

СРЕДНЕАЗИАТСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ВАСХНИЛ
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА УЗБЕКСКОЙ ССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОГРЕССИВНЫХ
СПОСОБОВ ДРЕНАЖА
ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ СРЕДНЕЙ
АЗИИ**

Сборник научных трудов САОВАСХНИЛ
(Выпуск II)

Начиная с настоящего сборника, Среднеазиатское отделение ВАСХНИЛ начинает регулярно издавать тематические сборники научных трудов по актуальным проблемам сельскохозяйственного производства Среднеазиатского региона.

Редакционная коллегия – доктор технических наук А. Рачинский, академик ВАСХНИЛ И. С. Рабочев, кандидат технических наук Х. К. Газиев, доктор сельскохозяйственных наук М. У. Умаров, Н. Ф. Беспалов.

388/06

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие орошаемого земледелия в районах Средней Азии в соответствии с планами интенсификации сельского хозяйства, определенными решениями XXIV съезда КПСС и Программой Партии, в значительной степени базируется на прогрессивных способах полива и дренажа земель, подверженных засолению.

Проведя в 1973–1974 гг. ряд научно-производственных совещаний, которые привлекли внимание ученых и производителей всех республик Средней Азии, САО ВАСХНИЛ получило материалы, отражающие все наиболее значительные результаты исследований, опираясь на которые можно вести планирование технологического совершенствования мелиоративных систем, формулировать задачи дальнейших исследований, определить перспективу вопроса последующих исследований.

В настоящий сборник вошли материалы, полученные от коллективов институтов САНИИРИ, ВНИИГИМ, ТуркменНИИТИМ, ВНИКАМС, ТИИЛМСХ и Средазгипроводхлопок, которые все последние годы проводили научные исследования по прогрессивным способам дренажа засоленных земель Средней Азии и, таким образом, именно они располагают наиболее значительными результатами по этому вопросу. Известным пробелом является то, что в составе его авторских коллективов отсутствуют коллективы СоюзНИИХИ и Гидрогеологического производственного объединения, получивших в результате работ наиболее убедительные результаты по вопросам формирования водно-солевого режима в разных районах орошения и той роли, которая при этом принадлежит естественным (условия естественной дренируемости) и искусственным (орошение в условиях определенных к.п.д. систем и техники полива) факторам.

Сборник представляет значительный интерес как для позитивной оценки полученных результатов, так и для критических соображений, которые тем более уместны, что, находясь на пути завершения девятой пятилетки, наука должна определить проблемные вопросы и задания по ним для следующей пятилетки.

За последние 15 лет была проделана большая научно-исследовательская работа по изучению технико-экономических и мелиоративных показателей систем вертикального и горизонтального дренажа в орошаемых районах Узбекистана и других республик. Проведенные работы

позволили получить практически все необходимые данные для создания вполне надежных ТУ, которые дали возможность проектным институтам вести производственное проектирование таких систем.

То, что в настоящее время только в Голодной степи построено более II тыс. км закрытого горизонтального дренажа и более 700 шт. дренажных насосных колодцев, работающих в режимах, близких к проектным, является убедительным доказательством правильности и надежности научных рекомендаций.

Исследован с положительным результатом опыт применения вертикального дренажа в литолого-геологических разрезах, где водоносными слоями являются мелкие пески, созданы фильтры, которые позволяют иметь надежные в эксплуатации колодцы для этих условий. На примере Голодной степи доказана эффективность такой системы дренирования и наибольшая вероятность предотвращения вторичного засоления опресненных земель.

Показана высокая интенсивность сработки горизонта грунтовых вод системой вертикального дренажа в достаточно сложных слоистых разрезах.

Полученные результаты позволили САНИИРИ достаточно обоснованно определить районы и площади эффективного применения вертикального дренажа. Опыт применения вертикального дренажа позволил за период исследований обосновать более совершенную технологию строительства, отработки конструкций устройства гравийных фильтров и другие вопросы конструкции. Описание этих результатов представляет главный интерес соответствующей статьи. Ее содержание, с другой стороны, говорит и о тех аспектах вопроса, которые пока еще не получили научного обоснования. Это прежде всего обоснования тех оптимальных вариантов режима откачек из системы скважин в увязке с режимом поверхностных источников орошения. В частности, должен получить обоснование режим откачек в период маловодных лет. Не получил четкого решения вопрос об увязке систем дренажа с оросительной системой при разных уровнях минерализации грунтовой и дренажной воды. Если горизонтальная система дренажа ограничивает наши стремления в понижении горизонта грунтовых вод и в целях регулировки водно-солевого режима активного слоя, требует сочетания дренажного эффекта с промывным режимом орошения, то вертикальная система дренажа позволяет держать горизонт грунтовых вод на отметках,

когда они перестают сколько-нибудь значительно участвовать в почвообразовательном процессе, создав условия для сероземного режима почвообразования, и дать оценку мелиоративной эффективности этого режима в условиях ограниченных водных ресурсов.

Однако программных исследований в этом направлении до сих пор не проведено.

Система вертикального дренажа эксплуатируется, как правило, в таком диапазоне амплитуды уровня грунтовых вод, при котором они, создавая реставрацию засоления, вызывают потребность профилактических промывок.

Представляются также ограниченными результаты в совершенствовании фильтровых устройств.

Горизонтальный дренаж в настоящее время и в перспективе сохраняет главную роль в орошаемых районах.

Оценка эффективности систем закрытого горизонтального дренажа из различных труб, совершенствование его механизированного строительства и поиск такой системы, которая, обладая надежностью и хорошей мелиоративной эффективностью, могла быть построена в условиях водонасыщенных плавунных грунтов, представляют большой практический интерес.

Большой материал экспериментальных исследований, проведенных на опытных участках дренажа в Голодной степи, Ферганской долины, в Хорезмском оазисе и других районах, позволяет дать все исчерпывающие параметры для проектирования таких систем в разных конструктивных решениях и иметь основания для сравнения технико-экономических показателей разных систем дренажа.

Особый интерес в этом плане представляет результат исследований по строительству пластмассового дренажа бестраншейными дренажниками. Исследования его технической надежности, мелиоративной эффективности должны быть продолжены. Результаты этих исследований могут вызвать значительные коррективы к тем показателям темпов развития закрытых систем дренажа в районах существующего орошения, которые приведены в заключительной части статьи САНИИРИ.

Обращает на себя внимание также то, что исследователи, изучающие на опытно-производственных участках эффективность дренажной системы с определенными параметрами без достаточных оснований и мотивировки объявляют эти участки техничными для целого региона (Хорезм, Голодная степь, Ферганская долина), в то время, когда вы-

полненное по известной методике инженерно-мелиоративное районирование устанавливает наличие в этих районах не только существенно различных зон, районов и подрайонов и распространение полученных результатов на отдельных участках требует разработанную методику переноса полученных на нем результатов на отличные по совокупности природных условий районы.

При этом была бы обеспечена гораздо более убедительная связь между полученными результатами исследований и предлагаемыми темпами строительства технически совершенных систем закрытого горизонтального дренажа.

В статье Пулатова Ф.Ш., Бердянского В.Н. и др. (САНИИРИ) рассматриваются вопросы строительства бестраншейного дренажа на базе оригинальной (отличной от конструкции ВНИИТИМ) дреноукладочной машины с активным рабочим органом, позволяющим отрывать в сильно водонасыщенных грунтах узкую (15 см) щель с укладыванием в нее пластмассовой дренажной трубы с фильтровой обсыпкой. Конструктивные недоработки, обусловившие слабость ряда рабочих узлов дреноукладчика этой конструкции, все еще тормозят его широкое производственное использование.

Как известно, до сих пор производственные организации строят гончарный дренаж из раструбных труб, в то время как исследования САНИИРИ убедительно показали высокую надежность фасадочных соединений звеньев труб. Надежные уплотнения обратной засыпки дренажной траншеи и "срастание" ее с окружающим грунтом в значительной мере определяют возможность хозяйственного использования наддренной полосы и обеспечат резкое снижение заиливания "трубчатых дрен", так как опыт эксплуатации таких дрен показал, что заиливание полости дренажных труб, прямое разрушение дрен с выносом всей засыпки, фильтровой обсыпки и расстройство дренажной линии прямо связаны с рыхлым сложением этой обсыпки.

В связи с значительным расширением производственных решений о типах и видах дренажа, осуществленных в разных районах и соответствующих различиях технологических процессов их создания, появилась возможность дать на основе объективного сравнения капитальных и эксплуатационных затрат, а также с учетом реального мелиоративного эффекта сравнить их технико-экономические характеристики и разработать методы определения параметров "оптимальных систем дренажа". Эти вопросы заслуживают специального освещения.

В целом, рассматривая настоящий сборник как первый коллективный сборник институтов, координируемых САО ВАСХНИЛ, оно рекомендует в дальнейших изданиях сосредоточить внимание соответствующих коллективов НИИ на освещении тех сторон проблемы "Исследование прогрессивных систем дренажа орошаемых земель", о которых говорилось выше.

А. Рачинский

доктор технических наук

Х.И.ЯКУБОВ, к.т.н.,
Х.А.КАДЫРОВ, Д.Т.ИКОНОМУ,
и. о. х. н. Р.М.ГЕРАСИМОВ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ УЗБЕКИСТАНА

Быстрое развитие орошения в Узбекистане сделало проблему мелиорации засоленных земель актуальной. В связи с этим изыскание, разработка и исследование наиболее действенных и технически совершенных орудий и приёмов борьбы с засолением стали важнейшей задачей научно-исследовательских институтов.

Было решено организовать опытно-производственные участки, разработать методы расчёта проектирования и строительства и изучить мелиоративную и технико-экономическую эффективность вертикального дренажа на больших территориях. Они были выбраны в различных почвенно-мелиоративных условиях от лёгких до тяжёлых, но в исходных условиях все эти участки были засолены и режим грунтовых вод был неблагоприятным для получения высоких и устойчивых урожаев. Улучшить это положение устройством открытой сети коллекторов не оказалось возможным из-за плыунности грунтов, напорности подземных вод, сильной первичной и вторичной засоленности их.

Опытные участки были созданы в различных частях Голодно-отеплого аллювиального бассейна — в совхозах "Социализм" (3000 га), "Пахтаарах" (10500 га), в г. Гулистане (1000 га), в Бухарской области — в совхозе "Каган" (1830 га) и Ферганской области — в совхозе "Бешарик" Кировский участок (650 га). Исследования, проведённые САНИИРИ в процессе проектирования, строительства и эксплуатации названных систем вертикального дренажа, позволили подтвердить основные теоретические положения, уточнить параметры (табл. 1), отработать принципы проектирования и расчёта, а также создать проекты вертикального дренажа отдельных крупных массивов (табл. 2), начать их реализацию и наметить перспективу широкого внедрения этого вида дренажа на орошаемых землях Узбекистана (табл. 3).

Из данных табл. 3 видно, что количество насосных установок превышает 7 тыс. на площади свыше 1,7 млн. га. Всё это позволит коренным образом мелиорировать земли, используя значитель-

ную часть откачиваемых вод на орошение и промывку засоленных земель.

На I/I-1974 г. количество эксплуатируемых скважин вертикального дренажа в Узбекистане и на части Голодной степи Казахстана составляло свыше 1000 скважин (рис. I).

Остановимся на основных результатах исследований и проработок, выполненных на системах вертикального дренажа Узбекистана.

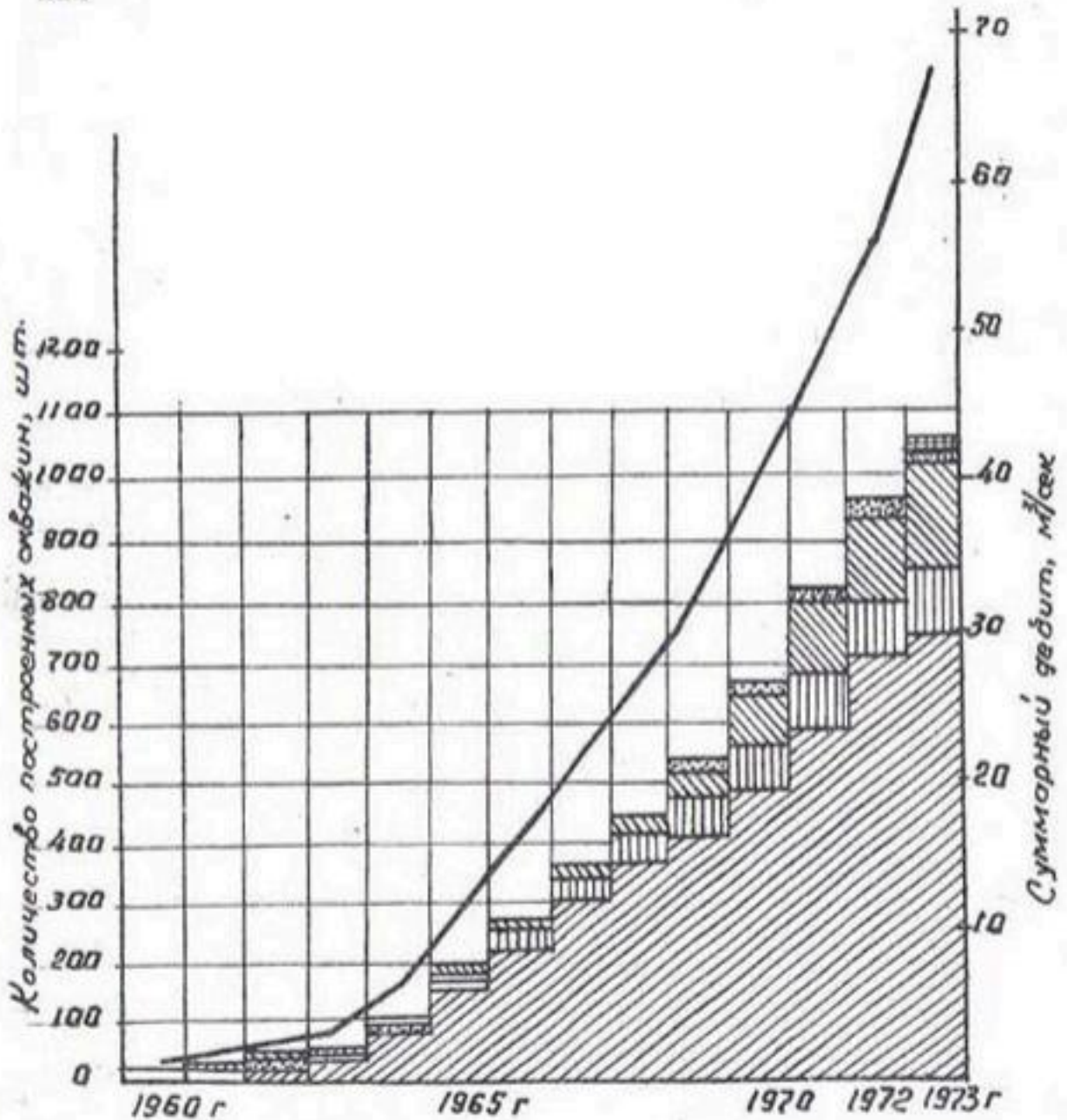


Рис. I. Развитие вертикального дренажа по областям Узбекистана

Условные обозначения:

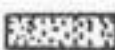
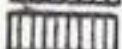
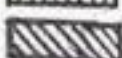
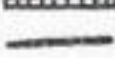
- | | | | |
|---|---------------|---|-----------------|
|  | Сырдарьинская |  | Ташкентская |
|  | Бухарская |  | Андижанская |
|  | Ферганская |  | Суммарный дебит |

Таблица I

Основные параметры скважин вертикального дренажа опытно-производственных участков
по УзССР (САНИИРИ)

