающих урожайность. Наличие в почве избыточного их количества ухудшает ее водно-физические свойства, снижает способность поглощения воды растениями.

Засоленные почвы подразделяются на солончаки и солончаковые, солонцы и солонцеватые почвы.

Солончаки и солончаковые почвы содержат в верхних горизонтах до 3% растворимых солей, они могут быть

слабо-, средне- и сильнозасоленными (табл. 1). Для почв этой группы характерны близкое залегание минерализованных грунтовых вод (1—2 м) и опасность вторичного засоления. Одним из главных факторов, влияющих на степень их засоления, являются поливные и минерализованные грунтовые воды, которые в бездренажных условиях интенсивно испаряются и ухудшают мелиоративное состояние земель, тем самым снижая урожайность хлопчатника.

Таблица 1

Классификация почв по степени засоления

Степень засоления	Группа	Содержание солей, %					
		хлористых			сульфатных		
		плотный остаток	Cl	SO_4	плотный остаток	Cl	SO_4
Незасоленные	I	<0,3	<0,02	<0,1	<0,3	<0,02	<0,1
Слабая	II	0,3—0,5	0,02—0,04	0,1—0,3	0,5—1,0	0,02	0,3—0,4
Средняя	III	0,5—1,0	0,04—0,1	0,3—0,4	1,0—2,0	0,04	0,4—0,6
Сильная	IV	1,0—2,0	0,1—0,2	0,4—0,6	2,0—3,0	0,1	0,6—0,8
Солончаки	V	>2,0	>0,1	>0,8	>2,0	>0,1	>0,8

При слабом засолении почв урожай хлопчатника снижается на 5—20%, при среднем — на 30—60%, на солончаках большинство культур полностью погибает.

Наибольшие площади засоления (около 20%) отмечались в новой зоне Голодной и Джизакской степей на территории конусов выноса саев в районе, примыкающем к Южному Голодностепскому каналу (территории совхозов № 2, 3, 4, 5, 6, 8, «Пахтакор» Голодной и № 3, 4, 5, 6 Джизакской степей).

На территории первой очереди освоения Каршинской степи более 10% земель были сильно засолены. Наибольшие площади засоления наблюдались на территории конусов выноса в зоне контакта аллювиальных и пролювиальных отложений (Чарагыльское понижение). Более 28% земель центральной части Сурхан-Шерабадского массива были засолены еще до освоения.

В проектных институтах Средней Азии характеристика засоления почв при многочисленных анализах производится по содержанию иона натрия. Градации

Таблица 2

Классификация почв по степени засоления (иону натрия)

Степень засоления почв	Содержание иона натрия, мг/экв.
Незасоленные	<1
Слабозасоленные	1—2
Среднезасоленные	2—6
Сильнозасоленные	6—12
Очень сильнозасоленные	12—18
Чрезвычайно сильнозасоленные	>18

засоления выделяются в соответствии с разработками Н. Г. Минашиной и Г. М. Тополова [7], а также инструкцией института Средазгипроводхлопок (табл. 2).

Степень засоления орошаемых почв можно определить и по состоянию растений хлопчатника (по Б. В. Федорову). К слабозасоленным относятся поля, имеющие легкие выцветы солей на гребнях грядок. Рост хлопчатника местами угнетен. К среднезасоленным относятся поля с заметным угнетением хлопчатника и значительной изреженностью его, к сильнозасоленным — поля с большой изреженностью и сильным угнетением.

По токсичности соли подразделяются на слабые, средние и сильные степени воздействия на растения. Встречающиеся в почвах хлопковой зоны Узбекистана, соли располагаются по вредности в следующем порядке: $Na_2CO_3 > NaCl > Na_2SO_4$. Допустимое содержание вредных солей в почве для хлопчатника: по карбонату натрия (нормальная сода Na_2CO_3)—0,005—0,01%, хлористому натрию (поваренная соль NaCl)—0,01—0,02 и сернокислому натрию (глауберовая соль Na_2SO_4)—0,3—0,4%. Перечисленные соли особенно угнетают рост молодых растений.

Солонцы и солонцеватые почвы распространены в полупустынных районах Узбекистана.

Солонцеватые почвы характеризуются сильной щелочной реакцией и наличием в поглощающем комплексе обменного натрия. Высокая концентрация солей проявляется в повышении осмотического давления почвенного раствора, препятствующего передвижению из почвы воды и элементов питания в растения. За счет повышения засоления почвы в растениях происходят необ-

ратимые процессы нарушения обмена веществ, приводящие к их гибели.

Угнетение растений хлопчатника можно ослабить и предотвратить выбором оптимального режима орошения с учетом водно-физических свойств почвы. Поступление в растения воды и элементов питания осуществляется за счет поглощающей силы листьев и корней. Показатели этой силы определяются степенью засоления почв и биологическими особенностями растений. У овощных культур поглощающая сила находится в пределах 2—5 атм. У хлопчатника она повышается до 10—15, а у растений, произрастающих только на засоленных землях, увеличивается до 30—40 атм. Установлено, что в зависимости от содержания в почве солей и влаги ее водоудерживающая способность меняется: чем больше солей и меньше влаги в почве, тем выше ее водоудерживающая способность.

На засоленных землях хлопковой зоны при влажности почвы 18—20% массы водоудерживающая способность доходит до 30 атм, если содержание влаги уменьшается, она возрастает до 40 атм. Высокое содержание солей в почве и недостаток влаги в ней вызывают физиологическую сухость и расстройство минерального питания растений хлопчатника, а избыточное количество солей натрия и хлора — солевое отравление. Очень часто в условиях избыточного засоления почв возникает вспышка щелочности, вызывающая гибель растений в течение двух-трех часов. Избыточное содержание солей в почвах снижает эффективность промывного режима орошения и нормы минеральных удобрений. Промывной же режим орошения ослабляет вредное воздействие солей на растения хлопчатника при поддержании минерализованных грунтовых вод на критической глубине. На засоленных и подверженных засолению почвах предполивная влажность для хлопчатника должна быть не ниже 75—80% НВ, а поливные нормы промывного типа — 1000—1200 м³/га.

Под солеустойчивостью сельскохозяйственных культур понимаются те предельные величины содержания солей в почве и концентрации почвенного раствора, при которых возможны нормальный рост, развитие и получение высокого урожая хлопка-сырца. Солеустойчивость у растений зависит от их биологических особенностей (род, вид и сорт), возраста растений, состава солей в

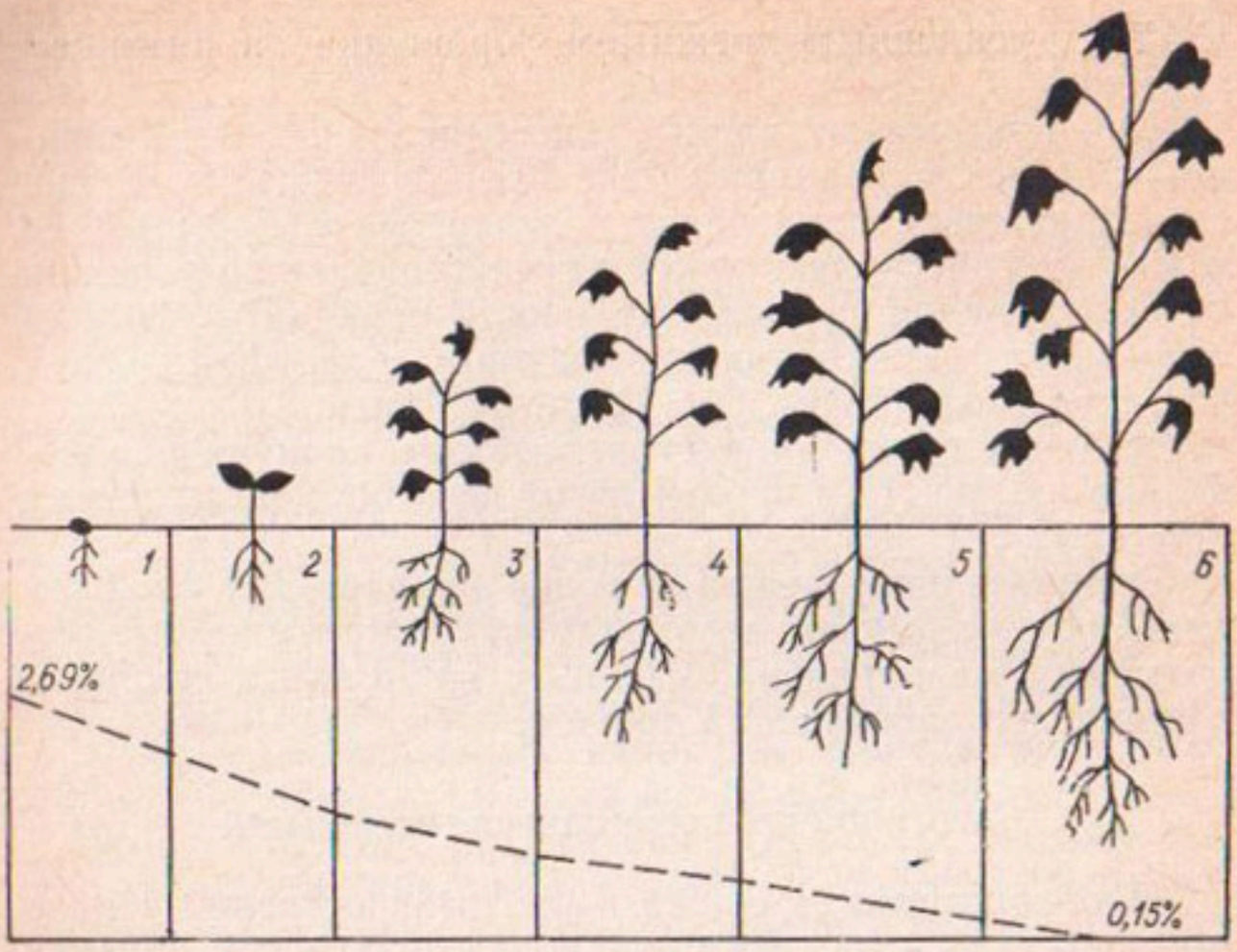


Рис. 1. Рост и развитие хлопчатника на различно засоленных участках (по Б. П. Строгонову):

1-солончаковое пятно; *2*-очень сильнозасоленные; *3*-сильнозасоленные; *4*-среднезасоленные; *5*-слабозасоленные; *6*-очень слабозасоленные

почве, содержания влаги и питательных веществ. Все культурные растения характеризуются невысокой солеустойчивостью, среди них бобовые маш, фасоль, горох. Относительной солеустойчивостью обладают хлопчатник, просо, ячмень; повышенной — тонковолокнистые сорта хлопчатника, а также свекла и сорго.

Степень солеустойчивости хлопчатника зависит от типа почв и характера их засоления: при хлоридном засолении она значительно ниже, чем при сульфатном. На солеустойчивость хлопчатника влияют запасы влаги в почве: чем больше ее, тем выше сопротивляемость растений солям, т. к. концентрация почвенного раствора в таком случае ниже и это обеспечивает поступление в растения воды и элементов питания.

Повысить солеустойчивость хлопчатника можно выведением специальных сортов, предпосевной обработкой семян солевыми растворами, минерализованными водами или внесением кальция в почву в виде CaO или

$CaCO_3$, усиленным режимом орошения и питанием растений.

Как показывают данные многочисленных исследований, засоление нарушает все физиологические процессы, задерживает появление всходов, фазу бутонизации и цветения, несколько ускоряет наступление созревания. Однако в целом продолжительность периода от сева до созревания урожая при повышенном содержании солей в почвах увеличивается со 114 до 139 дней.

Влияние солей на рост и развитие хлопчатника показано на рис. 1 (в процентах от веса почв по плотному остатку).

Отрицательное действие солей на растения хлопчатника обусловливает необходимость проведения мелиоративных мероприятий, главным из которых является эффективно работающий дренаж.

Обоснование необходимости дренажа

Необходимость дренажа в проектах освоения земель обосновывается анализом природных особенностей массива. Главными факторами для обязательного строительства дренажа при орошении являются отсутствие или недостаточность естественной дренированности территории, глубина залегания грунтовых вод, их минерализация и климатические условия.

Климатические показатели для регионов Узбекской ССР отличаются большими величинами активных температур (4100—6100° за год), испаряемости (900—1500 мм за год) и минимальным количеством осадков (80—320 мм за год). Значительный дефицит влажности при сельскохозяйственном освоении предопределяет необходимость искусственного орошения, с развитием которого на плохо дренируемых территориях происходит подъем грунтовых вод, что в условиях их высокой минерализации и жаркого климата приводит к засолению почв.

Массивы нового орошения Узбекистана в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи расположены в средних, нижних и дельтовых частях аллювиальных или пролювиальных равнин, отличающихся небольшими уклонами местности, низкой водопроницаемостью покровных почвогрунтов, многослойностью и фациальной изменчивостью отложений в плане и в разрезе, что обусловливает

затрудненность подземного оттока и подъема грунтовых вод. Если грунтовые воды минерализованы, что особенно характерно для средних и нижних долин рек, то их подъем выше критической глубины приводит к засолению почвогрунтов.

Прогнозы подъема грунтовых вод до критической глубины, составленные Узбекским гидрогеологическим объединением в Голодной и Шерабадской степях, предполагали, что при залегании грунтовых вод на глубине до 5 м их подъем произойдет через 2 года, при глубине 5—10 м — через 5—7 лет, а при 10—15 м — через 7—10 лет. Однако эти прогнозы не оправдались. В Голодной, Шерабадской и Каршинской степях повышался уровень грунтовых вод более чем на два метра в год и фактически критические глубины были достигнуты в 2—3 раза раньше прогнозируемого срока. Ошибки в расчетах были связаны с неполным учетом элементов водного баланса на эксплуатационный период.

Необходимость применения дренажа полностью обосновывается анализом водного и солевого баланса орошаемого массива для перспективного использования земель. Только такой анализ может выявить причины неудовлетворительного мелиоративного состояния земель, на которые должен воздействовать дренаж, например, приток сбоку, снижение напора снизу и т. д.

Почвенно-мелиоративное районирование

Под режимом орошения понимается совокупность числа, сроков и норм поливов. Орошение на массивах должно проводиться, исходя из двух принципиальных положений. С одной стороны, орошение обеспечивает в почве оптимальные водно-воздушный и питательный режимы, необходимые для нормального роста и развития растений и получения высоких урожаев возделываемых культур при экономных затратах оросительной воды. С другой—оно является составной частью сложного комплекса мелиоративных мероприятий по предотвращению вторичного засоления почв или рассолению в той или иной степени засоленных почвогрунтов и грунтовых вод.

При подъеме уровня грунтовых вод до 4 м и выше орошение должно строиться по принципу промывного

режима — увеличение поливных норм при сокращении числа поливов в вегетационный период и промывные поливы повышенной нормой в осенне-зимний. Обычно предусматривается увеличение поливных и оросительных норм на 10—20%. Промывной режим орошения может осуществляться лишь при наличии дренажа. Оросительная норма при неглубоком залегании уровня грунтовых вод зависит главным образом от сложения почвогрунта по механическому составу и уровня грунтовых вод.

В настоящее время общепринятой является группировка почв по механическому составу и уровню залегания грунтовых вод в девять гидромодульных районов, разработанная Средазгипроводхлопком. В этой классификации выделяются три климатические зоны: С — Северная, Ц — центральная и Ю — южная; четыре высотно-поясные зоны по типам почвообразования: А — пустынная, $А_1$ — переходная от пустыни к поясу сероземов, Б — сероземных эфемеровых степей и светлых сероземов, В — типичных сероземов.

В зависимости от условий питания и оттока грунтовых вод образуются почвенно-мелиоративные области: а) обеспеченного оттока подземных вод с устойчиво глубоким их залеганием, не влияющим на почвообразование — область погружения, б) интенсивного внешнего притока и затрудненного оттока грунтовых вод с устойчиво близким их залеганием, обусловливающим гидроморфные условия почвообразования — область выклинивания, в) затрудненного внешнего притока и оттока грунтовых вод с неустойчивой глубиной залегания и режимом, зависящим от местных условий.

Дренаж поддерживает уровень грунтовых вод на глубине от 2 до 3 м. Этим глубинам для суглинистых почв соответствуют IV и V гидромодульные районы. Данные о водоподаче в вегетационный период для основных культур севооборота приведены в табл. 4. Как видно из таблицы, оросительные нормы IV гидромодульного района для хлопчатника увеличиваются от 5500 м³/га в северной климатической зоне пустыни С—II—А до 7500 м³/га в южной Ю—II—А. Кроме вегетационных поливов, во всех климатических зонах предусматриваются влагозарядковые нормами от 2100 м³/га (С—II—А) до 2700 м³/га (Ю—II—А), а в центральной (Ц—II) и южных (Ю—I и Ю—II) почвенно-климати-

Таблица 3

Расчетные значения оросительных норм сельхозкультур в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи (Средазгипроводхлопок)*

Почвенно-климатическая зона	Почвенно-мелиоративная область	Гидромодульный район	Хлопчатник		Люцерна	
			оросит. норма, м³/га	сроки	оросит норма, м³/га	сроки
С-II-А	в	IV	5500	26.V. — 5.IX	7500	16.IV. — 20.IX
		V	5300	1.VI. — 5.IX	7100	21.IV. — 15.IX
-Б	в	IV	5100	1.VI. — 5.IX	6900	26.IV. — 20.IX
		V	4500	6.VI. — 5.IX	6600	1.V. — 15.IX
Ц-I-А	в	IV	6100	26.V. — 10.IX	8100	11.IV. — 20.IX
		V	5800	1.VI. — 10.IX	7700	16.IV — 20.IX
-Б	в	IV	5500	26.V. — 10.IX	7500	21.IV — 20.IX
		V	5200	1.VI. — 10.IX	7100	26.IV — 20.IX
-В	б	IV	4500	6.VI. — 10.IX	6200	6.V. — 20.IX
		V	4200	11.VI. — 10.IX	5800	11.V. — 15.IX
Ц-II-А	в	IV	6500	21.V. — 10.IX	8700	6.IV. — 25.IX
		V	6200	26.V. — 10.IX	8400	11.IV. — 20.IX
-Б	в	IV	6000	21.V. — 10.IX	8100	16.IV. — 25.IX
		V	5700	26.V. — 10.IX	7700	21.IV. — 20.IX
-В	б	IV	4900	1.VI. — 10.IX	6600	1.V. — 20.IX
		V	4600	6.VI. — 10.IX	6200	6.V. — 20.IX
Ю-I-А	в	IV	7100	16.V. — 15.IX	9500	1.IV. — 25.IX
		V	6800	21.V. — 15.IX	9100	6.IV. — 25.IX
-Б	в	IV	6400	16.V. — 15.IX	8600	11.IV. — 25.IX
		V	6100	21.V. — 15.IX	8200	16.IV. — 25.IX
-В	б	IV	5300	26.V. — 15.IX	7100	26.IV. — 25.IX
		V	5000	1.IV. — 15.IX	6600	1.V. — 20.IX
Ю-II-А	в	IV	7500	11.V. — 20.IX	10200	26.III. — 30.IX
		V	7200	16.V. — 20.IX	9700	1.IV. — 25.IX
-Б	в	IV	7000	11.V. — 20.IX	9300	6.IV. — 30.IX
		V	6700	16.V. — 20.IX	8900	11.IV. — 25.IX
-В	б	IV	5700	21.V. — 20.IX	7700	21.IV. — 25.IX
		V	5300	26.V. — 20.IX	7100	26.IV. — 25.IX

*В назначенные оросительные нормы введен коэффициент на создание промывного режима орошения.

ческих зонах проводятся предпахотные нормой 700 м³/га (табл. 3).

Указанный режим орошения обеспечивает предотвращение вторичного засоления почв и способствует постепенному рассолению почвогрунтов и грунтовых вод.

Природные условия новоорошаемых земель. Голодная и Джизакская степи

Орошаемые массивы Голодной и южной части Джизакской степей расположены в климатической зоне Ц—II (по классификации института Средазгипроводхлопок), где среднегодовая температура воздуха достигает 12—14°, а продолжительность безморозного периода составляет в южной части 183—198, в средней —204—205 дней. Сумма положительных температур за безморозный период по районам Голодной степи изменяется в следующих пределах: на севере и северо-западе 4,1—4,4, в средней 4,3—4,4 и на юге 4,6—5,0 тыс. градусов.

По количеству осадков южная часть Голодной степи значительно отличается как от средней, так и от северо-западной части. Наибольшее количество выпадает в районе Джизака (416 мм), наименьшее — в районе Чардары (160 мм). В средней части Голодной степи годовая сумма атмосферных осадков колеблется в пределах 241—274 мм, относительная влажность воздуха в летний период составляет 27—48%.

Направление и характер почвообразования, а также мелиоративные условия каждого района зоны полупустынь в значительной мере определяются геолого-геоморфологическими и гидрогеологическими особенностями территории.

По особенностям морфо- и литогенеза Голодную степь делят на две части: аллювиальную, связанную с деятельностью реки Сырдарьи, и пролювиальную, зависимую от водных потоков с Туркестанского хребта. Подгорная равнина, постепенно выполаживаясь, переходит в плоскую равнину-плато, занимающее большую часть Голодной степи. Вдоль Сырдарьи плато сменяется третьей надпойменной террасой, на территории которой расположены древнерусловые понижения: Шурузякское, Сардобинское, Джетысайское.

Центральная часть Голодной степи характеризуется однородными суглинистыми отложениями четвертичного возраста. Коренные породы залегают здесь на глубине от 200 до 500 м.

Юго-восточная часть Голодной степи представляет периферию мелкоземистых шлейфов конусов выноса аккумулятивной подгорной равнины северных склонов Туркестанского хребта, сложенную слоистой толщей

легких и средних суглинков с прослоями тяжелых суглинков и глин.

Южная часть Голодной степи — Джизакский массив приурочен в основном к слившимся конусам выноса, образующим предгорный шлейф Туркестанского хребта. Здесь отмечается характерная для шлейфов дифференциация обломочного материала — выклинивание крупнообломочных пород от гор к равнинам и замещение их глинистыми породами.

Толща суглинков, супесей и глин Голодностепского комплекса мощностью 40—80 м включает отдельные пласты и прослои крупнообломочных пород. На периферии предгорного шлейфа происходит выклинивание водоносных пластов, в связи с чем грунтовые воды здесь близко расположены к дневной поверхности, где происходит их испарение.

Голодностепская впадина является огромным гидрогеологическим бассейном, формирующимся под действием грунтового и поверхностного стока с Туркестанского хребта, а также под влиянием подруслового потока реки Сырдарьи. На площади массива прослеживаются четыре гидрогеологические зоны: а) погружения поверхностных вод, расположенная в предгорной части и подстилаемая галечниками, является верхней частью конусов выноса;

б) разгрузки напорных вод, приуроченная к районам выклинивания грунтовых вод в местах приближения погребенных конусов выноса к дневной поверхности;

в) транзита потока в однообразной толще аллювиальных отложений;

г) рассеивания и погружения грунтовых вод, уровень которых выше уровня напорных.

Зона «а» характеризуется слабоминерализованными грунтовыми водами (до 1 г/л), зона «б»— сульфатно-хлоридно-натриевым типом минерализации грунтовых вод (от 3 до 40 г/л), зона «в» и «г»— хлоридно-сульфатно-натриевым (от 15 до 50 г/л).

До начала орошения грунтовые воды залегают глубоко (10—20 м и более). Слабая естественная дренированность массива, низкие значения коэффициента фильтрации и водоотдачи при орошении вызывают резкий их подъем.

Почвы в Голодной степи представлены в основном светлыми сероземами с различной степенью засоления,

Таблица 4

Критическая глубина грунтовых вод

Минерализация грунтовых вод, г/л	Критическая глубина, м
Менее 3 (пресные)	1,60 — 2,06
3 — 5 (слабоминерализованные)	1,60 — 2,50
5 — 10 (среднеминерализованные)	1,96 — 2,65

местами — луговыми и солончаками. Около 50% земель Джизакского массива и центральной части Голодной степи образованы гипсированными почвами с различной степенью засоления.

Гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия требуют применения полного комплекса гидротехнических и агротехнических мероприятий: дренаж, промывки засоленных земель, промывной режим орошения, прогрессивные способы полива, травопольная система севооборотов, обработка полей и внесение удобрений, биологический дренаж.

В новой зоне орошения Голодной степи и на территории первой очереди Джизакской степи в основном запроектирован горизонтальный дренаж, а на площади, где в толще отложений до глубины 60 м встречаются хорошо проницаемые слои пород,— вертикальный.

В первых проектах освоения массива глубина дренажа устанавливалась в зависимости от критической глубины грунтовых вод.

Д. М. Кац для орошения земель Голодной степи установил критические глубины залегания грунтовых вод в зависимости от их минерализации (табл. 4).

Институт Средазгипроводхлопок при назначении норм осушения руководствуется не только минерализацией грунтовых вод, но и механическим составом почвогрунтов. В связи с этим в зависимости от механического состава грунтов и минерализации грунтовых вод в Голодной степи приняты нормы осушения 2,2, 2,4 и 2,6 м.

Каршинская степь

Каршинская степь расположена в климатической зоне Ю—I. Резкая смена влажных и засушливых периодов здесь обусловлена проникновением арктических

холодных воздушных масс и нагретого воздуха из Каракумов.

Климат Каршинской степи характеризуется напряженным термическим режимом пустыни, где среднегодовая температура воздуха составляет +16, а в теплое полугодие (апрель-сентябрь) +27°. Сумма активных температур (выше +10°)—4500—5000°, длительность вегетационного периода —245 дней и более. Количество осадков составляет от 100 до 200 мм, возрастая на предгорных равнинах от 200 до 280 мм. Годовая испаряемость изменяется от 1500 мм в предгорьях до 2300 мм в пустынных равнинах. За полугодие (апрель-сентябрь) она изменяется от 1200 мм на орошаемых землях предгорий до 1800 мм на целинных землях в западной части. Высокие летние температуры и большое количество теплых дней создают благоприятные условия для выращивания тонковолокнистых сортов хлопчатника.

Каршинская степь располагается на Бухаро-Каршинской синклинальной внутриплатформенной структуре, окруженной с востока и юга горами Туркестано-Гиссарской системы. На всей территории развиты мезозойские и кайнозойские отложения, слагающие осадочный чехол, мощность которого (глубина до палеозойского фундамента) достигает 4000 м и более.

Вся исследуемая площадь, за исключением сводовой части Аляудинской группы антиклинальных структур и Майманактау, покрыта отложениями четвертичного возраста различной мощности, залегающими на поверхности неогеновых отложений, которые слабодислоцированы и усложнены последующими эрозионными процессами.

По генезису четвертичные отложения делятся на четыре группы: аллювиальные, аллювиально-пролювиальные, пролювиальные и эоловые. Подстилающие коренные породы неогенового возраста выделены в отдельную пятую группу.

В пределах территории Каршинской степи выделяются три рельефа: структурно-денудационный, денудационно-аккумулятивный и аккумулятивно-дельтовый.

В геологическом строении структурно-денудационного рельефа преобладают наиболее древние отложения, которые на глубине до 3—5 м покрыты пролювиальными образованиями четвертичного возраста, представ-

ленными супесями, песками с сочетанием обломков известняка.

Денудационно-аккумулятивный рельеф, в формировании которого главную роль играют бездолинные водотоки, стекающие с предгорий юго-западных отрогов Гиссарского хребта, делится на предгорную древнюю равнину, образованную периферийной частью древних слившихся конусов выноса мелких водотоков, пролювиальную слабоволнистую равнину, сложенную конусами выноса крупных водотоков, и пролювиальную волнисто-взбугренную равнину, образованную временными водными потоками, стекавшими с Аляудинтау и частично с Дульталитау.

Геологическое строение описываемой категории рельефа характеризуется развитыми пролювиальными отложениями четвертичного возраста и подстилающими их мощными отложениями верхнего неогена. Эти отложения представлены песками, гравием, супесями, суглинками и реже слабосцементированными песчаниками. Общая мощность их колеблется от 4 до 60 м. Особенностью литологического строения данной категории рельефа является невыдержанность литологических разновидностей. Верхненеогеновые отложения состоят из переслаивающейся толщи глин, алевролитов и песчаников. Мощность прослоев песчаников изменяется от 2 до 18 м, алевролитов — от 3 до 18, глин — от 2 до 20 м.

Аккумулятивно-дельтовой рельеф характерен для аллювиальной плоско-холмистой равнины современной долины реки Кашкадарьи, занимающей самую большую часть исследуемой территории.

Четвертичные отложения представлены переслаивающимися суглинками и супесями мощностью от 2 до 12 м, подстилаемыми разнозернистыми песками с гравием и прослоями глин и суглинков. Мощность песков достигает 20—30 м, общая мощность аллювиально-дельтовых отложений колеблется от 15 до 50 м. Неогеновые отложения, подстилающие четвертичный комплекс представлены глинами, алевролитами и песчаниками. Чарагыльское понижение также выполнено аллювиально-дельтовыми отложениями четвертичного возраста. Поверхность понижения покрыта коркой солончаков мощностью 0,1—0,2 м, ниже залегают суглинки и супеси с прослоями глин и песков, подстилаемые на глубине от

3 до 11 м разнозернистыми песками мощностью 6—13 м с прослоями глин и суглинков мощностью до 5 м.

В северной и центральной частях территории Каршинской степи грунтовые воды залегают на глубине от 1 до 5 м, в южной — от 5 до 50 м. Минерализация их различна — от гидрокарбонатно-кальциево-натриевой на севере, до сульфатно-хлоридно-натриевой на юге и в Чарагыльском понижении. Степень минерализации изменяется от 1—3 г/л на севере вдоль русла Кашкадарьи до 50 г/л в Чарагыльском понижении.

Из-за слабой водопроницаемости грунтов и незначительных уклонов местности Каршинская степь относится к областям с неустойчивым уровнем грунтовых вод и тяжелыми условиями подземного оттока. В естественных условиях потоки грунтовых вод имеют депрессионную кривую спада, а также наблюдается наличие субнапорных вод, пьезометрические уровни которых устанавливаются на 0,4—1,35 м выше уровня грунтовых.

Многослойность и фациальная изменчивость отложений, низкая водопроницаемость почвогрунтов обусловливают затрудненность подземного оттока, что при орошении вызывает подъем грунтовых вод и вторичное засоление почв. Основным мероприятием по предотвращению вторичного засоления почв должен быть дренаж.

Многообразие гидрогеологических условий массива позволило запроектировать на первой очереди освоения Каршинской степи горизонтальный дренаж на площади 90 тыс. га, комбинированный —62 и вертикальный — 54 тыс. га.

Сурхан-Шерабадская степь

Сурхан-Шерабадская степь расположена на юге Средней Азии и относится к зоне Ю—II. Общей чертой климата является резкая континентальность, характеризующаяся высокими летними температурами, малой относительной влажностью воздуха, высокой испаряемостью (1700—2500 мм), неравномерностью в сезонном распределении осадков. Сумма эффективных температур составляет 5300—6000°.

Абсолютный максимум температуры — 50 °С. Среднегодовое количество осадков 128—170 мм, относительная влажность воздуха от 20 до 46% (летний период).

Высокие температуры воздуха и большое количест-

во теплых дней создают благоприятные условия для выращивания тонковолокнистых сортов хлопчатника и ряда других теплолюбивых культур с длительным периодом вегетации.