Показатель	Голодная степь			Бухарский оазис		Ферганская долина, Кировский район
	совхоз "Социализм"	г. Гулистан	"Пахтаарал"	совхоз	Караганский район	
Общая площадь, га	3000	600	10500	1830	654	
Мощность покровного мелкозема, м	20-25	20-30	15-25	6-8	8-16	
Мощность водоносного пласта, м	50-100	10-20	15-50	10-13	15-26	
Коэффициент фильтрации покровного мелкозема, м/сутки	0,07-0,10	0,03-0,07	0,2-0,3	0,5-2,0	0,3-0,5	
Коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сутки	40-45	27-30	27-30	40-45	12,8-22,4	
Количество скважин, шт.	28	20	74	17	7	
Глубина скважин, м	65-80	40-60	50-70	20-45	23-34	
Диаметр скважин, мм	700-900	500	900-1000	500	500	
Диаметр фильтрового каркаса, мм	300	300	426	426	426	
Длина фильтра, м	25-40	10-17	20-36	6,9-11,3	7-13,3	
Скважность фильтра, %	18-20	25	14-17	15-20	15-20	
Мокроственный фильтр	г р а в и й н а я о б о р о т к а					
Дебит скважин, л/с	100-120	60-80	60-80	25-40	20-70	
Удельный дебит, л/с/м	10-15	5-8	5-8	4-6,6	2,3-4,9	
Радиус влияния, м	700-750	800-900	600-700	400-600	300-750	
Площадь, обслуживаемая одной скважиной, га	154	-	146	105	130	

Таблица 2

Основные проектные параметры вертикального дренажа на крупных орошаемых массивах

Показатель	(староорошаемая зона)										: Бухарский оазис	
	: Голодная степь	: Сардо-	: Баян-Утский	: Маассиз	: араль-	: Кироз-	: Каганский	: район	: район	: район	: район	: район
Площадь, тыс. га	68,4	33,7	51,8	59,0	96,5	10,2	31,8					
Количество скважин, шт	212	133	101	311	377	97	171					
Обслуживаемая площадь I скв., га	323	253	513	190	256	105	186					
Глубина скважин, м	60-80	50-70	60	50-80	50-60	22-25	25-40					
Дебит скважин, л/с	70-100	50-70	50-70	60-80	55-75	25-30	30-100					
Удельный дебит, л/с/м	5-12	3-5	3-5	4-6	3-6	4-6	4-8					
Дренажный модуль, л/с/га	0,187	0,20	0,19	0,21	0,21	0,25	0,16-0,25					
Темпы расселения, т/га в год	21,0	20	до 15	19-25	20-27	30-35	25-30					
Капитальные затраты, руб/га	160	233	-	345	380	275	314					
Продолжительность медлоративного периода, гг.	8-10	10-12	6-8	5-7	5-7	4-5	4-6					

Таблица 3

Перспективы применения вертикального дренажа
в Узбекистане

Область	Площадь, тыс. га			Площадь, нуждающаяся в дренаже			Число скважин в перспективе
	валовая	существующего орошения в 1972г.	перспективно к 1980г.	общая	в том числе вертикального дренажа	га %	
Андижанская	425,8	256,8	16,6	243,2	157,4	65,0	580
Ферганская	675,5	294,5	25,6	381,6	37,4	9,8	340
Наманганская	743,9	212,0	51,7	110,6	39,4	35,6	315
Ташкентская	1557,5	331,8	32,9	505,0	45,0	8,9	152
Сырдарьинская	2324,2	325,0	160,0	1113,0	756,0	67,8	2102
Самаркандская	2921,7	324,8	134,9	295,5	56,9	19,2	140
Бухарская	14435,0	242,5	48,9	399,9	252,2	63,0	728
Кашкадарьинская	2857,6	176,8	293,2	357,9	67,3	18,8	763
Хорезмская	455,2	157,8	39,3	142,5	-	-	-
Сурхандарьинская	2009,9	211,0	45,2	361,5	256,0	70,8	1765
Каракалпакская АССР	16709,1	221,8	158,8	761,2	92,6	12,2	155
Итого	45115,4	2754,8	1007,1	4671,9	1760,2	38,9	7040

Мелиоративная эффективность скважин вертикального
дренажа

Анализ экспериментальных и полевых исследований на опытно-производственных участках показывает высокую мелиоративную эффективность системы вертикального дренажа в различных почвенно-мелиоративных, гидрогеологических и ирригационно-хозяйственных условиях. Оценивалась эффективность дренажа по следующим показателям: дренажный модуль; скорость снижения уровня грунтовых и напорных вод;

районное понижение их уровня; темпы опреснения грунтовых вод и динамика минерализации дренажного стока; темпы рассоления почвогрунтов; динамика структуры и направленности водного и солевого режима почвогрунтов.

Так, если до ввода вертикального дренажа на участках с тяжёлыми почвенно-мелиоративными условиями и напорными подземными водами, о чем свидетельствуют данные табл. 4, дренажный модуль колебался от 0,01 – 0,05 до 0,07 – 0,13 л/с/га, то после ввода при дебитах скважин 70–100 л/с величина его достигла 0,10 – 0,37 л/с/га. Значительное увеличение дренажного модуля произошло и на участках с лёгкими почвенно-мелиоративными условиями (совхоз "Каган" и Кировский участок), и при относительно небольших дебитах (25–45 л/с) – с 0,05 – 0,10 до 0,08 – 0,30 л/с/га.

Весьма показательным явилось изменение скоростей понижения зеркала грунтовых вод в зависимости от литологического строения и гидрогеологических условий. Так, на участках Голодностепского аллювиального бассейна с более сложным литологическим строением, где покровная толща мелкоземов с довольно низкими коэффициентами фильтрации (0,07 – 0,10 м/сутки) достигает 15–30 м, скорость понижения зеркала грунтовых вод после пуска дренажа возросла от 0,005 – 0,012 до 0,02 – 0,04 м/сутки. На территории же двух последних участков (Бухарская и Ферганская области) этот показатель от 0,01 – 0,015 достиг 0,10 – 0,22 м/сутки. При этих условиях зеркало напорных вод, устанавливавшееся до пуска скважин в эксплуатацию на 0,04 – 0,4 м над грунтовыми, было понижено на 0,2 – 0,4 м, а на участке "Гулистан" – на 3,5 – 5,5 м.

На всех опытных участках вертикального дренажа в период его эксплуатации водный и солевой режим почвогрунтов складывался отрицательным (по типу рассоления). Благодаря откачки из системы скважин улучшилась дренированность земель – среднегодовой отток грунтовых вод из покровных мелкоземов, определённый по водному балансу, составил от 3–4 до 5–5,5 тыс. м³/га в год (табл. 5). Наиболее интенсивный вынос солей из покровной толщи суглинков наблюдается, когда отношение водоподачи к суммарному испарению составляет 1,1 – 1,5. Увеличение дренированности земель позволило регулировать режим грунтовых и подземных вод и тем самым создать условия для проведения необходимых промывных поливов для рассоления земель и осуществления промывного режима орошения.

ПОКАЗАТЕЛИ МЕЛИОРАТИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
(первая колонна - исходные данные, вторая - в

Показатель			
	:"Социализм"		
	1	2	3
Среднегодовая глубина уровня грунтовых вод, м	1,51	2,44	0,55
То же подземных вод, м	1,43	2,71	0,79
Подземный приток или отток грунтовых вод, м ³ /га	+1530	-1639-5730	-
Минерализация грунтовых вод, г/л	5-8	3-5	5-10
	10-20	5-10	10-15
То же подземных вод, г/л	1-3	1,6-3,3	2-4
Запасы солей в 0-3-вом слое, т/га	540	50-70	753
Засоленность, % к общей площади:			
незасоленные и слабозасоленные	27,5	37,3	-
среднезасоленные	9,8	12,7	-
сильнозасоленные	62,7	50,0	-
Скорость снижения уровня грунтовых вод, м/сутки	0,005-0,008	0,020-0,025	0,005-0,008
Дренажный модуль, л/с/га	0,05-0,07	0,10-0,37	0,05-0,07
Предлагаемые нормы промывок, тыс.м ³ /га (нетто)	3,5-10	18-24	-
Средне многолетняя урожайность хлопчатника, ц/га	17,9	23,5	-
Прирост урожайности, ц/га		5,6	-

ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА
период эксплуатации дренажа)

Таблица 4

Голодная степь			: Бухарский оазис		: Ферганская долина	
г. Гулистан :			"Пахтаарал" :		Каганский район :	
: 2			: 1		: 2	
: 2			: 1		: 2	
1,42	1,55	2,65	1,85	2,68	1,50	2,00
3,92	1,51	2,81	-	2,91	1,04	2,40
-1263-4297	+500-600	-1800-5390	-296-349	-1136-2291	-	+143-1539
6-7	4-5	2-5	2-5	1-3	2-10	2-12
	10-17	5-10	20-40	5-10	10-24	
3,1-4,9	2-5	2,2-6,0	1-3	3,5-8,5	1,5	1,5
-	210	17-35	265	30-35	208	25-55
-	67,9	95,9	31,2	95,4	78,7	64,0
-	10,6	4,1	65,1	4,6	11,3	36,0
-	21,5	-	3,7	-	10,0	-
0,010-0,020	0,007-0,012	0,03-0,04	0,01-0,015	0,10-0,22	0,013	0,15-0,18
0,15-0,17	0,01-0,02	0,10-0,20	0,05-0,10	0,08-0,21	0,13	0,10-0,30
-	2,0-2,5	4-6	1,5-1,8	4,0-7,5	1,5-2,0	3,5-5,0
-	25,5	29,6	12,3-12,7	18,5 20,9	14,4	19,6
-		4,1		6,2-8,2		5,2

Таблица 5

Результаты исследования солевого режима почвогрунтов

Совхоз	Год	Дренажно- затопленность, м ³ /га	Положение уровня грун- товых и напор- ных вод, м	Водопода- ча за веге- тацию, м ³ /га	Общая водопода- ча в год, м ³ /га	Суммарное испарение в год, м ³ /га	Вынос или накопление солей в год, т/га	Отноше- ние вы- носа к во- допода- че в по- времени
	1964	150	1,49	6000	9870	9785	4,1	1,0
	1965	1803	1,47 2,24 2,32	6300	10235	8486	-6,8	1,2
"Пахтаарал"	1966	3481	2,65 2,81	7500	10185	7170	-18,7	1,4
	1971	5366	2,94 3,01	8000	13387	8506	-15,37	1,5
	1973	5390	3,02 3,16	8150	12435	7551	-21,55	1,6
	1965	1639	1,98 2,43	7026	9902	7560	-3,8	0,93
"Социализм"	1966	3845	2,16 2,69	8435	12540	7710	-16,86	1,10
	1967	5001	2,35 2,72 2,46 2,80	10365	15580	8685	-16,40	1,2
	1968	4229	2,42 2,69	11254,2	17537,3	989,91	-17,86	1,14
	1969	5435	2,42 2,69	10760	18022	8907	-22,19	1,2
"Каган"	1961	2694	-	5510	12334	8149	-0,56	1,5
	1962	2167	3,25 3,26	2424	11557	6169	-7,15	1,9

Окончание табл. 5

I	2	3	4	5	6	7	8	9
	1969	5332	$\frac{2,61}{5,01}$	6967	11430	7823	-10,335	1,46
"Каган"	1970	5020	$\frac{2,36}{2,44}$	6589	12000	7650	-9,652	1,57
	1971	5970	$\frac{2,38}{2,60}$	5255	11011	8052	-7,232	1,38

Примечание: + — накопление солей, — — вынос солей.

СТЕПЕНЬ РАССОЛЕНИЯ ПОЧВОГРУНТОВ ПРИ ПРОМЫВКАХ
В % К ВЕСУ СУХОГО ГРУНТА (СРЕДНЕЕ ПО

Совхоз	Вариант опыта	: Про- : мыв- : ная : нор- : ма, : тыс. : м ³ /га:	: Слой : грун- : та, м	Плотный остаток		
				до	: после	разность
				промывки		
"Пахтаарал"	1965-1966 гг.	5,1	0-I	0,854	0,638	-0,216
			0-I,4	0,738	0,632	-0,106
	1965-1966 гг.	7,6	0-I	0,854	0,449	-0,405
			0-2	0,725	0,368	-0,357
0-2,5			0,708	0,534	-0,374	
"Бухара"	1970 г.	7,5	0-I	0,567	0,351	-0,216
			0-2	0,434	0,394	-0,040
			0-3	0,416	0,360	-0,056
	1971 г.	5,5	0-I	0,501	0,311	-0,190
			0-2	0,383	0,339	-0,044
			0-3	0,357	0,322	-0,035
"Социализм"	1966 г. промывка без культуры ос- воители	18,0	0-I	1,85	1,27	-0,58
			0-2	1,73	1,11	-0,62
			0-3	1,40	0,96	-0,44
	1967-1968 гг. промывка через куль- туру риса	44,5	0-I	2,31	1,30	-1,01
			0-2	1,92	1,35	-0,057
			0-3	1,61	1,25	-0,36
	1967 г. промывка на площадках		0-I	2,41	1,42	-0,99
			0-2	2,00	1,42	-0,58
			0-3	1,82	1,28	-0,54

НА ФОНЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА,
ОПЫТНЫМ УЧАСТКАМ)

Таблица 6

Хлор-ион			% засоления от ис-ходного		Затраты воды на и т солей,	
до	после	разность	по плотному остатку	по хлору-иону	по плотному остатку	по хлору-иону
промывки						
0,108	0,059	-0,049	25,3	45,3	136	500
0,084	0,061	-0,023	14,3	27,3		
0,086	0,028	-0,058	47,4	32,5		
0,071	0,030	-0,041	49,2	57,7	130	660
0,068	0,027	-0,043	52,8	63,2		
0,047	0,022	-0,025	38,1	11,7	234	2027,0
0,032	0,024	-0,008	9,2	25,6	636	3125,0
0,015	0,010	-0,005	13,4	7,5	301	3410,0
0,031	0,015	-0,016	30,7	49,5	196,0	2330,0
0,034	0,019	-0,015	11,4	51,0	422,0	1370,0
0,034	0,018	-0,016	9,7	54,4	355,0	777,0
0,167	0,043	-0,124	31,60	74,0	209,0	947,0
0,167	0,044	-0,123	36,00	74,00	576,0	973,0
0,146	0,046	-0,100	31,50	68,20	627,0	1365,0
0,273	0,034	-0,239	43,50	88,00	160	684
0,196	0,044	-0,152	29,50	77,20	286	1070
0,171	0,046	-0,125	22,50	74,00	455	1310
0,335	0,035	-0,300	41,20	90,00	210,00	700,00
0,266	0,037	-0,229	29,00	86,50	705,00	1015,00
0,215	0,045	-0,170	29,60	79,00	730,00	2083,00

В зависимости от сложности почвенно-мелиоративных условий нами были поставлены опыты по промывке земель различными нормами. В более лёгких условиях на Каганском и Пахтааральском участках при работе вертикального дренажа стало возможным подавать воду на промывку от 2,5 до 7,5 тыс. м³/га, и были получены хорошие результаты рассоления. На сильно-засоленных и гипсированных труднопроницаемых грунтах Шурузякского понижения на промывку подавали воду от 18 до 46 тыс. м³/га вместо предусмотренных проектом 10 тыс. м³/га.

В совхозе "Пахтаарад" на ключевых участках промывками и промывным режимом орошения были получены высокие показатели рассоления земель. Исходная картина засоления была такова: из 214 га ключевого участка 165 га были засолены от средних до солончаков, причём сильнозасоленных земель было 79 га.

В первые годы (1965-1966 гг.) промывки проводили нормой 6-8 тыс. м³/га, в последующие — 3,5-4,0 тыс. м³/га. При этом оросительные нормы хлопчатника не превышали 3,0-3,5 тыс. м³/га. Вынос солей составил 25,3-52,8% от исходного, или 60-70% подлежащего удалению (табл.6). Через два года были ликвидированы пятна сильно-засоленных земель и солончаков, а к 1969 г. на этом участке среднезасоленных земель осталось всего 33 га, все остальные земли (132 га) перешли в категорию незасоленных и слабо-засоленных.

Результаты промывок земель в Каганском районе Бухарской области показали, что нормой 5,5 - 7,5 тыс. м³/га за два года можно рассолить всю трёхметровую толщу почвогрунтов. В 1970 г. на одном из опытных участков промывной нормой воды в размере 2750 м³/га рассолением была охвачена 0,8-метровая толща. При повторной промывке почти такой же нормой в этот же год рассолена была вся 0-2-метровая толща, при этом вынесено было 56,4 т/га солей, или 81% от подлежащего удалению. В 1971 г. для полного рассоления трёхметровой толщи было подано 5,5 тыс. м³/га воды в два приёма.

Следует отметить, что при промывке скорость подъёма грунтовых вод составляла 0,03 - 0,27 м/сутки, а скорость сработки их при работе вертикального дренажа - 0,20 - 0,22 м/сутки. Последнее дало возможность, во-первых, подавать на промывку на 1,5 - 5,0 тыс. м³/га больше воды по сравнению с существующими и, во-вторых, своевременно их завершить до начала подготовки земель к посевной кампании.

Результаты исследований промывных поливов в Каганском районе на опытных чеках площадью в 15,4 га позволили дать производству конкретные рекомендации по нормам и срокам их проведения, а также дать номограмму, позволяющую достаточно оперативно определить необходимую промывную норму в зависимости от исходного засоления земель и требуемого порога их рассоления, который может быть установлен на основании анализа характеристик гидрологического года и ирригационно-хозяйственных условий объекта.

На опытном участке совхоза "Социализм" с целью ускорения темпов рассоления сильнозасоленных труднопроницаемых почвогрунтов и опреснения грунтовых вод были проведены опыты по промывкам грузными нормами на фоне вертикального дренажа:

- 1) промывка без культуры-освоителя на площади 14 га;
- 2) промывка засоленных земель посредством культуры освоителя (риса) на площади 297 га;
- 3) на трёх площадках (15х15 м каждая), расположенных на разном расстоянии от скважин вертикального дренажа.

На промывку использовали откачиваемую воду из скважин с общей минерализацией 1,5 - 1,6 г/л, в том числе хлор-иона - 0,3 - 0,4 г/л.

В первом варианте режим промывки прерывистый, водоподача осуществлялась из скважин вертикального дренажа без оброса воды по чекам.

Общая промывная норма по участку составила 18 тыс. м³/га (брутто), а по отдельным учётным чекам - 20-31 тыс. м³/га. Промывка нормой 18 тыс. м³/га (брутто) позволила опреснить трёхметровый слой почвогрунтов. Содержание солей в толще 0-1, 0-2 и 0-3 м снизилось по плотному остатку соответственно на 0,58; 0,62 и 0,44 %, в том числе по хлор-иону - на 0,124; 0,123 и 0,100% (табл. 6).

Минерализация грунтовых вод в начале промывки резко повышалась, что свидетельствовало об интенсивном выщелачивании водорастворимых солей зоны аэрации, а в конце она снижалась до 4-5 г/л (при исходном 10-12 г/л).

Чтобы ускорить процесс рассоления почвогрунтов, промывку следует совмещать с посевами культуры риса.

Из общей оросительной нормы 44,5 тыс. м³/га за период вегетации риса поверхностный сброс и суммарное испарение составили соответственно 19-20 и 11-12 тыс. м³/га, а инфильтрация промывных

ВОДНО-СОЛЕВОЙ БАЛАНС ПОЧВОГРУНТОВ ЗОНЫ

Показатель	№ чека, расстояние			
	№ 21, в 50 м			
	№ 28/III по 23/VI	№ 23/VI по 10/XII	за сезон	№ 24/III по 2/VI
В о д н ы й				
Водопадача	6000	9000	15000	6450
Осадки	525	363	888	522
В с е г о	6525	9363	15888	6972
Суммарное испарение и запасы влаги в зоне аэрации	2407	2532	4939	1643
Рассоляющий расход	4118	6831	10949	5329
С о л е в о й				
Приток солей с водоподачей	: минерализация, г/л 1,6 : соли т/га 9,5	1,6 14,4	1,6 24,0	1,6 10,3
Рассоляющий рас- ход	: минерализация, г/л 8,2 : соли, т/га 33,8	6,6 45,0	7,2 78,8	10,5 56,0
Изменение запасов солей, т/га	-24,3	-30,6	-54,8	-45,7
Количество воды, затраченное на вытеснение 1 т солей, м ³	170	223	200	119

Таблица 7

АЭРАЦИИ (ОПЫТ 1966 г.)

от скважины № 12 и период наблюдений

№ 76, в 257 м

:

№ 70, в 476 м :

с 2/УІ по	с 25/УІІІ по	за сезон	с 23/ІІІ по	с 21/УІІ по	за сезон
с 25/УІІІ	с 7/ХІІ	:	с 24/УІІ	с 2/ХІІ	:

б а л а н с, м³/га

14400	9350	30200	10070	9550	19620
106	325	953	525	428	953
14506	9675	31153	10595	9978	20573
6483	2946	11072	6094	3911	10005
8023	6729	20081	4501	6067	10568

б а л а н с, т/га

1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
23,0	15,0	48,3	16,0	15,3	31,3
8,0	6,5	8,2	12,0	6,5	8,8
64,0	43,7	164,7	54,0	39,3	93,3
-41,0	-28,0	-114,7	-38,0	-24,0	-62,0
195,0	240,0	175	118	252	170

вод через толщу покровного мелкозема в песчаный водоносный пласт — от 12 до 14 тыс. м³/га. Засоленность почвогрунтов в 0-1, 0-2 и 0-3-метровом слое снизилась по плотному остатку соответственно на 1,01; 0,57; 0,36 и по хлор-иону — 0,239; 0,152 и 0,125 %.

Общий вынос запасов водорастворимых солей из трёхметровой толщи составил 167 т/га, в том числе по хлор-иону — 56 т/га, т.е. удалено соответственно 22,5 и 79 % от исходных их запасов.

При этом опреснении охвачена не только зона аэрации, но и вся толща покровного мелкозема мощностью 17-20 м. Вынос солей за пределы покровных отложений в среднем по трём опорным точкам составил 302 т/га по плотному остатку, в том числе 66,2 т/га по хлор-иону.

Урожайность риса колебалась в пределах 25-28 ц/га, а по отдельным поливным участкам она достигла 50-53 ц/га.

При промывках на трёх площадках (вариант 3) нормой 31,2 тыс. м³/га содержание хлор-иона в толще почвогрунтов 0-1; 0-2 и 0-3 м снизилось соответственно на 0,300; 0,229 и 0,170 %.

Общий вынос водорастворимых солей из трёхметровой толщи по трём площадкам составил 26,5, а по хлор-иону — 68,7 % против исходного их запаса.

Расчёты водного баланса на трёх учётных чеках, где проводились опытные промывки различными нормами, показывают, что суммарный расход воды колебался от 10568 до 20081 м³/га и составил 51-69 % от суммарной водоподачи (табл. 7). Остальная часть воды расходовалась на испарение и питание влагой почвогрунтов. Такая достаточно большая величина инфильтрации подаваемой на промывку воды позволила, как показывают расчёты солевого баланса, вымыть соли в более глубокие слои в количестве от 55 до 114 т/га.

Как в этом случае, так и в случае промывок земель через культуру риса, результаты водно-солевого баланса согласуются с результатами исследований солевого режима почвогрунтов (табл. 6, 7 и 8). Из этих данных видно, что 55% подаваемой на рисовое поле воды было отведено за пределы его по сбросу и составило 25,5 тыс. м³/га, а подземный отток составил 13,6 тыс. м³/га, или 30% от общей водоподачи. Всё это вместе взятое позволило в 1968 г. вынести соли с промываемого поля 101 т/га по плотному остатку и 8 т/га по хлор-иону. Иными словами, в данном случае, мы имеем солевой баланс, сложенный по типу необратимого рассоления. Однако эффективность промывок через культуру риса была бы ещё выше при условии сокращения поверхностного сброса от 25,5 тыс. м³/га до 13-15 тыс. м³/га.

Таблица 8

Водно-солевой баланс толщи покровного мелкозема при
промывке через культуру риса (с I.У. по 30.IX 1968 г.)

Показатель	
I	2
Водный баланс, м ³ /га	

Водоподача	46000
Атмосферные осадки	28
Итого	46028
Отвод по сбросу	25500
Суммарное испарение	8129
Итого	33629
Подземный отток	13600

Солевой баланс га

Приток солей с оросительной водой:	
по плотному остатку	25,9
по хлор-иону	3,10
Откачиваемая вода из скважины вертикального дренажа:	
по плотному остатку	38,0
по хлор-иону	7,7
Итого	
по плотному остатку	63,9
по хлор-иону	10,8
Отвод по сбросу:	
по плотному остатку	82,38
по хлор-иону	11,20
Подземный отток:	
по плотному остатку	82,38
по хлор-иону	7,62
Итого	

Окончание табл. 8

I	2
по плотному остатку	164,76
по хлор-иону	18,82
Равность оолей	
по плотному остатку	100,86
по хлор-иону	8,02

Сравнение технико-экономических показателей различных технологических схем освоения засоленных земель на опытном участке совхоза "Социализм" показало, что:

а) при проведении промывок нормой $10,2 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$ (вариант I) с последующим промывным и вегетационным орошением соответственно нормами 3-4 и 5-6 $\text{тыс. м}^3/\text{га}$ для устойчивого рассоления почвы и выравнивания её плодородия потребовалось 6 лет;

б) при капитальных промывках в течение двух лет (вариант II) нормой 18 и 25 $\text{тыс. м}^3/\text{га}$ срок рассоления земель составил 4 года;

в) при промывке засоленных почв через культуру риса (вариант III) нормой 46 $\text{тыс. м}^3/\text{га}$, с последующим оевом хлопчатника, срок рассоления земель равен 3 годам.

Расчёты показали, что из трёх технологических схем освоения земель наиболее эффективной является третья по следующим признакам: по выходу на равноэффективное плодородие (за 3 года вместо 6 и 4 лет по первым двум схемам), т.е. сокращению сроков рассоления земель; по минимуму проведённых затрат.

Следует заметить, что III вариант характеризуется излишним объёмом водоподачи, приведшим к поверхностному сбросу воды до 30-40 %. Учитывая это, при водоподаче в 30-35 $\text{тыс. м}^3/\text{га}$ этот вариант будет ещё более эффективным.

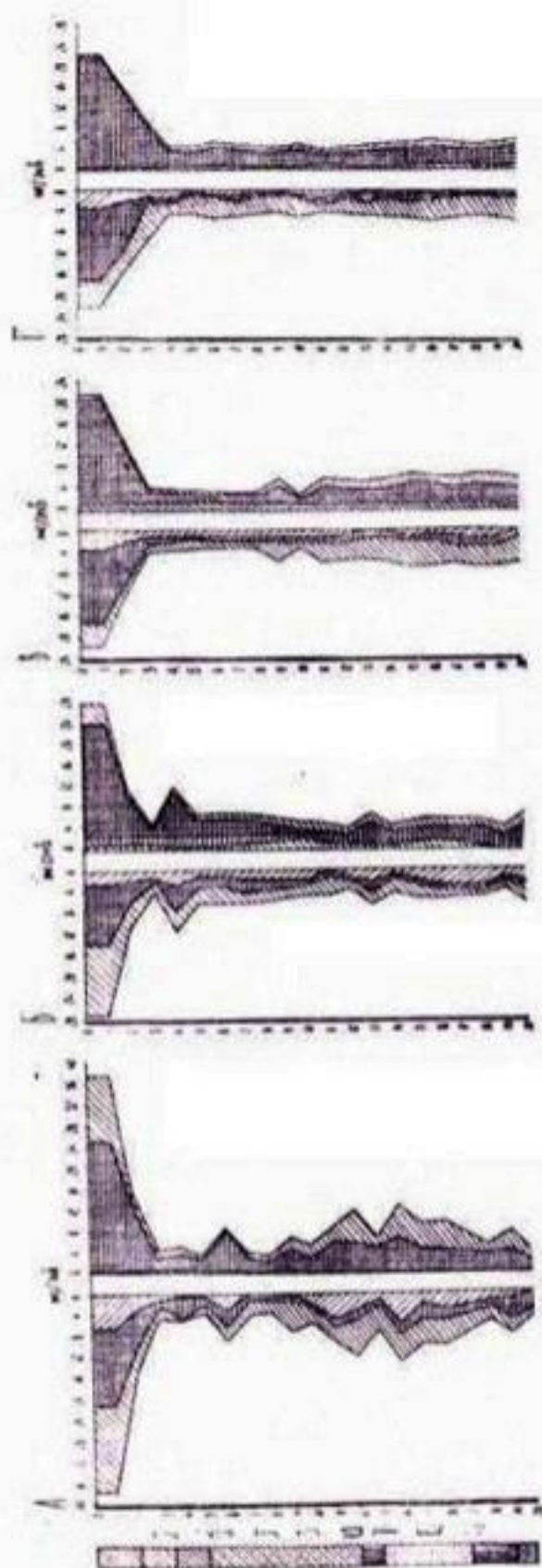
На основании вышеприведённых материалов по совхозу "Социализм" даны рекомендации производству по нормам и орокам промывок и технологическим схемам освоения сильнозасоленных гипсированных земель; разработаны номограммы по определению норм промывок для почвогрунтов хлоридно-сульфатного типа засоления с высоким содержанием гипса.

Темпы рассоления почвогрунтов, в зависимости от исходного засоления, солеотдачи грунтов, водоподачи, работы системы дренажа и уровня агротехники были различными на этих участках, повсюду достаточно высокими и составили от 15-20 до 35-40 т/га в год. Изменения произошли и в составе солей, резко снизилась их токсичность. Данные показывают, что за период с 1961 г. по 1973 г. по совхозу "Пахтаарал" в сравнении с исходными данными до пуска скважин в эксплуатацию из толщи покровных суглинков вынос солей составил 308,4 т/га, по совхозу "Социализм" за 1963-1974 гг. — 571,5 т/га (рис.2), а по совхозу "Бухара" за 1968-1971 гг. — 123,4 т/га (табл.9).

Таблица 9

Запасы солей в покровных отложениях на опытных участках вертикального дренажа, т/га

Совхоз	Глубина, м	Плотный остаток 1961г.	Плотный остаток 1973г.	Вынос	Хлор-ион 1961г.	Хлор-ион 1973г.	Вынос
"Пахтаарал"	0-1	121,1	62,95	-58,15	12,26	1,9	-10,36
	0-3	74,86	45,83	-29,03	84,70	2,20	-82,50
	0-2	859,3	550,9	-308,4	95,49	52,44	-43,05
		1963г.	1974г.		1963г.	1974г.	
"Социализм"	0-1	304,5	172,8	-131,7	24,0	2,55	-21,45
	0-3	523,6	469,7	-53,9	76,7	7,58	-69,12
	0-2	1707,2	1135,7	-571,5	169,8	55,38	-114,42
		1968г.	1971г.		1968г.	1974г.	
"Бухара" Каганский район	0-1	69,70	28,99	-40,71	2,67	1,65	-1,02
	1-2	70,50	22,42	-48,08	2,33	1,29	-1,04
	2-3	51,70	15,83	-35,87	2,04	0,54	-1,50
	0-3	190,70	67,24	-123,46	7,04	3,48	-3,56