В геоморфологическом отношении Сурхан-Шерабадский массив представляет собой обширную равнину, окруженную горными массивами. Центральная часть массива состоит из толщи четвертичных отложений, представленных сложным сочетанием генетических комплексов. Часть равнины Шерабад-Сурхандарьинской депрессии занимает русло реки Сурхандарьи, по обоим берегам которой прослеживаются четыре надпойменные террасы. В северной части хорошо выражены эрозионно-аккумулятивные формы рельефа, в строении которых основную роль играют пологие конусы выноса притоков реки Сурхандарьи. Сложены они гравийно-галечниковым материалом мощностью более 300 м, перекрытым сверху небольшим покровом мелкоземистых отложений. Южную часть депрессии занимает конус выноса реки Шерабад, к которой примыкают степь Кызырык-Дара, предгорная равнина и террасы Амударьи.

В строении поверхности южной части принимают участие породы различных геологических систем, из которых наибольшее развитие имеют четвертичные отложения общей мощностью от 40 до 300 м. Представлены они лессовидными суглинками, супесями, галечниками и песками.

Конус выноса реки Шерабад сложен валунно-галечниковым материалом мощностью более 300 м, покрытый мелкоземом до 3 м. Периферийная часть представлена толщей песков, супесей, глин.

Поверхность степи Кызырык-Дара сложена супесями мощностью до 25 м, подстилающимися песками и глинами.

Гидрогеологические условия в зависимости от литологических и геоморфологических факторов отличаются большим разнообразием. Грунтовые воды залегают на глубине от 1 до 10 м. Их минерализация составляет от 1 г/л в северной части до 20 г/л и более в южной. В центральной части массива подземные воды высоконапорны, на конусах выноса происходит их выклинивание. Еще до начала освоения эти земли были заболочены и местами засолены.

По почвенно-климатическому районированию земли

массива относятся к зонам: А — пустыни, $А_1$ — переходные к светлым сероземам. Почвы в основном сероземно-такырные (35%), такырные (50%) и солончаки (9,5%). До 50% земель не засолены, однако 20% среднезасоленных и 15—18% сильнозасоленных земель и солончаков нуждаются в промывках. Сильнозасоленные земли распространены в центральной части конусов выноса.

Орошение и освоение новых земель в зоне Южно-Сурханского водохранилища происходят в основном в неблагоприятных мелиоративных условиях и вызывают подъем минерализованных грунтовых вод. Поэтому одним из основных мелиоративных мероприятий, осуществляемых при орошении новых земель, является дренаж.

На землях верхней и средней части Шерабадского конуса выноса основным дренажем является вертикальный. Верхняя часть конуса выноса обслуживается перехватывающим рядом протяженностью 11 км, состоящим из 40 скважин, центральная — систематическим вертикальным дренажем с общим количеством скважин 190, расположенных по квадратной сетке. Площадь дренирования вертикальным дренажем 26,4 тыс. га, а территория массива, охваченная горизонтальным дренажем, составляет 190 тыс. га с удельной протяженностью от 20 до 75 м/га.

Глава II. ТИПЫ ДРЕНАЖА НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ УЗБЕКИСТАНА

Природные условия определяют дифференцированный подход к выбору типов, конструкций дренажа и методов его проектирования.

В зоне избыточного увлажнения дренирование земель производится для регулирования водно-воздушного, питательного и теплового режимов почв, в связи с чем дренаж в этой зоне проектируется мелкий и более частый. В зоне же недостаточного увлажнения дренирование земель должно обеспечивать солевой режим почвогрунтов. Нормы осушения здесь выше, а следовательно, и дренаж в аридных зонах необходим более глубокий и редкий.

Основными типами дренажа в настоящее время являются:

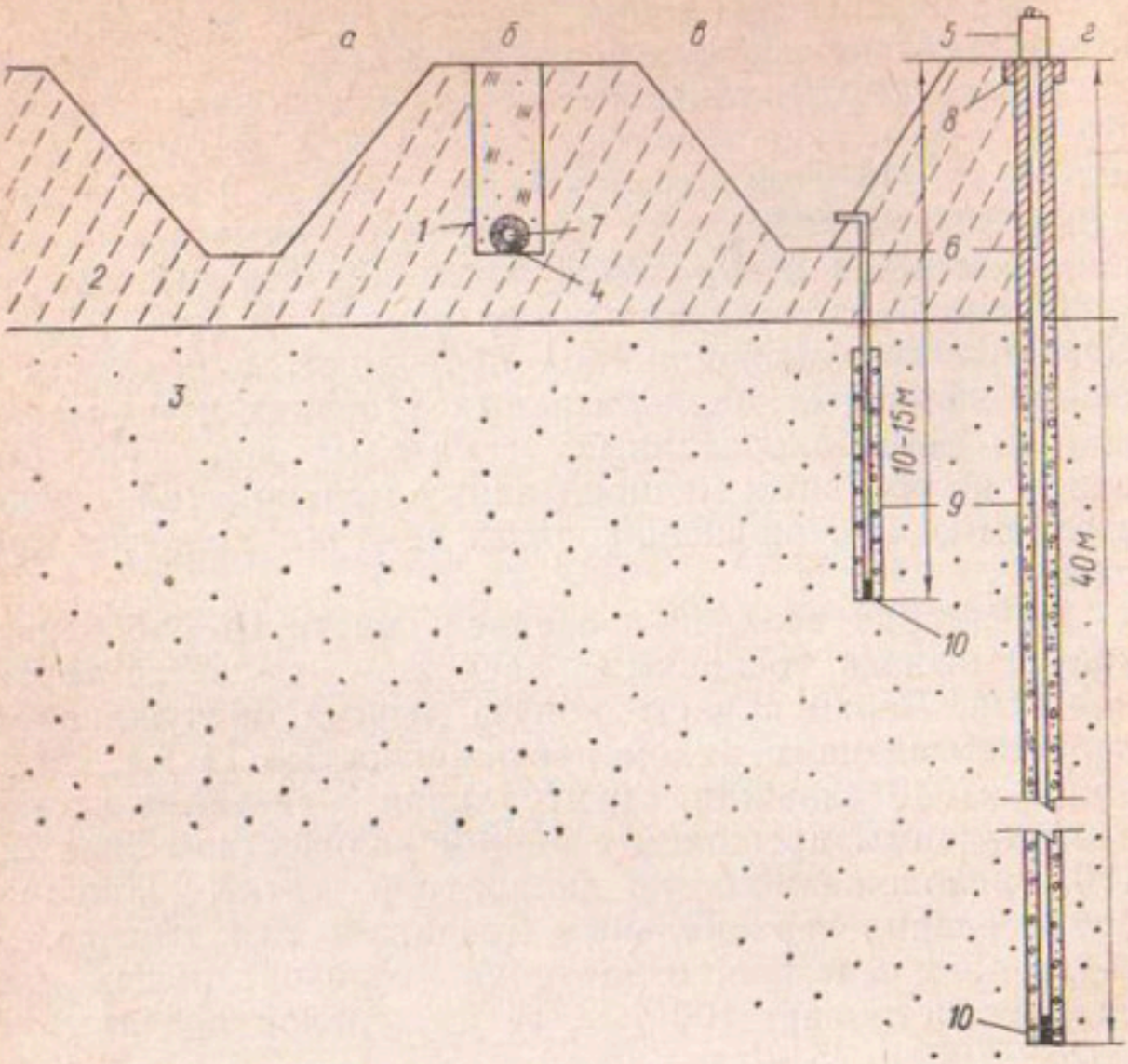


Рис. 2. Конструкции различного дренажа. Горизонтального: открытого (*а*), горизонтального закрытого (*б*), комбинированного (*в*), вертикального (*г*).

1-обратная засыпка; *2*-суглинок; *3*-песок; *4*-гравийная обсыпка; *5*-насосная установка; *6*-глухая труба; *7*-дренажная труба; *8*-цементная подушка; 9-фильтр; *10*-отстойник

1) горизонтальный — закрытый — в виде трубчатых дрен или открытый — в виде каналов;

2) вертикальный — в виде системы колодцев или скважин;

3) комбинированный — горизонтальный дренаж, усиленный самоизливающимися в дрены или коллекторы вертикальными колодцами (рис. 2).

По назначению и расположению отдельных элементов дренаж подразделяется на систематический и линейный (ограждающий).

Ограждающий дренаж применяется при защите массива от притока грунтовых вод с вышерасположенных

земель (со стороны водохранилищ, рек), в связи с чем он располагается линейно по контурам массива или отдельных его частей.

Систематический дренаж связан с инфильтрационным питанием массива, непосредственно регулирует водно-солевой режим почвогрунтов, отводит грунтовые воды с территории массива, располагается равномерно по всей дренируемой площади. Он обеспечивает: 1) поддержание грунтовых вод на глубине, необходимой для благоприятного водно-воздушного режима корневой системы сельскохозяйственных растений. В вегетационный период эта глубина не должна превышать норму осушения, которая для орошаемых районов Узбекистана составляет 2,2—2,8 м; 2) благоприятный солевой режим верхнего горизонта почвогрунтов; 3) отвод промывных вод в период капитальных и профилактических промывок.

Нагрузка на систематический дренаж меняется по периодам освоения. При капитальных промывках она значительно больше, чем при нормальной эксплуатации. Для уменьшения затрат расчет дренажа делают по нагрузке эксплуатационного периода, а сработка избыточной воды обеспечивается устройством на период промывок временного дренажа.

На орошаемых землях Узбекистана горизонтальный дренаж является основным. Он получил наибольшее распространение из-за дешевизны, простоты строительства и удобства эксплуатации, однако у него имеется ряд существенных недостатков. Земли, нуждающиеся в дренаже, характеризуются малыми уклонами поверхности и отсутствием поверхностного оттока. В таких условиях применение самотечного дренажа ограничивается заглублением дрен и большой протяженностью отводящих коллекторов. Применение же машинного подъема резко снижает экономический эффект.

Открытый горизонтальный дренаж требует частой прочистки от заиления и имеет низкое значение коэффициента земельного использования, а закрытый — более высокое значение коэффициента земельного использования и при качественном строительстве и правильной эксплуатации долгие годы обходится без ремонта.

Прогрессивным способом борьбы с засолением и заболачиванием орошаемых земель является вертикаль-

ный дренаж. Он позволяет осуществить в благоприятных гидрогеологических условиях глубокое регулируемое осушение на мелиорируемой территории, использовать откачиваемые воды на орошение без дополнительного водоподъема, повысить сельскохозяйственное использование земель, автоматизировать управление работой системы, сократить или полностью исключить очистку коллекторно-дренажной сети от зарастания и заиления.

В настоящее время в Ферганской долине, Бухарском оазисе, Голодной, Сурхан-Шерабадской и Каршинской степях действует более 1000 скважин вертикального дренажа. Однако большая строительная и особенно эксплуатационная стоимость ограничивают внедрение этого типа дренажа. Условием его целесообразного применения является наличие достаточно водообильного пласта (обычно с проводимостью пласта более 100 м^2/сут), нередко перекрытого слабопроницаемыми породами мощностью 20—40 м, при наличии гидравлической связи между пластами, а также избыточных напоров снизу.

Комбинированный дренаж на орошаемых землях, подверженных засолению, еще не получил широкого распространения, хотя его внедрение позволило бы во многих случаях получить значительно больший мелиоративный эффект, чем при устройстве горизонтального и вертикального дренажа.

Комбинированный дренаж представляет собой систему открытых или закрытых горизонтальных дрен и подключенных к ним вертикальных скважин-усилителей, вскрывающих хорошо проницаемые обводненные горизонты. Скважины комбинированного дренажа работают только под действием естественного напора, возникающего в результате разности уровня грунтовых вод в середине междренья и горизонта воды в устье скважины-усилителя. Отсутствие высоких градиентов в прифильтровой зоне позволяет значительно упростить конструкцию таких скважин, полностью устранить проблему энергоснабжения и насосно-силового оборудования.

Применение комбинированного дренажа наиболее эффективно в многослойных грунтах, когда дрена из-за отвода воды не может быть заглублена до хорошо проницаемого слоя и усилители дают прямой выход грун-

товой воде из нижнего слоя в дрену без больших потерь напора.

Комбинированный дренаж считается целесообразным, когда под слабопроницаемым слоем мощностью около 10—12 м залегает хорошо проницаемый пласт. Применяют комбинированный дренаж и в однородных среднепроницаемых грунтах для снятия незначительного напора и улучшения нисходящего движения в сильноминерализованных грунтовых водах.

Целесообразность применения того или иного типа дренажа должна определяться в соответствии с природными гидрогеологическими условиями и мелиоративным эффектом на основе расчетов по осушительному и рассолительному действию. Окончательное решение о выборе типа дренажа принимается на основе технико-экономических расчетов.

Методы расчета и проектирования дренажа

Расчет и проектирование дренажа продолжают оставаться наиболее сложной и трудоемкой частью проектов комплексных мелиоративных мероприятий. При проектировании отмечается следующая последовательность: определение нагрузки на дренаж, геофильтрационная схематизация, расчет параметров дренажа, гидравлические расчеты закрытых или открытых дрен, установление глубины заложения скважин, подбор фильтров, увязка дренажной сети с планом оросительной сети.

В проектах института Средазгипроводхлопок нагрузка на дренаж принимается средневегетационной для эксплуатационного периода, в соответствии с инструкцией ВСН-П-8-74 [6], однако правильнее ее принимать среднегодовой, что более обосновано и экономично. В абсолютном выражении для хлопковой зоны она составляет от 0,16 до 0,22 л/с га.

Для научно обоснованного прогнозирования водно-солевого режима почвогрунтов зоны аэрации орошаемых земель институтом Средазгипроводхлопок [9] было составлено методическое руководство.

Исходными положениями руководства являются определение нагрузки на дренаж и его параметров, исходя из условий эксплуатационного периода работы оросительной системы, а также необходимость назначения

промывного режима орошения. Обеспечивая преобладание нисходящих водных токов над восходящими, режим обусловливает инфильтрационное питание грунтовых вод, дренаж же способствует возникновению нисходящих токов в их верхних горизонтах. Формирование инфильтрационного питания за счет оросительной воды ведет к постепенному опреснению почвогрунтов и верхних горизонтов грунтовых вод.

Расчет дренажа включает следующие этапы: сбор и обработку исходных данных; прогноз режима грунтовых вод и составляющих водного баланса для конкретного варианта режима орошения и расчетной интенсивности дренирования; прогноз солевого режима почвогрунтов зоны аэрации (по его результатам оценивается приемлемость режима орошения и расчетной интенсивности дренирования); определение параметров дренажа в зависимости от принятой интенсивности дренирования в соответствии с расчетной схемой фильтрационного строения дренируемой толщи; корректировка режима орошения.

Расчет основан на предложении А. И. Голованова использовать в дифференциальной форме уравнение С. Ф. Аверьянова [1] для определения нагрузки на дренаж, Ф. В. Серебренников представляет это уравнение в следующем виде:

$$[Д(y) + E(y,t) - Ф_к - A \pm P(y) - O_р^п - (\overline{П} - \overline{О} - (\underline{П} - \underline{О})[dt = 100\mu(y)\,dy, \quad (1)$$

где y — расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод, м;

Д — дренажный сток, м³/сут;

E — суммарное испарение, м³/сут;

$Ф_к$ — фильтрационные потери оросительной воды из каналов, м³/сут;

A — атмосферные осадки, м³/сут;

P — водообмен с горизонтом подземных вод, м³/сут;

$O_р^п$ — оросительные воды с учетом промывного режима;

$\overline{П} - \overline{О}$ — разница между поверхностным притоком и оттоком, м³/сут;

$\underline{П} - \underline{О}$ — разница между подземным притоком и оттоком, м³/сут;

μ — коэффициент свободной водоотдачи (недостаток насыщения) в долях единицы.

Для составления прогноза уровня грунтовых вод принимается линейная зависимость между дренажным стоком и действующим напором. Водоотдача, потери на фильтрацию и свободная емкость зоны аэрации принимаются в соответствии с рекомендациями С. Ф. Аверьянова, а суммарное испарение берется равным водопотреблению или рассчитывается по эмпирическим формулам.

По уравнению (1) определяется прогноз водного режима основных культур севооборота по отдельным периодам расчетного года с учетом сроков полива культур. В ходе расчетов подбирается такое значение интенсивности дренирования, при котором в течение вегетации происходит предусмотренное число поливов (при данной оросительной норме) и обеспечивается необходимая влажность активного слоя почвы.

По результатам расчета водного режима составляются прогнозы солевого режима почв. В качестве исходных служат данные о значениях нисходящих и восходящих скоростей движения воды в зоне аэрации, концентрации почвенного раствора, коэффициенте гидродисперсии и молекулярной диффузии и о глубинах уровней грунтовых вод на отдельные периоды расчетного года. При составлении солевого прогноза используется основное уравнение конвективной диффузии:

$$\frac{dc}{dt} Д^{ж} \frac{d^2c}{dy^2} — v \frac{dc}{dy}, \qquad (2)$$

где $C(y, t)$ — концентрация почвенного раствора, г/л;
$V(t)$ — скорость движения воды в порах грунта, м/сут;
y — координата, отсчитываемая от поверхности земли, м;
$Д^{ж}$ — коэффициент конвективной диффузии, м²/сут, равный

$$Д^{ж} = Д_м + \lambda [v(t)],$$

где $Д_м$ — коэффициент молекулярной диффузии, м²/сут;
λ — коэффициент гидродисперсии, м.

После завершения расчетов водного и солевого режима почвы проводится анализ полученных результатов. Для дальнейших расчетов принимаются варианты, где в активном слое почвы содержание солей в течение вегетации не превышает уровня, при котором происхо-

дит снижение урожайности сельскохозяйственных культур (0,3% веса почвы по плотному остатку).

Расчет комбинированного дренажа ведется с учетом совместной работы дрен и скважин-усилителей, а при расположении дрен в покровном грунте с низкими фильтрационными свойствами (при коэффициенте фильтрации менее 0,01 м/сут) расчеты выполняются только для работы скважин-усилителей, расположенных в плане рядами и подключенных к открытым коллекторам глухими трубопроводами.

Расчет густоты комбинированного дренажа методом фильтрационных сопротивлений производится аналогично горизонтальному, однако в данном случае действующий напор относится за счет величины потерь перетекания инфильтрационного потока в покровном слое.

Длина резкой деформации комбинированного дренажа берется средневзвешенной для горизонтальной и вертикальной дрены.

Метод расчета междренных расстояний комбинированного систематического дренажа в основном базируется на разработках В. М. Шестакова [15] в соответствии с инструкцией ВСН-П-8-74 п.5.1 [6].

Основная расчетная формула для определения расстояний между дренами следующая:

$$B = 2\left(\sqrt{A^2 + \frac{2TH^0}{W}} - A\right), \qquad (3)$$

где A — параметр фильтрационного сопротивления при несовершенном комбинированном дренаже, м;

T — проводимость водоносной толщи, м/сут;

H^0 — расчетное превышение напора на междренье над напором в дрене, м;

W — расчетное инфильтрационное питание, м/сут;

$A = 2\lambda$ нд — параметры фильтрационного сопротивления при несовершенном горизонтальном дренаже, расчет которых зависит от фильтрационных схем.

Для комбинированного дренажа $A = 2\lambda$ кд

$$\lambda_{кд} = \frac{\lambda_{кл} \cdot \lambda_c}{\lambda_{кд} + \lambda_c}, \qquad (4)$$

где λ_c — фильтрационное сопротивление при несовершенстве скважин.

При расчете комбинированного дренажа превышение напора нижнего слоя на междренье над напором в дрене определяется по зависимости:

$$H^{o} = H - \frac{W}{K_в} \cdot h_м, \qquad (5)$$

где $h_м$ — мощность обводненного покровного слоя на середине междренья; (mb—ha);

$h_а$ — норма пониженного уровня на междренье;

H — повышение уровня грунтовых вод на междренье над уровнем воды в горизонтальной дрене ($h_д$—$h_а$);

Кв — коэффициент фильтрации верхнего слоя.

Гидравлический расчет трубчатых дрен заключается в определении расчетного диаметра труб, их наполнения и скорости течения воды. В зависимости от длины дрены и значения дренажного модуля расчет ведется по участкам, отличающимся диаметром труб.

Расчет гладкостенных труб осуществляется по формулам равномерного движения в соответствии с инструкцией ВСН-П-8-74.

Для гидравлического расчета гофрированных дренажных труб в институте Средазгипроводхлопок рекомендуют пользоваться формулой Кольбрука-Уайта:

$$V = 1\ \overline{8w} \cdot \sqrt{di}[0{,}57 - \lg\frac{Кв}{D}], \qquad (6)$$

где V — скорость течения воды в дрене;

W — средневегетационная нагрузка на дренаж;

D — наружный диаметр трубы;

d — внутренний диаметр трубы;

i — уклон дрены;

Кв — высота гофра.

Для упрощения гидравлического расчета различных труб составлены таблицы и номограмма, позволяющие подбирать параметры труб разной шероховатости.

Расчет выполняется в следующей последовательности: по средневегетационной нагрузке на дренаж и площади, примыкающей к участку дрены, определяется расход воды в устье дрены; по принятому ассортименту труб, уклону дрены, полученному расходу, по таблице или номограмме гидравлических параметров подбирается диаметр труб; по подобранному диаметру и уклону дрены определяется пропускная способность труб при условии их полного заполнения; определяется

Таблица 5

Таблица элементов гидравлического расчета

A	a	в
0,25	0,35	0,82
0,35	0,408	0,911
0,40	0,440	0,944
0,45	0,470	0,973
0,50	0,500	1,000
0,55	0,530	1,024
0,60	0,559	1,045
0,65	0,588	1,063
0,70	0,617	1,081
0,75	0,645	1,007
0,80	0,676	1,111
0,85	0,708	1,122
0,95	0,742	1,131
0,90	0,778	1,138
1,00	0,819	1,140
1,05	0,873	1,133
1,10	1,000	1,000

отношение между расчетным расходом Q_1 и расходом Q_2, который может пропустить труба при ее наполнении: $A\text{-}Q_1\ Q_2$. По полученному A из табл. 5 определяется наполнение трубы: $n = d_{вн} \cdot a$ (где $d_{вн}$ — внутренний диаметр трубы), затем определяется скорость движения воды $v = v_t \cdot в$, где v_t — скорость при полном наполнении трубы.

В институте Средазгипроводхлопок размеры фильтра вертикальных скважин-усилителей определяются по притоку воды к скважинам и литологическому разрезу дренируемого массива, исходя из допустимых скоростей входа воды в фильтр. Действующие напоры при работе комбинированного дренажа, так же как и у горизонтального, малы, поэтому размеры их фильтров одинаковы. Отсутствие исследований по вопросу подбора размера фильтров комбинированного дренажа не позволяет проводить более точные расчеты.

Расчет густоты вертикального дренажа сводится к определению количества скважин на площади по притоку грунтовых вод к скважине. Он достаточно хорошо разработан и применяется при решении задач водоснабжения и осушения котлованов, карьеров, городских территорий.

Однако дренаж на засоленных землях имеет свои особенности и требует несколько другого подхода. Эти особенности рассмотрены и учтены в работах С. Ф. Аверьянова [1], Т. И. Суриковой [10], В. С. Усенко [12], В. Х. Хачатуряна [13] и др. Метод расчета вертикального дренажа сводится к следующему: определяется нагрузка на дренаж по балансу грунтовых вод, а затем рассчитывается необходимое количество скважин и понижение горизонта воды в них из условия обеспечения среднегодовой глубины вод на дренируемом массиве.

При расчете вертикального дренажа возможны различные комбинации расстояний между скважинами, т. е. количества скважин и понижений в них. Оптимальную комбинацию определяют сравнением вариантов. Окончательный вариант устанавливается на основе технико-экономических расчетов с учетом капитальных и эксплуатационных затрат.

В соответствии с назначением вертикального дренажа можно выделить следующие схемы размещения дренажных скважин: а) перехватывающая или ограждающая система, б) систематический дренаж.

Расчетной схемой для перехватывающего дренажа является линейный ряд скважин, причем заданными элементами являются балансовые данные о притоке со стороны с учетом орошения вышележащих земель и горизонта вод на мелиорируемом массиве. Для скважин систематического дренажа при перехвате притока со стороны применяется схема «кругового пласта».

Вертикальный дренаж должен обосновываться водобалансовыми расчетами.

Мощность дренажной системы определяется уравнением проектного водного баланса массива:

$$Д_в = \underline{П} - \underline{О} + Ф \pm g \pm Р - Д_г, \qquad (7)$$

или уравнением изменений элементов водного баланса под влиянием работы вертикального дренажа:

$$Д_в = \underline{\Delta П} - \underline{\Delta О} + \Delta Ф \pm \Delta g \pm \Delta Р - \Delta Д_г, \qquad (8)$$

где $Д_в$ — отбор подземных вод вертикальным дренажем;

$П_1О$ — подземный приток на массив и подземный отток с массива до установки вертикального дренажа;

$Ф$ — фильтрация из каналов при работе вертикального дренажа;

g — вертикальный водообмен почвенных и грунтовых вод;

$Р$ — подпитывание грунтовых вод из глубоких напорных водоносных горизонтов;

$Д_г$ — сток по горизонтальному дренажу;

Δ — изменения элементов водного баланса, вызванные вводом в действие вертикального дренажа.

Известные гидрогеологические условия массива, водобалансовые данные и схемы размещения систем

вертикального дренажа позволяют наметить расчетные фильтрационные схемы, в которых определены схемы питания водоносного пласта, начальные и граничные условия.

Расчетной фильтрационной схемой для ограждающей системы является линейный ряд скважин с известным подземным притоком с одной стороны и заданным горизонтом грунтовых вод на мелиорируемом массиве. Рекомендуемой схемой для скважин систематического вертикального дренажа считается «круговой пласт» без бокового притока с питанием «сверху»+«снизу». Известным из водобалансовых расчетов является суммарный дебит дренажа.

Задачей фильтрационных расчетов скважин вертикального дренажа является установление зависимости между дебитами скважин, понижениями в них и расстояниями между ними. Расчеты целесообразно производить для установившегося режима работы скважин в эксплуатационный период.

Фильтрационные зависимости для намеченных схем используются в технико-экономических расчетах для выбора оптимальных параметров системы вертикального дренажа.

Выбранный вариант должен удовлетворять требованиям орошаемого земледелия, предъявляемым к его осушительным, рассоляющим и оросительным действиям.

Необходима проверка продолжительности переходного периода от исходного состояния комплекса водоносных пластов к проектному, которую С. Ф. Аверьянов рекомендует оценивать временем стабилизации процесса посередине между скважинами

$$t_{ст} = \frac{SR^2}{KT}, \qquad (9)$$

где S — коэффициент водоотдачи грунтов исследуемого пласта;

R — радиус влияния дренажа, м;

KT — водопроводимость пласта, м²/сут.

Рассоляющее действие вертикального дренажа в эксплуатационный период предусмотрено в водно-балансовых расчетах величиной интенсивности нисходящих токов+g. В период освоения необходимо знать ход процесса рассоления грунтов, который характеризуется динамикой опреснения засоленной толщи покровных

грунтов в точках, наиболее удаленных от скважин (водораздел грунтовых вод), рассматривая линейную задачу в вертикальном направлении.

Оросительное действие вертикального дренажа определяется качеством и количеством откачиваемой воды в соответствии с принятыми нормами.

Способы строительства и конструкции дренажной сети. Горизонтальный дренаж

Широкое распространение открытый горизонтальный дренаж получил благодаря высокому уровню механизации его строительства, простоте устройства и эксплуатации.

Открытая горизонтальная дрена представляет собой канал в земляном русле с шириной по дну 1—1,5 м. Глубина дрены обусловливается необходимостью создания достаточного гидростатического напора для оттока грунтовых вод и поддержания уровня их ниже критической глубины. Действующая глубина дрены обычно на 0,5 м больше допустимого уровня грунтовых вод и составляет 3—3,5 м. Главным недостатком открытой сети является необходимость отчуждения больших площадей, сложность строительства в оплывающих грунтах, а также препятствия широкой механизации сельскохозяйственного производства и большие эксплуатационные затраты на очистку.

На новоорошаемых массивах Узбекистана открытый систематический дренаж применяется редко. Обычно регулирующая сеть выполняется закрытой, а собиратели и коллектора устраиваются открытыми.

В настоящее время в Узбекистане строится главным образом закрытый горизонтальный дренаж. Наибольшее распространение получил дренаж из керамических гончарных раструбных труб диаметром 100—200 мм с круговым фильтром толщиной 15—20 см из естественных песчаных или песчано-гравийных материалов.

В зависимости от глубины залегания грунтовых вод и категории грунта по трудности разработки строительство дренажа осуществляется механизированным или полумеханизированным способом.

Комплексный механизированный способ строительства дренажа, основанный на использовании траншейных дреноукладочных машин типа ЭД-3,0, ЭТЦ-202А,

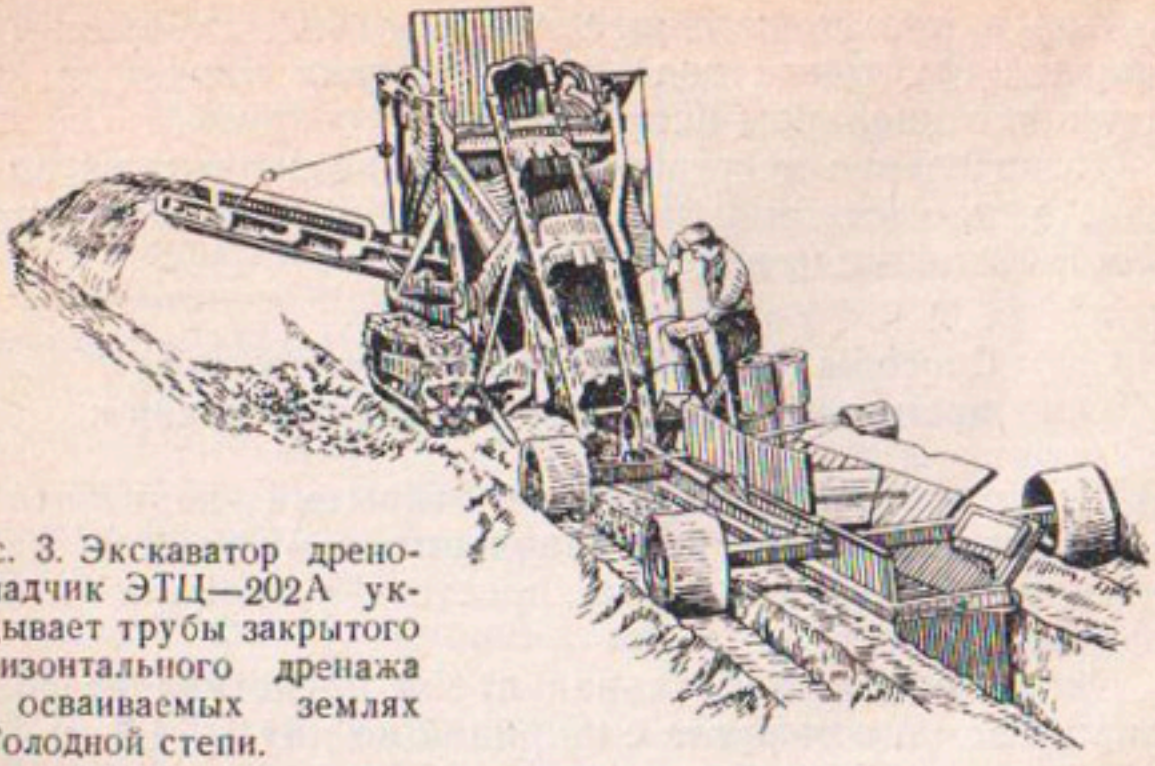


Рис. 3. Экскаватор дреноукладчик ЭТЦ—202А укладывает трубы закрытого горизонтального дренажа на осваиваемых землях в Голодной степи.

Д-659А и Д-659Б, применяется только при низком стоянии уровня грунтовых вод (рис. 3).

Технологическая схема выполнения работ при механизированном строительстве дренажа дреноукладчиками типа ЭД-3,0 включает планировку «корыта» под заданный уклон скрепером. Вдоль трассы на расстоянии 1 м от верхней бровки откоса выемки раскладываются дренажные трубы, дреноукладчик производит одновременно разработку траншеи, отсыпку подстилающего слоя фильтра, укладку дренажных труб на дно траншеи и круговую обсыпку их фильтрующим материалом. Обратная засыпка дренажной траншеи и «корыта» выполняется бульдозером при косых ходах под углом 60—45° к оси дрены, а «корыто» засыпается при поперечных ходах.

Из общего объема работ по строительству закрытого дренажа примерно половина производится в условиях высокого стояния уровня грунтовых вод в водонасыщенных, подверженных оплыванию и обрушению грунтах. Строительство дренажа в этих условиях представляет собой сложную проблему. Долгое время единственным способом строительства дренажа при высоком стоянии грунтовых вод оставался полумеханизированный способ (укладка дрен на «полку») (рис. 4). Он характеризуется низкой производительностью, высокой трудоемкостью выполнения многих операций и большой стоимостью строительства.

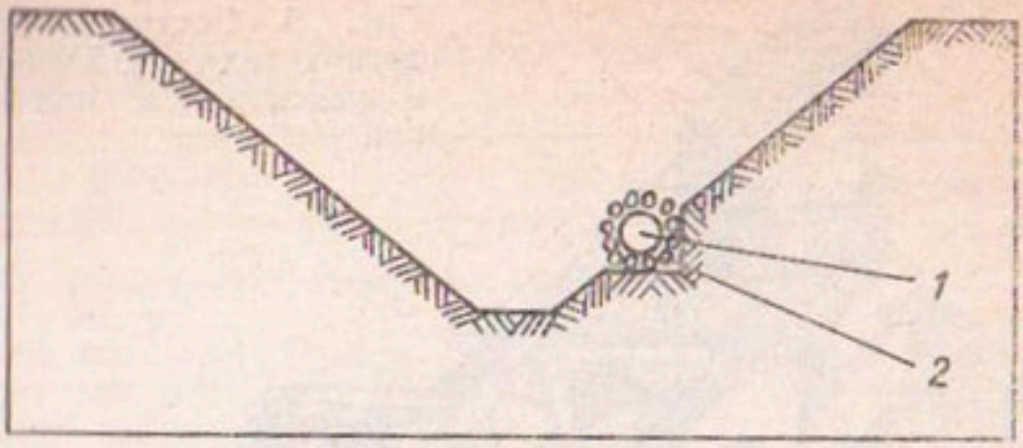


Рис. 4. Конструкция дрены при полумеханизированном способе укладки.

1- дренажная труба; *2*-гравийная обсыпка

Полумеханизированный способ предусматривает строительство траншеи с временными устойчивыми откосами (m=1, 1,5) одноковшовым экскаватором типа драглайн. «Полка» шириной 0,8—1,2 м выполняется вручную. В ней, также вручную, отрывается канавка, в которую укладывают дренажную линию с фильтровой обсыпкой (глухой трубопровод без обсыпки укладывается на «полку»). Строительство траншеи выполняется от устья к истоку, а укладка труб—от истоков к устью.

При глубоком залегании уровня грунтовых вод на грунтах, превышающих III группу по трудности разработки, или при применении дренажных труб диаметром более 200 мм траншея отрывается одноковшовым экскаватором, а канавка на дне — вручную.

Применение дреноукладчика БДМ-300 при строительстве дренажа в условиях высокого стояния грунтовых вод показало экономическую эффективность, высокую производительность и простоту укладки. Однако при обследовании построенного дренажа обнаружилась его неудовлетворительная работоспособность, основными причинами которой явились уплотнение грунта в придренной зоне рабочим органом машины и изгиб трубчатой линии.

В последние годы во ВНИИГиМ под руководством Е. Д. Томина был разработан бестраншейный способ строительства дренажа, который широко применяется в условиях высокого стояния уровня грунтовых вод (до 1,0—1,5 м от поверхности) в грунтах I—III категорий, подверженных обрушению или оплыванию. Для осуществления этого способа создана новая конструкция

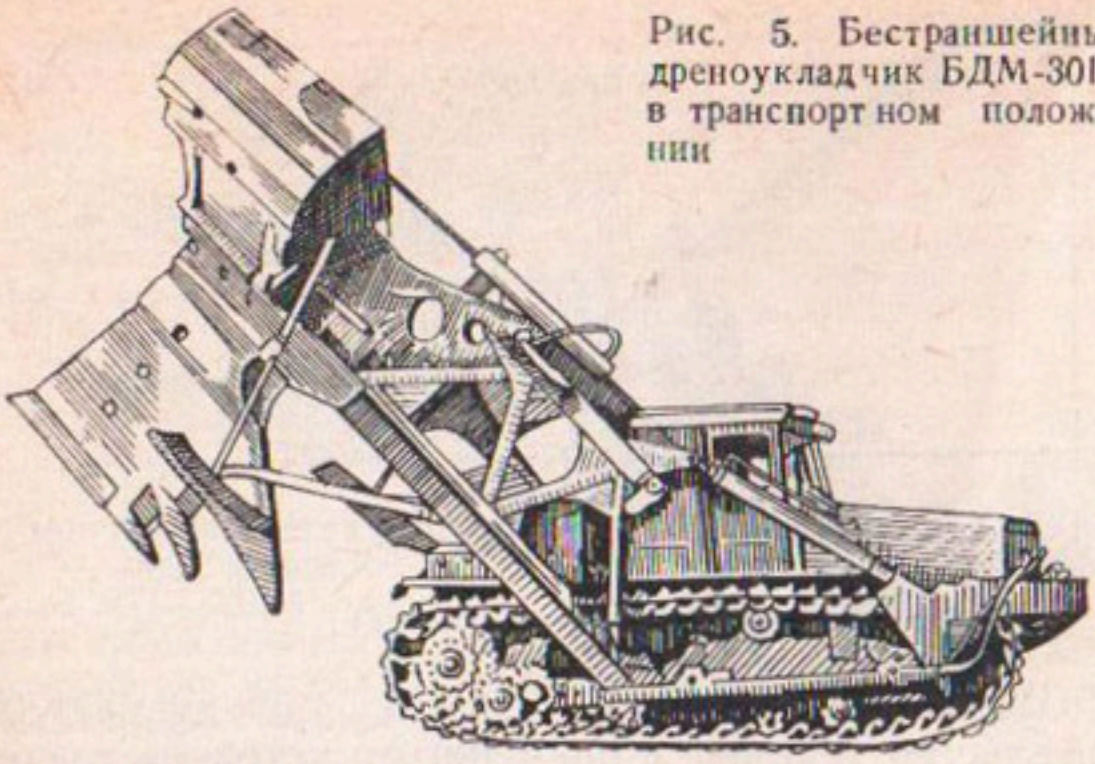


Рис. 5. Бестраншейный дреноукладчик БДМ-301А в транспортном положении

дреноукладчика БДМ-301А, позволяющая укладывать дренажные трубы бестраншейным способом (рис. 5).

Бестраншейный способ укладки дрен, заключающийся в одновременной укладке непрерывной пластмассовой дренажной трубы и фильтрационного материала на дно щели, прорезаемой в грунте рабочим органом дреноукладчика, убыстряет укладку дренажа. Полная механизация процесса укладки дрены в разнообразных гидрогеологических условиях, высокая (3000—2000 м/смену) скорость укладки, простота и надежность выгодно отличают бестраншейный способ строительства от традиционных траншейных.

ВНИИГиМ совместно с ГСКБ по ирригации Главсредазирсовхозстроя, Голодностепстроем и институтом Средазгипроводхлопок провел производственные испытания новых дреноукладчиков в Голодной степи.

Новая конструкция агрегата (БДМ-301А) с трехступенчатым ножом позволила прорезать грунт без значительного уплотнения, выдерживать уклон с необходимой точностью и укладывать дренаж с фильтровой песчано-гравийной обсыпкой толщиной 20—25 см.

Проверка работы дренажа в производственных условиях, проводимая в 1973—1974 гг. Средазгипроводхлопком, ВНИИГиМом, Голодностепстроем, выявила его хорошую работоспособность и надежность. Дрено-

Таблица 6

Способы строительства дренажа дреноукладчиками ЭД-3,0 и БДМ-301А

Показатель	Траншейный	Бестраншейный
Группа грунтов по трудности разработки	I — III	I — III
Эксплуатационная характеристика, м/смену	до 200	2000 — 3000
Размеры траншеи, см:		
глубина	до 300	до 250
ширина	60	25
Способ выдерживания уклона	по спланированному «корыту»	под нивелир
Глубина до уровня грунтовых вод, м	более 4	более 1
Диаметр укладываемых труб, мм	до 200	до 125
Тип укладываемых труб	керамические, длиной до 60 см	гофрированные полиэтиленовые

укладчиком БДМ-301А было построено в Голодной степи около 2400 км дрен.

Сравнительная характеристика траншейного и бестраншейного способов комплексно-механизированного метода строительства представлена в табл. 6.

Дрены, уложенные бестраншейным дреноукладчиком БДМ-301А в Голодной степи, имели следующую конструкцию: трубы гофрированные полиэтиленовые диаметром D 65—73 мм с песчано-гравийной обсыпкой толщиной 20—25 см (рис. 6). Отсутствие полиэтиленовых труб D 100—125 мм в бухтах, необходимых для пропуска характерных для хлопковой зоны расходов воды в 2—3 л/с, потребовало уменьшения междренных расстояний в 3—4 раза.

Междренные расстояния пластмассового дренажа D 65—73 мм составляли в среднем 40—50 м. Однако при малых междренных расстояниях стоимость укладки дренажа на гектар оказалась в несколько раз ниже, чем при укладке методом «полки».

При укладке труб бестраншейным способом в грунтах I—III группы по трудности разработки и расчетных диаметрах 125 мм и менее применяют дренажные гофрированные трубы из полиэтилена высокой плотности,

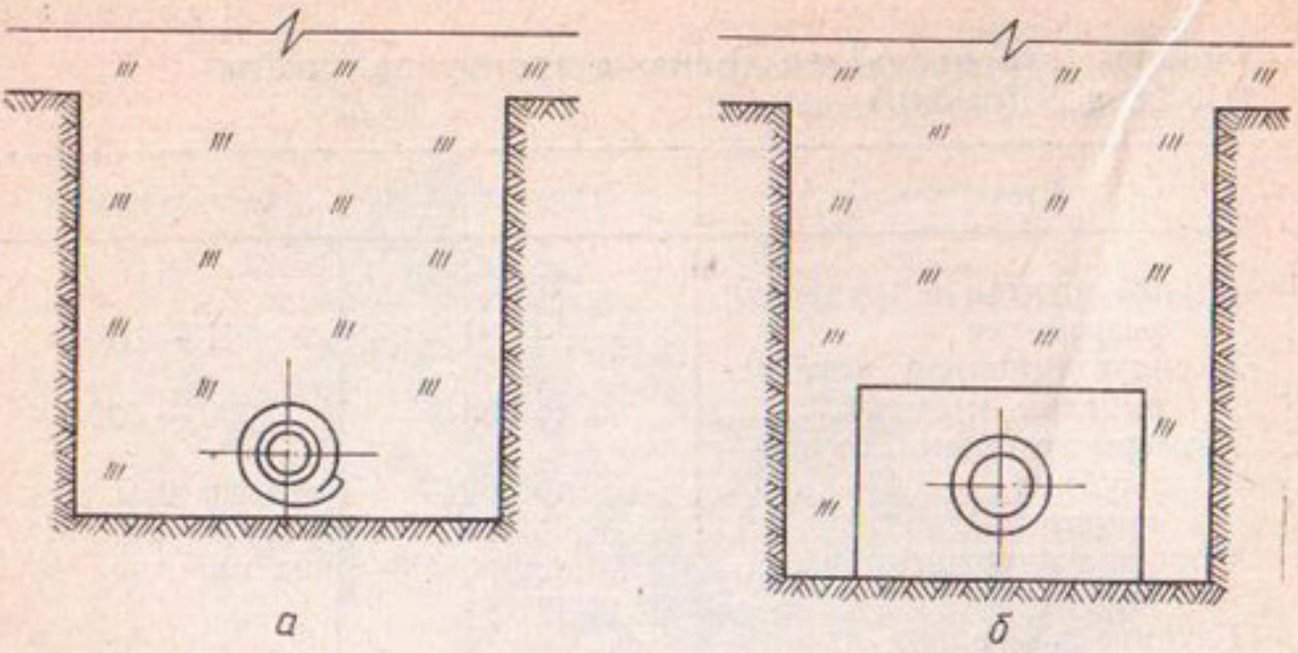


Рис. 6. Рекомендуемые конструкции дрены для бестраншейного способа строительства закрытого дренажа (по Е. Д. Томину):

а-круговой фильтр из искусственных волокнистых материалов, *б*-круговая песчано-гравийная обсыпка.

тип II, ГОСТ 6-05-1078—78. При высоком стоянии уровня грунтовых вод (менее 4 м от поверхности земли) в грунтах выше III группы по трудности разработки или при расчетных диаметрах дрен более 125 мм укладка труб выполняется полумеханизированным способом, при этом применяются трубы керамические дренажные раструбные по IV 21 УзССР 13—80, длиной 60 см, D 100—200 мм и трубы керамические канализационные по ГОСТ 286—74, длиной 100 и 120 см, D 150—500 мм.

При укладке труб с применением дреноукладчика ЭД-3,0 (комплексно-механизированный способ; низкое стояние уровня грунтовых вод) в грунтах I—III группы по трудности разработки применяются трубы керамические дренажные с цилиндро-конусным ребристым раструбом, разработанные САНИИРИ Dвн=100; 150; 200 мм, длиной 60 см и трубы керамические дренажные раструбные по IV 21 УзССР 13—80, длиной 60 см, D—100; 150; 200 мм.

При укладке транзитной части дрен с применением труб большого диаметра рекомендуется использовать асбоцементные трубы ВТ-6 ГОСТ 539—73 или трубы железобетонные: безнапорные и низконапорные.

В качестве фильтров для закрытого горизонтального дренажа применяются естественные, песчаные или песчано-гравийные смеси.

Подбор гранулометрического состава обсыпки для конкретных грунтов производится в лабораторных условиях по апробированным объектам-аналогам или расчетным путем. Методика расчета изложена в инструкции ВСН-П-8—74.

По результатам расчета область допустимых отклонений гранулометрического состава фильтровой обсыпки оконтуривается верхней и нижней границами; верхняя граница устанавливается при защите дренируемого грунта от фильтрационных деформаций, а нижняя назначается из условия недопущения просыпания и суффозии частиц фильтра через водоприемные отверстия.

Необходимо, чтобы водопроницаемость материала фильтра превышала водопроницаемость дренируемого грунта не менее чем в 5—10 раз, а материал фильтра должен быть устойчив к агрессивным грунтовым водам.

Минимально допустимая толщина фильтровой обсыпки рассчитывается из условия формирования слоя грунта фильтрационного устойчивого состава.

$$T_ф \geqslant (5 \div 7)\, D_{85}, \qquad (10)$$

где D_{85} — диаметр частиц, меньше которого в составе обсыпки содержится 85%.

При прохождении трассы закрытой дрены в различных грунтах подбор зернового состава фильтра принимается по отношению к наиболее слабо дренируемому грунту (супесь, мелкозернистые пески).

На закрытой дренажной сети строят смотровые колодцы и устьевые сооружения.

Смотровые колодцы предназначены для контроля за состоянием дрен и их очисткой. Колодцы устанавливаются в истоке дрен, в местах поворота и при подключении дрен к закрытым коллекторам. При длине дрен более 400—500 м устанавливаются промежуточные колодцы с расстоянием, не превышающим 250 м.

Институтом Средазгипроводхлопок разработаны смотровые колодцы для сопряжения дрен с трубами диаметром 250 мм и менее и для сопряжения дрен и коллекторов диаметром более 250 мм. Из пластмассовых труб, уложенных бестраншейным способом, выполняются только начальные колодцы, высотой 0,9 м, в которые загибается конец трубы (рис. 7). Сверху колодцы закрываются решетчатой крышкой, выполненной из полосовой или арматурной стали.

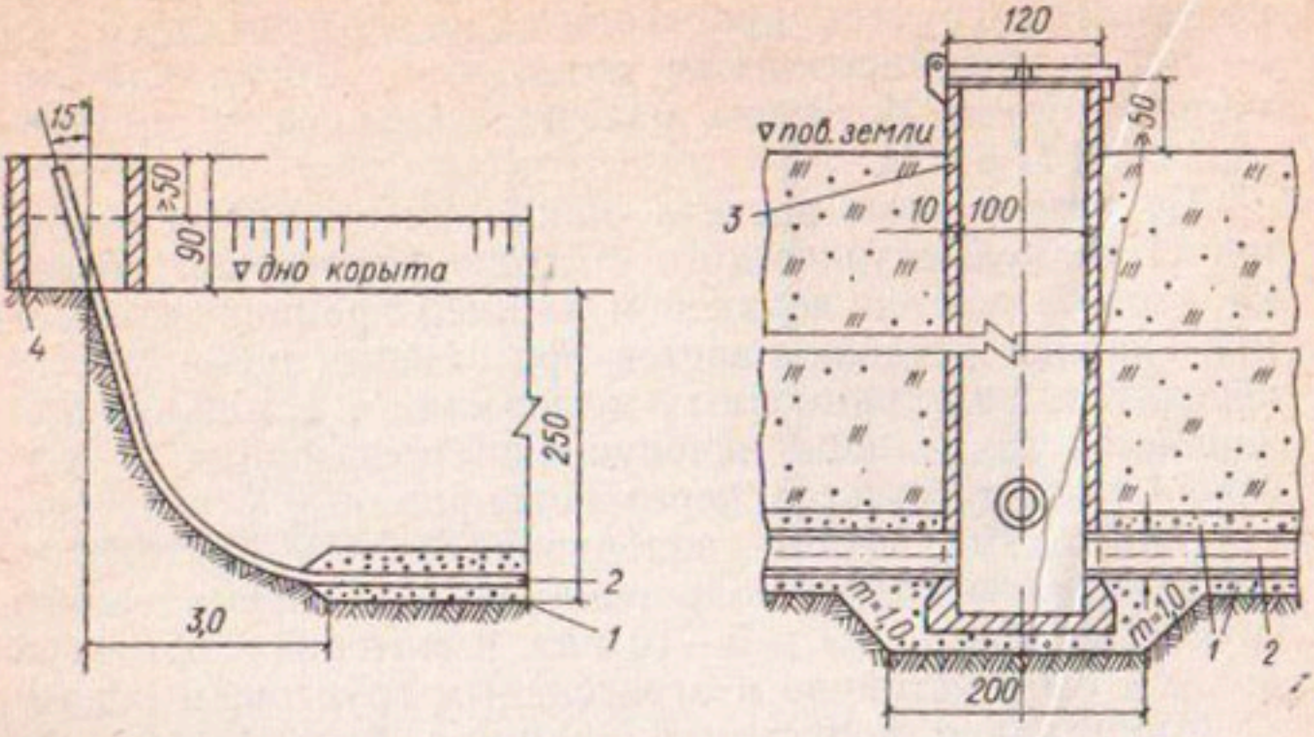


Рис. 7. Дренажные колодцы:

а-начальный колодец пластмассового дренажа, уложенного бестраншейным способом; *б*-смотровой колодец гончарного дренажа

Назначение устьевого сооружения — не допустить деформацию дренажной линии, закрепить высотное положение дрены и предотвратить размыв коллектора. Оно устраивается в месте выхода дрены или закрытого коллектора в открытый. Для предотвращения разрушений при очистке открытых коллекторов устьевое сооружение устанавливается в «кармане» с заглублением по отношению к плоскости откоса коллектора на 2—3 м. Устьевое сооружение состоит из участка глухого трубопровода длиной 32 м, выполненного из асбоцементных труб марки В1-6 без фильтровой обсыпки.

На выходе в коллектор консольно выпускается асбоцементная труба длиной 1—1,5 м, низ которой должен быть выше максимального горизонта воды в коллекторе не менее чем на 0,3 м. Для предотвращения разрушений устьевых сооружений и всей дренажной линии в средней части выполняется замок из увлажненного грунта с послойным ручным трамбованием.

После строительства устьевого сооружения восстанавливаются отвалы коллекторов в пределах наддренной полосы.

Дренажная сеть увязывается с размещением оросительной дренажной сети, планировкой и принятой тех-

никой полива (дрены располагаются вдоль поливных борозд).

Схема размещения принимается в зависимости от уклона местности и направления полива. При уклонах 0,001—0,002 дренажная сеть располагается по поперечной схеме, что хорошо увязывается с поливом, а при уклонах более 0,002 и глубине коллекторов свыше 4,5 м принимается продольная схема. При уклонах менее 0,001 дрены располагаются под углом к коллектору для выдерживания соответствующего уклона. При поперечной схеме полива (от оросителя) дрены располагают «гребенкой» по уклону поливного участка со сбросом непосредственно в коллектор (рис. 8). При поперечной схеме дренажа предусматриваются только истоковые дренажные колодцы из труб диаметром 0,8—1,0 м, располагаемые в 3—5 м от оросителя или дороги. Длина дрен составляет около 400 м. При продольной схеме полива дрены располагаются параллельно коллектору и через собиратель отводят воду в открытый коллектор. Продольная схема предусматривает строительство дренажных колодцев диаметром 1 м не реже, чем через 250 м, при этом длина дрен составляет 1000 м.

Минимально допустимые уклоны закрытых дрен рекомендуется принимать при диаметрах до 100 мм — 0,002, 200 мм —0,0015, более 200 мм—0,001, трубопроводы (без перфорации) проектируются с уклоном не ниже 0,0005. Минимальная скорость заиления в закрытых дренах —0,2 м/с.

Максимально допустимые уклоны закрытых дрен определяются, исходя из скоростей, не превышающих для керамических раструбных труб 1,5 м/с и для асбоцементных и полиэтиленовых 2,5 м/с.

Закрытые дрены соединяются с закрытыми коллекторами или собирателями с помощью дренажных колодцев, при этом низ трубы дрены должен быть выше низа трубы коллектора не менее чем на 0,8D (D — внутренний диаметр коллектора или собирателя); с открытыми коллекторами — при помощи устьевого сооружения таким образом, чтобы нормальный уровень воды в коллекторе был ниже устьевой трубы дрены не менее чем на 0,3 м, а максимальный расчетный уровень воды в коллекторе не подтоплял устье дренажной трубы.

В местах пересечения закрытых дрен с ороситель-

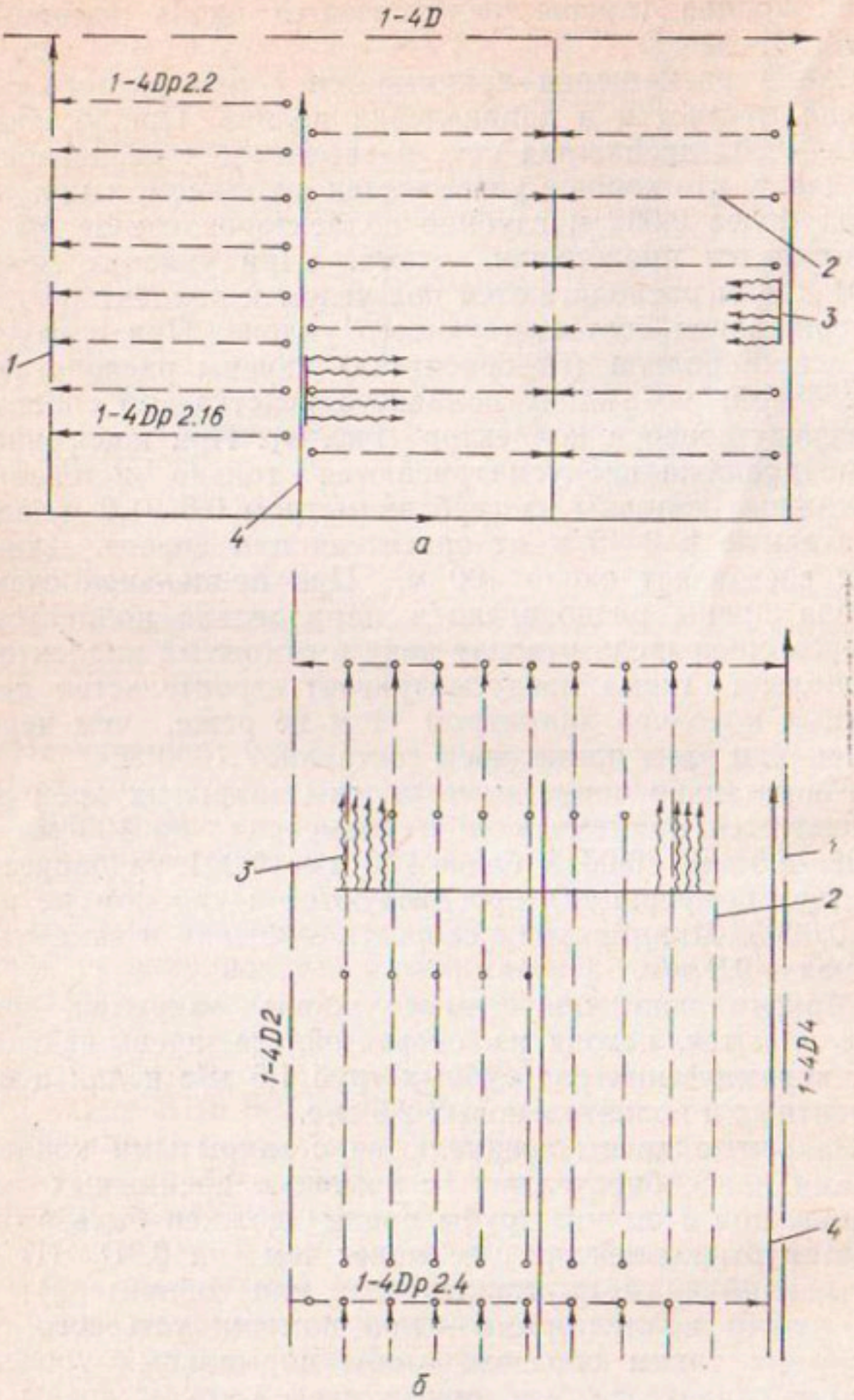


Рис. 8. Схемы размещения дренажной сети:

а-поперечная схема, *б*-продольная схема; *1*-открытые дрены или коллектора; *2*-закрытые дрены; 3-поливные борозды; *4*-ороситель

ными каналами устраиваются глухие участки, которые должны быть не менее В+10Н, где В — ширина канала по верху, Н — возможный напор над дреной.

Вертикальный дренаж

Внедрение роторных станков типа УРБ-3АМ, АВБ-400 с усиленными насосными блоками, четырехшарошечными комбинированными долотами и с приваренными металлическими перьями «рыбий хвост» (РХ) позволило производить бурение скважин диаметром до 1200 мм, повысило скорость проходки и получило широкое применение при строительстве скважин вертикального дренажа в Узбекистане.

Для получения максимальных дебитов и увеличения скорости проходки при строительстве скважин вертикального дренажа применяется метод «обратной промывки». В основе его лежит вынос шлама через буровые шланги путем нагнетания чистой воды в пространство между трубами и стенкой скважины. В результате этого исключаются работы по разглинизации воды, т. е. трудоемкая промывка скважин после бурения ее с глинистым раствором.

В настоящее время в Узбекистане широко применяется способ бурения с обратной промывкой чистой водой ввиду его больших преимуществ.

При существующих способах разглинизации затраты времени составляют 30—40% общего времени сооружения скважины, причем полной разглинизации не происходит. Это объясняется малой эффективностью применяемых способов, основанных на различных видах промывки, откачки, гидроударов и т. п.

Заслуживает внимания опыт применения разглинизации скважин на воду способом вибрирования, предложенный ВНИИГиМ совместно с РСУ Промбурвод.

В процессе вибрационной разглинизации благодаря колебаниям столба воды глинистые частицы разрушенной корки находятся во взвешенном состоянии, не оседая на стенках скважины. Образующийся шлам удаляется из ствола скважины эрлифтом или промывной водой. Этот же способ можно применять и при восстановлении производительности скважин, дебит которых снизился вследствие механической кольматации фильтра.

Наземные сооружения системы вертикального дренажа включают в себя: ЛЭП (6—10 кв), КТП, пусковую аппаратуру и электрооборудование, средства автоматики, оголовок скважины с рамой и напорным трубопроводом, водоприемное сооружение с водоотводящей сетью, эксплуатационные дороги и околоскважинную площадку. В оголовок скважины входят устье обсадной трубы с гравийной обсыпкой и кондуктором, пьезометр для замера динамического уровня воды в скважине, опорная рама насоса, напорный трубопровод с задвижкой (рис. 9). Водоприемником служит железобетонный колодец, через который вода по безнапорной водоотводящей сети подается в коллектор или в ороситель. Каждая скважина (или группа скважин) должна оборудоваться контрольно-измерительной аппаратурой, позволяющей фиксировать количество откачиваемой воды, уровень грунтовых вод в наблюдательной сети, положение динамического уровня воды в дренажной скважине. Применение той или иной схемы автоматизации должно обеспечивать включение и отключение насоса в зависимости от принятых показателей, аварийное отключение при действии защитных средств, а также селективный самозапуск электродвигателя насоса при исчезновении и повторном появлении напряжения. Для снижения эксплуатационных затрат и повышения технической эффективности эксплуатации дренажных скважин должна применяться телемеханика и связь.

Из всего многообразия конструкций водоприемной части скважин вертикального дренажа чаще используется фильтровой каркас в сочетании с гравийной обсыпкой (гравийные фильтры). Установлено, что с увеличением слоя гравийной обсыпки возрастают дебит и продолжительность работы скважины. Кроме того, мощный слой обсыпки увеличивает суффозионную устойчивость песчаных пород в зоне фильтра, особенно при переменном режиме эксплуатации (наиболее эффективном при рассолении земель), и обеспечивает минимальные потери напора.

Переменный режим эксплуатации, значительные колебания динамического уровня и высокая минерализация откачиваемых вод требуют от проектировщиков и строителей увеличения срока эксплуатации фильтровых каркасов (обсадных труб).