1942
 1943
 1944
 1945
 1946
 1947
 1948
 1949
 1950
 1951
 1952
 1953
 1954
 1955
 1956
 1957
 1958
 1959
 1960
 1961
 1962
 1963
 1964
 1965
 1966
 1967
 1968
 1969
 1970
 1971
 1972
 1973
 1974
 1975
 1976
 1977
 1978
 1979
 1980
 1981
 1982
 1983
 1984
 1985
 1986
 1987
 1988
 1989
 1990
 1991
 1992
 1993
 1994
 1995
 1996
 1997
 1998
 1999
 2000
 2001
 2002
 2003
 2004
 2005
 2006
 2007
 2008
 2009
 2010
 2011
 2012
 2013
 2014
 2015
 2016
 2017
 2018
 2019
 2020
 2021
 2022
 2023
 2024
 2025
 2026
 2027
 2028
 2029
 2030
 2031
 2032
 2033
 2034
 2035
 2036
 2037
 2038
 2039
 2040
 2041
 2042
 2043
 2044
 2045
 2046
 2047
 2048
 2049
 2050
 2051
 2052
 2053
 2054
 2055
 2056
 2057
 2058
 2059
 2060
 2061
 2062
 2063
 2064
 2065
 2066
 2067
 2068
 2069
 2070
 2071
 2072
 2073
 2074
 2075
 2076
 2077
 2078
 2079
 2080
 2081
 2082
 2083
 2084
 2085
 2086
 2087
 2088
 2089
 2090
 2091
 2092
 2093
 2094
 2095
 2096
 2097
 2098
 2099
 2100
 2101
 2102
 2103
 2104
 2105
 2106
 2107
 2108
 2109
 2110
 2111
 2112
 2113
 2114
 2115
 2116
 2117
 2118
 2119
 2120
 2121
 2122
 2123
 2124
 2125
 2126
 2127
 2128
 2129
 2130
 2131
 2132
 2133
 2134
 2135
 2136
 2137
 2138
 2139
 2140
 2141
 2142
 2143
 2144
 2145
 2146
 2147
 2148
 2149
 2150
 2151
 2152
 2153
 2154
 2155
 2156
 2157
 2158
 2159
 2160
 2161
 2162
 2163
 2164
 2165
 2166
 2167
 2168
 2169
 2170
 2171
 2172
 2173
 2174
 2175
 2176
 2177
 2178
 2179
 2180
 2181
 2182
 2183
 2184
 2185
 2186
 2187
 2188
 2189
 2190
 2191
 2192
 2193
 2194
 2195
 2196
 2197
 2198
 2199
 2200
 2201
 2202
 2203
 2204
 2205
 2206
 2207
 2208
 2209
 2210
 2211
 2212
 2213
 2214
 2215
 2216
 2217
 2218
 2219
 2220
 2221
 2222
 2223
 2224
 2225
 2226
 2227
 2228
 2229
 2230
 2231
 2232
 2233
 2234
 2235
 2236
 2237
 2238
 2239
 2240
 2241
 2242
 2243
 2244
 2245
 2246
 2247
 2248
 2249
 2250
 2251
 2252
 2253
 2254
 2255
 2256
 2257
 2258
 2259
 2260
 2261
 2262
 2263
 2264
 2265
 2266
 2267
 2268
 2269
 2270
 2271
 2272
 2273
 2274
 2275
 2276
 2277
 2278
 2279
 2280
 2281
 2282
 2283
 2284
 2285
 2286
 2287
 2288
 2289
 2290
 2291
 2292
 2293
 2294
 2295
 2296
 2297
 2298
 2299
 2300
 2301
 2302
 2303
 2304
 2305
 2306
 2307
 2308
 2309
 2310
 2311
 2312
 2313
 2314
 2315
 2316
 2317
 2318
 2319
 2320
 2321
 2322
 2323
 2324
 2325
 2326
 2327
 2328
 2329
 2330
 2331
 2332
 2333
 2334
 2335
 2336
 2337
 2338
 2339
 2340
 2341
 2342
 2343
 2344
 2345
 2346
 2347
 2348
 2349
 2350
 2351
 2352
 2353
 2354
 2355
 2356
 2357
 2358
 2359
 2360
 2361
 2362
 2363
 2364
 2365
 2366
 2367
 2368
 2369
 2370
 2371
 2372
 2373
 2374
 2375
 2376
 2377
 2378
 2379
 2380
 2381
 2382
 2383
 2384
 2385
 2386
 2387
 2388
 2389
 2390
 2391
 2392
 2393
 2394
 2395
 2396

1. 0.05% - 0.10%
2. 0.10% - 0.15%
3. 0.15% - 0.20%
4. 0.20% - 0.25%

Ярким свидетельством резкого улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель после шестилетней эксплуатации скважин вертикального дренажа в совхозе "Пахтаарал" могут служить данные таблицы 10.

Исследованиями САНИИРИ установлено, что на всей территории этого совхоза полностью ликвидирована пятнистость засоления почв, выравнен мелиоративный фон, благодаря чему повысилась урожайность сельскохозяйственных культур, а также выявлено, что здесь мелиоративный период закончился и поэтому необходимо систему скважин перевести на режим работы эксплуатационного периода. Последнее позволит получить значительный экономический эффект за счёт сокращения эксплуатационных затрат вертикального дренажа и уменьшения водоотбора и водоподачи воды на проведение промывных поливов.

Таблица 10

Засоленность в метровом слое почвы совхоза "Пахтаарал"

Степень засоления	1959 г.		1972 г.		Изменение	
	площадь,	%	площадь,	%	от исходного	
	га		га		га	%
Незасоленные	7938	66,5	12760	93,75	+4822	27,25
Слабозасоленные	1396	11,7	290,2	2,13	-1105,8	-79,2
Среднезасоленные	860,1	7,2	558	4,12	-302,1	-35,0
Сильнозасоленные	1747,2	14,6	-	-	-1747,2	-100
В с е г о	11941,3	100	13608,2	100		

По совхозу "Социализм" незасоленных и слабозасоленных земель стало больше на 585 га, а всего—1502 га, резко уменьшились сильнозасоленные (917 га), а солончаки полностью перешли в категорию средне- и сильнозасоленных. По Катанской системе незасоленные и слабозасоленные земли увеличились в два раза, одновременно уменьшились площади среднезасоленных земель — в 2-3 раза.

Не менее убедительным является прирост посевных площадей за счёт освоения сильнозасоленных и гипсированных земель в совхозе "Социализм" после ввода системы вертикального дренажа. Так, если за период с 1960 по 1963 г. общая посевная площадь участка увеличилась на 286 га по отношению к 1960 г., то за период с 1964 по 1973 г.

она увеличилась на 1152 га, достигнув при этом 2015 га против 803 га в 1963 г. В результате улучшения мелиоративного состояния земель, путём рассоления почвогрунтов, опреснения грунтовых вод и поддержания их на заданных глубинах, на опытнопроизводственных участках заметно увеличилась урожайность хлопчатника. По многолетним данным, прирост урожайности хлопчатника после ввода вертикального дренажа составил для разных участков от 4,1 до 8,2 ц/га (табл. II).

Технико-экономическая эффективность вертикального дренажа

Капитальные затраты на строительство скважин вертикального дренажа в УзССР составляют от 200-300 до 600-700 руб/га всей площади. Сюда входят затраты на бурение скважин, гидромеханическое оборудование их, строительство или реконструкцию существующих линий электропередач и трансформаторных подстанций, строительство отводящих облицованных каналов и сопрягающих с водоприёмником сооружений, строительство подъездных дорог, мостов и перевозов, на планировку земель и др.

Эксплуатационные затраты с учётом амортизационных отчислений составляют 50-70 руб/га. По данным Голодноостепской УМС, за 1968-1972 гг. прямые эксплуатационные затраты составили около 14-20 руб/га. Эти затраты распределяются следующим образом: на ремонт гидромеханического и силового оборудования - 36%, на электроэнергию - 30%, на содержание обслуживающего персонала и на остальные статьи расхода - по 17%.

За эти годы введено в эксплуатацию и функционирует на территории Узбекистана и северо-западной части Голодной степи Казахстана более тысячи скважин вертикального дренажа, которые создают оптимальные условия для рассоления.

Если принять средний прирост урожайности от внедрения вертикального дренажа в размере 3,6 ц/га и учесть увеличение КЗИ за счёт потерь отчуждения под открытой коллекторно-дренажной сетью в пределах 8%, то годовой экономический эффект составит 224-358 руб/га орошаемой площади (без учёта экономии, получаемой от использования откачиваемой воды на орошение).

Следовательно, при среднем экономическом эффекте в 250 руб/га годовой экономический эффект от внедрения вертикального дренажа в настоящее время в республике составляет 40 млн. руб. В перспективе, когда вертикальный дренаж будет внедрён на площади 17 млн. га, годовой экономический эффект составит 400-425 млн. руб.

Г.В.Еременко, А.Усманов, М.С.Меришенский, Г.Е.Батурин,
В.Д.Лазаридис, САНИИРИ

МЕЛИОРАТИВНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В УЗБЕКИСТАНЕ

В Узбекистане, впервые в отечественной практике, положено начало широкому применению закрытого горизонтального дренажа на орошаемых землях, подверженных засолению. Здесь на землях новой зоны Голодной степи построен самый крупный массив орошения, оснащенный горизонтальным закрытым дренажем на площади более 200 тыс.га.

Усилиями научных, проектных и производственных организаций решены вопросы проектирования, технологии строительства и эксплуатации закрытого горизонтального дренажа. Созданы механизмы для его строительства в условиях сухих и переувлажненных грунтов, машины для промывки дренажа. Опыт эксплуатации подтвердил преимущества этого метода дренирования земель: повышение коэффициента земельного использования, сокращение эксплуатационных затрат, обеспечение оптимального мелиоративного режима, возможность регулирования водно-воздушного режима почвогрунтов.

Однако внедряется система горизонтального закрытого дренажа в республике только на крупных массивах нового освоения (новая зона освоения Голодной степи, Шерабадская и Каршинская степи), а на староорошаемых землях мелиорация ведется на основе коллекторов и дрен открытого типа, имеющих много недостатков. Примером может служить Ферганская область, где еще в 1965 г. для части территории (западная) была разработана схема с укрупненными технико-экономическими показателями по совершенствованию существующих типов дренажа. Определены области целесообразного внедрения вертикального дренажа. Аналогичные разработки имеются для всей территории республики, но в течение многих лет развитие дренажа идет в основном по линии загущения открытой сети.

Борьба с засолением земель в УзССР осуществляется в основном с помощью промывок на фоне открытого горизонтального дренажа. В настоящее время в республике построено 60 тыс.км дренажной сети, в том числе около 16 тыс.км межхозяйственных коллекторов. За последние 5 лет выполнен значительный объем работ по улучшению мелиоративного состояния земель, реконструкции и развитию дренажных систем.

Удельная протяжённость коллекторно-дренажной сети к 1973 г. возросла до 20 м/га, что в значительной степени повлияло на увеличение урожайности сельскохозяйственных культур и главное — валового сбора хлопка.

Однако существующая коллекторная сеть открытого типа требует периодической очистки от заиливания, оплывания и зарастания. Дренажная сеть в подавляющем большинстве также открытая и лишь в целинной зоне Голодной, Каршинской степей и в Сурхандарьинской области имеются системы с закрытым горизонтальным дренажем на площади 270 тыс.га. С ростом протяжённости открытого дренажа увеличиваются и объёмы очистных работ. Так, объём очистки только межхозяйственных коллекторов с 1967 г. возрос от 25 до 35 млн.м³ в год. Кроме того, при очистке внутрихозяйственной коллекторно-дренажной сети в колхозах и совхозах удаляется свыше 20 млн.м³ грунта. Объём очистных работ за последние 20 лет увеличился более чем в 3,5 раза.

Несмотря на то, что в настоящее время очистка межхозяйственной сети полностью механизирована, она отвлекает огромные людские и материальные ресурсы. Ежегодная стоимость эксплуатации ирригационных систем, включая очистку и ремонт, составляет около 50 млн.руб., не считая затрат колхозов и совхозов на обслуживание внутрихозяйственной сети. На поддержание дренажных сооружений в удовлетворительном техническом состоянии затраты составляют свыше 18 млн.руб., а удельная стоимость на эксплуатацию дренажных систем возросла за последние 20 лет вдвое — с 4 до 8 руб/га.

Наибольшим недостатком открытой сети является то, что под неё отчуждаются значительные площади уже освоенных культурных земель (на сегодняшний день 150 тыс.га). Особенно явно этот недостаток проявляется сейчас в тех областях республики, где в основном земельные запасы целинных территорий исчерпаны и дальнейшее расширение посевных площадей и подъём культуры земледелия связаны с переустройством существующего дренажа на более совершенные его типы. В первую очередь это Ферганская, Андижанская, Наманганская, Бухарская, Хорезмская области и ряд других районов республики, где имеются значительный резерв людских ресурсов и материально-технических средств. Следует внедрить в практику проектирования мелиоративных мероприятий на всех объектах нового освоения и мелиоративного улучшения староорошаемых территорий закладку в проекты и строительство только совершенных типов дренажа — закрытого, горизонтального и

вертикального. Причём реконструкция и перевод существующей дренажной сети на совершенные типы должны осуществляться в тесной увязке с оросительной сетью. Закрытый горизонтальный дренаж позволяет более производительнее использовать сельскохозяйственную технику, ограничивает или совершенно лишает "возможность" оброса оросительной воды, повышает коэффициент земельного использования, т.е. вскрывает более рациональные возможности использования водных и земельных ресурсов и совершенствования сельскохозяйственного производства.

До последнего десятилетия широкое производственное внедрение закрытого горизонтального дренажа сдерживалось в основном тремя главными причинами: слабой разработкой теоретических основ совершенных методов дренирования; недостаточной изученностью гидрогеологических и почвенно-мелиоративных условий орошаемых оазисов, технической возможности и экономической целесообразности применения современных типов дренажа; неподготовленностью материально-технической базы. За последние годы положение существенно изменилось: накоплены богатые материалы, характеризующие гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия республики, разработаны принципы проектирования и применения закрытого горизонтального дренажа, в определённой мере отработана технология строительства, получены положительные результаты в эксплуатации и создана материально-техническая база для широкого строительства совершенных систем дренирования.

Исследования САННИИРи, Узгипроводхоза, Средаггипроводхоза и ряда других институтов на опытно-производственных участках, расположенных в различных зонах, позволили подтвердить основные теоретические положения, уточнить параметры проектирования и расчёта закрытого горизонтального дренажа, обосновать его экономическую целесообразность внедрения на определённых территориях республики.

Приведём результаты многолетних исследований САННИИРи на опытно-производственных участках закрытого горизонтального дренажа, расположенных в зонах нового орошения Голодной степи (совхоз им. Г.Титова), дельты Аму-Дарьи (совхоз "Правда" Янгйерикского района Хорезмской области) и Центральной Ферганы (совхоз "Большевик" Алтыерикского района Ферганской области). Первые два опытные участка дренажа расположены в зоне, где естественный отток грунтовых вод очень слабо выражен или отсутствует, а третья — в условиях папорного питания. На этих землях оплодотворение почвогрунтов и грунтовых вод может быть достигнуто только интенсификацией водообмена с

помощью искусственного дренажа с обязательным проведением комплекса агротехнических мероприятий (планировка, промывка, промывной режим орошения и т.д.).

Территория совхоза № 6 (11912 га) – первый крупный объект в новой зоне орошения Голодной степи, где комплекс мелиоративных мероприятий оказал благоприятное влияние. По своим гидрогеологическим и почвенно-мелиоративным условиям он является типичным для большей части территории Голодной степи. Исходя из разнообразия исходной (до орошения) обстановки, территория совхоза была разделена на три зоны (южная – 2982 га, центральная – 5006 и северная – 3924 га) и выделены три опытно-производственных участка площадью в 60, 150 и 200 га. Участки, расположенные соответственно в 0,5, 5–6 и 14–17 км от Южного Голодостепного канала, имели глубину залегания грунтовых вод 3–5, 8–10 и 15–20 м с минерализацией 20–30 г/л и более. Почвогрунты характеризовались глубокосолончаковым типом засоления, верхняя метровая толща которых почти не была засолена (плотный остаток – 0,093–0,36% от веса сухой почвы, в т.ч. хлор-иона – 0,007–0,009%), а нижняя 20-метровая – довольно значительно (более 2,5–3,0 тыс. г/га).

Начавшееся в 1961 г. орошение земель совхоза вызвало катастрофический подъём уровня грунтовых вод и в связи с этим перераспределение водорастворимых солей из нижних горизонтов грунтов в верхние. К 1964–1965 гг. грунтовые воды поднялись до 0–2,0 м на площади 2650 га (22,2%) и 2,0–3,0 м – 4804 га (40,3%), т.е. 62,5% от всей площади совхоза имели гидроморфный режим почвообразования и были потенциально подвержены вторичному засолению. В среднем по совхозу в верхнем метровом слое почвогрунтов содержание хлор-иона достигло 0,067–0,095%. В результате около 2500 га вышло из сельскохозяйственного оборота, а урожайность хлопчатника понизилась на 3–5 ц/га и составила 18–19 ц/га.

Для предупреждения дальнейшего ухудшения и оздоровления орошаемых земель совхоза в 1967–1971 гг. большое внимание было уделено дренированности глубоким (2,8–3,5 м) закрытым горизонтальным дренажем, что позволило довести удельную протяжённость коллекторно-дренажной сети до 100 м/га в I зоне, 70 м/га – во II зоне и 45 м/га – в III зоне при средней протяжённости по совхозу 73 м/га, или 98% проектной мощности. Кроме того, осуществлялись и другие инженерные мелиорации: планировка, временный дренаж, эксплуатационные и капитальные промывки и промывной режим орошения.