Вместо перфорированной трубчатой основы фильт-

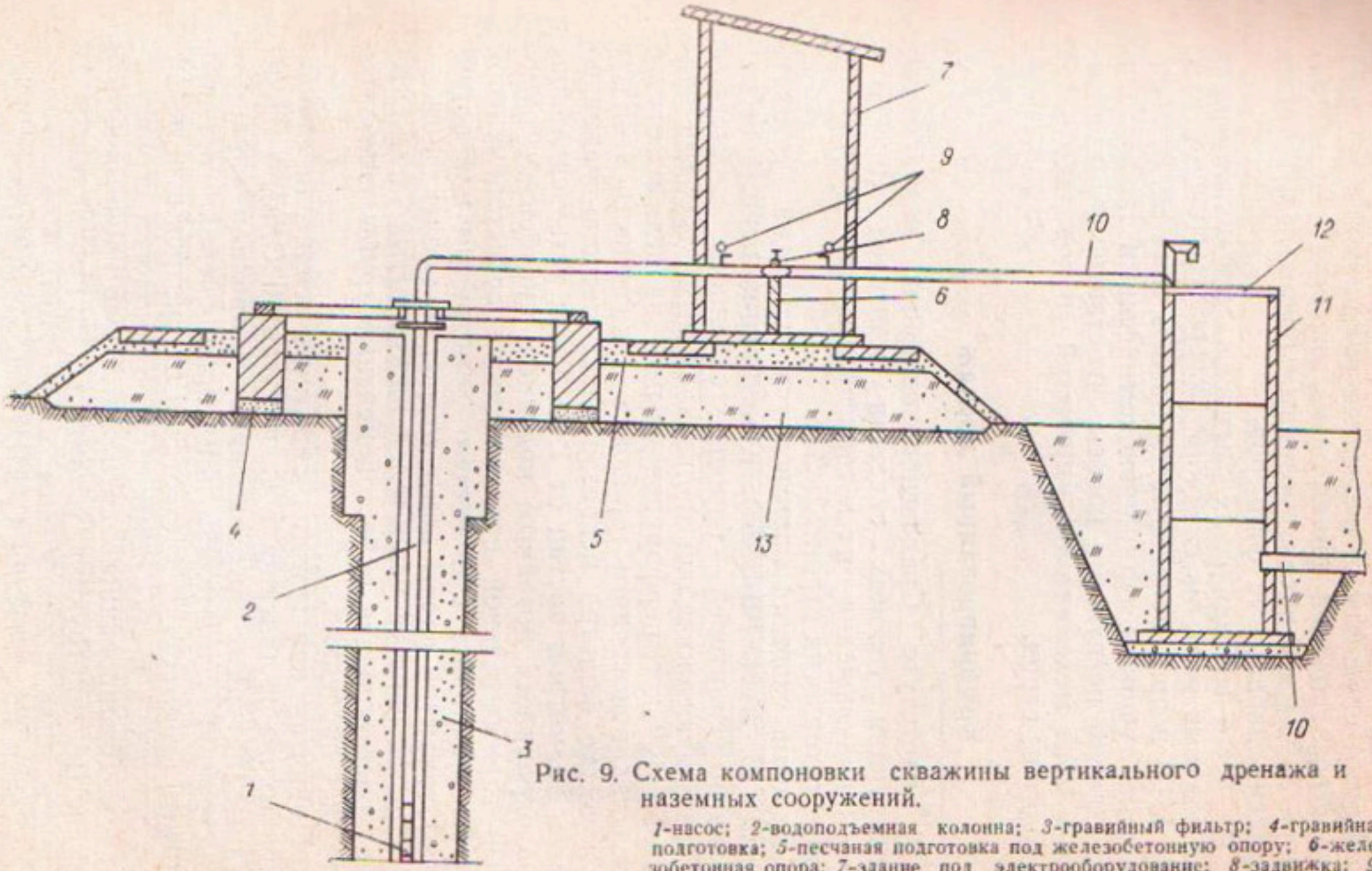


Рис. 9. Схема компоновки скважины вертикального дренажа и наземных сооружений.

1-насос; *2*-водоподъемная колонна; *3*-гравийный фильтр; *4*-гравийная подготовка; *5*-песчаная подготовка под железобетонную опору; *6*-железобетонная опора; *7*-здание под электрооборудование; *8*-задвижка; *9*-манометр; *10*-отводная труба; *11*-железобетонный колодец; *12*-крышка колодца

ров или труб с щелевым отверстием, изготавливаемых кустарным способом, в последнее время налажено производство заводских фильтров из листовой стали толщиной 3—4 мм с антикоррозийным покрытием, а также каркасно-стержневых фильтров.

Из всего многообразия насосов, предназначенных для подъема воды из скважин (АТН, АЦНВ, 20А, 24А, ПА, ЦТВ и др.), используются насосы типа ЭЦВ, обладающие лучшими технико-экономическими показателями. Однако погружные насосы чувствительны к наличию в воде механических примесей и довольно часто выходят из строя.

Комбинированный дренаж

В институте Средазгипроводхлопок разработаны конструкции типовых скважин-усилителей (рис. 10), схемы подключения их к горизонтальным дренам, а также технология строительства.

Бурение скважин производится буровыми установками УРБ-2А (УРБ-ЗАМ). Конструкции первых вертикальных усилителей — буровые скважины диаметром 500 мм — обсаживались полиэтиленовыми трубами диаметром 100 мм, перфорированными на всю высоту в пределах водоносного горизонта (скважность 4—5%); в качестве фильтра использовалась песчано-гравийная смесь диаметром частиц от 1 до 5 мм; устье скважины предохранялось потайным колодцем, который с помощью горизонтальной водоотводящей асбестоцементной трубы соединялся с колодцем (смотровым или потайным) закрытой дрены или с открытым коллектором.

При устройстве усилителей на открытых коллекторах водоотводящие асбестоцементные трубы выводятся на откос последних.

Принятая конструкция скважины-усилителя проста, экономична и надежна в эксплуатации. Однако проведенные натурные исследования позволили упростить конструкции усилителей и их подключений, а также снизить стоимость за счет отказа от смотровых и потайных колодцев и обсадных труб. Технология строительства комбинированного дренажа, более экономичные и надежные конструкции усилителей, применяющиеся в строительстве, разработаны институтом Средазгипроводхлопок при участии САНИИРИ. Специалистами со-

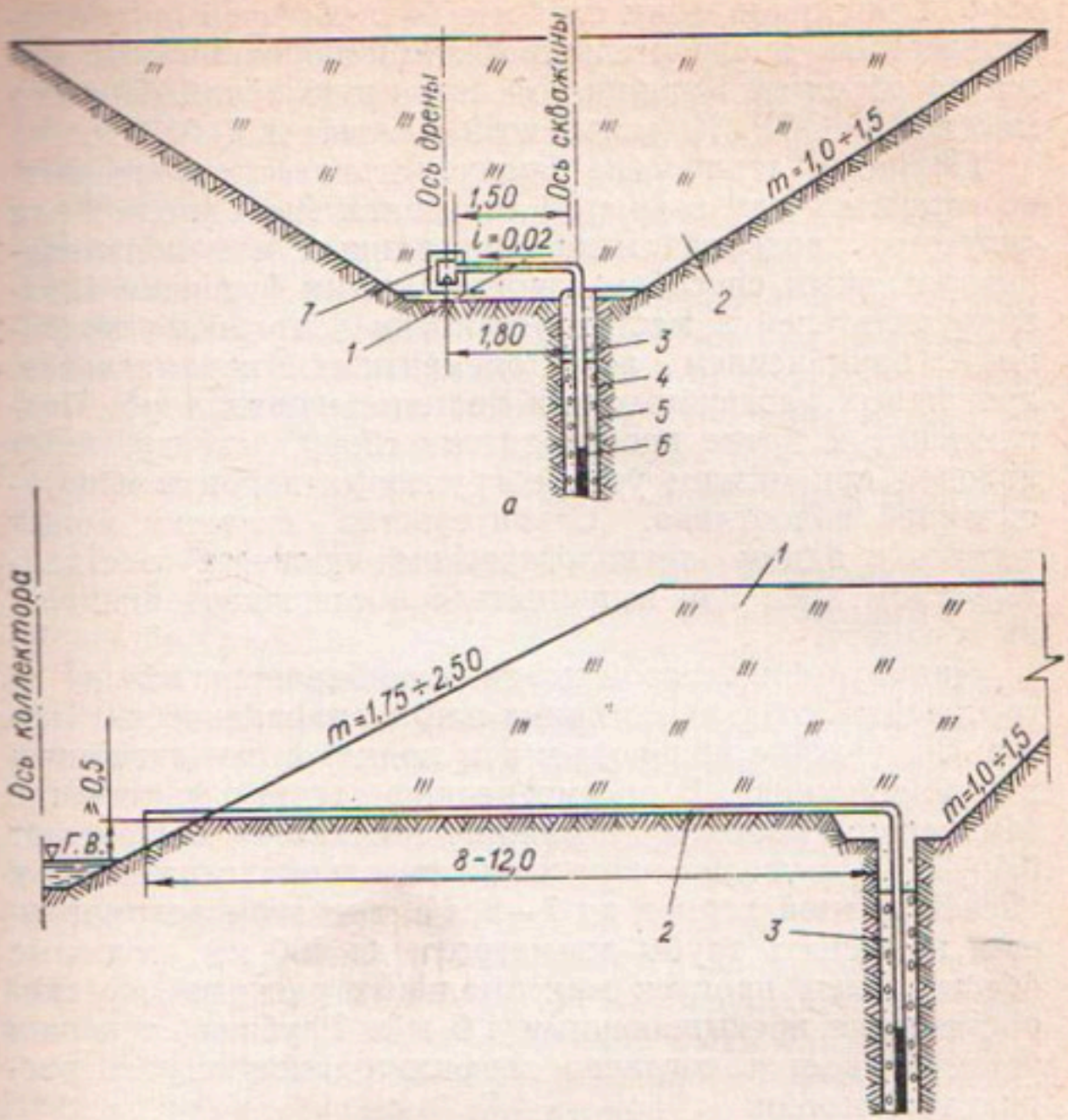


Рис. 10. По ключение скважины-усилителя:

а-к дрене: *1*-водоотводящая труба; *2*-обратная засыпка; *3*-фильтровая колонна; *4*-фильтровая обсыпка; *5*-скважина; *6*-отстойник; *7*-потайной колодец горизонтальной дрены; б к открытому коллектору: *1*-обратная засыпка; *2*-водоотводящая труба; *3*-фильтровая колонна

ставлен альбом конструкций скважин-усилителей в системе комбинированного дренажа, в который вошли следующие конструкции усилителей: неармированная скважина; скважина из труб ПВП по берме коллектора; скважина из труб ПВП за отвалом коллектора с наблюдательным колодцем; скважина из труб ПВП на дрене, строящейся механизированным способом; скважина из труб ПВП с подключением к колодцу на дрене; скважина из труб ПВП на дрене, строящейся полумеханизированным способом; скважины из гончарных

труб. При составлении альбома был обобщен опыт проектирования и строительства комбинированного дренажа на объектах Каршинской степи и Караулбазарского массива УзССР, Кырккызского массива КК АССР.

Принятая технология предусматривает строительство открытой или закрытой горизонтальной дрены или «глухого» водовода механизированным или полумеханизированным способом с последующим бурением скважин-усилителей в местах установки смотровых колодцев с применением асбестоцементных, керамических, дренажных раструбных или полиэтиленовых труб. Подключение к дрене производится сбоку, сверху, через колодец при низком уровне грунтовых вод или с организацией водоотлива. Строительство скважин может вестись в одном технологическом процессе со строительством дрен или выполняться после включения дрены в работу.

Диаметр фильтровой колонны выбирается, исходя из требований создания минимальных гидравлических потерь на участке водоподъема и подключения скважины к водоприемнику. В рассмотренных случаях фактически замеренные расходы скважин-усилителей составляют 0,5—3 л/с, с увеличением их на отдельных скважинах в послеполивной период до 7—8 л/с, при этом рекомендуется применять трубы диаметром до 100 мм, которые обеспечивают пропуск максимальных расходов, со скоростями, не превышающими 1,0 м/с. Глубина скважин устанавливается согласно геофильтрационному строению территории.

Гранулометрический состав фильтрационной обсыпки в горизонтальных и вертикальных дренах подбирается в зависимости от связности дренируемого грунта и размеров отверстий фильтра или дрены в соответствии с приложением к «Инструкции» (ВСН-П-8-74).

Районирование орошаемых земель, подверженных засолению, для проектирования различных типов дренажа

Дренаж — капитальное сооружение, рассчитанное на длительный период работы, и поэтому тип дренажа и его параметры должны выбираться из условий большей надежности, исключающей возможность реставрации засоления в годы различной водообеспеченности.

В последнее десятилетие проведено много работ по исследованиям вертикального, горизонтального и комбинированного дренажей, определена их дренирующая способность, мелиоративная эффективность, условия и специфика действия в аридной зоне.

Всесторонний анализ большого числа научных статей, проектных проработок и исследований по оценке эффективности различного типа дренажа дает основание считать, что выбор типа дренажа на орошаемых землях следует производить с учетом геоморфологических и геолого-гидрогеологических условий. Только по этим показателям можно правильно произвести районирование территории по типам дренажных сооружений.

Главной функцией дренажа является усиление естественной дренированности, поэтому его необходимо учитывать при районировании по типам.

Область применения того или иного типа дренажа должна определяться в первую очередь гидрогеолого-мелиоративными условиями территории. Известно, что горизонтальный дренаж малоэффективен на землях с напорным питанием. Следовательно, районирование по типу дренажа надо производить с учетом взаимосвязи грунтовых и напорных вод.

Норма осушения устанавливается из условия сведения к минимуму водообмена между грунтовыми и почвенными водами и поэтому должна быть близкой к высоте капиллярного поднятия покровных почвогрунтов. Исключение составляют территории со слабоминерализованными грунтовыми водами (до 3 г/л), когда допускается участие грунтовых вод в водообмене активной зоны. Норма осушения в этом случае определяется величиной активного слоя почвы.

На землях с сильноминерализованными грунтовыми водами норму осушения следует увеличивать на 10—15% по сравнению с минерализованными грунтовыми водами.

Из этого следует, что при районировании земель по типам дренажа необходимо учитывать капиллярные свойства почвогрунтов (Нк), минерализацию грунтовых вод, а также литологические и фильтрационные условия дренируемой территории.

В соответствии с вышеизложенным районирование аридной зоны предлагается проводить:

по естественной дренированности;

взаимосвязи грунтовых и напорных вод;

минерализации грунтовых вод и первого напорного горизонта подземных вод;

водно-физическим, фильтрационным свойствам и мощности покровных почвогрунтов;

проводимости подстилающих отложений, т. е. величине коэффициента фильтрации и мощности их до первого регионального водоупора (до глубины 50—60 м).

Предлагаемый состав параметров полностью совпадает с данными исследований на стадии технического проектирования. Таким образом, для районирования по типам дренажа могут быть использованы геоморфологическая, геолого-литологическая, гидрогеологическая и почвенная карты, составляемые для технического проекта.

В соответствии с принятым составом показателей при районировании выделяются следующие таксономические единицы: область, подобласть, район, участок.

Принимая за основу проработки профессора Д. М. Каца по степени естественной дренированности, для упрощения можно объединить некоторые области. Целесообразно выделить три области по степени естественной дренированности.

Первая область — дренированная. В геоморфологическом отношении может быть представлена горными и предгорными районами, верхними частями конусов выноса и глубоко расчлененными предгорными равнинами. В этой области не требуется искусственный дренаж. По гидрогеологической характеристике она относится к зоне питания (формирования) и погружения грунтовых вод. Вследствие больших уклонов поверхности, глубокого залегания пресных грунтовых вод и хорошего их оттока земли этой области не подвержены засолению и заболачиванию. При орошении происходит выщелачивание солей из почв.

Вторая область — слабодренированная. В геоморфологическом отношении может быть представлена речными долинами, центральными частями конусов выноса, расчлененными предгорными равнинами.

Орошение хлопчатника требует увеличения естественной дренированности путем постройки дренажа. Так как область удалена от предгорий, она имеет небольшие поверхности и по гидрогеологической характерис-

тике относится к зонам транзита, высачивания и частичного рассеивания грунтовых вод. Отличается обильным притоком с верховий и замедленным оттоком грунтовых вод. Уменьшение уклонов поверхности земли и снижение коэффициента фильтрации грунтов обусловливают подъем грунтовых вод и местами их высачивание. В нижней по уклону части области происходит накопление солей. Резкое ухудшение мелиоративных условий отмечается только в понижениях — депрессиях, представляющих собой естественные приемники грунтовых вод и место аккумуляции солей. Условия дренированности в этой области весьма разнообразные и определяются рельефом местности и уклонами грунтового потока. В пониженных частях рельефа возможны участки с бессточными — недренированными землями, имеющими повышенную минерализацию грунтовых вод. На территории области дренаж в основном необходим в местах выклинивания грунтовых вод, так как служит для ликвидации заболачивания. Здесь могут быть рекомендованы мелкий горизонтальный дренаж или ловчие канавы. Однако, учитывая, что грунтовые воды данной области в основном пресные или слабоминерализованные, более экономичным будет вертикальный дренаж, воды которого могут быть использованы на водоснабжение или орошение. Кроме того, снижая напорность, он защитит нижнюю по уклону террасу от подтопления.

Третья область — недренированная, представленная широкими речными террасами, водораздельными и нерасчлененными предгорными равнинами, периферийными частями конусов выноса и межконусными понижениями, плоскими равнинами и дельтовыми долинами. Все районы области требуют интенсивного дренирования. По гидрогеологической характеристике она относится к зоне рассеивания. Характеризуется малыми уклонами поверхности, отсутствием или недостаточным подземным оттоком, что при орошении способствует резкому подъему уровня грунтовых вод. На местных повышениях рельефа могут быть участки со слабой дренированностью.

Минерализация грунтовых вод увеличивается по мере продвижения потока вниз. Близкое их залегание вызывает засоление почвогрунтов, и поэтому повсеместно требуется дренаж.

В соответствии с гидрогеологической характеристикой по характеру взаимосвязи грунтовых и напорных вод в пределах второй и третьей областей выделяются следующие подобласти:

1. Уровень первого водоносного горизонта находится стабильно выше уровня второго водоносного горизонта подземных вод. В этой подобласти можно, кроме обычного горизонтального дренажа, применять поглощающие колодцы.

2. Положение уровней первого и второго водоносного горизонтов меняется. В зависимости от дренированности и водоподачи уровень второго может быть выше или ниже первого, т. е. имеется или невысокая напорность или она носит местный характер. Эта подобласть может быть выделена как во второй, так и в третьей области. Если величина напорного питания менее 500 м³/га в год, применяется горизонтальный дренаж, если больше, то комбинированный.

3. Уровень подземных вод первого водоносного горизонта стабильно ниже уровня подземных вод второго. Такая подобласть характеризуется более тяжелыми мелиоративными условиями в связи с дополнительным питанием грунтовых вод за счет напорности и поэтому требует наиболее интенсивного дренажа. Эта подобласть может быть выделена в основном в третьей и реже во второй области. Комбинированным дренажем можно снизить напорность подземных вод до 1000 м³/га в год, а на большую величину — только вертикальным.

В зависимости от степени минерализации грунтовых и подземных вод районы подразделяются:

а) грунтовые воды слабоминерализованные (3 г/л). Вода пригодна для орошения. Норма осушения независимо от высоты капиллярного поднятия соответствует активному слою сельскохозяйственной культуры, т. е. около 1,5 м. При наличии в геологическом разрезе хорошо проницаемых слоев и слабоминерализованных подземных вод нижних горизонтов может применяться вертикальный дренаж для водоснабжения и орошения;

б) минерализация грунтовых вод средняя (3—10 г/л). В этом районе возможны подрайоны с нормой осушения от 2 до 2,5, от 2,5 до 3 и более 3 м в зависимости от высоты капиллярного поднятия почвогрунтов и активного слоя.

В этом районе возможно применение горизонталь-

ного дренажа глубиной 3,5 м, а также комбинированного и вертикального, выбор которых осуществляется технико-экономическим сравнением вариантов;

в) минерализация грунтовых вод высокая (более 10 г/л). В этом районе возможны подрайоны с нормой осушения от 2,5 до 3 и более 3 м. Здесь требуется строительство дренажа с лучшей дренирующей способностью, т. е. вертикального или комбинированного, даже в случае его нерентабельности или промывного режима орошения. При невозможности строительства вертикального или комбинированного дренажа рекомендуется горизонтальный дренаж глубиной 3,7—4,5 м.

Необходимость строительства того или иного типа дренажа должна определяться перечисленными условиями, а возможность применения различного типа дренажа — геофильтрационным строением отдельных участков (коэффициентами фильтраций и мощностями покровных и подстилающих отложений).

Участки характеризуются однопластовой геофильтрационной схемой с одно-, двух- и трехслойным строением пласта или многопластовой (многослойной) системой. В слоистых геофильтрационных схемах главным показателем является проводимость (K_1m_1) хорошо проницаемого слоя, а также гидравлическая связь подстилающих и покровных отложений, определяемая показателем коэффициента перетекания ($K_в/m_в$). Здесь $K_в$ и K_1 — коэффициенты фильтрации покровного и первого проницаемого слоев, а $m_в$ и m_1 — их мощности.

В строительных нормах и правилах (СН и П.11—52—74. Сооружения мелиоративных систем) даются указания по применению типов дренажа в различных литологических и фильтрационных условиях. Горизонтальный дренаж применяется для дренирования однородных или слоистых слабопроницаемых отложений с суммарной водопроводимостью менее 100 м²/сут, а также для хорошо проницаемых отложений при близком (менее 5 м) залегании водоупора.

Вертикальный дренаж применяется при дренировании отложений с проводимостью более 100 м²/сут в двухслойной среде и более 300 м²/сут в многослойной среде, а также в случае, когда слабопроницаемые грунты подстилаются проницаемыми грунтами с напорными водами. Комбинированный дренаж применяется при

сложном строении водоносного пласта, когда верхний слабопроницаемый слой мощностью до 15 м подстилается водоносными горизонтами (напорными или безнапорными) с хорошей водопроницаемостью.

Необходимо отметить, что в данных указаниях критерии применимости различного типа дренажа основаны только на суммарной проводимости отложений, без указаний мощности и коэффициентов фильтрации грунтов, что может привести к некоторым ошибкам при выборе дренажа.

По данным исследований работы различного типа дренажа в аридной зоне доказана эффективность применения вертикального дренажа на землях с тяжелыми гидрогеолого-мелиоративными условиями в отложениях с сумарной проводимостью менее 100 м²/сут. Его применяют:

в однородных хорошо проницаемых грунтах с коэффициентом фильтрации более 2 м/сут и мощностью более 10 м;

в двухслойной среде при мощности покровных отложений не более 30—40 м или коэффициенте перетекания более 10^{-3} сут $^{-1}$ и проводимости подстилающих отложений более 50 м²/сут. Мощность подстилающего слоя должна быть более 5 м;

в многослойной среде с проводимостью более 100 м²/сут. При этом мощность хорошо проницаемых грунтов должна быть более 3—5 м, а коэффициент перетекания разделяющих слоев более 10^{-2} сут $^{-1}$. Если коэффициент фильтрации покровных отложений менее 0,1 м/сут, вертикальный дренаж более экономичен даже при проводимости подстилающих отложений до 50 м²/сут. При коэффициенте фильтрации покровных грунтов менее 0,01 м/сут возможно применение вертикального дренажа с проводимостью подстилающих отложений менее 50 м²/сут.

В слоистых грунтах с коэффициентом фильтрации покровных отложений менее 0,01 м/сут рекомендуются глухие водоводы с вертикальными скважинами (система скважин-усилителей с самотечным водоводом).

Условия применения комбинированного дренажа следует уточнить следующим образом:

применение комбинированного дренажа определяется гидрогеолого-литологическими условиями. Усилители вертикального типа наиболее эффективны в слоистых

грунтах, когда дрена по условиям производства работ и отметкам горизонтов воды в водоприемнике не может быть заглублена до хорошо проницаемого слоя. Усилители, прорезая оставшуюся невскрытой прослойку покровного грунта с малым коэффициентом фильтрации, дают прямой выход грунтовой воде из нижнего слоя в дрену без заметных потерь напора;

применение комбинированного дренажа наиболее эффективно в двухслойной или многослойной среде с мощностью покровных отложений от 5 до 20 м, коэффициентом фильтрации покровных отложений от 0,01 до 0,3 м/сут, проводимостью подстилающих отложений более 15 м²/сут. При коэффициенте фильтрации покровных отложений более 0,1 м/сут и незначительной мощности покровных грунтоз от дна дрены (1—2 м) применение комбинированного дренажа нецелесообразно. При наличии покровных отложений с коэффициентом фильтрации менее 0,01 м/сут или мощностью покровных отложений более 20 м применение комбинированного дренажа должно оцениваться коэффициентом перетекания — отношение $K_в/m_в$, который должен быть не менее $5—10^{-3}$ сут;

возможно применение комбинированного дренажа в однородных грунтах для снятия незначительного напора;

в тяжелых гидрогеолого-мелиоративных условиях, особенно при наличии напорности подземных вод, возможно применение усилителей в отложениях с мощностью покрова до 25 м или проводимостью подстилающих грунтов до 10 м²/сут;

если вертикальный дренаж применяется при значительной мощности хорошо проницаемых слоев (более 5 м), то усилители могут быть опущены в прослойки мощностью 1,5—2 м.

Горизонтальный дренаж рекомендуется применять:

в однородных грунтах с коэффициентом фильтрации от 0,01 до 2 м/сут и выше при близком залегании водоупора (до 10 м).

в многослойных грунтах он эффективен при коэффициенте фильтрации покровных отложений более 0,3 м/сут.

При этом следует учитывать, что горизонтальный дренаж неэкономичен при коэффициенте фильтрации покровных отложений менее 0,1 м/сут, а при меньшем

Таблица 7

Районирование орошаемых земель по типам дренажа

Область	Подобласть	Район	Подрайон	Участки									Рекомендуемый тип дренажа
						гидрогеологические параметры							
по естественной дренированности	по взаимосвязи грунтовых и напорных вод	по минерализации, г/л	по норме осушения, м	фильтрационная схема	литологический состав	№ уч.	$K_в$, м/сут	$m_в$, м	$K_в/m_в$, $сут^{-1}$	K_1, м/сут	m_1, м	K_1m_1, $м^2$/сут	
А. Дренированная	Не выделяются												Дренаж не требуется
Б. Слабодренированная	Положение уровня первого водоносного горизонта подземных вод выше уровня второго	а. <3	1,5		Весьма слабопроницаемые грунты (глины)	1	<0,01	<5		<0,001	40		Дренаж не эффективен
		б. 3—10	2—2,5 2,5—3	однослойная однородная	Слабо- и среднепроницаемые грунты (глины, суглинки, супеси)	2	<2						Горизонтальный
		в. >10	2,5—3 >3		Сильнопроницаемые грунты (легкие супеси, пески, гравий)	3	>2	>20					Горизонтальный в районе 2в, 3б-в вертикальный

Положение уровней водоносных горизонтов неустойчивое (выше, ниже, совпадают)	а. <3	1,5 2—2,5	многослойная,	Суглинки с прослоями супеси, песка, глин	4	<1					Горизонтальный
	б. 3—10	2,5—3	однослойная,								
		2,5—3	неоднородная	Суглинки с прослоями песков, супеси, гравия, гальки	5	>1	10—20	10^{-2}	3	2	Комбинированный
	в. >10	>3			6	>1	20—30	10^{-2}	5	>3—5	Горизонтальный, район 3б, 3в—вертикальный
			однопластовая, двухслойная	Слабопроницаемые грунты (глины, суглинки), подстилаемые сильнопроницаемыми (песком, гравием, галечником)	7	<0,3	5—20	10^{-3}	2	2	10—20 Комбинированный
					8	>0,3	20—40	10^{-3}	2	>5	>50 Вертикальный
					8	<0,3	<5				Горизонтальный
				Среднепроницаемые грунты (суглинки, супеси), подстилаемые сильно	9	>0,5	40	10^{-3}	5	>5	>100 Вертикальный
					10	>0,3		10^{-2}	2		>50 Горизонтальный, район 2в, 3б-в—вертикальный

Продолжение таблицы 7

Область	Подобласть	Район	Подрайон	Участки								Рекомендуемый тип дренажа
				фильтрационная схема	литологический состав	гидрогеологические параметры						
по естественной дренированности	по взаимосвязи грунтовых и напорных вод	по минерализации, г/л	по норме осушения, м			№ уч.	$K_в$, м/сут	m, м	$K_в/m_в$, $сут^{-1}$	K_1, м/сут	m_1, м	K_1m_1, $м^2$/сут	
					проницаемыми песком, гравием, галечником). Сильно-и среднепроницаемые грунты (суглинки, супеси, пески), подстилаемые средне-и слабопроницаемыми (суглинками, глинами)								и комбинированный
В. Не дренированная	Положение уровней водоносных горизонтов неустойчивое (выше; ниже, совпадают)	а. <3	2—2,5	—"—									
		б.3—10	2—2,5										
			2,5—3										
			2,5—3										
			>3										
		в. >10				11	>0,05	>5		>0,005			Горизонтальный

Положение уровня первого водоносного горизонта стабильно ниже уровня второго	б. 3—10	2,5—3	одно-пластовая трех-слойная, нижний пласт более проница-емый	Тяжелые и средние суглинки и супеси, под-стилаемые супесями, песками	12	<0,5	20—30	10^{-3}	50	>50	Горизон-тальный, в районе 2в, 3б-в —верти-кальный
		>3									
	в. >10	>3									
				Средние и легкие суглинки и супеси, под-стилаемые песком и галечником	13	>0,5	10—40	>10^{-3}	>50	>50	Горизон-тальный, в районе 2в, 3б-в —верти-кальный
					14	>0,5	10—40	>10^{-3}	100	>100	Верти-кальный

коэффициенте фильтрации вообще невозможен. При строительстве комбинированного дренажа в таких условиях рекомендуется применять глухие водоводы (самотечный вертикальный дренаж).

По литологическим и фильтрационным условиям выделено 14 участков.

На основании вышеуказанных положений составлена методика по выбору типов дренажа для орошаемых земель, подверженных засолению (данная работа еще не завершена, и некоторые вопросы в ней могут быть спорными). За основу методики принято положение об эффективности того или иного типа дренажа, оценивающейся не только стоимостными показателями его строительства и эксплуатации, но и мелиоративным эффектом. Следует проектировать тот дренаж, который на фоне общего комплекса мелиоративных мероприятий даст наибольшую прибавку урожая и полностью устранит возможность реставрации засоления земель (табл. 7). Поэтому, в тяжелых мелиоративных условиях надо применять, если возможно, вертикальный дренаж, обладающий лучшими дренирующими способностями, несмотря на большую стоимость строительства и эксплуатации. Однако нельзя полностью игнорировать и стоимостные показатели. Выбор типа дренажа по стоимостному показателю можно производить сравнением сроков окупаемости при равном мелиоративном действии. Срок окупаемости определяется технико-экономическими показателями, учитывающими весь комплекс затрат на мелиорацию земель с учетом стоимости воды на орошение и промывку.

Глава III. МЕЛИОРАТИВНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДРЕНАЖА

Исследования работоспособности различных конструкций дренажа

Работоспособность дренажа определяется изменением уровня и скорости снижения грунтовых вод, величиной дренажного модуля или удельными расходами, дальностью влияния дренажа.

Эффективность открытого и закрытого гончарного горизонтального дренажа в староорошаемых и новооро-

шаемых зонах хлопководства исследовалась многими учеными-мелиораторами. На основании этих работ накоплен значительный опыт по проектированию, строительству и эксплуатации дренажа, применяемого в Средней Азии.

В новой зоне орошения Голодной степи прошли апробацию перспективные конструкции горизонтального дренажа — пластмассовые трубы из полихлорвинила, пластмассовые гофрированные трубы, трубы из пористого бетона, различные материалы фильтров и др.

Для внедрения конструкций мелиоративных систем с высоким уровнем механизации и автоматизации технологических процессов в новой зоне Голодной степи в 1970—1972 гг. был применен бестраншейный метод укладки пластмассовых труб с использованием фильтров из синтетических материалов дреноукладчиком БДМ-300. Было принято решение о его внедрении и строительстве дренажа бестраншейным способом. Однако при расчетах технологических преимуществ этого метода и его экономической эффективности не были учтены вопросы оценки водоприемной способности, надежности формирования дренажного стока и другие мелиоративные показатели.

В процессе строительства и проведения наблюдений за работой дренажа и его техническим состоянием (совхозы № 26 и «Пахтакор») выявились недостатки: малая водозахватная способность и неудовлетворительное техническое состояние устьев и наддренных полос. Было установлено, что пластмассовые дрены не оказывают влияния на форму депрессионной кривой, а величины дренажных модулей примерно в пять раз меньше ожидаемых. Дренажная труба укладывается машиной БДМ-300 с перегибами в вертикальной плоскости, достигающими 10—15 см.

Наблюдения показали, что пластмассовые дрены работали преимущественно в вегетационный период (с мая по сентябрь). Расходы воды 500-метровой дрены составляли 0,04—0,05 л/с, а модули дренажного стока — 0,02 л/с на га. Максимальные расходы и модули дренажного стока равнялись 0,25 и 0,05 л/с·га при напоре в междренье 2,5 м. Теоретический приток к дренам оказался выше измеренного для аналогичных условий в 7—20 раз. Слабая работа дрен наблюдалась на всех участках. Массовое их вскрытие показало, что

пластмассовые трубы имеют достаточную прочность, не подвержены кольматажу и суффозии, однако обнаружено, что в придренной области имеется уплотнение грунта и нарушение его естественной структуры.

В связи с этим изменен рабочий орган дреноукладочной машины, увеличен диаметр дренажных труб до 75—100 мм, заменен фильтр из капроновой ткани на песчаную обсыпку или на объемный фильтр из синтетических материалов. Необходимо отметить, что дрены, уложенные дреноукладчиком БДМ-300 в совхозе № 31 Голодной степи, где почвогрунты представлены загипсованными суглинками плотного сложения с высоким коэффициентом фильтрации (более 0,5 м/сут), имели сток 0,5—1 л/с, а дренажные модули 0,05—0,09, т. е. незначительно ниже, чем гончарный дренаж. Следовательно, фильтр из капроновой ткани можно применять в грунтах с коэффициентом фильтрации более 0,5 м/сут.

В 1972 г. создана модель БДМ-301А с трехступенчатым режущим рабочим органом. Эта конструкция позволила сохранить естественную структуру грунта в придренной зоне, устранив деформации уплотнения. В теле ножа был размещен бункер для песка. Машина укладывала гофрированные пластмассовые трубы в отсыпаемую песчаную призму размером 20×35 см. Значительно повысилась точность укладки дренажной линии. Местные отклонения в вертикальной плоскости относительно поверхности корыта не превышали 2 см. Производительность машины составляла 250 м дрены в час.

Для выявления водоприемной способности дренажа были организованы наблюдения за работой дрен в совхозах № 4 и 7.

В совхозе № 4 наблюдения велись за системой из 20 дрен на участке в зоне действия коллектора 4-К-5-1. Земли на участке представляли собой пустошь, на которой не проводились промывки и не было поливов. Поверхность грунтовых вод весь сезон практически находилась на одной глубине. Это объясняется постоянным подпором со стороны Южного Голодностепского канала (ЮГК). Вторичный подпор возникает от проводившейся рядом промывки. Фильтрация из ЮГК и фильтрационные токи со стороны промываемых участков, распространяясь вниз и в стороны, выклинивали на соседние поля минерализованные грунтовые воды. Это

определяло постоянный уровень грунтовых вод и большую степень минерализации дренажного стока. Максимальные напоры над дренами достигали 0,5—0,7 м. При средних напорах (0,2—0,4 м) величина наблюдаемых дренажных модулей находилась в пределах 0,05—0,08 л/с·га. Полученные результаты указывают на достаточную работоспособность пластмассовых дрен с песчаной обсыпкой, которые обладают большой водозахватной способностью и обеспечивают необходимую интенсивность дренирования.

Исследования работы пластмассового дренажа производились на участке в совхозе № 7, расположенном в юго-восточной части Голодной степи с наиболее типичными условиями для новой зоны орошения. Покровные отложения образованы средними лессовидными суглинками с коэффициентом фильтрации 0,15—0,2 м/сут. Фильтрационная схема относительно однородная. Водоупор залегает на глубине 60—80 м. Почвы представлены сероземами. В первый год наблюдений они имели незначительное засоление, которое в дальнейшем почти не изменилось.

Пластмассовый дренаж на участке построен дреноукладчиком БДМ-301А. Дрены уложены на глубину 2,8—3 м с междренным расстоянием 50 м. Длина — 360 м, фильтр гравийно-песчаный. Уровень грунтовых вод в момент укладки дрен находился на глубине 2,5—3 м, поэтому они начали работать сразу же после окончания строительства. Участок был засеян хлопчатником, отчуждения наддренных полос не производилось.

В течение трех вегетационных периодов проводились наблюдения за работой пластмассового дренажа и водно-солевым режимом зоны аэрации. В первый год исследований было осуществлено всего два вегетационных полива укрупненными нормами: первый — 3050, второй —2600 м³/га. Во второй год за два полива подано 5200 м³/га. В вегетационный период третьего года исследований было осуществлено также два полива нормами 2460 и 2720 м³/га. Пластмассовые дрены работали с конца мая или начала июня по сентябрь-октябрь.

Осенью грунтовые воды опускались ниже глубины заложения дренажа. Максимальные величины устьевых расходов по отдельным дренам составляли 0,5—0,6 л/с при напорах 1—1,8 м, обеспечивая модули дренажного стока 0,2—0,34 л/с·га. Средний дренажный модуль за

вегетацию составлял 0,04—0,05, а при поливах достигал 0,08—0,15 л/с·га. Зависимость фактических значений устьевых расходов дрен от напора близка к проектной. Уровень грунтовых вод в период поливов поднимался до 0,8 м от поверхности. Уровень их после поливов снижался до 5—10 см/сут. При данных параметрах дренажа и режиме орошения складывался благоприятный водно-солевой режим.

На всех участках работы пластмассового дренажа формирование дренажного стока оказалось вполне надежным и достаточным для поддержания благоприятного мелиоративного состояния земель.

На участке совхоза № 7 при однородном фильтрационном строении и отсутствии напорного питания средний дренажный модуль составлял 0,04—0,05, а максимальный —0,07—0,13 л/с·га при напоре 1,2—1,6 м. На участке совхоза № 4 с двухслойным фильтрационным строением и напорным питанием эти показатели равнялись соответственно 0,06—0,1; 0,15—0,25; 0,9—1,1. Однако отсутствие полиэтиленовых труб диаметром 100 мм и более вынуждало использовать трубы диаметром 65—73 мм, в связи с чем междренные расстояния оказывались в 2—2,5 раза меньше, чем у гончарного дренажа, что значительно снижало экономический эффект этого высокопроизводительного способа строительства.

В последнее время в нашей стране стали применять дренажные трубы из крупнопористого бетона. Пористая структура трубофильтров создается подбором гранулометрического состава заполнителей из имеющихся местных материалов и соответствующего количества вяжущего. Вяжущими служат цемент, жидкое стекло, битумы, высокомолекулярные смолы и т. д. В качестве заполнителей обычно используют щебень, гравий, гальку, шлак, кирпичный бой, керамзит и др.

Трубофильтры обладают рядом преимуществ: нет необходимости в дорогостоящем фильтре, в качестве заполнителей применяются местные недорогие материалы, изготовляются нужные формы индустриальными методами и т. д.

Государственное специальное конструкторское бюро по ирригационным машинам (ГСКБ по ирригации) Главсредазирсовхозстроя предложило конструкцию пористых бетонных труб из щебня Д-2-10 мм на сульфатостойком портландцементе, проваренных в битуме. Она

имеет лучшую, чем у гончарного дренажа, технологичность укладки за счет обоюдоконусных муфт и осевую жесткость, позволяющую выдерживать дренажную линию, изготавливать стенки трубофильтра различной проницаемости и высокой прочности.

Для производственной проверки труб указанной конструкции в совхозе «Правда» были построены две закрытые горизонтальные дрены. В одной из них трубы укладывались без фильтровой обсыпки, в другой — с песчано-гравийной. Оценка эффективности работы дрен из трубо-фильтров производилась сравнением с дренажем из обычных гончарных труб с песчано-гравийной обсыпкой. Работоспособность дрен из пористых и гончарных труб оказалась практически идентичной. Максимальные дренажные расходы для пористых труб с песчано-гравийной обсыпкой составили 0,66 л/с, для пористых труб без обсыпки —0,65, для гончарных труб с песчано-гравийной обсыпкой —0,63 л/с при напорах 0,8—1,0 м. Дренажные модули при равных напорах составили для всех дрен —0,10—0,11 л/с·га. Средневегетационные дренажные модули по всему участку оказались ниже проектных, что связано с малой оросительной нормой. Уровень грунтовых вод поднимался выше 3 м от поверхности земли только после проведения поливов и снижался до 3—10 см/сут. Минерализация грунтовых вод, отобранных из пьезометров на глубине 5—6 м, и минерализация дренажного стока оказались близкими, что свидетельствует об отводе дренами грунтовой воды из этих горизонтов. Результаты полевых исследований выявили достаточно высокую водоприемную способность пористых бетонных труб.

По предварительным расчетам, стоимость строительства метра дренажа из пористых бетонных труб механизированным способом составляет 6,1 руб., а полумеханизированным способом —9,7.

Полученные результаты позволили рекомендовать проведение более широких производственных исследований труб конструкции ГСКБ по ирригации на осваиваемых землях.

Впервые в СССР комбинированный дренаж в производственных масштабах строится в Каршинской степи, в связи с чем при строительстве уточняются технология производства работ и новые типы конструкций.

На опытном участке института Средазгипроводхло-

Таблица 8

Показатели работы усилителей

Усилитель	Средний расход, л/с	Средний напор, м	Гидрогеологические параметры			
			$m_в$, м	$K_в$, м/сут	m_1, м	K_1 м/сут
1	1,8	1,5	12	0,3	4	5
3	1,4	1,8	15	0,2	3	10
4	1,2	1,3	9	0,15	2,2	4
6	0,8	1,2	12	0,1	1,5	10
9	2,2	2,4	7	0,3	6	12

пок в совхозе «Аврора» в течение 1970—1975 гг. велись наблюдения за системой четырех скважин-усилителей. Начиная с 1975 г. в совхозе № 22 наблюдали за работой семи скважин-усилителей бесфильтровой конструкции (глухие трубы, опущенные до кровли песчаного горизонта), установленных на открытом коллекторе. В 1976—1978 гг. проводили наблюдения за усилителями с фильтрами, опущенными в песчаные прослои различной мощности и проницаемости, на коллекторах в совхозах № 10, 11. Расходы по скважинам-усилителям и некоторые соответствующие им гидрогеологические показатели даны в табл. 8.

Эффективность усилителей можно проследить при сравнении их расходов с расходами закрытых дрен и глубоких открытых коллекторов. Средние расходы по одному усилителю близки к расходам 100 м открытых коллекторов глубиной до 4—4,5 м и в 2—5 раз больше расходов 100 м закрытых горизонтальных дрен глубиной 3—3,2 м.

На основании анализа результатов проведенных исследований можно сделать вывод, что комбинированный дренаж при наличии под покровными отложениями (мощностью 7—20 м) подстилающих пород (с проводимостью 10—20 м²/сут и выше) оказывается эффективнее горизонтального дренажа.

Опытные данные и теоретические расчеты показали, что устройство скважин-усилителей значительно увеличивает приток грунтовых вод в дренажную систему (почти в два раза), ведет к снижению пьезометрических напоров в подстилающих мелкоземах водоносных горизонтов, способствует увеличению междренных расстояний в среднем в два раза.

Исследованиями были уточнены конструкции усилителей. На бумажных и сеточных моделях ЭГДА (электро-гидродинамических аналогий) был установлен оптимальный диаметр скважины-усилителя, равный 0,5 м, т. к. дальнейшее его увеличение повышает расход воды на 10%. Этими же исследованиями на плановых моделях ЭГДА установлена оптимальная скважность фильтров, составляющая 5—7%. В 1975—1977 гг. САНИИРИ проводил исследования комбинированного дренажа на опытно-производственных участках в совхозе № 14, где два открытых коллектора были усилены 10 вертикальными самоизливающимися скважинами, а четыре закрытых дрены —22. Результаты исследований оказались недостаточно показательными, однако было выявлено, что при малой мощности покровных отложений (1—3 м от дна дрены) комбинированный дренаж не дает ощутимого эффекта. Работы были продолжены на опытном участке в совхозе им. К. Маркса, земли которого относятся к аккумулятивно-дельтовому рельефу, занимающему большую часть территории современной долины реки Кашкадарьи, и отличаются геофильтрационным строением, оптимальным для работы комбинированного дренажа. Территория участка сложена переслаивающимися суглинками и супесями мощностью от 5 до 12 м, подстилаемыми разнозернистыми песками мощностью 3—20 м. Коэффициент фильтрации песков —24,2 м/сут. На опытном участке изучалась работа 10 скважин-усилителей различной конструкции, размещенных на расстоянии от 50 до 200 м на бермах открытого коллектора ЮК-5-2. Дебиты отдельных усилителей при работе самоизливом составляли от 1,5 до 4 л/с. Дренажные модули на территории участка при пуске усилителей возросли с 0,14 до 0,26 л/с·га, а в период поливов достигали 0,48 л/с. Скорость сработки уровня грунтовых вод в период влагозарядкового полива составила 10 см/сут.

По суммарному дренажному расходу открытого коллектора длиной 1 км с учетом работы всех усилителей, равной 20—26 л/с, для необходимого по проекту дренажного модуля (0,2 л/с·га) были рассчитаны междренные расстояния, которые составили от 800 до 1200 м.

На этом же участке проводились исследования новых конструкций усилителей из полимерных и асбесто-

цементных труб различного диаметра, при этом была улучшена технология их строительства и подключения усилителей.

Проработки, выполненные институтом Средазгипроводхлопок и опробованные в производственных условиях САНИИРИ, показывают, что наибольший дренажный эффект получается при строительстве скважин-усилителей на открытых коллекторах в виде линейных рядов с шагом скважин меньше половины расстояния между коллекторами. Для условий оптимальной организации территории севооборотных массивов шаг между усилителями может быть подобран по необходимым расстояниям между открытыми коллекторами.

Мелиоративная эффективность дренажа

Под мелиоративной эффективностью дренажа следует понимать степень влияния того или иного его типа на мелиоративное состояние орошаемых земель на фоне фактических условий хозяйственного освоения. Мелиоративная эффективность дренажа оценивается по «конечному результату», т. е. по сформировавшимся водному и солевому режимам орошаемых земель, которые обеспечивают благоприятные условия для возделывания сельскохозяйственных культур.

Мелиоративная эффективность закрытого горизонтального дренажа (в основном гончарного) исследовалась в совхозе № 1 Голодной степи (А. И. Лешанский). Особое внимание в работе уделялось оценке роли промывного режима орошения и дренажа, их влиянию на почвы и грунтовые воды.

Совхоз № 1 расположен в юго-восточной части массива на нижней предгорной равнине Туркестанского хребта. Литологические условия представлены толщей значительной мощности из переслаивающихся суглинков, супесей, глин. Первый локальный водоупор (глина, мощность более 5 м) находится на глубине 20—40 м (реже 10—20). Покровный слой выражен легкими и средними суглинками. Основным источником питания подземных вод является приток с Туркестанского хребта. До орошения грунтовые воды залегали на глубине 10—15 м, минерализация их верхних горизонтов составляла 20—80 г/л, по типу химизма воды сульфатно-хлоридные.

Почвы совхоза — незасоленные светлые сероземы, глубоко-солончаковатые. Тип засоления преимущественно хлоридно-сульфатный, реже сульфатно-хлоридный.

Общая протяженность коллекторной сети совхоза — 121 км, удельная —15 м/га. Коллекторная сеть в основном открытая, закрытая составляет лишь 15%. Регулирующая закрытая дренажная сеть уложена из керамических, полиэтиленовых и реже асбестоцементных труб.

Общая протяженность дренажной сети —302 км, удельная —36 м/га. Глубина закладки дрен —3,0—3,5 м, уклон от 0,001 до 0,002, длина от 290 до 1200 м, фильтр — песчано-гравийная обсыпка.

Наблюдения за коллекторно-дренажной сетью показали, что дренаж в среднем отводит с гектара ежегодно 2180 м³ воды, которая составляет 24% от водоподачи. Величина дренажного стока и его динамика зависит от режима орошения. На участках, где проводятся влагозарядковые поливы, он работает круглогодично, а там, где они не проводятся, дренаж работает в основном в вегетационный период. Основная нагрузка на дрены приходится в поливные периоды. Среднегодовые дренажные модули по совхозу за шесть лет исследований составляли 0,050—0,076 л/с·га, при этом годовые оросительные нормы 6300—8100 м³/га, что ниже проектных величин (10600 м³/га для переходного периода и 9200 м³/га для перспективного). Вегетационные оросительные нормы почти все годы оказывались выше проектных (6400 м³/га для переходного периода и 6100 м³/га для перспективного).

На площадях с исправными дренами средний дренажный модуль составлял 0,04—0,045 л/с·га при глубине дрен 3 м и 0,09—0,095 л/с·га при глубине дрен 3,5 м. Объем воды, отводимой только закрытыми дренами, составлял 8—12% оросительной нормы. Фактические средние дренажные модули оказались ниже, а максимальные выше проектных величин, принятых за 0,12 и 0,15 л/с·га.

В период проведения полива происходил кратковременный резкий подъем уровня грунтовых вод, с прекращением подачи воды он снижался за 15—20 суток до — 5 см/сут (летний период) и до 2 см/сут (зимний период). Солевые съемки почвогрунтов не отметили ухудшения мелиоративного состояния земель. Таким образом, при существующей интенсивности дренирования (8,6

м²/сут) и выполнении промывного режима орошения на землях совхоза № 1 складывается благоприятная мелиоративная обстановка.

Исследованиями было установлено, что из всех предложенных конструкций дренажа наиболее устойчивой оказалась система гончарных раструбных труб с фильтровой песчано-гравийной обсыпкой из илансайского песка. По способу строительства надежнее всех оказались дрены, выполненные открытым способом.

Вопрос изучения мелиоративной эффективности комбинированного дренажа в различных природных условиях не достаточно освещен [4]. Это, вероятно, связано с тем, что дренаж этого типа не применяется в широких производственных условиях. Исследования в основном заключались в определении расходов усилителей и иногда динамики уровня грунтовых вод.

Детальная оценка мелиоративной эффективности комбинированного дренажа проводилась институтом Средазгипроводхлопок в совхозах «Москва» и «Аврора» первой очереди освоения Каршинской степи.

На опытном участке в совхозе «Москва» были проведены первые поисковые опыты со скважинами-усилителями на открытом коллекторе.

В геоморфологическом отношении этот участок представлял собой граничную область пролювиальной и аллювиальной равнины, сложенную переслаивающейся толщей средних и тяжелых суглинков, песков и супесей четвертичного возраста. Водопроводимость подстилающих отложений достигала 300 м²/сут. Коэффициент фильтрации водосодержащей толщи —11 м/сут. Мощность покровных суглинков —4—8 м, коэффициент их фильтрации колеблется от 0,12 до 0,2 м/сут. При понижении уровня грунтовых вод ниже 2,5—3,0 м отмечалось незначительное напорное подпитывание.

Анализ результатов трехлетних наблюдений показал, что режим грунтовых вод на участке в основном определялся водоподачей. В первый год наблюдения проводились на дрене глубиной 2,5 м. Весной второго года исследований дрена была углублена до 4,2 м от поверхности. В третий год на ней были построены два усилителя глубиной 12 м, фильтры которых были опущены в песчаный горизонт на 3—4 м. Применялись две конструкции скважин-усилителей: первая скважина пробурена диаметром 219 мм, обсажена полиэтиленовой

трубой диаметром 100 мм, перфорированной на глубине 8—11 м, и засыпана песчано-гравийным фильтром; вторая скважина пробурена диаметром 168 мм, обсажена полиэтиленовой трубой диаметром 100 мм, перфорированной на глубине 7—11 м, и обернута стекловолокном. Расстояние между усилителями 200 м. Работоспособность обеих конструкций оказалась почти равнозначной.

При работе усилителей грунтовые воды заметно понизились. По сравнению с предыдущим годом их уровень к первому вегетационному поливу понизился на 0,3—0,6 м.

Скорости снижения грунтовых вод при работе комбинированного дренажа оказались в 1,3—1,5 раз выше, чем при работе горизонтального, и составляли: при глубине дренажа 2,5 м—1—2 см/сут, при работе дрены глубиной 4,2 м—3—5, а при работе комбинированного дренажа скорость была 4—7 см/сут. Если радиусы влияния при работе горизонтального дренажа глубиной 2,5 м были 60—80 м, а при дрене глубиной 4,2 м—120—150 м, то при работе комбинированного они распространялись до 280—350 м, рабочие напоры при этом составляли 0,7—1,7 м. Напорное подпитывание при работе комбинированного дренажа не отмечалось. За два года минерализация грунтовых вод на глубине 7—8 м уменьшилась с 7—7,5 до 5—5,6 г/л. Среднегодовые дренажные расходы на 100 м дрены при работе комбинированного дренажа возросли с 0,33 до 0,63 л/с, а максимальные с 0,72 до 1,03 л/с.

Анализ водного баланса в разные годы исследований свидетельствует об уменьшении суммарного испарения от 9890 м³/га при мелком дренаже до 6300 м³/га при глубоком дренаже с усилителями, а также об увеличении доли дренажного стока соответственно с 786 до 2583 м³/га. При комбинированном дренаже уменьшается напорное питание грунтовых вод и происходит некоторое рассоление почв. Данные по расчету солевого баланса опытного участка приведены в табл. 9. Эти данные убедительно доказали мелиоративную эффективность комбинированного дренажа по сравнению с горизонтальным.

Исследования эффективности вертикального дренажа проводились в совхозе «Москва» на участках с однотипными гидрогеолого-мелиоративными условиями. Скважина вертикального дренажа глубиной 40 м про-

Таблица 9

Солевой баланс опытного участка

Составляющие баланса	Содержание солей, т/га		
	дрена 2,5 м	дрена 4,2 м	комбинированный дренаж
Поступление солей с оросительной водой	8,05	4,68	4,62
Поступление солей с напорными водами	—	1,90	—
Поступление солей с подземным притоком	—	2,20	4,64
Вынос солей дренажем	2,80	5,26	12,43
Вынос солей с подземным оттоком	2,06	—	—
Изменение запасов солей в пятиметровой толще по данным солевой съемки	+1,86	+1,58	—1,90
Невязка	+1,33	+1,94	—1,25

бурена диаметром 400 мм и оборудована фильтровой колонной диаметром 254 мм в интервале 8,4—31 м. Во время откачек расход скважин составлял 27—35 л/с при понижении на 4,5—5,5 м. Удельный дебит равен 5,78 л/с. Радиус влияния в течение 10—15 суток достигал 350—450 м, а через 20—25 суток 450—500 м.

Дренажные модули на площади, ограниченной радиусом влияния, в периоды откачек составляли 0,26—0,35 л/с на га. Средневегетационные дренажные модули на всей площади участка оказались равными 0,18 л/с на га, а по площади, ограниченной радиусом влияния (450—500 м),—0,09—0,11 л/с·га (табл. 10). При работе напорное подпитывание не отмечалось.

За время работы вертикального дренажа в течение одного лета произошло незначительное рассоление двухметрового слоя почвогрунтов (от исходного содержания натрия 3,7 мг/экв до 1,6 мг/экв).

Уровень понижения грунтовых вод при работе вертикального дренажа в 1,5—3 раза больше, чем горизонтального, и составляет 8—100 см/сут (в зависимости от расстояния от вертикальной дрены).

На участке в совхозе «Аврора» Каршинской степи наблюдали за работой семи закрытых горизонтальных дрен Д-83—90.

Таблица 10

Показатели эффективности дренажа в однотипных гидрогеолого-мелиоративных условиях

Показатель	Типы дренажа		
	горизонтальный	комбинированный	вертикальный
Дренажный модуль, л/с на га			
а) по радиусу влияния	0,05—0,21	0,08—0,23	0,09—0,24
б) по площади, ограниченной влиянием горизонтального дренажа	0,05—0,21	0,16—0,48	0,28—0,65
Радиус влияния, м	50—170	150—350	400—550
Скорость снижения уровня грунтовых вод, см/сут			
а) в 50 м от дрены	1—4	20	50
б) на границе радиуса влияния	1—3	5	6
Гидравлический градиент, м	0,5—0,5	0,3—2,8	5—8
Изменение напорности подземных вод, м	0	0,2	1,2

Среднегодовые дренажные модули по отдельным дренам составляли от 0,2 до 0,15 л/с·га. Средневегетационные модули в орошаемые годы увеличились по отдельным дренам от 0,002—0,035 до 0,09—0,58 л/с·га. Таким образом, дренажные модули по участку довольно высокие, что связано с напорным питанием, составляющим около 2000 м³/год на га. Минерализация дренажных вод по годам незначительно понижалась.

Однако, несмотря на высокие дренажные расходы и вынос с дренажными водами большого количества солей, рассоление почвогрунтов и грунтовых вод на участке в совхозе «Аврора» не наблюдалось. Напорное питание увеличивало приток подземных вод в дрены, замедляя процесс опреснения почвогрунтов. Горизонтальный дренаж в этих условиях оказался малоэффективным. В связи с этим на опытном участке была построена самоизливающаяся скважина вертикального дренажа с глухим трубопроводом, заглубленным относительно поверхности земли на 1,5—2,0 м.

Дебиты системы скважин при работе в вакуумированном режиме колебались от 4 до 14 л/с. Максимальный расход составлял 16 л/с при величине вакуума 400 мм ртутного столба. За период работы системы

пьезометрический напор водоносного горизонта упал до 1,2 и 0,6 м при удалении от центральной скважины на 20 и 70 м соответственно. В наблюдательных скважинах (глубина 4—7 м) было отмечено понижение уровня грунтовых вод на 0,45 и 0,28 м при удалении на 70 и 108 м. Из-за технических неполадок система работала самотеком, т. е. за счет природной напорности подземных вод. Среднемесячные расходы самоизливающихся скважин составляли от 2,3 до 8,2 л/с.

Под действием горизонтального дренажа пьезометрический уровень подземных вод напорных подстилающих горизонтов не снижался. Высокие дренажные расходы, снижение напорности подземных вод улучшили мелиоративное состояние земель в радиусе действия комбинированного дренажа.

В старой и новой зонах орошения Голодной степи оценивалась возможность использования вертикального дренажа в мелиоративных целях. Наиболее благоприятными оказались условия староорошаемых земель, где на глубине 20—30 м залегали мощные песчаные горизонты с прослойками гравия. Положительные результаты работы опытных систем позволили их расширить, и в настоящее время в Гулистане действует 20 скважин со средним дебитом 40 л/с, в совхозе Пахта-Арал —70 с дебитом до 60 л/с, в совхозе «Социализм»—28 с дебитом более 100 л/с. Под влиянием откачек пьезометрический уровень на расстоянии 400—500 м от скважин снизился на 2—4 м, а грунтовые воды опустились на необходимую глубину.

На значительной территории новой зоны орошения литология представлена слабопроницаемыми породами с маломощными прослойками мелкозернистых песков. В этих условиях на опытно-производственных участках вертикального дренажа в совхозах № 5 и «Пахтакор» пьезометрический уровень понизился на 0,8—2,60 м, дебит не превышал 10 л/с. Конструкции фильтров оказались неудачными.

Наличие хорошопроницаемых водоносных горизонтов и возможность перехвата напорных вод скважинами подтверждает эффективность вертикального дренажа даже в слабопроницаемых грунтах. Исследования его параметров и мелиоративной эффективности проводились в совхозе № 19 (Голодная степь) институтом Средазгипроводхлопок, где отмечались сложные геофильт-

рационные условия (двухпластовое строение), средне- и сильнозасоленные земли. Опыты проводились на натурной модели, состоящей из 16 скважин глубиной от 60 до 100 м. Скважины вертикального дренажа были пробурены диаметром 1 м и оборудованы фильтровой колонной диаметром 300 мм.

На основании анализа результатов исследований было выявлено, что систематический вертикальный дренаж способствует интенсивному рассолению почвогрунтов покровного слоя на фоне только вегетационных поливов. За два года эксплуатации опытно-производственной системы было вынесено 340 т растворимых солей, что намного превышает их вынос при работе горизонтального дренажа. Вертикальным дренажем охватывается большая зона активного влияния. В процессе рассоления происходит качественное изменение состава грунтов. При вегетационных поливах интенсивно вымываются токсичные соли: $NaCl$, $MgSO_4$, Na_2SO_4. Их содержание уменьшается в два раза. Установлено, что систематический вертикальный дренаж в условиях двухпластового строения среды эффективен в верхнем пласте. При большой мощности покрова на фоне вегетационных поливов он вполне обеспечивает заданную норму осушения и благоприятный водно-солевой режим зоны аэрации. Влияние нижнего проницаемого пласта незначительно, величина перетекания воды из него не более 10% от дебита скважины. Поэтому дренажные скважины целесообразно строить только в верхнем пласте, а глубину дренажа можно сократить до 50 м.

Определение мелиоративной эффективности вертикального дренажа по сравнению с горизонтальным в зоне конусов выноса, где имеется значительное напорное питание подземных вод, проводилось в Сурхан-Шерабадской степи (совхоз № 9). Почвогрунты на опытном участке были сильно засолены. Проведение капитальных промывок дало небольшой эффект, т. к. временный горизонтальный дренаж, заложенный на период промывок, не был способен быстро отводить промывную воду из-за большого притока подземных вод из нижних горизонтов. Было решено проводить промывки на фоне вертикального дренажа. Они осуществлялись более быстрыми темпами, при этом наблюдалось рассоление почвогрунтов и удаление избыточных вод. В процессе дальнейшей эксплуатации установили, что вертикаль-

ный дренаж хорошо снижает напорность на расстоянии от 400 до 700 м и понижает уровень грунтовых вод до нормы осушения на расстоянии до 700—800 м.