В результате активизировался отток сильноминерализованных грунтовых вод, что обеспечило хорошие условия для коренного рассоления почвогрунтов и опреснения грунтовых вод. Так, при обычном режиме орошения хлопчатника годовой дренажный сток увеличился на 500–800 м³/га и достиг 1900–2200 м³/га. При капитальных промывках нормой 30–35 тыс. м³/га (нетто) он составлял 9–12 тыс. м³/га. Площади с метровой глубиной грунтовых вод исчезли, а с двухметровой составили всего 400 га (3,3%) и то сосредоточены они на территории, где протяжённость дренажа ниже проектной и находится он в неудовлетворительном состоянии. Благодаря искусственной дренированности, средняя скорость снижения уровня грунтовых вод после прекращения водоподачи составляет 5–7 см в сутки, что в 2–3 раза больше, чем на недостаточно дренированных территориях. Это обеспечивает оптимальный режим грунтовых вод и создаёт условия для поддержания благоприятного водно-солевого баланса. На недостаточно дренированных участках уровни грунтовых вод не успевают сбавляться до проектной нормы осушения (2,4–2,6 м) и устанавливаются на глубинах 1,3–1,8 м, что способствует реотаврации засоленности почвогрунтов.

Под влиянием промывок и орошения на фоне закрытого горизонтального дренажа произошли существенные изменения и в минерализации грунтовых вод (табл. I).

Таблица I

Минерализация грунтовых вод под влиянием
орошения и дренажа

Степень минерализации	Плотный остаток, г/л	1958–1960 г.г. (до освоения)		1961–1966 г.г.		1967–1972 г.г.	
		га	%	га	%	га	%
Слабая	< 5	—	—	—	—	709	6,0
Средняя	5–10	—	—	2180	18,3	5789	48,4
Сильная	10–25	3750	31,4	5089	42,7	3485	29,2
Очень сильная	25–50	8162	68,6	4383	36,7	1850	15,7
Раесолю	> 50	—	—	260	2,3	79	0,7
И т о г о	—	11912	100	11912	100	11912	100
Удельная протяжённость дренажа, м/га		0,0		6,1 – 35,8		35,8 – 73	
% от проектной протяжённости		0,0		8 – 47		47 – 99	

В 1967-1972 гг. верхние слои грунтовых вод значительно опреснились; площади с сильной и очень сильной минерализацией уменьшились на 4318 га, появилось 709 га со слабоминерализованными грунтовыми водами.

В процессе снижения минерализации грунтовых вод произошло и уменьшение минерализации дренажного стока. Если в 1963 г. среднегодовая минерализация дренажного стока в целом по совхозу составляла 20,4 г/л, то к 1972 г. она уменьшилась в два раза и на участке П - с 26-30 до 5-12 г/л.

Вместе с дренажными водами выносятся и большое количество водорастворимых солей. Так, на первом опытно-производственном участке годовой вынос солей колебался в пределах 30-51,4 т/га, на втором и третьем - соответственно 15-30 и 10-18 т/га, по совхозу - 15-26 т/га. Динамика водорастворимых солей верхнего метрового слоя почвогрунтов находится в тесной зависимости от степени дренажности и режима орошения возделываемых культур. Под влиянием промывного режима орошения с оросительной нормой 5,5-6,5 тыс. м³/га и профилактических промывок раз в три года нормой (нетто) 2,5-3,5 тыс. м³/га к 1972 г. площади незасоленных и слабозасоленных земель составили 8,97 тыс. га, а сильнозасоленных и солончаков осталось всего 0,31 тыс. га (табл. 2).

Установлено, что водный и солевой балансы складываются благоприятно, если дренажный сток составляет в среднем 25-35% от водоподачи при средневегетационном дренажном модуле 0,2-0,25 л/с/га. В результате проведения комплекса мелиоративных мероприятий урожайность хлопчатника в совхозе повысилась с 8-10 до 26-32 ц/га, а валовой сбор доведён до 18-20 тыс. т.

Строительство закрытой дренажной сети в совхозе позволило резко повысить культуру водопользования. Водозабор в точке выдела хозяйства уменьшился на 2,0-2,5 тыс. м³/га по сравнению со староорошаемыми землями Голодной степи, дренированными несовершенными системами открытого горизонтального дренажа. Здесь сброс оросительной воды в коллекторно-дренажную сеть составляет 20-30% от головного водозабора, в то время как в новой зоне орошения он практически отсутствует.

Таблица 2

Площади с различной степенью засоления метровой толщи почвогрунтов под влиянием орошения в процессе развития закрытого дренажа

Степень засоления и показатель роста протяжённости КДС	1960 г.		1964 г.		1972 г.	
	:(до начала ос- воения)					
	га	%	га	%	га	%
Незасоленные	10872	91,5	1038	8,7	404	3,4
Слабозасоленные	1040	8,5	3549	29,4	8573	72,4
Среднезасоленные	-	-	4675	39,3	2625	22,0
Сильнозасоленные	-	-	2650	22,6	310	2,6
В целом по совхозу	11912	100,0	11912	100,0	11912	100,0
Средняя протяжён- ность КДС, м/га	-	-	43,5		72-75	
% от проектной протяжённости	-	-	58,0		98,0	

В Ферганской области изучение работы закрытого горизонтального дренажа и выявление его мелиоративной эффективности проводятся с 1959 г. в колхозе "Большевик" Алтынарского района на опытно-производственном участке площадью 350 га, который по климатическим, геолого-литологическим, геоморфологическим и почвенно-мелиоративным условиям типичен для значительной части территории области.

Для суглинистых почвогрунтов участка различного механического состава характерно наличие на глубине 0,7-1,2 м гипсированных прослоев (шохи, арзники), которые обладают пониженной водопроницаемостью, что замедляет процесс опреснения верхних горизонтов почвогрунтов и снижает эффективность промывных поливов. До строительства закрытого горизонтального дренажа почвогрунты участка с коэффициентом фильтрации 0,2-2,0 м в сутки характеризовались как заболоченные и сильнозасоленные. Запасы солей в верхнем метровом слое почвы составляли 2,5-3,0%, местами - до 5% от веса сухой почвы, в т.ч. хлор-иона - 0,03-0,08%. Грунтовые воды на орошаемых землях залегали на глубине 1,2-1,6 м (плотный остаток 7-9 г/л), на неорошаемых - 2,5-3,0 м (плотный остаток 20-22 г/л). Тип засоления почвогрунтов и грунтовых вод - сульфатный.

Многоярусность водных горизонтов, верхние из которых залегают на глубине 2,5-9,0 м, гравийно-песчаные - на 1,7-42 м, а также наличие на участке двух артезианских скважин с фильтрами на

глубине соответственно 198-204 м и 228-242 м, с дебитом 10,8 и 4,4 л/сек и статическим уровнем 5,0-5,5 и свидетельствуют о наличии восходящих токов из напорных горизонтов. Коэффициент земельного использования опытного участка составлял 0,2-0,3, а урожайность хлопчатника составляла 8-10 ц/га. На территории участка был построен горизонтальный дренаж протяжённостью 36,5 м/га, в том числе закрытый - 24,2 м/га. Междренние расстояния колеблются в пределах 238-400 м, глубина заложения дрен 2,8-3,2 м.

Многолетний опыт эксплуатации дренажа выявил, что при оро-
сительных нормах 5-7 тыс. м³/га и эксплуатационных промывках кор-
мой 3-6 тыс. м³/га дренажный модуль изменяется от 0,08 л/с/га
осенью до 0,79 л/с/га в разгар промывок. Среднегодовой дренаж-
ный модуль изменяется от 0,18 до 0,33 л/с/га, что составляет
25-35% от величины водоподачи на опытный участок. Наблюдения за
режимом уровня грунтовых вод выявили его тесную зависимость от
параметрами дренажа. Так, среднегодовой уровень грунтовых вод
в середине междреней шириной 230-250 м поддерживается на глу-
бине 2,1-2,5 м, а 340-360 м - на глубине 1,7-1,9 м. Наибольшая
урожайность хлопчатника (25-27 ц/га и более) достигается на по-
лях, расположенных в междренях шириной 238-250 м. В этих же
междренях получены наилучшие результаты по рассоленiu почв.
Отсюда следует, что оптимальные междренние расстояния находят-
ся в пределах 230-250 м.

За 12 лет эксплуатации закрытого горизонтального дрена-
жа на фоне орошения минерализация верхнего слоя грунтовых вод
снизилась с 9,02 до 5,8 г/л, а минерализация дренажного стока
понижилась с 5,62 до 3,88 г/л. Средняя скорость снижения грун-
товых вод составляет 1,5-3,5 см в сутки, а продолжительность
их понижения после окончания промывных поливов равна 40-60
суткам, что позволяет в оптимальные сроки провести предполив-
ную обработку земель. Почвогрунты опытного участка повсеместно
опреснились до норм, безвредных для хлопчатника. Хлор-ион вымыл-
ся по всему трёхметровому профилю равномерно до 0,005-0,008%
от веса сухого грунта. Содержание воднорастворимых солей по
плотному остатку уменьшилось в метровом слое с 2,36 до 1,37%,
в слое 1-2 м - с 2,64 до 1,92%, а в слое 2-3 м - с 1,46 до
0,68%.

В трёхметровом слое содержание солей уменьшилось на 415 т/га,
из них 352 т было вытеснено и отведено с дренажной водой за пер-

вые 5 лет эксплуатации. Интенсивность опреснения в последние годы значительно снизилась.

Результаты наблюдений за соевым режимом почвогрунтов на опытном участке показывают, что реставрацию засоления можно исключить путём подачи в вегетационный период оросительных норм 2-7 тыс.м³/га и ежегодных влагонакопительных поливов нормой 2,5-3,0 тыс.м³/га вместо 3-6 тыс.м³/га, проводившихся в мелиоративный период, что позволяет сократить размеры водоподачи в эксплуатационный период на 3 тыс.м³/га.

Построенная опытная система закрытых дрена. обеспечила коренное рассоление земель, создала и поддерживает благоприятный водный и солевой режим зоны аэрации, в результате чего урожайность хлопчатника повысилась с 8,3ц/га в 1959 г. до 26,4 ц/га в 1971 г., на отдельных картах с хорошей агротехникой - до 32,4 ц/га.

В Хорезмской области исследования проводили в колхозе "Правда" Янгиарыкского района на опытном участке площадью 303,7 га, который по климатическим, гидрогеологическим и ирригационно-хозяйственным условиям типичен для значительной части территории области. Грунты участка представлены суглинисто-глинистыми аллювиальными отложениями мощностью 1,5-2,5 м, которые подстилаются 15-метровой толщей серого песка, ниже (до глубины 60-70 м) находятся красные тонкозернистые пески. Коэффициент фильтрации покровных суглинков 0,14-0,4 м в сутки, серых песков - 19, красных - 1-3 м в сутки. На участке построено 10 закрытых дрена общей длиной 9136 м с междренными расстояниями 150-300 м. Удельная протяжённость закрытого дренажа, включая их водоприёмник - коллектор "Первомайский", проходящий по границе участка, 41 м/га.

Почвогрунты до строительства дренажа относились к сильно-засоленным и солончакам с поверхностным типом засоления. Запасы солей в метровом слое составляли в среднем 1,5% по плотному остатку и 0,53% по хлор-иону. Грунтовые воды залегали в невегетационный период на глубине 2,0-2,6 м, в период промывных поливов - 0-1,3 м, в вегетацию - 1,0-1,5 м. Благодаря дренированности скорость снижения уровня грунтовых вод после окончания промывных поливов возросла до 10-20 см в сутки против 3-6 на недренированном участке. Грунтовые воды на опытном участке после строительства дренажа в период промывных поливов залегают на глубине 1,0-1,8 м, в невегетационный период - 1,5-2,0 м и находятся на 0,3-0,7 м ниже, чем на окружающей территории. Локальная дренированность участка обуславливает значительный приток грунтовых вод

(5,3-7,6 тыс.м³/га в год) и водорастворимых солей (15-22 т/га) со стороны окружающей территории, что осложняет мелиорацию и вызывает дополнительную нагрузку на дренаж. Несмотря на это, в первые годы (1967-1970) работы закрытого горизонтального дренажа на фоне промывного режима орошения (12-14 тыс.м³/га нетто) содержание солей в метровом слое почвогрунта уменьшилось с 1,5 до 0,34% по плотному остатку и с 0,53 до 0,036% по хлор-иону. Минерализация грунтовых вод за этот период понизилась с 8,8 до 3,2 г/л и в последующие три года поддерживалась на достигнутом уровне. Дренажный модуль составлял 58-68% от общего количества поступающей на участок влаги. Среднегодовой дренажный модуль колебался в пределах 0,47-0,5 л/с на 1 га, в период промывок - 0,88-1,0 л/с, а минерализация дренажного стока - 1,5-5,0 г/л.

Результаты наблюдений показывают, что при минерализации грунтовых вод менее 3 г/л соленакопления в трёх-метровой толще почвогрунтов в невегетационный период не наблюдается, а для стабилизации солесодержания на опытном участке необходима оросительная норма 8000 м³/га. Это даёт возможность после опреснения почвогрунтов и грунтовых вод отказаться от ежегодных весенних промывных поливов (4-6 тыс.м³/га) и ограничиться влагозарядковым поливом (1,0-1,5 тыс.м³/га). Профилактические промывные поливы нормой 3 тыс.м³/га, по нашему мнению, следует проводить раз в четыре года.

Таким образом, результаты исследований на опытном участке колхоза "Правда" выявили, что при применении закрытого горизонтального дренажа возможно поддерживать высокий уровень мелиоративного состояния земель в этом районе при величине годового водозабора 17-18 против 23-27 тыс.м³/га, осуществляемого в настоящее время. При существующем КПД системы, равном 0,56, это позволит без увеличения имеющейся протяжённости КДС и реконструкции оросительной сети увеличить орошаемую площадь Хорезмской области до 220 тыс.га, с доведением КПД до 0,8 - 270 тыс.га.

Наблюдения за работой закрытого горизонтального дренажа на территории опытного участка показывают на неизменность дренажных линий из асбоцементных, керамических и пескобетонных труб как по вертикали, так и по горизонтали. Фильтрующий материал и дренажные трубы достаточно устойчивы во времени и обеспечивают нормальную работу дренажа в течение всего периода его эксплуатации.

О мелиоративной эффективности закрытого горизонтального дренажа на опытном участке свидетельствует и рост КЗИ, который в 1967 г. составлял 0,56, в 1968 - 0,7, в 1970 - 0,88, в 1973 - 0,91, а урожайность хлопчатника составляла соответственно 10; 25; 39,5 и

40,9 ц/га. Согласно технико-экономическим расчётам, проведённым по методу минимума приведённых затрат, внедрение закрытого горизонтального дренажа в Хорезмской области эффективно при капиталовложениях 550 руб/га против 400 по открытому дренажу. На систематически дренированной территории опытного участка за пять лет после начала его освоения (1967-1971 гг.) годовые эксплуатационные затраты - на подачу оросительной воды, отвод коллекторно-дренажного стока и сельскохозяйственное производство - окупались в размерах своего воспроизводства и дали чистый доход 106 руб/га. В 1971 г. чистый доход только по хлопчатнику составил 520 руб/га.

Естественно, что в дальнейшем эта эффективность по чистому доходу будет сохраняться на уровне не ниже 500 руб/га (основанием к этому является хорошее мелиоративное состояние земель участка и наличие систематического дренажа) и через 5 лет (против нормативных 6-7 лет) капитальные вложения (действующие основные фонды) будут полностью воспроизведены. Это указывает на высокую экономическую эффективность внедрения закрытого горизонтального дренажа. Подобные проработки сделаны и по опытно-производственным системам других областей с различными гидрогеологическими и мелиоративно-хозяйственными условиями, и везде явно вырисовывается конкретная цифра экономического эффекта.

В настоящее время на базе огромного материала изысканий, проектирования, исследований, опыта строительства и эксплуатации ряда водохозяйственных организаций республики составлены общие схемы перспективного внедрения закрытого горизонтального дренажа. По определённой технико-экономической схеме выделены массивы, которые не нуждаются в дальнейшем мелиоративном улучшении и определены площади, на которых требуется дальнейшее развитие дренажа. Конечным звеном этих схем явилась выдача рекомендаций оптимальных типов дренажа и их возможных сочетаний с определёнными технико-экономическими показателями, обеспечивающими условия коренной мелиорации засоленной и заболоченной территории республики.

Результаты указанных проработок позволили наметить объём необходимых мероприятий на перспективу по строительству и усовершенствованию горизонтального дренажа на мелиоративно неблагоприятных землях Узбекистана (табл.3).