Горизонтальный дренаж, построенный на прилегающих к участку землях, до ввода вертикального работал с максимальной нагрузкой, однако уровень грунтовых вод в течение вегетации не опускался ниже 1,3—1,5 м. С вводом в эксплуатацию вертикального дренажа уровень грунтовых вод опустился до 2—2,2 м, что было связано с перехватом потока грунтовых и подземных напорных вод. Исследования показали, что в сложных гидрогеолого-мелиоративных условиях совмещение двух видов дренажа оказывается очень эффективным. В первые годы освоения Сурхан-Шерабадской степи на трудно мелиорируемых землях осуществлялся завышенный режим орошения: оросительные нормы составляли 10—12 тыс. $м^3$/га, дренажные расходы по отдельным горизонтальным дренам достигали 5 л/с, а максимальные дренажные модули —0,4 л/с·га. Однако глубина заложения дренажа в новой зоне орошения не была выдержана из-за плывунных свойств почвогрунтов, поэтому потребовалось увеличение интенсивности дренирования или применения других, более активных типов дренажа.

Оценка мелиоративного состояния земель при различных типах дренажа

С начала орошения больших территорий новоосваиваемых массивов происходят существенные и нередко неблагоприятные мелиоративные изменения, связанные с подъемом минерализованных грунтовых вод выше критической глубины. Причиной этого является запоздалое строительство дренажа или его недостаточность.

Дренаж на засоленных землях обеспечивает поддержание грунтовых вод на необходимой глубине, тем самым способствуя созданию благоприятного водно-воздушного и солевого режима верхнего горизонта почвогрунтов. В связи с этим комплексное освоение земель включает в себя не только строительство оросительной и дренажной сети, но и другие мелиоративные и агротехнические мероприятия, обеспечивающие в мелиоративный период окультуривание и рассоление земель. Таким образом, в мелиорацию засоленных земель, кроме снижения уровня грунтовых вод с помощью дренажа

и отвода их с мелиорируемой территории, входят промывки, агрохимические и агротехнические мероприятия, ослабляющие влияние вредных факторов и обеспечивающие оптимизацию режимов влаги, биохимической и физико-химической обстановки, условий питания, роста и продуктивности растений.

При правильной технологии освоения на слабо- и среднезасоленных землях длительность мелиоративного периода составляет 5—8 лет. При ее несоблюдении и на трудноорошаемых землях мелиоративный период достигает 10—20 лет и более. При правильных агротехнических и агрохимических мероприятиях на фоне вертикального и комбинированного дренажа мелиоративный период сокращается до 4—6 лет.

В настоящее время на новоосваиваемых массивах Узбекистана строится в основном горизонтальный закрытый дренаж. В Голодной степи им дренируется около 250 тыс. га, в Джизакской около 60, в Каршинской 90, Сурхан-Шерабадской около 100 тыс. га. При этом его удельная протяженность по отдельным совхозам Голодной степи составляет 55—67 м/га, по Джизакской —45—69, по Каршинской 25—37, по Сурхан-Шерабадской —35—42 м/га.

Вертикальным дренажем в Голодной степи дренируется более 30 тыс. га, в Каршинской около 34, в Сурхан-Шерабадской около 20 тыс. га. Комбинированным дренажем в настоящее время дренируется в Каршинской степи около 25 тыс. га (запроектирован на площади 60 тыс. га).

Наблюдения за мелиоративным состоянием земель на новоосваиваемых массивах Узбекистана проводятся управлениями коллекторно-дренажных систем или производственными управлениями оросительных систем, осуществляющими контроль за состоянием коллекторно-дренажной сети и водопользованием.

Освоение Голодной степи близится к завершению. Новая ее зона, расположенная в основном на территории слабодренированной и бессточной широкой аллювиальной долины Сырдарьи и на территории конусов выноса Туркестанского хребта, до освоения отличалась высокой минерализацией грунтовых вод и напорностью.

В настоящее время имеются значительные площади с высокой степенью минерализации, превышающей 25 г/л, а территории с более низкой постепенно увеличиваются,

т. е. происходит медленное опреснение верхнего горизонта грунтовых вод под влиянием орошения на фоне дренажа, что является основным и наиболее важным показателем рассоления земель.

На территории новой зоны орошения уровень грунтовых вод в период вегетационных поливов поднимается выше 3 м, т. е. режим грунтовых вод полностью зависит от работы дренажа. В осенне-зимний период на большей части территории он находится ниже 3 м. В вегетационный период низкое положение уровня грунтовых вод отмечается в основном в центральной части массива, где работает вертикальный дренаж. В отдельных совхозах северной и юго-западной части массива в вегетационный период наблюдается положение уровня грунтовых вод выше 2,5 и реже выше 1,5 м. Это связано с высокими поливными нормами и плохой работой дренажа. Количество сильнозасоленных земель по сравнению с началом орошения уменьшилось с 120 до 50 тыс. га, они переходят в средне- и слабозасоленные.

Однако имеются площади с сильным засолением, которые составляют от 0,5 до 7—10%. Территории со средним засолением занимают от 20 до 40—30%, центральная часть массива отличается наиболее благоприятным мелиоративным состоянием и количество среднезасоленных земель здесь невысоко. Хуже положение в юго-восточной части массива, особенно в Мехнатабадском районе, где на протяжении 15—20 лет количество сильнозасоленных земель увеличивается или уменьшается очень незначительно. Здесь по некоторым хозяйствам количество сильнозасоленных земель достигает 20—40% и более, а среднезасоленных —25—50%. В Зарбдарском районе Джизакской степи до начала освоения количество сильнозасоленных земель составляло около 70%, причем основное засоление наблюдалось в метровом слое. Грунтовые воды имели очень сильную минерализацию, подземные воды — напорность, а почвогрунты на большой части территории состояли из тяжелых суглинков и глин.

В настоящее время, несмотря на то, что в этом районе проводились капитальные промывки большими нормами, рассоление земель не происходит, а минерализация грунтовых вод остается очень высокой. Количество земель с сильноминерализованными водами (бо-

лее 10 г/л) составляет по отдельным совхозам от 55 до 90%, в том числе с очень сильноминерализованными (более 20 г/л) от 6 до 40%. При такой высокой минерализации опреснительная роль орошения почти незаметна. С проведением поливов грунтовые воды поднимаются с глубины 2,5—3 м до 1,5 м от поверхности. Минерализация их в это время уменьшается, но процесс опреснения столь незначителен, что уже к началу следующего полива восстанавливается первоначальная степень засоления.

Институтом Средазгипроводхлопок установлено, что оросительная норма оказалась на 20% ниже проектной, а при проведении в вегетацию всего двух поливов грузными нормами значительные объемы воды сбрасываются в открытую коллекторную сеть. Однако средневегетационные дренажные модули составляют от 0,09 до 0,11 л/с·га, что значительно больше, чем по другим совхозам Голодной и Джизакской степей. Высокое положение грунтовых вод (выше 2 м) в период вегетации наблюдалось на 15—30% площадей, что несколько хуже, чем в других хозяйствах.

Земли юго-восточной части Голодной степи и расположенные несколько южнее земли первой очереди Джизакской степи приурочены к конусам выноса слившихся саев и водотоков с Туркестанского хребта. Периферия конусов выноса является наиболее трудным объектом мелиорации, отличается наиболее тяжелыми мелиоративными условиями, требует проведения комплекса мелиоративных мероприятий и более активного дренажа, создающего большие гидравлические напоры для снятия природной напорности подземных вод и глубокого понижения сильноминерализованных грунтовых вод.

Причиной тяжелого мелиоративного состояния конусов выноса является тот факт, что в их средней части общий поток подземных вод расчленяется на несколько водоносных горизонтов и в связи с уменьшением общей проводимости пласта развивается подпор грунтовых вод. При продвижении вниз пласты галечников выклиниваются, резко уменьшается проводимость пород, увеличивается расчлененность рельефа и в понижениях происходит испарение грунтовых вод. В зависимости от рельефа условия оттока грунтовых вод в области подпора и выклинивания различны, однако здесь верти-

кальный обмен преобладает над горизонтальным. В понижениях и на равнинной части грунтовые воды еще до орошения характеризуются близким залеганием уровня и высокой минерализацией.

Таким образом, орошение земель в области подпора и выклинивания требует заблаговременного строительства систематического дренажа, рассчитанного на сработку инфильтрационного и восходящего питания с нормой осушения, необходимой для существующей минерализации грунтовых вод и механического состава почвогрунтов. На фоне систематического дренажа после постройки оросительной сети необходимо проведение коренных мелиораций, а после завершения мелиоративного периода — профилактических мероприятий.

Особенно тяжелыми условиями отличаются почвы северной части Джизакской и юго-восточной части Голодной степи (Мехнатабадский район). Почвы характеризуются сильным засолением по всему профилю, плотным сложением нижних горизонтов, низким значением коэффициентов фильтрации покровных отложений, сильной загипсированностью и неблагоприятными водно-физическими свойствами (низкая водопроницаемость, высокая плотность). После пахотного горизонта на глубине от 20 до 130 см залегает плотный гипсоносный горизонт с максимальным содержанием легкорастворимых солей.

В результате длительного (15—20 лет) орошения гипсоносных почв Голодной степи их морфологические признаки не претерпевают значительных изменений. Они характеризуются высокой степенью засоления, что затрудняет мелиорирование. Освоение этих почв связано не только с промывкой, но и с последующим их окультуриванием и созданием на них биологически активного слоя достаточной мощности с благоприятными агрофизическими свойствами. Сложность рельефа и необходимость проведения планировки земель задерживают восстановление плодородия почв на длительный период. По данным исследований института Средазгипроводхлопок (Г. Г. Решетов) в совхозе № 6 Джизакской степи, после планировки содержание гумуса на землях составило 0,40%, а где она не проводилась,— 0,85. Содержание гипса в верхнем горизонте равнялось соответственно 1,8 и 2,4%.

Кроме токсичного воздействия на растения, соли и

гипс значительно повышают осмотическое давление почвенного раствора, сильно ограничивают доступность почвенной влаги. Гипсоносный горизонт настолько плотен, что корни хлопчатника не могут проникнуть в него и корневая система развивается только в верхнем ограниченном слое почвы. По мнению многих исследователей, процесс разрушения плотных гипсоносных горизонтов длителен. Более быстрому протеканию его способствует глубокое рыхление и введение мелиорантов — люцерны и хлопчатника. При вспашке с глубоким рыхлением гипсоносного горизонта корни хлопчатника проникают на глубину, достаточную для извлечения воды и питательных элементов из глубоких горизонтов. Применение электрорассоления и поливов омагниченной водой не дало положительного эффекта.

Освоение засоленных загипсированных земель в Голодной степи началось с 1961 г. (совхозы им. Узакова и им. Гагарина). В начале освоения средний урожай хлопка в совхозе Гагарина составил 6—7 ц/га, в настоящее время он равен 18—20 ц/га, а при применении соответствующих агротехнических мероприятий отдельные бригады получали хлопка по 25—30 ц/га. В проектах освоения все эти мероприятия предусматриваются, однако нарушение технологии освоения в Джизакской степи трудномелиорируемых земель привело к тому, что в 1983 г. часть земель Зарбдарского района вышла из сельхозоборота. Глубокая вспашка перед промывкой здесь не проводилась, промывки осуществлялись в один такт грузной нормой без устройства временного дренажа, а в вегетационные периоды вместо 5—6 поливов нормой 800—1000 м³/га проводилось всего 1—2 полива.

Осуществление всего комплекса мелиоративных и агротехнических мероприятий (промывки дробными нормами по 3—4 тыс. м³/га, посев пропашных при промывном режиме орошения, профилактические промывки, возделывание люцерны в течение двух-трех лет, повторное глубокое рыхление или вспашка) на фоне хорошо работающего дренажа способствует улучшению мелиоративных условий, однако есть основания предполагать, что большие затраты на мелиорацию не оправдают себя, если на этих землях не будет построен вертикальный или глубокий комбинированный дренаж,

способный убрать местные подпоры и глубоко понизить уровень грунтовых вод.

Неблагополучная обстановка сложилась в восточной части массива первой очереди освоения Каршинской степи и на Чарагыльском понижении, территории которых в морфологическом отношении представлены периферийной частью слившихся конусов выноса и отличаются наибольшей величиной напорности подземных вод. Здесь так же, как и в Мехнатабадском районе Голодной и в Зарбдарском районе Джизакской степей, еще до начала освоения наблюдалось сильное засоление почв и выклинивание на поверхность грунтовых вод с очень высокой минерализацией.

Исследованиями САНИИРИ в совхозе № 10 первой очереди освоения Каршинской степи установлено напорное питание, равное 650 м³/га, что составляет 30% величины водоподачи. По данным института Средазгипроводхлопок, на пониженных участках совхоза «Аврора» и колхоза «Ленинизм» напорное питание достигало 2000 м³/га в год, что составило 50—60% величины дренажного стока. Дренажные модули здесь не ниже, чем в районах, где построен горизонтальный дренаж, однако проведенные капитальные промывки и промывной режим орошения не улучшили мелиоративную обстановку, сильнозасоленные земли занимают еще значительную площадь. Геофильтрационные условия в Каршинской степи значительно лучше, чем в Голодной, отложения отличаются переслаиванием мелкоземов с песками и супесями. При искусственном дренировании территории создаются благоприятные условия оттока, однако в условиях подпора необходим более активный дренаж или большая норма осушения.

По Шерабадскому конусу выноса, где в зоне выклинивания грунтовых вод отмечается сильное засоление земель, очень высоки минерализация грунтовых вод и напорное питание. Сельскохозяйственное освоение засоленных почв сопряжено с определенными трудностями. Снижение напорности и промывки были более успешны на фоне вертикального дренажа. При работе горизонтального дренажа на территориях Сурхан-Шерабадского массива отмечаются довольно высокие дренажные модули (до 0,16—0,2 л/с·га), тем не менее в условиях напорности подземных вод полное рассоление земель и верхнего слоя грунтовых вод не происходит.

Освоение земель первой очереди орошения Каршинской степи близится к завершению, хотя еще несколько совхозов не введены в эксплуатацию и дренаж в некоторых из них не достроен. Мелиоративное состояние земель до начала освоения в основном было высокоплодородным, а наличие достаточного количества высокой по качеству амударьинской воды (минерализация оросительной воды 0,8 г/л, а сырдарьинской —1,3—1,4 г/л) создали условия для проведения освоительных мелиораций. Увеличение водоподачи после пуска Каршинского магистрального канала привело к возрастанию оросительных норм, росту коллекторно-дренажного стока и вызвало быстрый подъем грунтовых вод. Если до 1974 г. средняя удельная водоподача составляла 6—8 тыс. м³/га, то в 1976 г. она увеличилась до 17, а в 1978 г.—20 тыс. м³/га.

До массового ввода земель в сельхозоборот орошаемые земли занимали небольшие площади и были территориально разрознены. Уровень грунтовых вод менее 3—5 м в этот период наблюдался только на небольших участках, в основном он располагался ниже 5 м.

В 1982 г. по всем частям массива произошел их подъем. Исключение составили западные и южные окраины региона, где на некоторых площадях уровень был ниже 5 м. За год почти по всем совхозам уровень грунтовых вод оказался ниже нормы осушения, т. е. 2,4 м.

Однако во многих хозяйствах в период вегетации наблюдались площади с глубиной залегания грунтовых вод выше 2 м. В восточной части региона положение их стабилизировалось и достигло критической величины. Возрастание испарения в период вегетации привело к срезке пиков грунтовых вод, вызванных поливами, и обусловило поддержание их уровня в течение последних лет на одних и тех же глубинах. В центральной и западной частях еще отмечается подъем уровня грунтовых вод в среднем на 0,1—0,25 м в год.

Характерной особенностью режима грунтовых вод массива является залегание его выше 5 м. Уровень в основном стабилизировался в пределах 2—3 м и прекратился отток грунтовых вод на соседние территории. Таким образом, режим грунтовых вод практически полностью зависит от работы дренажа.

Повышение коэффициента земельного использова-

ния и водоподачи на территории первой очереди орошения Каршинской степи создает предпосылки для увеличения напорности водоносных горизонтов. При освоении территории знак напорности не меняется, а величина напоров, как правило, увеличивается. Исключение составляют территории с вертикальным дренажем. Таким образом одним из мероприятий, направленных на снижение напорности и создание нисходящих токов, явится вертикальный и комбинированный дренаж.

Уровень грунтовых вод в хозяйствах, где построен комбинированный дренаж, располагается так же, как при горизонтальном (на глубине 2,5—3 м).

За последние годы степень минерализации грунтовых вод на территории первой очереди освоения Каршинской степи постепенно понижается. В большинстве хозяйств площади с высокой степенью минерализации сократились, а с низкой минерализацией увеличились. Это явление связано с разбавлением грунтовых вод оросительной водой. Тем не менее в некоторых хозяйствах (совхозы № 9, 10, 11, расположенные на периферии конусов выноса) до сего времени наблюдаются земли с минерализацией грунтовых вод более 25 г/л. Высокая степень их минерализации (10—25 г/л) сохраняется на площадях, составляющих около 10% территории.

На большей части земель почвы не засолены или слабо засолены. Они составляют в среднем от 50 до 100%. Во многих хозяйствах наблюдается увеличение незасоленных и слабозасоленных почв с одновременным уменьшением площадей, имеющих среднюю и сильную степень засоления.

По даным института Средазгипроводхлопок, из-за плохой эксплуатации и некачественного строительства не работает до 30% дренажа. Центральная часть массива, мелиорируемая в основном вертикальным дренажем, характеризуется слабой степенью засоления почв. В настоящее время на площадях, где вертикальный дренаж долгое время находится на ремонте, появились незначительные территории (от 2 до 5% площади совхозов) сильнозасоленных земель. В западной части массива, где построен только комбинированный или горизонтальный дренаж, усиленный комбинированным, сильнозасоленные и среднезасоленные земли отсутствуют. Исключение составляют небольшие территории, где дренаж не достроен или находился в подпертом состоя-

нии из-за малых глубин коллекторов. Таким образом, если в предыдущие годы в западной и центральной частях массива сильнозасоленных почв почти не наблюдалось, а грунтовые воды находились на глубине ниже 3—5 м, то с их подъемом, вызванным недостаточным количеством работающего дренажа, появились площади с высокой степенью засоления. Несвоевременное или недостаточное проведение необходимых мероприятий (строительство и ремонт дренажа, промывки земель, несоблюдение режима орошения) приводит к дальнейшему ухудшению мелиоративного состояния земель.

Максимальная урожайность хлопчатника наблюдалась на новоосвоенных землях в центральной и западной частях массива. В первые годы освоения урожай составлял 22—25 ц/га, после четырех-пяти лет эксплуатации —28—30. По Нишанскому району в совхозах с неблагоприятным мелиоративным состоянием земель, средние урожаи хлопчатника составляли 20—22 ц/га.

Наиболее благоприятные мелиоративные условия складываются на землях, где построены и работают вертикальный и комбинированный дренаж и, следовательно, требуется расширение границ их применения, особенно в сложных мелиоративных условиях. Таким условиям в Средней Азии отвечают зоны периферийных частей конусов выноса водотоков, нижние и дельтовые долины рек, имеющие сложнослоистое строение грунтов, покровные мелкоземы, состоящие из тяжелых суглинков и глин, имеющие напорное питание грунтовых вод и высокую степень их минерализации.

Глава IV. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ДРЕНАЖА

Правильный выбор типа дренажа и его конструкции в зависимости от природных и водохозяйственных условий территории, во многом определяет эффективность дренажных мероприятий. Технически грамотное проектирование, выбор наиболее перспективных, надежных в строительстве и эксплуатации дренажных систем способствует поддержанию благоприятного мелиоративного состояния земель. Тем не менее бывают случаи, когда технически грамотно запроектированный дренаж в

первые же годы эксплуатации выходит из строя. В период работы выявляются причины всех отказов (постоянный или временный выход из строя) коллекторно-дренажной сети, возникающих из-за ошибок или недоработок при проектировании, строительстве и неправильной эксплуатации. Выявление и устранение этих причин поможет повысить эффективность дренажа и его эксплуатационную надежность.

Основные причины выхода из строя дренажа

Обследования, проведенные институтом Средазгипроводхлопок в Голодной, Каршинской, Джизакской и Сурхан-Шерабадской степях, выявили качественные причины отказа дренажа.

Причины выхода из строя открытого горизонтального дренажа

При проектировании открытого дренажа (коллекторов) ошибки заключаются в основном в неправильном выборе откосов в связи с большой плановой и вертикальной неоднородностью почвогрунтов.

Строительные ошибки, приводящие к отказам, сводятся к недобору выемки коллекторов, к незаделке раши и невыдерживанию проектных уклонов.

Неправильная эксплуатация открытой сети (редкое и недоброкачественное проведение очистных работ) является главной причиной отказов дренажа.

На основании выполненных обследований выделяются следующие виды разрушений, влияющие на состояние открытых коллекторов:

размыв откосов коллектора поверхностной водой с последующим его заилением;

зарастание дна коллектора камышом, приводящее к уменьшению площади живого сечения, созданию подпора и сбивке течения к одному из берегов с последующим размывом, обрушением борта и заилением коллектора;

действие напорных грунтовых и инфильтрационных вод, приводящее к оплыванию откосов;

обрушение откосов, засыпка и поломка устьевых сооружений в процессе ремонтно-очистных работ.

Размыв откосов коллекторов особенно интенсивен в

первые два-три года эксплуатации, в последующем он встречается в местах промоин или после механизированной очистки откосов. Зарастание камышом наблюдается на второй-третий год после начала эксплуатации или после очистки, а на четвертый-пятый год они полностью зарастают.

Открытая коллекторная сеть проектируется из условий неразмываемости и незаиляемости. Допустимые скорости воды рассчитываются из условия пропуска нормальных и форсированных расходов, соответствующих проектным режимам орошения.

Однако на практике режим орошения не соблюдается (вместо 6—5 поливов выполняются 3—2 повышенными нормами), влагозарядка часто не осуществляется, в результате чего среднегодовые показатели работы дренажа оказываются ниже проектных, а максимальные — выше, что ведет к размыву коллекторов высшего порядка и зарастанию низшего.

Причины выхода из строя закрытого горизонтального дренажа

На работоспособность закрытого горизонтального дренажа в основном влияет техническое состояние устьев, наддренной полосы, дренажной трубчатой линии и колодцев.

Основными причинами отказа устьевых сооружений являются:

размыв земляной части устьевого сооружения оросительной водой;

разрушение устьевой трубы при очистке коллектора;

заиление устьевой трубы со стороны коллектора.

Размыв устьевого сооружения происходит при скоплении оросительной воды за рашей коллектора (наиболее пониженная часть поля). Накапливающаяся вода увлажняет грунт обратной засыпки, вызывает его осадку и появление трещин, по которым она промывает себе путь, смывая грунт обратной засыпки в русло коллектора, при этом могут образоваться овраги значительной глубины и протяженности (рис. 11).

В практике строительства часто допускаются недоделки обратной засыпки устьевых сооружений, отсутствие «ядра» в теле этой части и т. д. Встречаются случаи, когда после постройки дрены строители не заделывали

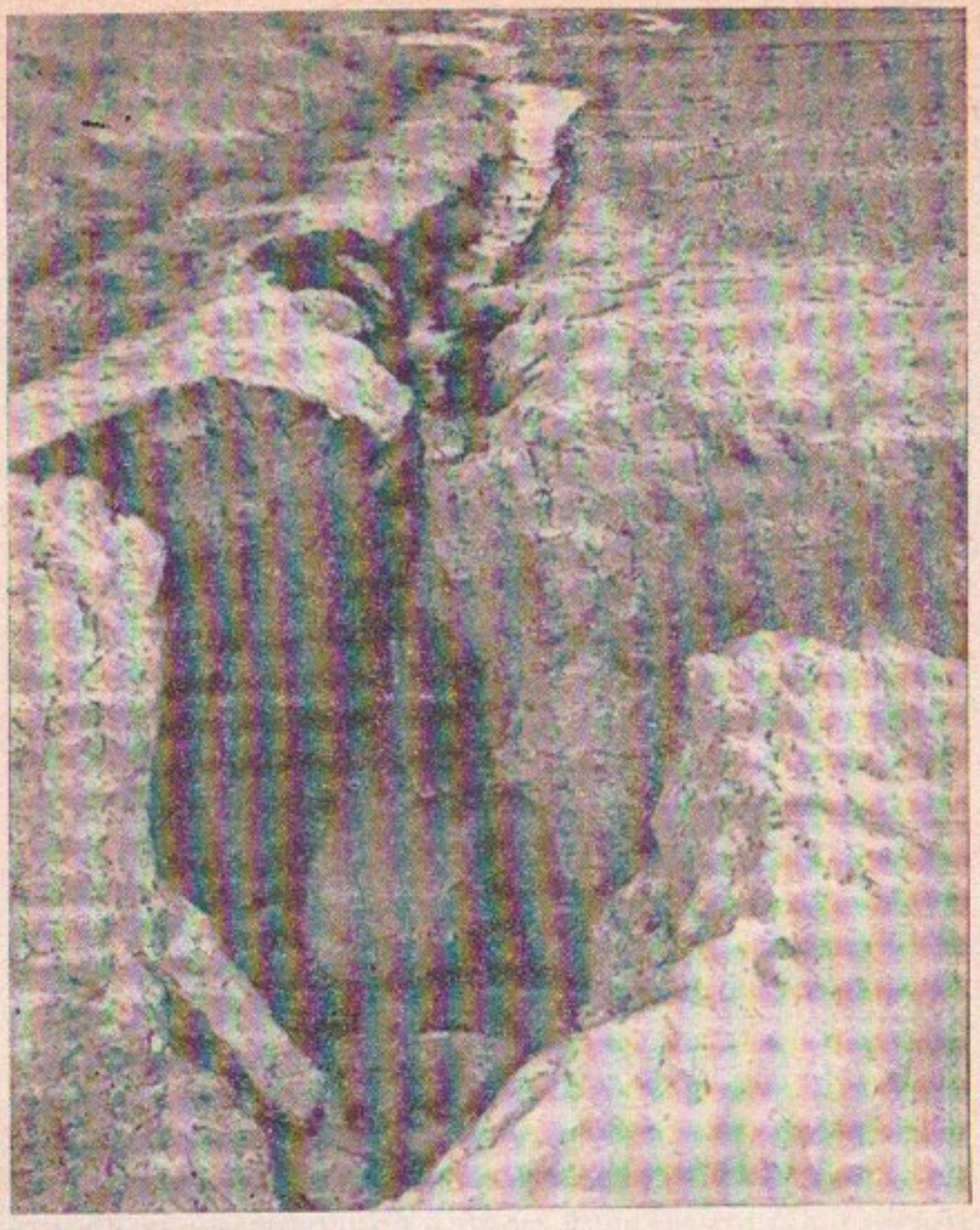


Рис. 11. Продвижение оврага

рашу и откосы коллектора, в связи с чем вода прорывалась через «окна» в откосах, оставленные строителями после укладки дренажных трасс, смывала грунт, заносила илом устьевые трубы и приводила к заилению коллектора (рис. 12). При очистке коллектора экскаватором происходит поломка устьевой трубы и завалива-ние ее грунтом. Устьевая труба заиляется при общем заилении и зарастании коллектора. Иногда устьевая труба заиляется и зарастает в результате подпора со стороны коллектора.

Рис. 12. Заиление устьевой трубы дрены

На пластмассовом дренаже, уложенном по проектам, выпущенным до 1975 г., встречались случаи сгорания устьевых частей пластмассовых труб при поджоге камыша. В последних проектах института Средазгипроводхлопок устьевые трубы были заменены асбестоцементными и сгорание их прекратилось. Если дрена впадает в закрытый коллектор или собиратель, выход из строя устьевого сооружения (устьевого колодца) происходит при заилении колодца выше верха дренажных труб.

Разрушение наддренных полос и заиление полости дренажных труб также вызывает выход дрены из строя. Деформация наддренных полос обычно происходит в первые три-четыре года эксплуатации, но встречается и в более поздние сроки (рис. 13). Обычно гончарный дренаж заиляется при дефекте стыкового соединения или при разрушении труб, что влечет за собой попадание в трубчатую полость фильтра и грунта с последующей закупоркой полости. В этом месте на наддренной полосе образуется воронка или каверна, иногда имеющая большие размеры.

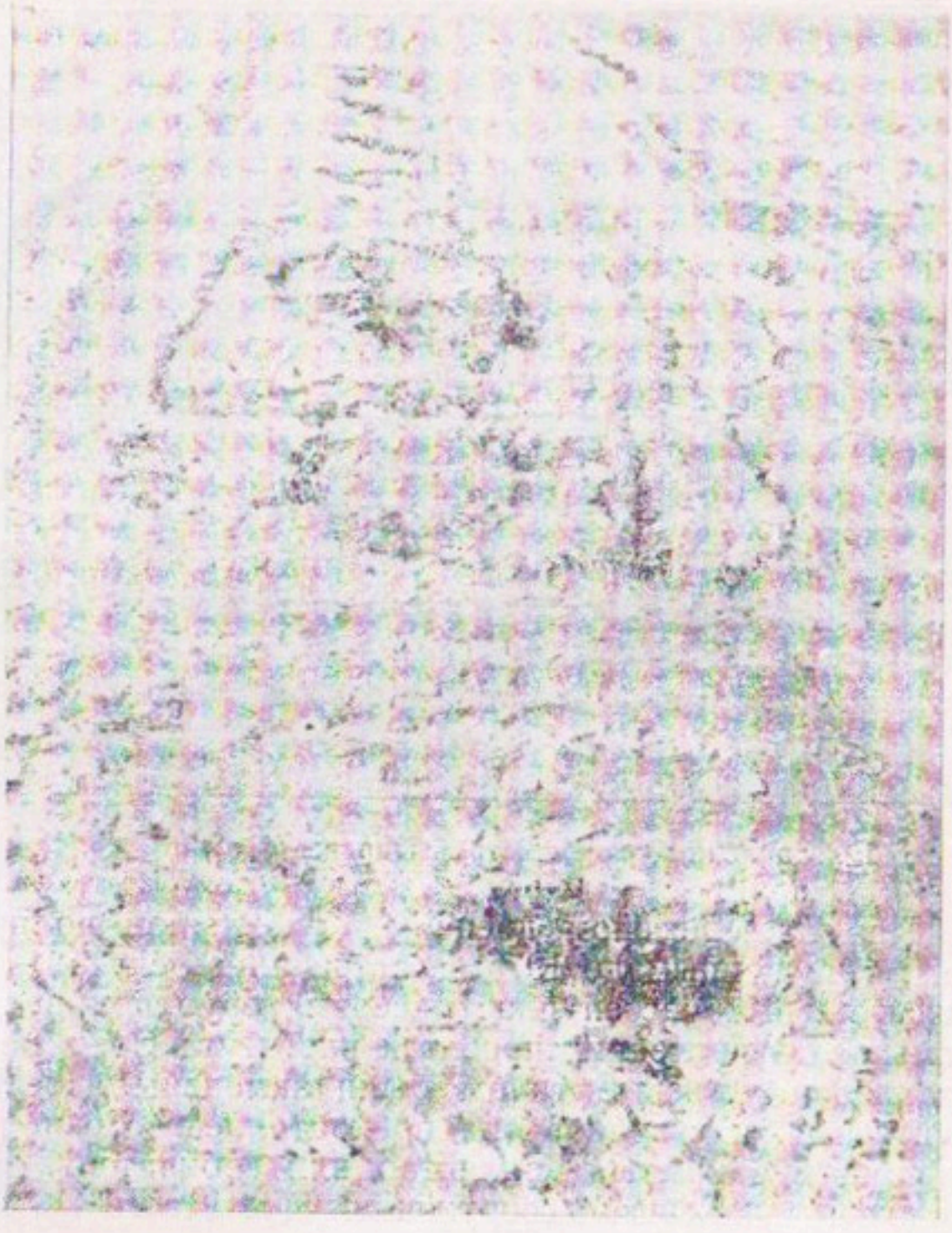


Рис. 13. Провалы на наддренной полосе

Низкий уровень эксплуатационной службы в совхозах приводит к тому, что ок-арыки устраивают на наддренных полосах, по которым при поливах идет интенсивный размыв грунта обратной засыпки дренажной траншеи (рис. 14). Скапливаясь у раши коллектора, поливная вода проникает в него или сбрасывается по специально устроенным в коллекторной раше прокопам. Если этот сброс осуществляется в стороне от устьевых сооружений, ущерб причиняется только коллектору. Иногда сброс оросительной воды устраивают прямо над дреной, разрушая при этом устье (рис. 15).

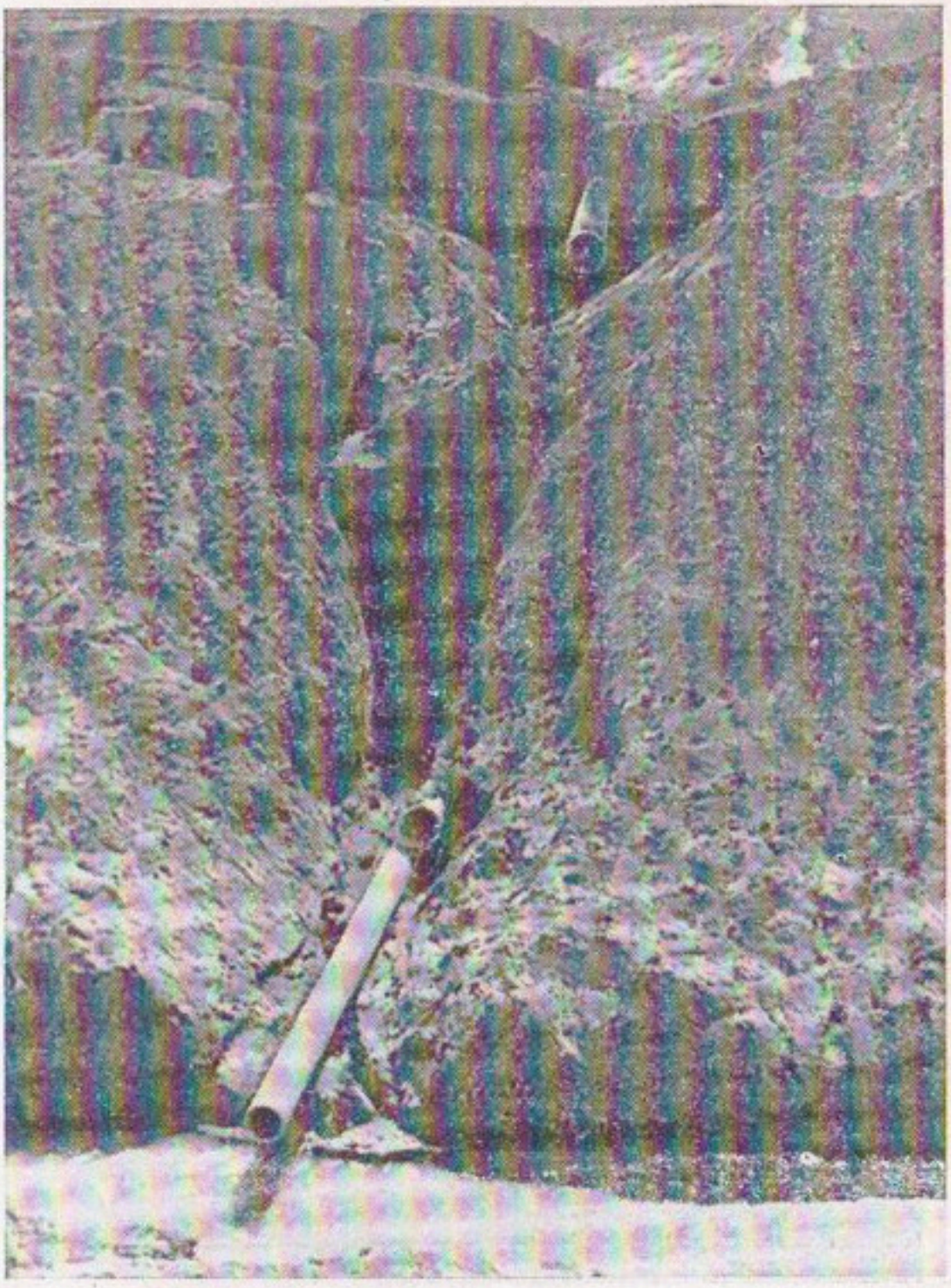


Рис. 14. Прорыв ок-арыка

Характерными признаками заиления полости дренажных труб являются отсутствие стока в устье дрены при высоком уровне грунтовых вод и наличие воды в смотровых колодцах, расположенных выше по уклону, а также размыв обратной засыпки наддренной полосы.

Отсутствие уплотнения обратной засыпки создает свод внутри траншеи, а попавшая на полосу вода смывает фильтр и грунт, оголяет дренажные трубы, деформирует и заиляет их. Этот вид разрушения характерен для дрен, уложенных дреноукладчиками. На дренах,

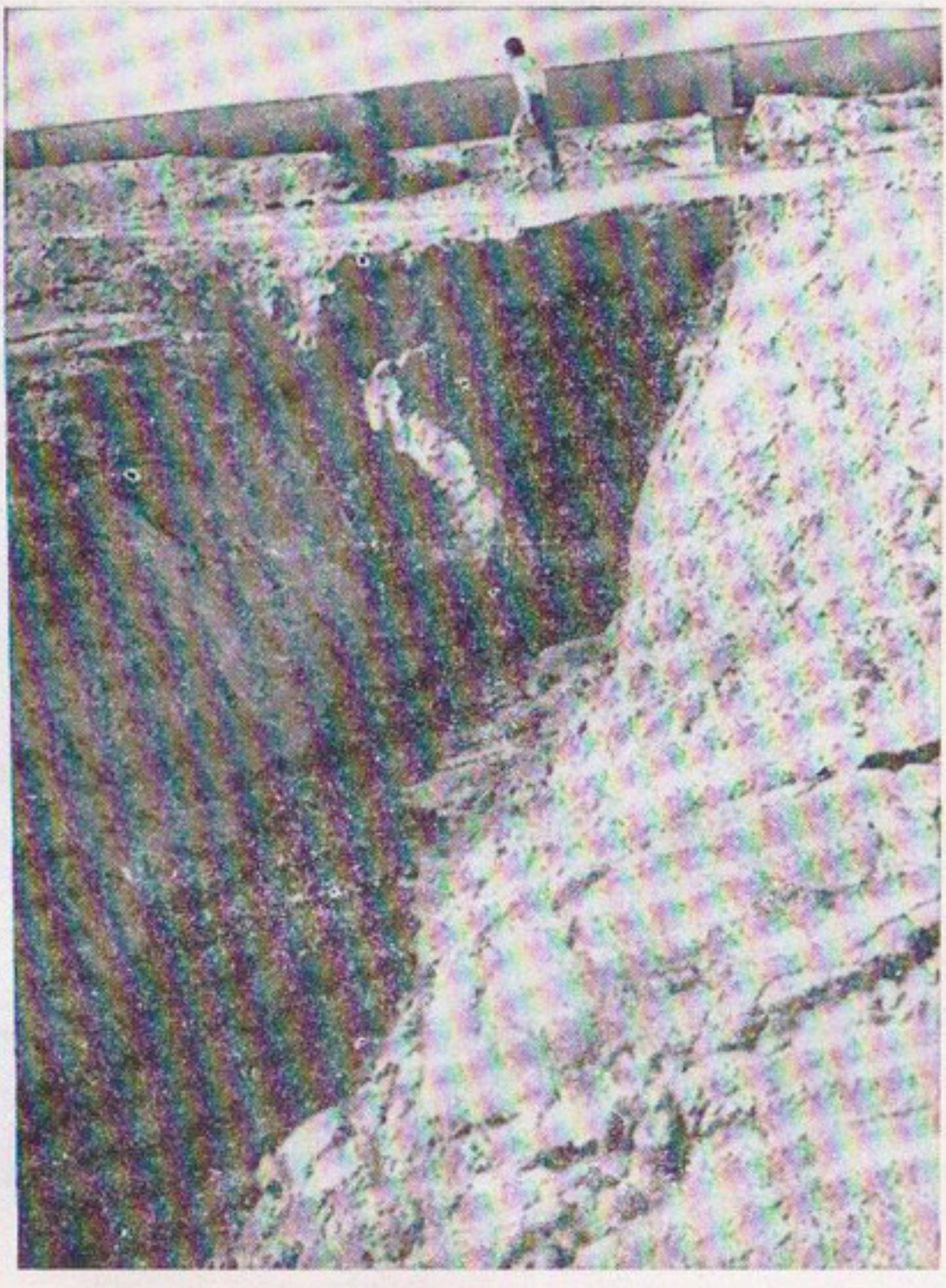


Рис. 15. Сброс воды в коллектор

построенных методом «полки», встречаются размывы наддренной полосы, развивающиеся от устья (разрушенного или недостроенного) в глубину поля.

Заиление полости труб происходит в местах раскола труб или там, где отсутствует фильтровая обсыпка. В этих местах на наддренной полосе образуются воронкообразные углубления или каверны. Иногда происходит заиление дрен, вызванное закупоркой полости труб корнями растений (0,5% общего количества отказов).

Корни растений, проникая в полость труб, образуют прочные сплетения, закупоривающие дренажные трубы.

Закупорка происходит в основном на устьевых участках, т. к. они не используются под посевы, а в первые годы эксплуатации и на наддренных полосах, если последние тщательно не перепахиваются.

Если названные виды разрушений, как правило, выводят дрену полностью из строя, то заиление колодцев — только ту ее часть, которая расположена выше по уклону (исключение составляют устьевые колодцы, при заилении которых выходит из строя вся дрена и часть закрытого коллектора или собирателя). Основными причинами, вызывающими заиление колодцев, являются: отсутствие фильтра у дренажных труб, неправильное их соединение с колодцем, его деформация.

Причины неудовлетворительного технического состояния дренажа следует искать в ошибках, допущенных на стадиях его проектирования, строительства и эксплуатации. Так, при проектировании горизонтального закрытого дренажа для сохранности колодцев пластмассового бестраншейного дренажа предлагается устраивать их в трехметровой полосе, прилегающей к полевой дороге вдоль участкового распределителя: в этом случае колодцы не пострадают при проведении агротехнических работ.

Расположение трубы устьевого сооружения выше на 0,3 м поверхности воды в открытом коллекторе является недостаточным. Для сохранения устья при зарастании и заилении коллектора эту величину следует увеличить до 0,5—0,6 м.

В проектах предусмотрено устройство ограждений для защиты грунта обратной засыпки дрены от поливной воды. Аналогичная защита необходима для предотвращения размыва кармана при проведении поливов и промывок. При проектировании необходимо отказаться от трубчатого переезда при пересечении автодорог с открытыми коллекторами.

При строительстве дренажа обнаруживаются следующие недоделки: не всегда выдерживается проектный уклон (допускаются недоборы или переборы при строительстве открытых коллекторов); используются некачественные строительные материалы, не всегда выдерживается толщина фильтровой обсыпки; не выдерживается достаточная глубина отстойников в смотровых колодцах; некачественно оформляются соединения дренажных трасс и смотровых колодцев; дренажные колодцы

не закрываются крышками; не выдерживается высота раш, что способствует размыву бортов и устьевых дренажных сооружений.

Наибольшее количество отказов происходит из-за некачественной эксплуатации дренажа (систематические сбросы оросительной воды в открытые коллекторы разрушают дрены и размывают коллектора); несвоевременная и некачественная очистка коллекторной сети повреждает устьевые сооружения дрен; при очистке коллекторов очищаются не только дно, но и откосы, что вызывает эрозию, размыв и обрушение бортов; установка в коллекторах перемычек для аккумуляции воды и подачи ее на орошение приводит к заилению и зарастанию коллектора, вызывая вымыв грунта,— от небольших каверн до полного выноса в коллектор обратной засыпки, фильтра и труб.

Таким образом, основной причиной выхода из строя дренажа является слабая организация эксплуатационной службы совхоза. Правильная эксплуатация, бережное отношение к дренажу способствуют его сохранению.

Причины выхода из строя комбинированного дренажа

Комбинированный дренаж представляет собой открытые коллекторы с установленными в них вертикальными самоизливающимися усилителями. Причины его отказов характерны как для открытого горизонтального дренажа, так и для вертикальных скважин.

В настоящее время строительство усилителей предлагаемой конструкции можно считать удовлетворительным. Сразу после подключения они имеют значительные расходы, что свидетельствует не только о качестве строительства, но и о правильно выбранной конструкции. Выноса песка из усилителей не происходит. Мутная вода наблюдается только в первые два дня после подключения усилителя (чаще в первый час).

Обследование технического состояния усилителей, проведенное институтом Средазгипроводхлопок в совхозах № 23, 25, «Пахтакор» и «Бешкент» Каршинской степи, показало, что главной причиной выхода из строя являются завалы устьевых сооружений при обрушении откосов и заилении устьев усилителей.

Эксплуатация самотечных усилителей весьма про-

ста, и они не требуют ремонта. Таким образом, при эксплуатации комбинированного дренажа необходимы те же ремонтно-восстановительные работы, что и для горизонтального открытого дренажа.

Вертикальные усилители на коллекторах во многих случаях работают при заилении коллектора выше верха устья усилителя на 0,2—0,3 м. Однако большее их заиление требует значительного капитального ремонта, в связи с чем на коллекторах, где построены усилители, очистка дна должна проводиться один раз в два-три года.

Причины выхода из строя вертикального дренажа

Причиной отказа скважин вертикального дренажа являются их простои из-за неисправности насосного оборудования, поломки наземной части сооружений и засоренности водоводов. В настоящее время от 20 до 75% простоев скважин происходит из-за неисправностей насосов. Остро ощущается нехватка резервного оборудования, а ремонтная база не в состоянии выполнять капитальный ремонт.

Основной неисправностью, выводящей из строя скважины и насосно-силовое оборудование в первые годы эксплуатации, является пескование. Оно приводит к провалам фильтровой обсыпки и осадке околоскважинной территории. Вода, содержащая песок, приводит к поломке насосов. Часты случаи обрушения откосов и образования вымоин в местах впадения устьев водоводов в коллекторы. Основной причиной выхода из строя устьевых сооружений является отсутствие крепления откоса и дна водоприемника (коллектора) в месте устройства устья, большая высота падения струи, размыв устьевого сооружения оросительной водой.

Главными причинами выхода из строя вертикального дренажа являются неправильный подбор фильтра при проектировании или некачественное устройство его при строительстве.

Опыт эксплуатации вертикального дренажа показывает, что устойчивые фильтры при неправильно подобранной обсыпке могут сформироваться в случаях, когда водоносные горизонты представлены крупнозернистыми песчаными или песчано-гравийными отложениями. В

мелко- и среднезернистых песках даже длительная эксплуатация скважин не приводит к формированию устойчивого фильтра, предотвращающего пескование. В этих случаях безаварийная работа скважин обеспечивается обязательным применением гравийных обсыпок, подобранных в соответствии с инструкцией.

Для повышения надежности вертикального дренажа особое внимание необходимо уделять подбору фильтра и расчету конструктивных элементов водоприемной части, соблюдать все технологические процессы сооружения скважин и подбирать насосно-силовое оборудование в соответствии с их данными.

Основные понятия и критерии надежности

Теория надежности в практике строительства и эксплуатации дренажа стала применяться только в последние годы. В работах Ц. Е. Мирцхулавы [8], Н. И. Хрисанова и В. А. Камбурова [14] делается попытка применить теорию надежности для оценки устойчивости и долговечности коллекторно-дренажной сети.

Под надежностью системы понимается ее способность выполнять все функции с сохранением рабочих параметров в течение определенного интервала времени.

Техническая надежность дренажных труб и отдельных сооружений определяется заводскими и лабораторными испытаниями, результаты которых используются затем при проектировании и строительстве. Однако заданная надежность не всегда сохраняется на протяжении всего срока службы. Она закладывается при строительстве и проектировании, а выявляется только в процессе эксплуатации.

Используя теорию вероятности и случайных процессов, можно получить количественные характеристики для оценки надежности дренажной системы. Для этого необходимо привести некоторые понятия теории надежности (Ц. Е. Мирцхулава).

Отказ — полная или частичная утрата дренажной конструкцией, системой или ее элементом работоспособности. Полный отказ наступает при выходе из строя всей дренажной системы, когда ее дальнейшее использование невозможно. Частичный отказ происходит при выходе из строя отдельных дрен, т. е. при неполном

заилении их грунтом, разрушении отдельных элементов дренажной системы в ее верхней части.

Долговечность — свойство изделия сохранять работоспособность до определенного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта. Предельное состояние долговечности изделия определяется невозможностью его дальнейшей эксплуатации либо снижением эффективности.

Вероятность безотказной работы P (t) — это вероятность того, что при эксплуатации дренажа за определенный промежуток времени не произойдет ни одного отказа. При $t=0$ вероятность $P(0)=1$, а при времени работы $t=\infty$ соответственно $P(\infty)=0$.

Вероятность безотказной работы можно определить по следующей приближенной зависимости:

$$P(t)=\frac{N_0-\sum_{i=1}^{t/t_0} n_i}{N_0},$$

где N_0 — число дренажных систем, работающих в аналогичных условиях в начале эксплуатации;

n_i — число дренажных систем, вышедших из строя в интервале времени Δt_i;

t — время, для которого определяется вероятность безотказной работы.

Средняя наработка на отказ — среднее арифметическое время безотказной работы дренажных систем между отказами:

$$T=\frac{t_1+t_2+\ldots.\ t_n}{n}=\frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n} \qquad (12)$$

где t_1 — время безотказной работы до первого отказа;

t_n — время безотказной работы между n_1 и n отказами;

t_i — время безотказной работы до i-го отказа.

Упрощенная схема коллекторно-дренажной сети состоит из межхозяйственного и внутрихозяйственного коллекторов, собирателя и регулирующих закрытых дрен. Дрены подсоединены к собирателям параллельно, собиратели и коллекторы—последовательно, значит, вероятность безотказной работы данной системы составит:

$$P_c=P_{мх}\cdot P_{вх}\cdot P_y\cdot[1\cdot(1-P_{др})^m], \qquad (13)$$

где $P_{мх}$, $P_{вх}$, P_y — вероятности безотказной работы z со-

ответственно межхозяйственного, внутрихозяйственного, участкового (собирателя) коллекторов;

$P_{др}$ — вероятность безотказной работы отдельной дрены;

m — количество дрен.

При последовательном соединении общая надежность системы не может быть выше наименьшего значения надежности элементов, т. е. при выходе из строя одного элемента прекращается работа всей системы.

Увеличение числа последовательно соединенных элементов снижает надежность всей системы. При строительстве необходима тщательная стыковка, укладка только качественных труб и правильная их эксплуатация.

При параллельном соединении общая надежность системы выше наименьшего значения надежности элемента, поэтому при строительстве закрытых собирателей и хозяйственных коллекторов необходимо высокое качество строительства и совершенствование службы эксплуатации.

Этот же принцип надо учитывать при проектировании отдельных дрен. Надежность безотказной работы длинной дрены меньше, чем короткой. В связи с этим оптимальная длина дрены должна выбираться в зависимости от длины поливных участков.

Если в первые два-три года эксплуатации вероятность безотказной работы дрен , впадающих в закрытый коллектор, незначительно ниже, чем систем, впадающих в открытый, то уже на пятый-шестой год вероятность безотказной работы резко снижается, т. е. в это время наступает полный выход из строя системы дрен.

Для дрен, впадающих в открытые коллекторы, критерии надежности определялись для трех конструкций:

1. Дренаж из гончарных труб D 100—200 мм с песчано-гравийной обсыпкой.

2. Дренаж из пластмассовых гофрированных труб D 75 мм в обертке из капроновой ткани, построенный дреноукладчиком БДМ-300.

3. Дренаж из пластмассовых гофрированных труб D 75 мм в фильтровой обсыпке из песчаной смеси, построенный дреноукладчиком БДМ-301А.

На основании результатов обработки выявлены основные показатели надежности указанных конструкций закрытого дренажа в различные периоды эксплуатации.

Отрицательные показатели надежности отмечаются

в конструкции пластмассового дренажа, уложенного дреноукладчиком БДМ-300 с фильтром из капроновой ткани. Вероятность безотказной работы этой конструкции в первые годы эксплуатации составляет 0,43, а на восьмой-девятый год она уменьшается до 0,1. Поток отказов составляет от 11 до 18% в год. Средняя наработка на отказ 2,2—2,8 лет. Однако эта же конструкция дренажа, уложенного в хорошо проницаемые грунты, имеет более высокие показатели надежности, что позволяет использовать капроновую ткань для фильтров в грунтах с коэффициентом фильтрации более 0,5 м/сут.

Хорошие показатели надежности отличают конструкцию пластмассового дренажа с песчано-гравийной обсыпкой, уложенного дреноукладчиком БДМ-301А. Вероятность безотказной работы составляет от 0,88 до 0,65 (уменьшается по годам эксплуатации). Наибольшее количество отказов (до 9%) приходится на первый год эксплуатации. Наработка на отказ составляет 4,2—5,1 года.

Наилучшие показатели надежности имеет гончарный дренаж, впадающий в открытые коллекторы. Вероятность безотказной работы — от 0,87 до 0,73, поток отказов — от 8 до 3. Наработка на отказ — до 5—8 лет.

В первые годы эксплуатации закрытые коллекторы и впадающий в них гончарный дренаж имеют высокие показатели надежности, но со временем они резко ухудшаются. Из-за плохой эксплуатации закрытые коллекторы на четвертый-шестой год выходят из строя и создают подпоры и заиления в регулирующей дренажной сети. В закрытых дренажных системах поток отказов увеличивается до 22% в год.

При своевременных ремонтах и правильной эксплуатации дренажных систем показатели надежности значительно повышаются.

Проведение ремонтно-восстановительных работ на коллекторно-дренажных системах

Основной задачей проведения ремонтов дренажных систем является обеспечение нормальной и бесперебойной их работы, увеличение срока службы всех элементов сети. Ремонты подразделяются на текущие и капитальные, различаемые в зависимости от состава и объема ремонтных работ и их организации. Затраты средств

до 20% балансовой стоимости дренажных систем считаются текущим ремонтом, а свыше 20% капитальным.

Текущий ремонт выполняется для устранения небольших и незначительных дефектов, при его проведении обеспечивается непрерывная работа системы в проектном режиме. Одной из стадий текущего ремонта должен быть профилактический, предотвращающий начавшуюся деформацию элементов и сооружений, приводящую к серьезным сбоям в работе сооружений сети и выходу дренажа из строя. Проведение текущего ремонта предусматривает ежегодное устранение повреждений бортов коллекторов, обвалов и оползней, очистку бортов коллекторов от зарослей путем окашивания или внесения гербицидов, ликвидацию перемычек на коллекторах, исправление поврежденных частей (узлов) сооружений, засыпку провалов на наддренных полосах и т. п.

К капитальному ремонту относятся все восстановительные работы: механическая очистка открытых коллекторов от ила и растительности, восстановление разрушенных и уничтоженных колодцев, устьевых сооружений и дренажных трасс, промывка заиленных и закупоренных дренажных трубчатых трасс с восстановлением на этом участке фильтровой и обратной засыпки.

Объем и качество ремонтно-восстановительных работ на коллекторно-дренажных системах характеризуется техническим состоянием КДС, объемом и интенсивностью потока отказов. На рис. 16 представлены две кривые изменения суммы отказов на гончарных дренах по данным мелиоративной службы Голодностепстроя и Средазгипроводхлопка.

Обследования показали, что резкий выход из строя дренажной сети происходит в первые три-четыре года его работы, но в дальнейшем этот процесс стабилизируется. По данным мелиоративной службы, интенсивность роста отказов в последующий период равна нулю, а его сумма является величиной постоянной в пределах 8—10%. По нашим данным, рост интенсивности составляет 3—5, сумма отказов 30%. Здесь отмечается стабилизация объема отказов и технического состояния дренажных систем.

Отмеченная стабилизация свидетельствует о недостатках сооружений, которые проявляются в первые годы эксплуатации и выводят их из строя. В большин-

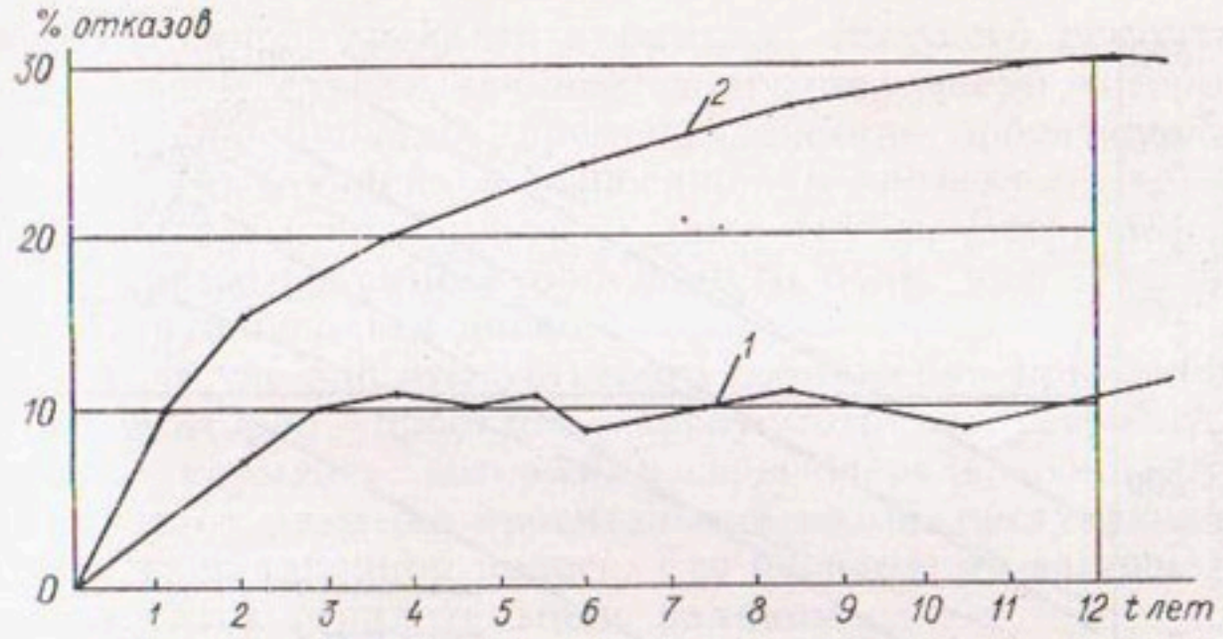


Рис. 16. График изменения интенсивности отказов гончарного дренажа:

1-по данным мелиоративной службы Голодностепстроя; *2*-по данным обследований дренажа

стве случаев невозможно определить причину выхода из строя дренажа. Однако в начальный период преобладают строительные недостатки, усугубленные низким уровнем эксплуатации. В последующий период главной причиной прекращения работы сооружений является некачественная эксплуатация, в т. ч. низкий уровень ремонтно-восстановительных работ. Такое постоянство суммы отказов свидетельствует о том, что из всех ремонтных работ в основном производится механическая очистка открытой коллекторной сети от ила и растительности.

Оценка интенсивности потока отказов по отдельным совхозам показывает, что их объем увеличивается после мехочисток коллекторов. Однако в ряде случаев (совхозы № 1, 5, 7 Голодной степи) после ремонтных работ на дренах величина отказов уменьшилась на 7—10%, т. е. до величины, указываемой мелиоративной инспекцией.

Объемы ремонтно-восстановительных работ определяются после регулярно проводимых обследований дренажной сети. Для этого приводим рекомендации о частоте выполнения ремонтных работ.

1. Частота очистки открытых коллекторов во многом зависит от механического состава грунтов, в которых проложены коллекторы. В тяжелых грунтах их необхо-

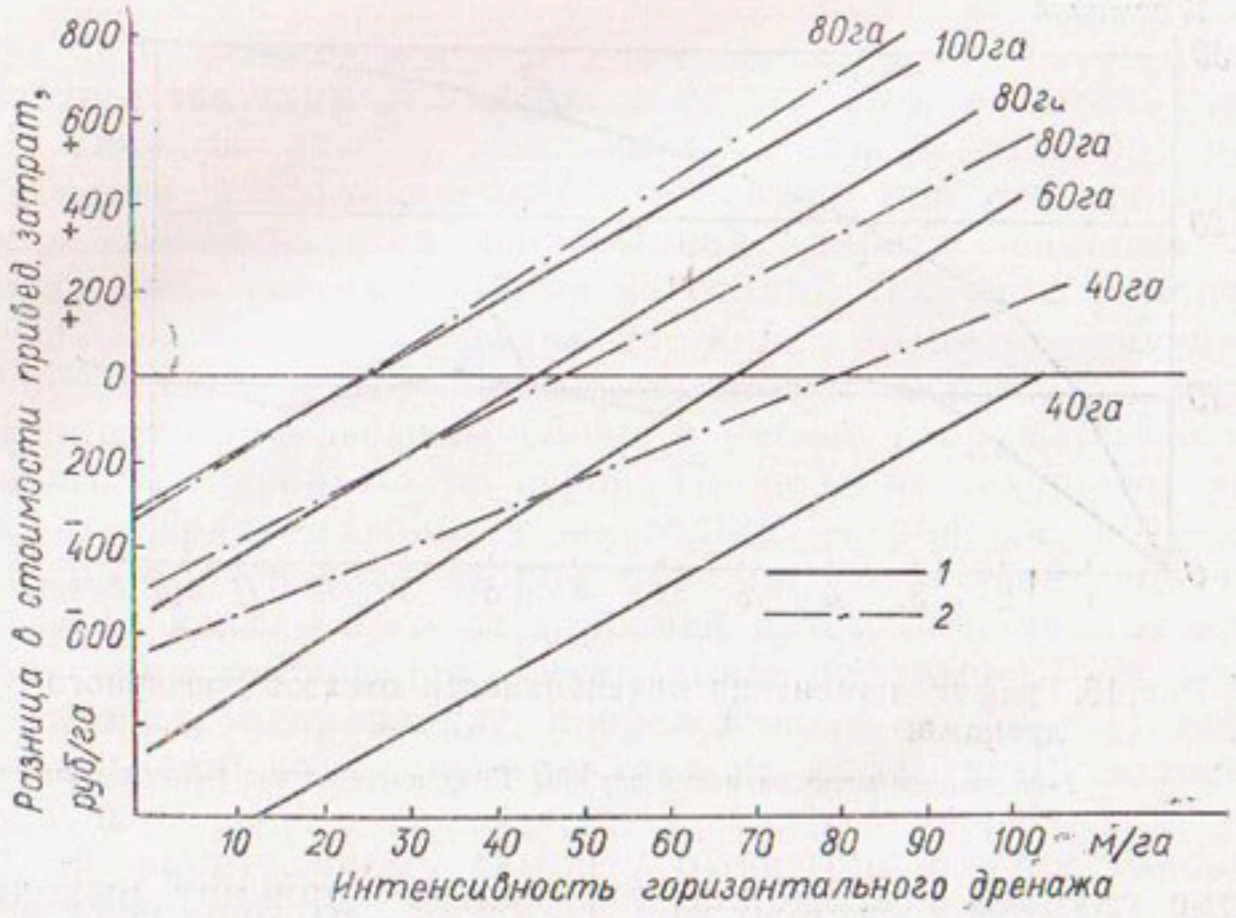


Рис. 17. График целесообразности применения вертикального дренажа по сравнению с горизонтальным

димо очищать через четыре-пять лет, в средних суглинках —3-4 года, в легких суглинках и тяжелых супесях — раз в 2 года, в легких супесях — ежегодно. Очищать необходимо только дно, не задевая откосы, так как растительность с ее корневой системой защищает борта от эрозии и обрушения, при этом остаются нетронутыми устья закрытых дрен, т. е. устраняется причина выхода их из строя. В настоящее время сечение коллектора очищается полностью, поэтому экскаватор должен начинать работу только после установки на устьевых сооружениях закрытых дрен флажков или вышек. Механическую очистку дна коллектора можно производить экскаватором Э-304 В, оборудованным боковой стрелой и осуществляющим очистку коллектора глубиной до 4,5 м. Если борта коллектора не повреждены обрушениями и оплываниями, необходимо скашивать камыш и другую растительность в те же сроки.