В целом по республике площадь, нуждающаяся в искусственном дренировании, составляет 4,5 млн.га., мелиоративное благополучие которых может быть достигнуто:

Таблица 3

Объём необходимых мероприятий по строительству и усовершенствованию горизонтального дренажа на мелиоративно-неблагополучных землях УзССР

Область	В и д р а б о т , км									
	Площадь, : : подложная : : дренажная : : ния, тыс. га :		Всего требуется : : КДС, км :		открытые коллекторы : закрытый дренаж					
					открытой : закры-	сети КДС	строитель- : реконструкция : : ство новой : очистка и уг- : : сети КДС	строитель- : : ство до- : : дренажа существ-	на новост- : : существующих зем- : : лях : : закрытый	
I	2	3	4	5	6	7	8	9		
Андижанская	174	1670	5000	-	1670	847	1561	2592		
Наманганская	110	1080	2600	-	1080	1168	900	532		
Ферганская	382	3754	11100	529	3225	3898	2695	4507		
Ташкентская	505	6000	2000	3600	2400	-	800	1200		
Сырдарьинская										
а) старая зона орошения	388	1138	920	-	1138	470	-	450		
б) новая зона	351	3615	15800	715	455	-	5645	-		
Самаркандская	306	1880	-	-	1880	-	-	-		
Бухарская	399	3735	1412	406	3329	1196	216	68		

Окончание табл.3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кашкадарьинская	459	4057	8116	3885	172	990	6832	294	
Сурхандарьинская	361	4499	5554	-	4499	834	3040	1680	
Хорезмская	320	1667	5010	-	1667	2352	-	2658	
КК АССР	761	2856	9258	1316	1540	3636	4605	1017	
Итого по УзССР	4516	35951	66870	10451	23055	15391	26294	14998	
В том числе по зоне									
Главирсовхозостроя:									
Кашкадарьинская	459	2737	5413	2585	-	290	5132	-	
Сырдарьинская	351	3615	15800	715	455	-	5645	-	
КК АССР							4605		

а) строительством нового горизонтального дренажа — 10,45 тыс.км;

б) реконструкцией, углублением и очисткой существующей магистральной и межхозяйственной дренажной сети — 23,0 тыс.км;

в) строительством дополнительного систематического закрытого горизонтального дренажа на землях существующего орошения — 15,4 тыс.км;

г) переводом существующего открытого дренажа в закрытые системы — 15,0 тыс.км;

д) строительством закрытого систематического дренажа на землях, подлежащих к освоению до 1985 г., — 26,3 тыс.км. Общая протяжённость закрытого горизонтального дренажа в перспективе должна составлять — 66,9 тыс.км, в открытую коллекторно-дренажную сеть целесообразно сохранить на длине 35,9 тыс.км. Из указанных общих объёмов строительства закрытого горизонтального дренажа по линии ММВХ УзССР предстоит в перспективе выполнить 45,6 тыс. км.

Всего орошаемых земель в перспективе в составе площадей, подлежащих обязательной мелиорации гидротехническими средствами, будет 3,5 млн.га. Из них 1,3 млн.га в настоящее время орошается, но засолены и требуют мелиоративного улучшения, реконструкции и замены существующего дренажа на более совершенные типы дренирования, а 2,2 млн.га являются площадями нового освоения. Общие капиталовложения для осуществления дренажных работ составляют 1,57 млрд.руб.

Предполагается, что в разрезе пятилеток объём внедрения по площадям будет распределяться в соответствии с табл.4. Посильна ли такая задача организациям республики?

По объёму капиталовложений, потребные ежегодные ассигнования в строительстве совершенных систем дренажа с учётом коллекторов составляют в десятом пятилетии по Минводхозу УзССР менее 10%, а в перспективе — 15-20%. Очевидно, такие капиталовложения могут быть выделены Минводхозом СССР.

Для выполнения дренажных работ потребность механизмов по годам определяется табл.5, из которой видно, что в наличии у Минводхоза УзССР с избытком имеются все необходимые виды механизмов, кроме дреноукладчиков. Дреноукладчики траншейные типа ЭД-3,0, щелевые — ДЩ-25I и бестраншейные — БДМ-30I могут быть, как это сделано Главселекционером, изготовлены на предприятиях Минводхоза УзССР. Технология строительства всех видов дренажа, как в

Таблица 4

Объём работ в перспективе по горизонтальному дренажу

Показатель	Всего, тыс. га.	1976 г.	Через 5 лет	В ближайшие годы	В перспективе
Потребность строительства закрытого дренажа	66,9	15,0	18,8	16,5	16,6
по линии Глазирсовхоза	15,3	8,5	6,8	-	-
по линии Узглавводхоза	6,0	1,5	2,0	2,0	0,5
по линии Минводхоза УзССР	45,6	5,0	10,0	14,5	16,1
в т.ч. по видам работ:					
а) перевод существующего открытого дренажа в закрытый	15,0	1,6	3,3	4,8	5,3
б) траншейный способ строительства	10,8	1,2	2,4	3,4	3,8
в) железобетонный	10,8	0,6(1,8)	2,0(6,0)	3,3(9,9)	4,9(14,7)
г) полки	9,0	1,6	2,4	3,0	2,0
Потребные капиталовложения в дренажное строительство с учётом коллекторов, млн.руб.	1570	350	410	370	340
в том числе по Минводхозу УзССР и Узглавводхоза	1120	180	230	370	340

Примечание: в скобках указаны объёмы работ для бестраншейного способа строительства дренажа.

Таблица 5

Потребность механизмов для строительства
горизонтального дренажа и коллекторов

Минводхозу УзССР

Механизмы	: 1976 г.	: через 5 лет	: В ближайшие годы	: В перспективе
Бульдозеры	82	146	202	206
Экскаваторы Б-652	300	325	246	305
Транспортные погрузчики	14	25	34	39
Скреперы	24	62	95	125
Дренорукавники траншейные	9	18	21	24
Дренорукавники щелевые	4	12	20	28
Дренорукавники бестраншейные	2	4	7	9
Автокраны	8	13	17	19

сухих, так и в мокрых грунтах, отражена в исследованиях ВНИИГиМа, САНИИРИ, ГСКБ по ирригации и Голодностепстроем успешно применяется в Голодной, Каршинской степях Узбекистана, Азербайджана и Туркмении.

Потребность в трубах для дренажа и её покрытие представлены в табл. 6 и 7.

Доведение фактического производства гончарных труб до проектных мощностей по Янгйерскому и Каршинскому заводам, а также ввод в эксплуатацию I очереди Ферганского завода к 1980 г. с лихвой покроют потребность в гончарных трубах, за исключением 1976-1978 гг., когда складывается дефицит в 400 км труб. Этот дефицит может быть покрыт вовлечением асбоцементных труб и изготовлением трубофильтров, освоённых Узглавводстроем на своих полигонах в Сурхандарье.

Хуже обстоит дело с полиэтиленовыми трубами. Здесь необходимо поставить вопрос о возобновлении производства труб на Ахангаранском заводе и резком увеличении их выпуска на вновь строящемся Джизакском.

Одновременно, учитывая некоторый избыток гончарных труб, следует искать пути механизации укладки гончарного дренажа в оплывающих грунтах.

Ускоренное строительство закрытого дренажа по республике даёт значительный эффект. Многолетние научно-производственные исследования САНИИРИ, Средазгипроводхлопка, Узгипроводхоза и ряда других институтов показали, что для условий Голодной степи (на примере хлопководческих совхозов № 4, 5 и 6) годовой экономический эффект I га площади, мелиорированной закрытым горизонтальным дренажем, составляет 409,8 - 669 руб., в Хорезмской и Ферганской областях - 482-515 руб., а в целом по республике - 490 руб. Кроме того, дополнительно будет вовлечено в сельскохозяйственный оборот за счёт перевода открытого дренажа в закрытый более 210 тыс. га орошаемых земель.

За счёт изменения мелиоративного режима высвобождается водных ресурсов только по Хорезму и Каракалпакии в общей сложности более 2 млрд. м³ в год.

Резко сокращаются эксплуатационные затраты в целом по республике, что даёт дополнительную экономию в размере 32 млн. руб. на 3,5 млн. га мелиорированных земель.

Покрытие потребности в трубах для
закрытого горизонтального дренажа в УзССР, тыс. км

Показатель	: 1976 г.	Через 5 лет : Ближайшие годы : В перспективе	
Потребность в гончарных трубах	13,8	16,2	11,7
в т.ч. по Главсредазир-совхозостром	7,9	6,2	-
Покрывается всего	13,4	21,5	27,0
в т.ч. по Главсредазир-совхозостром	7,9	9,0	9,0
Янгиерский завод мощности 1800 км в год	7,9	9,0	9,0
По Минводхозу и Узглавводостром	5,5	12,5	18,0
Каршинский завод I очереди	3,5	9,0	9,0
П очереди (с 1979 г.)	1,0	-	9,0
Ферганский завод (с 1979 г.)	1,0	3,5	9,0
Дефицит всего	0,4	-	
в т.ч. по Минводхозу УзССР	0,4	-	
Главсредазирсовхозостром	-	-	
Потребность в полиэтиленовых трубах	3,6	7,8	14,7

Таблица 7

Проектная мощность заводов дренажных труб по УзССР

Завод	: Очередность	: Начало и конец : строительства	: Проектная мощность заводов (км труб)					: в перспек- тиве
			1974 г.	1975 г.	1976 г.	1977 г.	1978 г.	
Янгийерский	II	1969-1973	1800	1800	1800	1800	1800	1800
Каршинский	I	1970-1973	700	700	700	700	700	1800
Ферганский	II	1976-1978	-	-	-	-	-	1800
	I	1975-1978	-	-	-	-	-	1920
Итого			2500	2500	2500	2500	2500	5520

В.А. КАЛАНТАЕВ, к.т.н.
(Чарджоуская ОИС)

ИССЛЕДОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ВАКУУМНОГО ДРЕНАЖА В ТУРКМЕНСКОЙ ССР

Основным направлением экономической политики партии и правительства в области сельского хозяйства является увеличение объёма производства сельскохозяйственной продукции, обеспечение более полного удовлетворения возрастающих потребностей населения в продуктах питания и промышленности в сырье. Для решения этой большой задачи необходимы высокие и достаточно устойчивые темпы развития сельскохозяйственного производства. Такие темпы в настоящее время можно гарантировать только в условиях орошаемого земледелия, где урожайность сельскохозяйственных культур находится в руках человека и почти не зависит от капризов природы. Но и орошаемые земли, как известно, при неправильной эксплуатации быстро засоляются и теряют плодородие.

В Туркмении повышенно засоленные земли занимают более 60% орошаемой площади, что в значительной степени снижает урожай сельскохозяйственных культур. По подсчётам на слабо- и средnezасоленных землях урожайность хлопчатника снижается на 30-35 % по сравнению с незасоленными. Отсюда видно, что рассоление почвогрунтов до оптимальных размеров позволит получать нашей республике дополнительно сотни тысяч тонн хлопка-сырца.

Таким образом, первостепенными задачами научных организаций являются разработка и внедрение в сельскохозяйственное производство таких мероприятий, которые создавали бы оптимальный водно-солевой режим орошаемых земель, исключая засоление почв и повышающий их плодородие.

Ещё древние земледельцы применяли простейший способ борьбы с засоленностью почв путём растворения и вытеснения солей при помощи оросительной воды. Однако тогда ещё было замечено, что промывные поливы не всегда и не везде дают желаемые результаты. При отсутствии подземного оттока промывные поливы временно рассоляют почвы до оптимального содержания в них солей и дают возможность получать хорошие всходы

сельскохозяйственных культур. Но, спустя некоторое время, а иногда сразу же после первого вегетационного полива, почти все растения погибают из-за вторичного засоления земель. Причиной быстрой реставрации засоления орошаемых земель являются высокоминерализованные грунтовые воды при залегании их уровня в зоне интенсивного испарения. Промывные поливы растворяют соли, находящиеся в почве, и вымывают их в грунтовые воды, повышая минерализацию последних. При интенсивном испарении, которое характерно для большинства орошаемых районов, минерализованные грунтовые воды становятся источником засоления почв.

Таким образом, в целях борьбы с засолением и предупреждения вторичного засоления орошаемых земель необходимо мелиорировать не только почвогрунты, но и грунтовые воды. Такая коренная мелиорация орошаемых земель возможна, как показали научные исследования и передовая практика, только на фоне интенсивно действующих дренажных систем.

Туркмения разделена на четыре различные по гидрогеологическим условиям зоны орошаемого земледелия: Ташаузская, Чарджоуская, Мургабо-Тедженская и Прикопетдагская, в каждой из которых основной сельскохозяйственной культурой является хлопчатник, по производству которого республика занимает второе место в Союзе (после Узбекистана). В 1973 г. наша республика сдала государству 1,07 млн. т "белого золота", что составляет 13 % всего сырья, полученного на полях страны.

Дренажные системы в настоящее время представляют собой в основном открытые коллекторы и дренажи, вода из которых отводится в магистральную сеть, а затем сбрасывается в реки и озера. На строительство и эксплуатацию коллекторно-дренажной сети ежегодно расходуются большие средства. В свое время строительство открытой дренажной сети в республике было вызвано необходимостью в короткие сроки улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель и тем самым повысить урожайность хлопчатника. Следует отметить, что с поставленными задачами открытый дренаж справился успешно: урожайность хлопчатника повысилась в Чарджоуской и Ташаузской зонах на 10-12, в Мургабо-Тедженской - на 6 ц/га, а минерализация грунтовых вод значительно снизилась.

Первые годы после строительства коллекторов минерализация дренажных вод в этих оазисах составляла 12-15 г/л, а в настоящее

время не превышает 3-5 г/л.

Наряду с положительными сторонами открытая коллекторно-дренажная сеть имеет и отрицательные: не удовлетворяет требованиям культуры земледелия, создаёт большие затруднения для механизации сельскохозяйственных работ, является рассадником сорной растительности, требует больших средств на эксплуатацию и занимает много полезной площади. Только внутрихозяйственные коллекторы в республике занимают около 20 тыс. га пригодных для сельскохозяйственного производства земель, которые могли бы давать 45-50 тыс. т хлопка-сырца в год.

Названные недостатки открытой коллекторной сети показывают, что на данном этапе развития мелиоративной науки и практических возможностей необходимо переходить к более совершенным типам дренажных систем, таким как горизонтальный закрытый и вертикальный дренаж.

Протяженность закрытого горизонтального дренажа в республике сейчас составляет около 500 км. Построен он в основном в Мургабо-Тедженском и Ташаузском оазисах, в Чарджоуском закрытым дренажем дренировано только 300 га. Закрытый дренаж, построенный в орошаемых оазисах республики, имеет различную глубину: в Ташаузском - 2,5 м, в Мургабо-Тедженском - 3,0 м, а в Чарджоуском оазисе не превышает 2,0 м. Расчеты по дренажу и наблюдения за его работой показывают, что интенсивность отвода грунтовой воды дренажем зависит от величины действующего напора. Следовательно, чем глубже заложены дрены, тем эффективнее их работа, тем большие расстояния между ними можно допускать при строительстве. Однако существующие способы производства работ и гидрогеологические условия не всегда позволяют закладывать дренаж на большую глубину. В частности, в Чарджоуском оазисе в связи с близким залеганием плавунных грунтов строительство глубоких горизонтальных дрен крайне затруднительно, а иногда и совершенно невозможно. Глубина открытых межхозяйственных коллекторов (водоприемников) здесь колеблется в пределах 1,5-3,0 м. Зависит она в основном от мощности верхних покровных мелкоземов. Чем тяжелее механический состав и больше мощность покровных мелкоземов, тем большую глубину может иметь открытый коллектор.

Предпринятые в разное время попытки увеличить глубину открытых коллекторов за счёт разработки плавунных грунтов не увенчались успехом. Таким образом, открытые коллекторы в Чарджоуском оазисе могут служить водоприемниками для таких закрытых горизонтальных

дрен, средняя глубина которых не превышает 2,0 м. Наблюдения показали, что относительно неглубокий горизонтальный дренаж с соответствующей удельной протяженностью позволяет проводить промывные поливы земель без опасения заболачивания, быстро снижать уровень инфильтрационных вод и рассолять почвогрунты и грунтовые воды.