2. После очистки коллекторов проверяется состояние устьевых сооружений, а затем выполняется ремонт или их восстановление в случае необходимости. Такую опе-

рацию можно выполнять в рамках текущего ремонта, в противном случае начинается эрозия, ущерб которой прямо пропорционален времени действия оросительной воды, размывающей и выносящей в коллектор грунт обратной засыпки, фильтр и даже трубы. Встречаются случаи размыва самого орошаемого поля, прилегающего к разрушающейся дрене.

В качестве защиты устьевого сооружения при очистке коллекторов проектом предусмотрено устройство устья в «кармане», который, в свою очередь, нуждается в защите от размыва оросительной водой, поступающей в него по наддренной полосе. Его необходимо защищать специальным оградительным валиком.

3. Частичное заиление трубчатой линии, вызванное выносом с дренажным оттоком в трубу мелких фракций фильтровой обсыпки и придренного грунта, можно ликвидировать проведением профилактической промывки. Срок проведения — через пять-семь лет после начала эксплуатации. Такие промывки выполняются через смотровые колодцы и устьевые сооружения.

Заиление дрен чаще всего связано с дефектами труб, прорывом оросительной воды через неуплотненный грунт обратной засыпки с последующим размывом фильтра и закупоркой трубчатой линии. Для их восстановления выполняется промывка с помощью агрегата ПДТ—125, технология которой разработана институтом Оргтехстрой.

В настоящее время промывка осуществляется водой, подаваемой по вводимому в полость дрены шлангу под большим напором (1,8—2,0 МПа). Одновременно производится откачка образовавшейся пульпы. Технологический процесс промывки дренажа включает три последовательных этапа: подготовительные работы, промывка дренажа, заключительный этап.

Подготовительные работы включают очистку колодцев, рытье шурфов, подготовку подъездных путей.

Промывка дренажа состоит из следующих операций: подача шланга в дрену, извлечение его из дрены, откачка пульпы из шурфа, доставка емкости с водой к насосу.

На заключительном этапе осуществляется восстановление дренажной линии в шурфах, ее засыпка, ремонт колодцев и устьевых сооружений, самотечный пропуск воды по промытой дрене.

Промывка дрен производится из смотровых колодцев или из заранее подготовленных шурфов, при этом расстояние между ними не должно превышать 125 м (длина промывочного шланга). Из одного шурфа (колодца) промывка ведется в двух направлениях. Производительность комплекта составляет около 170 м/смену.

Основные технические данные промывщика ПДТ—125: тип установки — самоходная на двух тракторах ДТ-75 и двух прицепах; диаметр промывных труб — 100—250 мм; степень заиления труб грунтом до 100%, установленная мощность —110 кВт; максимальная длина промывки с одной установки —125 м; эксплуатационная производительность —35 м/ч; длина трактора с емкостью на прицепе —9,9 м, с тележкой —7,7 м, ширина —2,0 м, высота —2,85 м, масса комплекта механизмов (с тракторами)—16,48 т, численность обслуживающего персонала —4 чел. Промывочная насадка агрегата ПДТ-125 имеет одно фронтальное и от трех до шести реактивных сопел, которыми выполняется основная работа (вымывание наносов). Фронтальное сопло смачивает наносы и создает дополнительный расход воды для их вымывания при оттягивании шланга назад. Режим подачи воды зависит от условий промывки. Для полностью заиленных труб она подается под давлением до 2,0 МПа, а при частично заиленных трубах и оттягивании шланга назад —1,0—1,5 МПа.

Шланг, намотанный на барабан, подают на тележке в дрену. На конце шланга расположена реактивная головка, в которую насосом ЭМС—10×34×184 подается вода. Насосная станция состоит из трактора ДТ-75, мультипликатора, увеличивающего число оборотов ведущего насоса и рамы напорной линии.

Насос С-245 предназначен для откачки пульпы, образовавшейся в процессе промывки, и состоит из трактора ДТ-75, рамы, коробки включения, вала отбора мощности и напорных шлангов. Вместимость цистерны для подвоза воды —4,2 м³. Время слива из нее воды насосом ЗМС-10—7,5 мин.

Перед началом промывочных работ откапываются устья дренажной системы, создающие свободный сброс промывочной воды в коллектор.

Для вскрытия мест повреждения дрен и дополнительных мест промывки откапывают шурфы глубиной, равной глубине заложения дрен. Для дальнейшей про-

мывки в шурфе на 0,3—0,4 м глубже уровня дрены устраивают отстойник для осаждения крупных частиц наносов.

После промывки дренажных трубопроводов грунт под дренами уплотняется присыпкой гравия, а дренажные трубы укладывают на место и их стыки защищают фильтрующим материалом по всему периметру.

При закапывании шурфов после промывок часто нарушается целостность дренажной линии из-за смещения труб, соединение которых в промывочных шурфах производится промывальщиками вслепую, т. к. насосы не успевают или не в состоянии откачивать грязь.

При ремонтах закрытых коллекторов глубиной 5—6 м вырываются огромные шурфы, т. к. в насыщенных и часто оплывающих грунтах откосы обваливаются. Поэтому при необходимости отрыть 20—25 м³ грунта зачастую приходится отрывать 250—300 м³.

Установить факт заиления трубчатой дренажной линии сложно, т. к. эффективной диагностики нет до настоящего времени. Это требует разработки и создания надежных методов контроля и оценки степени заиления дренажной трассы с помощью щупов, датчиков, локаторов и других поисковых инструментов.

Отсутствие точной диагностики приводит к тому, что самая трудоемкая, дорогостоящая и значительная по объемам ремонтная работа (промывка дрены) выполняется некачественно, в результате чего выполненная промывка приводит к выходу из строя дрены.

Технологический процесс промывки требует следующих усовершенствований:

укомплектовать промывочную машину дополнительным грязевым насосом и насосом «Андижанец»;

начинать промывки только после очистки коллекторов;

улучшить организацию и проведение работ — упорядочить подвоз воды, укомплектовать штаты бригад промывного агрегата.

Основным недостатком применяемого метода промывки дренажных трасс является устройство шурфов между колодцами. Даже при тщательном закрытии шурфов с одновременным восстановлением трубчатой линии и фильтровой обсыпки на поле после поливов образуется просадка грунта. Случается, что шурфы засыпаются наполовину или вовсе не закрываются. В

этом случае выходит из строя дрена и причиняется ущерб орошаемому полю. Учащать смотровые колодцы неэкономично, так как ослабляется трасса сооружения. Поэтому внедрение в практику ремонтных работ разрабатываемого нового промывного агрегата ПДТ-250, позволяющего промывать трассу без вскрытия ее шурфами, является важной и необходимой задачей.

Ремонты дренажных колодцев надо выполнять регулярно, преимущественно в межвегетационные периоды, когда не производятся поливы. Для проведения ремонтно-восстановительных работ на дренажных колодцах необходимо создание и внедрение достаточно легких и надежных машин для их механической очистки.

Эффективность работы скважин вертикального дренажа зависит от правильной организации службы эксплуатации и обоснованного выбора режима откачек. На крупных дренируемых массивах функционируют эксплуатационные участки, обслуживающие скважины на площади 25—30 тыс.га. Один такой участок контролирует работу скважин, выполняет мелкий профилактический ремонт наземных сооружений, производит замену деталей насосов, осуществляет текущий профилактический ремонт по техническому обслуживанию систем вертикального дренажа с помощью специализированных подразделений.

При дренировании орошаемых земель выделяются два периода — мелиоративный и эксплуатационный. В мелиоративный период режим работы вертикальных дрен должен обеспечить максимально возможный отвод инфильтрационных вод с коэффициентом полезной работы (КПР) 0,75—0,85, т. е. система работает круглогодично, за исключением остановок на профилактические ремонты. В эксплуатационный период система вертикального дренажа переводится в заданный проектом оптимальный режим работы с соответствующим снижением КПР на 10—20%. Обследование технического состояния систем вертикального дренажа показало, что коэффициент полезной работы по отдельным совхозам в Каршинской степи составляет 0,20—0,50, в Голодной и Шерабадской степях соответственно 0,6—0,5, а предусмотренный проектами коэффициент полезной работы—0,77—0,85. Причиной низкого КПР вертикального дренажа являются простои скважин из-за неисправности насосного оборудования (от 20 до 75%)

и засоренности водоотводов. Для повышения надежности вертикального дренажа необходимо особое внимание уделять подбору фильтра и расчету конструктивных элементов водоприемной части.

Обследование технического состояния усилителей на коллекторах (комбинированный дренаж) в Каршинской степи, проведенное институтом Средазгипроводхлопок, свидетельствует о незначительном количестве неработающих усилителей. Исключение представляют усилители, засыпанные в период небрежной механической очистки коллекторов. Эксплуатация самотечных усилителей весьма проста и при правильном применении они не требуют ремонта. При эксплуатации комбинированного дренажа необходимы те же ремонтно-восстановительные работы, что и при горизонтальном открытом дренаже. Если заиляется устьевая труба, ее прочищают вручную лопаточкой или ершом. Часто при больших напорах заиленные усилители начинают фонтанировать (самопромываться), а в случае заиления их фильтровой части ремонт можно проводить продувкой сжатым воздухом при помощи компрессоров. Вертикальные усилители на коллекторах во многих случаях работают при заилении коллектора выше верха устья усилителя на 0,2—0,3 м. Однако заиление их на большую величину требует значительного капитального ремонта, поэтому очистка дна коллектора должна проводиться раз в два-три года.

Дренаж и его воздействие на режим грунтовых вод и водно-солевой режим почвогрунтов зоны аэрации — процесс многолетний и достаточно сложный в своем развитии. Мелиоративное состояние орошаемых земель зависит от целого ряда факторов. Высокая надежность всей коллекторно-дренажной сети (при высокой надежности открытых коллекторов) даже при выходе из строя 40—50% закрытого (регулирующего) дренажа обеспечивает дренирование до 0,6—0,7 территории.

Организация службы эксплуатации коллекторно-дренажной сети и мелиоративного контроля

Современное состояние дренажных систем требует улучшения их эксплуатации, начиная от повседневного надзора и кончая капитальными ремонтами. В настоя-

щее время надзор и наблюдения за межхозяйственной коллекторно-дренажной сетью и вертикальным дренажем производят водохозяйственные организации — управления оросительных систем (УОС) или управления коллекторно-дренажных систем (УКДС). Они располагают определенным штатом линейных работников, которые регулярно очищают и ремонтируют межхозяйственную сеть. Надзор и наблюдения за внутрихозяйственной сетью должны производиться силами постоянного штата наблюдателей хозяйства с контролем УОС или УКДС. В случаях, когда хозяйства своевременно не проводят необходимые работы своими силами, водохозяйственные организации могут сами производить их с последующим взысканием с этих хозяйств стоимости выполненных работ в установленном порядке. На новоорошаемых массивах в штатах большинства совхозов нет русловых объездчиков и зачастую гидротехники работают не по назначению. Во многих хозяйствах массивов даже не осуществляется инвентаризация дренажной сети.

Текущий надзор и наблюдения должны охватывать охрану дренажной сети, всех сооружений на ней и защитных полос от разрушений, повреждений и поломок. В напряженный период работы дренажных систем (поливной период и во время промывок) объезды (обходы) русловыми ремонтерами должны проводиться ежедневно, а в остальное время один раз в месяц.

Кроме этого, необходимы периодические проверки технического состояния коллекторно-дренажной сети совместно с участковым гидротехником с целью принятия необходимых мер для ее нормальной работы. Они проводятся весной, летом и осенью. Цель весеннего обследования — проверка проведенного весной ремонта и готовности коллекторно-дренажной сети к вегетационному периоду, летнего — проверка работы дренажа в самый напряженный период, осеннего — уточнение объемов работ на следующий год. Результаты этих обследований (осмотров) оформляют актом.

Постоянный надзор за дренажной сетью необходим для своевременного обнаружения и устранения мелких неисправностей, которые могут стать причиной серьезного нарушения работы дрен. Эти неисправности устраняются вручную самим объездчиком (ремонтером). В его обязанности входит мелкий ремонт сооружений,

борьба с размывами бортов или устьевых сооружений, устранение неплановых сбросов оросительной воды.

Правильная эксплуатация коллекторно-дренажной сети достигается только в том случае, если начиная с момента строительства дренажа, каждая система (участок, коллектор, гидротехническое сооружение) будет закреплена за конкретным исполнителем, отвечающим за объем и состав работ в соответствии с должностной инструкцией.

Необходима перестройка структуры эксплуатационных водохозяйственных организаций. Следует объединить УОС, УКДС и ПМК в одну организацию, что сократит административно-управленческий персонал, фонд зарплаты, число рабочих. Подобный опыт уже имеется в Голодной степи. Средства на проведение эксплуатационных работ необходимо сосредоточить в районных управлениях сельского хозяйства, на которые следует возложить обязанности по контролю за выполнением всех эксплуатационных расходов. Показателями работы должны быть очищенные от заиления (зарастания) коллекторы или отремонтированные дрены, трубопереезды и пр.

В орошаемом земледелии требуется дальнейшее проведение работ по техническому совершенствованию мелиоративных систем, усилению контроля за мелиоративным состоянием орошаемых земель.

Принципиально новое направление принимает деятельность мелиоративной службы в связи с проведением комплексных мероприятий по поддержанию нормального мелиоративного состояния земель. В их число входит обеспечение оттока дренажных вод, выполнение комплекса агротехнических мероприятий, режима орошения, выбор правильной техники полива, недопущение непроизводительных потерь поливной воды.

Глава V. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНОГО ТИПА ДРЕНАЖА

Анализ многочисленных проектных проработок и научных работ показывает, что выбор дренажа при проектировании производится без учета его мелиоративной эффективности.

Технико-экономическое обоснование такого выбора составляется согласно положениям инструкции по проектированию оросительных систем, которая, предлагая учет комплексного использования, в то же время ограничивает технико-экономическое сравнение вариантов затратами на строительство и эксплуатацию дренажа. В мелиоративный комплекс, помимо дренажа, входят другие мелиоративные мероприятия, от которых он во многом зависит. В инструкции, предназначенной для орошаемых районов, не предусматривается самый важный фактор для засушливых районов — стоимость воды и необходимость рационального ее использования. Дефицит пресной воды в орошаемых районах Средней Азии растет с каждым годом.

Поэтому при технико-экономическом сравнении вариантов дренажа надо обязательно учитывать стоимость воды. На землях, подверженных засолению, при горизонтальном дренаже требуется промывной режим орошения, увеличенный на 20—30% по сравнению с необходимым водопотреблением культур. При мелком дренаже увеличение оросительных норм достигает больших величин. Земли с высокой минерализацией грунтовых вод при горизонтальном дренаже требуют проведения профилактических промывок большими нормами. При вертикальном и комбинированном дренажах промывной режим орошения и профилактические промывки проводятся малыми нормами.

При сравнении различных типов дренажа необходимо учитывать возможное изменение оросительных и промывных норм для каждого вида. При технико-экономическом сравнении вариантов надо учитывать затраты, сумма которых должна быть минимальной:

$$З = ЕК + Э + О + П, \qquad (14)$$

где З — ежегодные приведенные затраты, руб/га;
К — капитальные вложения на строительство дренажа, руб/га;
Е — отраслевой нормативный коэффициент;
Э — ежегодные приведенные затраты на эксплуатацию дренажа с учетом затрат на электроэнергию, руб/га;
О — ежегодные приведенные затраты на орошение с учетом стоимости воды и доли использования на орошение дренажных вод, руб/га;

П — ежегодные приведенные затраты на профилактические промывки с учетом стоимости воды, руб/га.

Из формулы следует, что при использовании дренажной воды стоимость орошения при вертикальном дренаже будет наименьшей, т. к. не потребуется дополнительного строительства насосных сооружений на подъем воды до необходимой высоты.

Продолжительность мелиоративного периода на фоне горизонтального дренажа составляет 15—20 лет, при вертикальном и комбинированном она сокращается до 3-8 лет. Уменьшение мелиоративного периода можно учитывать дополнительным эффектом в виде чистого дохода, получаемого за период досрочного получения высоких урожаев.

Экономическую эффективность дренажа сравнивают по сроку окупаемости капитальных вложений и приросту чистого дохода за счет сокращения мелиоративного периода. Уменьшение срока окупаемости будет равно:

$$\Delta Т = \frac{Д_п}{Д_п - \Delta Д}, \qquad (15)$$

где $\Delta Д$ — прирост дохода за счет сокращения мелиоративного периода;

$Д_п$ — плановый доход.

Главным фактором потери урожая в аридной зоне является засоление почв. Анализ многочисленных исследований, проведенных в Каршинской, Голодной степях и в Бухарском оазисе, показывает, что на слабо- и среднезасоленных землях потери урожая составляют 15—30%, средне- и сильнозасоленных —30—50% и более, а на солончаках растения полностью погибают. В этих условиях прирост дохода за счет увеличения урожая составит:

$$\Delta Д = \Delta У (Ц + Н_{об} - И), \qquad (16)$$

где $\Delta Д$ — прирост дохода за счет увеличения урожайности на мелиорированных землях, руб/га:

$\Delta У$ — прирост урожая на га,

$$\Delta У = У \frac{100 - П}{100},$$

где У — средний урожай в первые годы освоения, ц/га;

П — потери урожая на засоленных землях, % от урожая на незасоленных землях;

$Н_{об}$ — налог с оборота, руб/ц урожая;

Ц — закупочная цена сельхозпродукции, руб. за 1 ц;

И — издержки производства, руб/ц.

По совокупности чистого дохода вертикальный дренаж оказывается рентабельным на землях с тяжелыми мелиоративными условиями, хотя по приведенным стоимостям строительства и эксплуатации он более дорогой. В районах, где одной скважиной дренируется 80—100 га, он оказывается выгодным даже при сравнении только эксплуатационных затрат и капитальных вложений. В тяжелых мелиоративных условиях, требующих проведения профилактических промывок и промывного режима орошения, вертикальный дренаж, рассчитанный по формуле (14), целесообразен в районах, где одной скважиной он может дренировать 40 и 60 га (рис. 17).

Комбинированный дренаж считается экономически целесообразным, если под слабопроницаемым слоем мощностью около 10—20 м залегает хорошо проницаемый слой, а коэффициент фильтрации покровного мелкозема менее 0,3 м/сут. Экономические показатели комбинированного дренажа меняются в зависимости от выбранного расстояния между усилителями. В настоящее время более рационально строить усилители на открытых коллекторах и размещать их в зависимости от расположения орошаемых полей и севооборотных массивов.

Конструкции их выбираются в зависимости от природных и хозяйственных условий. Оптимальная глубина усилителей определяется расчетами, однако хорошие показатели их работы отмечаются при заглублении фильтра в песчаные прослои на 1—2 м. Выбор типа дренажа зависит от мощности покровных отложений, коэффициента фильтрации и проницаемости водоносного слоя.

Применение комбинированного дренажа в условиях, когда мощность покровных отложений менее 5—8 м, а коэффициент фильтрации превышает 0,3—0,5 м/сут, экономически нецелесообразно. Здесь более дешевым является горизонтальный дренаж. При мощности покровных отложений более 20 м в слоистых грунтах, коэффициенте фильтрации менее 0,3 м/сут и проницаемости водоносного слоя более 50 $м^2$/сут экономичным оказывается вертикальный дренаж. Однако и в этих

случаях необходимо сравнивать варианты с учетом всего мелиоративного комплекса и хозяйственных условий.

По проработкам института Средазгипроводхлопок установлено, что на территории первой очереди освоения Каршинской степи на площади около 60 тыс. га был рекомендован комбинированный дренаж. Ранее здесь предполагалось строительство горизонтального дренажа, для которого потребовалось бы заложить 6400 км дрен. Применение комбинированного дренажа потребовало строительства 1700 км горизонтального и около 8 тыс. скважин усилителей. Затраты на строительство и эксплуатацию комбинированного дренажа в различных геофильтрационных условиях составили от 36 до 198 руб/га, для горизонтального — от 149 до 314 и для вертикального — от 170 до 420 руб/га. Экономия от применения более перспективного типа дренажа только на территории первой очереди освоения составила 12 млн руб.

Стоимость эксплуатации вертикального дренажа высока и складывается из отчислений на амортизацию, капитальный и текущий ремонты насосного оборудования (12,2% стоимости строймонтажа)., подъездных дорог (9% строительной стоимости), линий электропередачи (0,3%), автотелемеханики (11,7%), стоимости электроэнергии и содержание штата службы эксплуатации.

Сравнительная стоимость эксплуатации различного типа дренажа приведена в табл. 11.

Выбор наиболее эффективного типа дренажа должен производиться с использованием прогрессивных и экономичных способов строительства. Так, например, строительство 1 м дрены составляет: открытый горизонтальный дренаж, выполненный механизированным способом,— 1,5—3 руб., закрытый горизонтальный дренаж, выполненный полумеханизированным способом,— 15—18 руб., закрытый горизонтальный дренаж, выполненный механизированным способом (траншейный дреноукладчик),—10—12 руб., закрытый горизонтальный дренаж, выполненный механизированным способом (бестраншейный дреноукладчик),—4—6 руб.

На массивах нового орошения проектируется закрытый горизонтальный дренаж, способствующий увеличению коэффициента земельного использования на 5—

Таблица 11

Эксплуатационные затраты на дренаж, руб/га в год

Дренаж	Амортизация, капитальный и текущий ремонт	Содержание штата	Стоимость электроэнергии	Сумма эксплуатационных затрат
Вертикальный дренаж с площадью обслуживания одной скважиной:				
50 га	79,16	8,66	22,64	100,46
100 га	45,90	4,33	13,2	63,43
150 га	21,79	2,89	8,8	33,48
Горизонтальный дренаж с междренным расстоянием 200 м:				
а) полумеханизированный способ укладки	27,09	0,5	—	27,59
б) механизированный способ укладки	14,67	0,5	—	15,57
Комбинированный дренаж с междренным расстоянием 500 м и шагом скважин-усилителей 250 м:				
а) полумеханизированный способ укладки	13,34	0,4	—	13,74
б) механизированный способ укладки	8,37	0,4	—	8,77

8%, что значительно увеличивает чистый доход. Однако переход на закрытую коллекторно-дренажную сеть при некачественной эксплуатации преждевременен. Закрытые коллекторы экономически не оправдывают себя, т. к. после четырех-шести лет эксплуатации они выходят из строя, а ремонт закрытых коллекторов глубиной 4,5—5,5 м, имеющих диаметры труб более 200—250 мм, экономически нерентабелен. Открытые коллекторы выполняют дренирующую роль, которая зачастую не учитывается при проектировании. Так, в Голодной степи они имеют радиус влияния до 150—300 м, а в Каршинской — до 200—400 м (на крупных коллекторах еще более). Институтом Средазгипроводхлопок (Б. Я. Нейман) предложено в зоне влияния коллекторов дренаж не закладывать, а переносить его в середину междренья между коллекторами или в зоне влияния коллекторов устраивать глухие водоводы. Такая планировка дренажа увеличит экономический эффект в 1,2—2,5 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффективность работы дренажа увеличивается за счет совершенствования методов и средств механизации для его строительства, улучшения конструкций и качества дренажа, повышения эксплуатационной надежности.

Необходимо внедрение бестраншейного способа укладки дренажа в грунтах различной категории и при различной глубине залегания грунтовых вод. Использование полимерных труб диаметром 100 мм и более позволит повысить междренные расстояния и еще более увеличить экономический эффект этого способа строительства. Укладку труб необходимо производить на глубину 3,3—4 м. При бестраншейном способе строительства отсутствуют стыковые соединения, что обеспечивает максимальную надежность формирования дренажной линии на всем протяжении дрены, легкость и простоту выполнения погрузочно-разгрузочных работ, незначительные транспортные расходы, минимум затрат на выполнение ручных операций, высокую скорость укладки. Производственное внедрение этого способа в Голодной степи резко повысило темпы строительства, ускорило ввод земель в сельскохозяйственный оборот, создало надежную мелиоративную систему, управляющую водным, воздушным и солевым режимами почвогрунтов. Эта технология является наглядным примером научно-технической революции в мелиорации.

Усовершенствование конструкций дренажа должно идти по пути создания экономичных фильтров. Необходим поиск искусственных фильтров, особенно из синтетических материалов, обладающих фильтрующими свойствами и повышенным сроком эксплуатации. Требуется улучшить механизацию строительства смотровых

колодцев, устьевых сооружений и создать машины для механизированной их очистки.

Эффективность скважин вертикального дренажа в основном зависит от качества погружных насосов и фильтров, а для этого нужны простые в эксплуатации насосы, реагирующие на песчаные примеси.

Комбинированный дренаж позволяет реагировать на неоднородность геологического строения и учитывать разнообразие местных гидрогеологических условий, поэтому необходимо использовать его в сложнослоистых отложениях, с преобладанием небольших невыдержанных в плане линз и прослоев сильнопроницаемых грунтов. Усилители, установленные в этих линзах, превращаются в пластовые дрены, а эффект дренирования слабопроницаемых грунтов, окружающих линзу, резко увеличивается, они отдают воду по всей площади контакта с песчаной линзой или прослоем. Эффект может быть усилен применением расширенного гравийного фильтра, бесфильтровых скважин с каверной, заполненной гравием, и устройством лучевых водозаборов.

Несмотря на значительные успехи в строительстве дренажа на орошаемых землях, имеются возможности для еще большего совершенствования конструкций и удешевления стоимости работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аверьянов С. Ф.* Некоторые вопросы предупреждения засоления земель и меры борьбы с ним в Европейской части СССР.— В сб.: Орошаемое земледелие в Европейской части СССР. М.: Колос, 1965, с. 62.
2. *Духовный В. А.* Орошение и освоение Голодной степи. М.: Колос, 1973.
3. *Духовный В. А.* Горизонтальный дренаж орошаемых земель. М.: Колос, 1979.
4. *Громатович М. К.* Показатели работы различного типа дренажа на землях 1 очереди освоения Каршинской степи. — Тр. ТИИИМСХ, Ташкент, 1975.
5. *Лев В. Т.* Орошаемое земледелие. — Ташкент: Укитувчи, 1981.
6. Инструкция по проектированию оросительных систем, М., Союзводпроект, ч. VIII, 1975.
7. *Минашина Н. Г., Тополов Г. М.* Гидрохимическая структура и роль грунтовых вод в засолении староорошаемых земель пустынной зоны. — Тр. почв. института им. Докучаева, М., 1975.
8. *Мирцхулава Ц. Е.* Надежность гидромелиоративных систем. М.: Колос, 1972.
9. Методическое руководство по расчету дренажа орошаемых земель, Ташкент: Средазгипроводхлопок, 1977.
10. *Сурикова Т. И.* Расчет скважин систематического вертикального дренажа. — Тр. координационных совещаний по гидротехнике. Л.: Энергия, 1967.
11. *Томин Е. Д.* Бестраншейное строительство закрытого дренажа. М.: Колос, 1981.
12. *Усенко В. С.* Вопросы теории фильтрационных расчетов дренажных и водозаборных скважин. М.: Колос, 1968.
13. *Хачатурьян В. Х.* Расчет линейных систем вертикального дренажа при борьбе с засолением орошаемых земель. Автореферат канд. диссертации. М.: МГМИ, 1969.
14. *Хрисанов Н. И., Камбуров В. А.* Условия надежности закрытого дренажа. М.: Колос, 1978.
15. *Шестаков В. М.* Методические указания по расчетам систематического дренажа в слоистых системах. М.: ВСЕГИНГЕО, 1966.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Глава I. **Природные условия орошаемых районов и необходимость строительства дренажа** 5

Засоление почв и влияние солей на растения 5
Обоснование необходимости дренажа 10
Почвенно-мелиоративное районирование 11
Природные условия новоорошаемых земель 14
Голодная и Джизакская степи 14
Каршинская степь 16
Сурхан-Шерабадская степь 19

Глава II. **Типы дренажа на орошаемых землях Узбекистана** 21

Методы расчета и проектирования дренажа 25
Способы строительства и конструкции дренажной сети. Горизонтальный дренаж 33
Вертикальный дренаж 43
Комбинированный дренаж 46
Районирование орошаемых земель, подверженных засолению, при проектирования различных типов дренажа 48

Глава III. **Мелиоративная эффективность дренажа** . . . 60

Исследования работоспособности различных конструкций дренажа 60
Мелиоративная эффективность дренажа 68
Оценка мелиоративного состояния земель при различных типах дренажа 76

Глава IV. **Эксплуатационная надежность дренажа** . . . 85

Основные причины выхода из строя дренажа 86
Причины выхода из строя открытого горизонтального дренажа 86
Причины выхода из строя закрытого горизонтального дренажа 87

Причины выхода из строя комбинированного дренажа 94
Причины выхода из строя вертикального дренажа . . 95
Основные понятия и критерии надежности 96
Проведение ремонтно-восстановительных работ на коллекторно-дренажных системах 99
Организация службы эксплуатации коллекторно-дренажной сети и мелиоративного контроля 107

Глава V. **Экономическая эффективность различных типов дренажа** 109

Заключение 115
Литература 117

ГРОМАТОВИЧ МАЙЯ КОНСТАНТИНОВНА
ЛЕВ ВАСИЛИЙ ТАРАСОВИЧ

ДРЕНАЖ НА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЛЯХ УЗБЕКИСТАНА

Издательство „Мехнат" — Ташкент — 1987

Зав. редакцией *А. Иноятов*
Редакторы *О. Багдасаров, Г. Хубларов*
Худ. редактор *И. Кученко а*
Тех. редактор *Т. Скиба*
Корректор *С. Холматова*

ИБ № 96.

Сдано в набор 12. 04. 86. Подписано в печать 30. 01. 87. Р 16830. Формат 84×108 /32. Бум. тип. № 1. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. п. л. 6,30. Усл. кр.-отт. 6,51. Изд. л. 6,31. Тираж 4000. Заказ № 3015. Цена 40 к.

Издательство «Мехнат». 700129, Ташкент, ул. Навои, 30. Договор № 330—85.

Типография № 1 Ташкентского полиграфического производственного объединения «Матбуот» Государственного комитета УзССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ташкент, ул. Хамзы, 21.