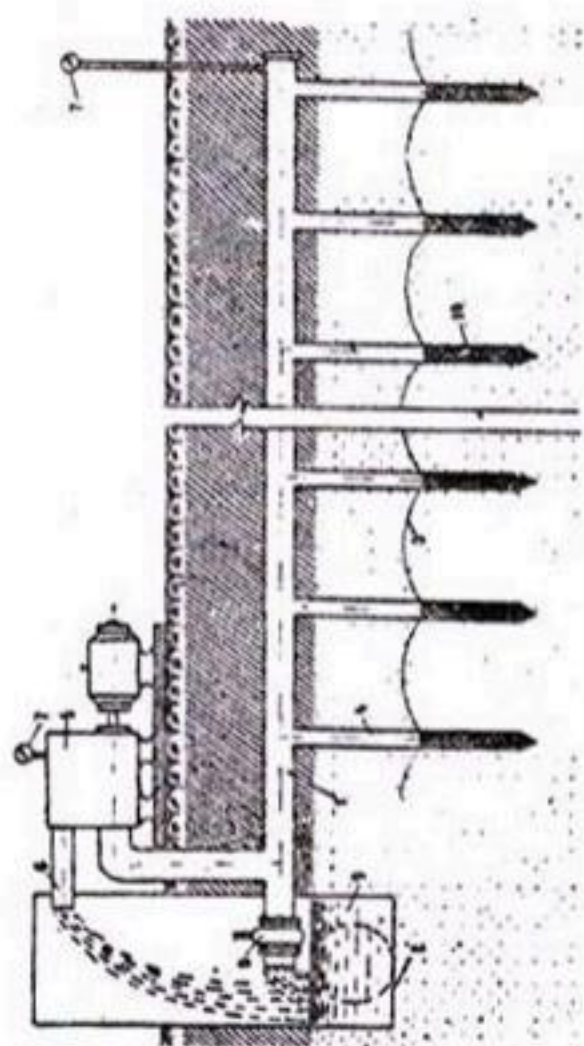
Вертикальный дренаж в Туркмении построен на небольших площадях в Прикопетдагском и Чарджоуском оазисах. Проведенные исследования показали, что минерализация грунтовых вод и засоленность почвогрунтов в зоне действия вертикального дренажа значительно снизились; полив дренажной водой с минерализацией 2–4 г/л не вызывает засоления почвогрунтов, а хлопчатник не отстает в развитии по сравнению с контролем, где полив проводился оросительной водой.

В Туркмении проводятся также работы по повышению эффективности горизонтального дренажа за счет применения колодцев-усилителей. Вблизи дрены и непосредственно под ней имеется напор, пьезометрическая высота которого всегда выше уровня воды в дрене. Этот напор особенно большой величины достигает в многослойной среде, когда верхний слабопроницаемый слой подстилается грунтами с большей водопроницаемостью. В таких случаях в зависимости от отношения коэффициентов фильтрации верхнего и нижнего слоев напор достигает 1,5–2,0 м и при работе обычного горизонтального дренажа бесполезно теряется на пути продвижения воды к дрене. Комбинированный дренаж основан на рациональном использовании этого напора путем строительства вертикальных самоизливающихся скважин-усилителей. Опытные производственные исследования, выполненные в Тамаузском оазисе, показали, что такой дренаж позволяет увеличить междренные расстояния в 2–3 раза и сократить его стоимость.

Следует, однако, отметить, что и эти прогрессивные типы дренажа (горизонтальный закрытый, вертикальный, комбинированный) обладают существенными недостатками: они малоуправляемы; горизонтальный закрытый дренаж работает только самотеком (интенсивность отвода воды им зависит от действующего напора); вертикальный дренаж, наоборот, работает с принудительной откачкой.

Сельскому хозяйству орошаемого земледелия сейчас нужен такой дренаж, приток воды к которому можно было бы изменять во времени в зависимости от конкретных условий.

Конструкция одной из таких систем (вакуумная система вертикальных дрен с регулируемым дебитом) разработана на Чарджоуской опытно-мелиоративной станции и внедрена в сельскохозяйственное производство этого оазиса. Вакуумная система вертикальных дрен (см. рисунок)



Вакуумная система вертикальных дрен.

состоит из глухого собирателя I, на устье которого смонтирована задвижка 3, впадающего в водоприемник 2. К собирателю подключены вертикальные дрены 4. Собиратель и вертикальные дрены выполнены из полиэтиленовых труб, которые не боятся минерализованных грунтовых вод. Длина собирателя зависит от глубины его заложения, уклона рельефа местности и гидравлических потерь напора по длине. В условиях Чарджоуского оазиса при уклоне рельефа местности 0,0002 – 0,0005 и глубине заложения 2,0 м оптимальная длина его составляет 500 м. Глубина собирателя должна быть такой, чтобы система могла работать самотеком, т.е. устье должно быть на 0,1 – 0,2 м выше уровня воды в водоприемнике 2. Собиратели вакуумных систем могут быть с уклоном 0,001 – 0,0005 из-за различной величины вакуума по длине собирателя: около устья эта величина больше, чем в начале собирателя.

Длина вертикальных дрен может быть различной – в зависимости от механического состава грунта, мощности мелкоземов и диаметра полиэтиленовых труб.

Практика показала, что оптимальная длина вертикальных дрен для гидрогеологических условий Чарджоуского оазиса находится в пределах 6–10 м. В нижней части дрены на отрезке длиной 3 м выполняется щелевая или круглая перфорация, а верхняя – остается глухой. Скважность перфорированной части трубы должна находиться в пределах 2,5 – 3,0 %. Перфорированная часть вертикальных дрен обтягивается сеткой галунного плетения, которая может быть латунной, стальной или капроновой. Количество вертикальных дрен в системе зависит от коэффициента фильтрации грунтов и расчетной величины модуля дренажного стока.

Вертикальные дрены в подготовленной траншее устанавливаются способом гидроразмыва в обсадной трубе. Для уменьшения сопротивления грунта на конец дрены одевается металлический или деревянный конус IO.

Собиратель I вакуумной системы рядом с задвижкой 3 соединяют с самовсасывающим насосом 5, который через напорный трубопровод 6 перекачивает воду в водоприемник 2. Вертикальные дрены соединяют с собирателем при помощи специальных тройников. Стыковые соединения при этом заделывают воздушнонепроницаемой мастикой, создающей воздушную герметичность системы. При оформлении устьевой части особое внимание следует обращать на правильное расположение бетонной площадки для насоса в высотном отношении. Чем ниже будет уста-

новлен насос, тем больший вакуум можно создать в собирателе. Однако насос ни в коем случае не должен подтапливаться водой в водоприемнике. Задвижка, насос, электрооборудование размещаются в будке, которая собирается на месте из сборных металлических конструкций (по типу будки ГКТП).

Перед засыпкой траншеи грунтом систему проверяют на герметичность. Для этого задвижку на устье собирателя закрывают и включают насос. Проверка и прослушивание стыковых соединений дают возможность определить надежность их герметичности. Если какие-либо стыковые соединения пропускают воздух, то их заделывают мастикой, затем насос отключают, а траншею засыпают грунтом.

Вакуумная система вертикальных дрен отличается от остальных видов дренажа тем, что она может работать как самотеком, так и с принудительной откачкой воды. В междоурожайный период или в период проведения промывных поливов система работает при помощи насоса, который создает и поддерживает вакуум в собирателе и вертикальных дренах, что способствует значительному увеличению дебита.

В эксплуатационный период, после рассоления почвогрунтов и грунтовых вод, насос отключают и система работает самотеком, как горизонтальный дренаж, отводя небольшие объемы воды и обеспечивая солевую "вентиляцию" почвогрунтов.

В сухую весну возникает необходимость в повышении влажности верхних слоев почвы для получения полноценных всходов сельскохозяйственных культур, особенно хлопчатника. В такой период задвижку на устье собирателя закрывают и система прекращает работу по отводу грунтовых вод. Уровень последних поднимается и повышает влажность почвы. Таким образом, вакуумная дренажная система — это управляемое инженерное сооружение. В нужный момент можно увеличить или сократить приток воды и тем самым управлять потоком грунтовых вод.

Вакуумная система вертикальных дрен удачно сочетает в себе действие двух типов дренажа — горизонтального, когда задвижка на устье собирателя открыта (работа самотеком), и вертикального, когда задвижка закрыта (откачка воды насосом) — и имеет целый ряд существенных преимуществ.

При сооружении вакуумной системы вертикальных дрен с регулируемым дебитом отпадает потребность в таких материалах для фильтров, как гравий, песок, стекловата и др., что значительно упрощает и удешевляет строительство. При ее работе происходит более равномерная сработка уровня грунтовых вод на всей дренируемой пло-

цади. Благодаря нахождению фильтров на глубине 8-10 м происходит отвод только минерализованной грунтовой воды. Опресненные грунтовые воды попадают в дренаж только после создания так называемой "подушки" пресных грунтовых вод мощностью до 10 м.

В 1971 г. проходила производственные испытания одна такая дренажная система, которая состояла из глухого собирателя длиной 100 м и 19 вертикальных дрен. Диаметры собирателя и дрен соответственно 150 и 50 мм. Длина каждой дрены 6 м, половина её перфорирована продольными щелями и обтянута латунной сеткой галунного плетения № 10/70. Общая сиважность щелей составляет 3,8 % от полной поверхности перфорированной части. В начале, середине и конце собирателя установлены вакуумметры для определения величины вакуума по его длине. На трех дренах (около устья, в середине и начале собирателя) установлены пьезометры для определения величины вакуума непосредственно на их фильтрах. Нижние концы пьезометров устанавливали в начале, середине и конце фильтра, а верхние выводили на поверхность земли. На верхних концах пьезометров устанавливали ртутные U-образные вакуумметры.

В первые дни после пуска в эксплуатацию режим работы системы вертикальных дрен в целях сращения расходов задавался с вакуумом (принудительная откачка) и без вакуума (самотеком). В дальнейшем, в связи с проведением промывных поливов система стала работать только с принудительной откачкой. После окончания промывных поливов система была вновь переведена на самотечный режим работы до конца вегетационного периода.

Расход системы при работе самотеком и с принудительной откачкой воды, а также величины вакуума в конце, середине и начале собирателя приведены в табл. I.

Наиболее важным показателем мелиоративной эффективности любой дренажной системы является модуль дренажного стока, который зависит от расхода системы и обслуживаемой площади орошаемых земель. Радиус влияния, а следовательно, и площадь дренирования вакуумной системы вертикальных дрен определяли по створу наблюдательных скважин и пьезометров, установленному перпендикулярно продольной оси собирателя. Замеры уровней воды в створе скважин и пьезометров показали, что радиус действия системы при работе насоса распространяется на 470-500 м.

В ноябре грунтовые воды на участке после закрытия оросительных систем опустились ниже глубины заложения собирателя, и система вертикальных дрен самотеком не работала. В целях проверки работоспособности системы в условиях низкого залегания уровня грунтовых

Таблица I

Расход вакуумной системы вертикальных дрен
в зависимости от способов работы (1971 г.)

Дата за- меров	Способ работы	Напор грунтовых вод над собирате- лем	Величина вакуума в об- рателе, м вод. ст.				Суммар- ный на- пор, м	Расход на систе- мы, л/с
			в нача- ле	в сере- дине	в конце	сред- няя		
26.III	Самотеком	0,50	-	-	-	-	0,50	1,80
26.III	Принудитель- ная откачка	0,50	4,30	4,10	3,90	4,10	4,60	28,30
27.III	Самотеком	0,45	-	-	-	-	0,45	1,47
27.III	Принудитель- ная откачка	0,45	4,27	4,10	4,00	4,12	4,57	29,07
30.III	Самотеком	0,62	-	-	-	-	0,62	2,16
30.III	Принудитель- ная откачка	0,62	4,33	4,00	3,92	4,08	4,70	29,72
31.III	-"-	0,67	4,25	4,08	3,90	4,08	4,75	29,48
1.IV	-"-	0,75	4,20	4,02	3,87	4,03	4,78	29,53
2.IV	-"-	0,80	4,15	3,97	3,85	3,99	4,79	29,81
3.IV	-"-	0,80	4,18	3,96	3,87	4,00	4,80	30,00
5.IV	-"-	0,82	4,08	3,92	3,83	3,95	4,77	29,30
6.IV	-"-	0,78	4,15	3,96	3,88	4,00	4,78	29,58
7.IV	-"-	0,72	4,21	4,03	3,97	4,07	4,79	28,94
8.IV	-"-	0,70	4,24	4,08	4,02	4,11	4,81	29,60
9.IV	-"-	0,65	4,23	4,12	3,96	4,10	4,75	28,62
10.IV	-"-	0,60	4,37	4,15	4,06	4,19	4,79	29,03
12.IV	-"-	0,62	4,31	4,18	4,02	4,17	4,79	28,96
13.IV	-"-	0,56	4,33	4,21	4,05	4,20	4,76	29,09
14.IV	-"-	0,51	4,32	4,18	4,06	4,19	4,70	29,31
15.IV	-"-	0,45	4,38	4,20	4,12	4,23	4,68	28,08
16.IV	-"-	0,46	4,39	4,22	3,94	4,18	4,64	27,80
24.IV	Самотеком	0,54	-	-	-	-	0,54	1,69
24.V	-"-	0,44	-	-	-	-	0,44	1,28
18.VI	-"-	0,37	-	-	-	-	0,37	1,34
26.VI	-"-	0,53	-	-	-	-	0,53	1,79
25.VII	-"-	0,53	-	-	-	-	0,53	1,65
21.IX	-"-	0,28	-	-	-	-	0,28	0,37

вод в конце ноября 1971 г. задвижку на устье собирателя закрыли и включили насос. В это время грунтовые воды находились ниже собирателя вакуумной системы на 73 см. После 10 мин. холостой работы насоса в собирателе создавался вакуум до 2,5 м вод.ст., что позволило грунтовой воде подняться до уровня насоса, который стал отводить ее в водоприемник.

Средний вакуум в полости собирателя при откачке воды был равен 4,80 м вод.ст., а расход системы — 26,8 л/с. После трех суток работы насос был отключен, и система прекратила свою работу. В течение этого времени вакуум в полости собирателя и расход системы оставались стабильными.

Таким образом, проведенный эксперимент показал, что вакуумная система вертикальных дрен может работать при любом положении уровня грунтовых вод по отношению к собирателю.

Из табл. I видно, что между величиной вакуума в собирателе и действующим напором грунтовых вод существует определенная зависимость: чем меньше действующий напор над собирателем, тем большая величина вакуума создается в последнем. Зависимость эта имеет сложную закономерность, т.к. схема "вертикальные дрены — собиратель-насос" — единая гидравлическая система, которая действует как насосный агрегат, откачивающий грунтовые воды. А из теории насосов известно, что при равных прочих сопротивлениях вакуум во всасывающей линии тем больше, чем на большую высоту поднимается откачиваемая жидкость.

Следует отметить, что благодаря этой закономерности вакуумная система вертикальных дрен автоматически регулирует стабильность расхода дренажной воды, несмотря на динамику действующего напора. При уменьшении или увеличении напоре грунтовых вод вакуум в собирателе соответственно повышается или уменьшается, сохраняя постоянство суммарного напора и, следовательно, расхода дренажной системы. Таким образом, нормальная работа вакуумных систем вертикальных дрен во многом зависит от характеристики насоса и способности вертикальных дрен отводить при определенном напоре заданный расход дренажной воды.

Замеры вакуума в различных точках фильтра вертикальных дрен показали, что величина его зависит от расстояния этих точек собирателя.

Выше было сказано, что пьезометры, смонтированные на фильтрах дрен, дают возможность замерять вакуум в начале, середине и конце фильтра. Расстояния указанных сечений от собирателя соответственно равны 3,0, 4,5 и 6,0 м. Величина вакуума в различных сечениях фильтра

вертикальных дрен приведена в табл. 2.

Таблица 2

Величина вакуума на фильтре вертикальных дрен
в зависимости от вакуума собирателя, м вод.ст.

Величина вакуума в полости собирателя	Величина вакуума		
	в начале фильтра	в середине фильтра	в конце фильтра
4,10	1,10	0	0
4,80	1,75	0,20	0

Зависимость величины вакуума в каком-либо сечении фильтра вертикальной дрены от вакуума в полости собирателя можно выразить следующим образом:

$$P_{\phi} = P_c \cdot h \quad \text{м вод.ст., где}$$

P_{ϕ} - вакуум в фильтре дрены,
 P_c - вакуум в полости собирателя,
 h - глубина залегания сечения фильтра (считая от горизонтальной оси собирателя).

При производственных испытаниях вакуумной системы были проведены специальные исследования по определению ее мелиоративной эффективности.

В 1971 г. в связи с недостатком воды в каналах промывные поливы проводили в конце марта. За 20 суток на 1 га промываемого участка было подано 5150 м³ оросительной воды. Вакуумная система вертикальных дрен, работая с принудительной откачкой, отвела за пределы дренированного участка по 2170 м³/га дренажной воды, или 42 % промывной нормы. Минерализация дренажной воды за промывной период в среднем составляла 8,9 по плотному остатку и 2,4 г/л по хлор-иону. Таким образом, с каждого гектара дренированной площади отведено по 19,3 т солей, в том числе по 5,2 т хлор-иона. После промывных поливов засоленность метрового слоя почвогрунтов уменьшилась с 0,85 до 0,28 % по плотному остатку и с 0,04 до 0,03 % по хлор-иону. Vegetационные и промывные поливы (1971-1972 гг.) на фоне вакуумной системы способствовали дальнейшему улучшению мелиоративного состояния земель. Засоленность метрового слоя почвогрунтов в конце вегетационного периода 1972 г. приведена в табл.3.

Таблица 3

Засоленность почвогрунтов, %

Горизонт, см	Засоленность			
	по плотному остатку	в том числе		
		HCO_3	Cl	SO_4
0-20	0,22	0,03	0,02	0,10
20-40	0,48	0,03	0,02	0,29
40-60	0,99	0,02	0,01	0,65
60-80	0,90	0,03	0,01	0,55
80-100	0,34	0,03	0,01	0,17

Значительные изменения произошли и с грунтовыми водами, динамика минерализации которых показана в табл.4.

Таблица 4

Минерализация грунтовых вод
на фоне вакуумной системы, г/л

Глубина пробы, м	Год	Минерализация			
		по плот- ному ос- татку	в том числе		
			HCO_3	Cl	SO_4
	1971	3,53	0,23	0,48	1,39
2	1972	2,36	0,13	0,25	1,15
3	1971	3,67	0,16	0,59	1,44
	1972	2,30	0,14	0,25	1,01
4	1971	5,80	0,30	0,81	2,30
	1972	2,75	0,15	0,25	1,10
6	1971	5,48	0,27	0,97	1,97
	1972	2,17	0,08	0,38	1,10
10	1971	3,36	0,09	0,74	1,06
	1972	3,25	0,02	0,71	1,39
20	1971	—	—	—	—
	1972	16,10	0,02	5,06	3,07
30	1971	—	—	—	—
	1972	28,89	0,04	7,94	3,02

Теория и практика работы дренажных систем показывают, что глубина рассоления грунтовых вод зависит в основном от действующего напора. Вакуум, созданный в полости дренажных систем, и

есть дополнительный напор, который обуславливает движение грунтовых вод к дренам с большой глубины, а, следовательно, и большей минерализации.

Таким образом, вакуумные дренажные системы способствуют значительному усилению интенсивности промывок засоленных земель и сокращают мелиоративный период в несколько раз.

Выше уже отмечалось, что фильтром вертикальных дрен служила латунная сетка галунного плетения, которая имеет свои преимущества и недостатки. Рассмотрим некоторые специфичные для наших условий недостатки таких фильтров. Считается, что мелкие сетки забиваются при эксплуатации тонкозернистых плавучих песков, металлические подвергаются энергичному разрушению под воздействием вод.

В целях проверки указанных положений через три года эксплуатации была извлечена полиэтиленовая вертикальная дрена с фильтром латунной сетки галунного плетения. Осмотр показал, что несмотря на трехлетнюю эксплуатацию фильтра в песке разной крупности проходные отверстия в латунной сетке не были забиты, а сама сетка не подвергалась разрушающему действию высокоминерализованных грунтовых вод. Объясняется это, видимо, тем, что разрушаются металлические сетки под влиянием электрохимической коррозии, когда они контактируют с разноименным металлом (например, со стальными трубами). В нашем случае латунная сетка контактировала с полиэтиленовой трубой, и электрохимической коррозии быть не могло.

Анализы снятых характеристики при работе вакуумной системы самотеком и с принудительной откачкой воды позволили наметить схему дренажа при его внедрении: собиратели вертикальных дрен впадают в отводящие (открытые или закрытые) коллекторы. Диаметры собирателя и вертикальных дрен могут быть различными в зависимости от гидрогеологических особенностей дренируемого массива, но не менее 150 и 50 мм соответственно. Длина вертикальных дрен должна быть в пределах 6-10 м. Верхняя часть их (не менее 3 м) остается глухой, а остальная - перфорируется щелями или круглыми отверстиями. Расстояния между собирателями зависят от количества присоединяемых к ним вертикальных дрен и определяются расчетом. Опыт работы вакуумных систем показал, что в гидрогеологических условиях Чарджоуского оазиса расстояния между собирателями можно принимать 800-1000 м при длине последних 500-600 м. Таким образом, одна система вертикальных дрен может обслужить 50-60 га орошаемых земель,

т.е. столько же, сколько обслуживает одна скважина вертикального дренажа.

В комплекс строительства вакуумных дренажных систем, как и любого дренажа, входят подготовительные и основные работы. Мы укажем только на наиболее специфичные подготовительные работы для данного вида дренажа:

- изготовление в условиях мастерских тройников для соединения вертикальных дрен с собирателями;
- нарезка щелевой перфорации вертикальных дрен;
- обтягивание перфорированных частей полиэтиленовых труб сеткой;
- изготовление заглушек для дна вертикальных дрен;
- изготовление сборных конструкций для будки насосной станции;
- доставка на место строительства полиэтиленовых труб для собирателей, готовых вертикальных дрен и др. механизмов и оборудования.

При этом необходимо иметь следующие механизмы и оборудование:

- бульдозер и грейдер для планировки трассы собирателя;
- траншейный экскаватор для рытья траншей с откосами;
- цистерну на тележке для воды;
- насос, обсадную трубу и автокран для гидравлического погружения вертикальных дрен;
- станок для сварки полиэтиленовых труб;
- нивелир с рейками.

Щелевую перфорацию на полиэтиленовых трубах можно нарезать при помощи простого приспособления, состоящего из электромотора, на валу которого закреплена фреза толщиной 0,5–1,0 мм.

При обтягивании перфорированной части вертикальных дрен сеткой необходимо соблюдать два важнейших условия: ширина полосы сетки (в целях экономии) не должна превышать 1–2 см длины окружности вертикальной дрены; следить, чтобы не было "карманов" и больших зазоров, которые в процессе эксплуатации могут привести к пескованию системы. Практика показала, что высокое качество обтягивания вертикальных дрен сеткой получается на токарном станке с небольшим приспособлением для этого.

Заглушки дна вертикальных дрен могут быть металлическими или капроновыми. Выполняют они двойную роль – способствуют погружению обсадной трубы в грунт (внешний диаметр заглушки должен соответствовать внутреннему диаметру обсадной трубы) и надежно перекрывают дно дрены от проникновения в нее грунта.

Основные работы по строительству вакуумных систем вертикальных дрен требуют следующего порядка:

- рытье траншей для собирателей (с соблюдением проектного уклона и наличия откосов);
- планировка дна траншей;
- раскладка вдоль открытой траншеи вертикальных дрен и полиэтиленовых труб для собирателя;
- сварка полиэтиленовых труб;
- погружение в грунт вертикальных дрен на проектную глубину;
- укладка собирателя на дно траншей;
- соединение вертикальных дрен с собирателем;
- заделка стыковых соединений воздухонепроницаемой мастикой;
- строительство устьевой части вакуумной системы (бетонная площадка для насоса, монтаж задвижки и насоса, сборка будки из готовых конструкций);
- строительство ЛЭП (линии электропередач), установка КТП (контрольно-технический пункт) подключение насосных станций к линии;
- проверка герметичности системы;
- засыпка траншей;
- сдача вакуумных систем в эксплуатацию.

Траншеи для собирателей роют траншейным экскаватором с приспособлениями для подделки откосов. Уклон дна траншеи контролируют при помощи копирного тросика и проверяют нивелиром (дно траншеи планируют с точностью $\pm 1-2$ см).

Полиэтиленовые трубы для собирателя сваривают на специальном станке в единую плетъ, которая укладывается на дно траншеи.

Погружают вертикальные дрены на проектную глубину способом гидроразрыва грунта, используя для этого обсадную трубу, цистерну с водой, насос и автокран (весь процесс в условиях Чарджоу длится 10-15 мин.).

Соединяют собиратели с дренами при помощи тройников следующим образом: полиэтиленовую трубу собирателя перерезают ножовкой против каждой дрены; горизонтальные (большого диаметра) концы тройника надевают на концы труб собирателя, а перпендикулярный к горизонтальной плоскости патрубок (меньшего диаметра) — на конец дрены. При таком соединении тройники одновременно исполняют роль компенсаторов температурных расширений полиэтиленовых труб.

После соединения вертикальных дрен с собирателем приступают

к заделке стыковых соединений воздушнонепроницаемой битумной мастикой, чтобы создать герметичность системы.

После монтажа насоса система проверяется на герметичность. Для этого задвижку на устье собирателя закрывают и включают насос. Проверка и прослушивание стыковых соединений дают возможность определить надежность их герметичности. Если какие-либо стыковые соединения пропускают воздух, то их дополнительно заделывают мастикой, после чего насос отключают и засыпают траншею. При засыпке мест соединений вертикальных дрен с собирателем следует проявлять особую осторожность, чтобы не нарушить целостность стыков. Эти места следует сначала засыпать вручную слоем грунта 30-40 см, а затем бульдозером.

После строительства ЛЭП, установки КТП и подключения насосных станций к линиям электропередач вакуумные системы сдаются в эксплуатацию.

В 1972 г. вакуумные системы вертикальных дрен были внедрены в колхозе "Ленинград" Чарджоуского района. Экономический эффект от их внедрения составил 295 руб/га по отношению к вертикальному и 185 руб/га по отношению к закрытому горизонтальному дренажу.

Для принудительной откачки воды были установлены насосы НПС-1 производительностью $100 \text{ м}^3/\text{ч}$. При работе самотеком системы отводили от 1,0 до 6,0 л/с воды (в зависимости от действующего напора), а при создании вакуума в их полости — от 15,0 до 25,0 л/с. Работа вакуумной системы и с принудительной откачкой показана на рис. 5 и 6.

В эксплуатации вакуумных дренажных систем следует различать эксплуатацию устьевой его части (задвижка, насос, электрооборудование), линии электропередач с КТП и эксплуатацию орошаемых площадей с собирателями и вертикальными дренами на них. Как уже отмечалось, режим работы вакуумной системы зависит от степени засоленности почвогрунтов и минерализации грунтовых вод. Чем выше степень засоления, тем больше промывная норма, следовательно, тем длительнее период работы системы с принудительной откачкой. Следует особо подчеркнуть, что насос, устанавливаемый в устье системы, должен быть передвижным, чтобы после завершения промывных поливов и перехода дренажной системы на самотечный режим его можно было использовать на другом участке. Значит, при составлении графика проведения промывных поливов засоленных почв эксплуатационники должны учитывать мобильность насоса и проводить поливы таким образом, чтобы один насос смог обслужить как можно больше дренажных систем.

Эксплуатация вакуумной системы должна быть неразрывно связана с эксплуатацией всего дренированного массива, т.е. эксплуатационники должны обращать внимание не только на безаварийную работу вакуумного дренажа, но и на тот эффект, который дают дренажные системы. А эффект, ожидаемый от дренажных систем, заключается в рассолении почвогрунтов и грунтовых вод, которое можно достигнуть только при помощи хорошей планировки полей, промывных поливов соответствующими нормами и комплекса агротехнических мероприятий.

Сейчас пока нет данных, которые позволили бы в полной мере судить о работе вакуумных дренажных систем и об основных источниках помех, мешающих их нормальной работе. Однако наблюдения за работой дренажа показали, что основными помехами в работе вакуумного дренажа могут быть:

- нарушение сетки фильтра на вертикальной дрени;
- неплотности в стыковых соединениях дрен с собирателем;
- неплотности в задвижке;
- неудовлетворительная работа насоса.

При нарушении сетки фильтра на какой-либо вертикальной дрени система начинает песковать, что может привести к полному выходу ее из строя. В этом случае необходимо сразу же остановить насос и устранить повреждение. Пескование вакуумного дренажа, как правило, сопровождается формированием воронки обрушения на поверхности земли. Для устранения неисправности следует осторожно откопать, а затем заменить вертикальную дренажную трубу или поврежденный участок собирателя.

При неплотностях в стыковых соединениях или в задвижке насос начинает откачивать воду рывками, так как система пропускает воздух. В первую очередь в таких случаях необходимо проверить задвижку и устранить имеющиеся неплотности. Если задвижка исправная, а воздух поступает в систему, то положение осложняется, так как достаточно надежных способов обнаруживания неплотностей в стыковых соединениях, находящихся под землей, еще не разработано. Поэтому при строительстве вакуумных систем с особым вниманием нужно подходить к заделке стыковых соединений воздухомепроницаемой мастикой.

Иногда причиной плохой работы системы является насос. Для определения работоспособности необходимо испытать насос откачкой воды из открытого водоема.

Сравнительная эффективность вариантов технических решений при устройстве дренажной сети различного типа для улучшения мелиоративного состояния земель Туркмении показала, что вакуумные системы отвечают наиболее экономичному направлению капитальных вложений и обуславливают значительное сокращение сроков окупаемости.

Е.Д.ТОМИН, канд.т.наук, ВНИИГим
В.А.ДУХОВНЫЙ, канд.т.наук, САНИИРИ
В.И.БАТОВ, САНИИРИ
В.Г.БУРАВЦЕВ, ВНИИГим
А.И.ШАПОЧНИКОВ, ВНИИГим

БЕСТРАНШЕЙНЫЙ СПОСОБ СТРОИТЕЛЬСТВА ДРЕНАЖА И ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО СТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

После майского 1966 г. Пленума ЦК КПСС орошение в нашей стране получило огромное, невиданное до этого развитие. Достаточно сказать, что вместо 300-400 тыс.га прирост орошаемых земель в 1974 г. достигает 1 млн.га в год. Параллельно с этим осуществляется широкое инженерное переустройство ирригационных систем на землях существующего орошения. На развитие мелиорации ежегодно затрачивается около 5 млрд.руб.

В настоящее время особенностью орошаемых массивов является их мелиоративное неблагополучие, выражающееся в том, что большая часть земель в них либо подвержена засолению, либо уже первично засолены и для нормального сельскохозяйственного развития их необходимо создать надежный дренажный фон, который позволял бы снизить содержание вредных солей в активном слое почвогрунтов до предела, допустимого для развития растений, и поддерживать его за счет промывного режима орошения, а для земель с глубокими, но минерализованными грунтовыми водами - предотвратить накопление солей в корнеобитаемом слое. Из общей площади орошения 12,7 млн.га (на I.I 1973 г.) 5,2 млн.га требуют осуществления дренажных работ.

До начала шестидесятых годов единственным методом дренирования земель было строительство открытых коллекторов и дрен глубиной от 2 до 4 м.

В 1956-1960 гг. началось более интенсивное строительство вертикального и горизонтального закрытого дренажа. Наиболее широкое развитие оно получило в Голодной степи, а затем по всему Узбекистану и в других районах Средней Азии и Закавказья.

Закрытый горизонтальный дренаж по сравнению с открытым резко повышает использование орошаемых земель, снижает эксплуатационные затраты и позволяет надежно управлять водно-солевым режимом почвогрунтов. Отставание в строительстве этого вида дренажа объясняется отсутствием необходимых механизмов, особенно

для укладки дрена в условиях высокого стояния грунтовых вод, высокой его стоимостью и большими трудовыми затратами.

Разработка и создание бестраншейного способа строительства дренажа — необходимое средство дренирования земель в условиях высокого стояния грунтовых вод, которое позволяет успешно справиться с этой важной народнохозяйственной задачей, отличаясь самой низкой стоимостью, большой маневренностью и производительностью — I комплект машин этого типа с успехом дренирует за год в сложных условиях 2-3 тыс. га. Внедрение бестраншейного метода строительства дренажа в новой зоне Голодной степи убедительно доказало его преимущества, высокую эффективность и мелиоративную действенность при высоких темпах строительства.

Серийное освоение комплекта машин, намеченное совместными решениями Минводхоза СССР и Минстройдормаша СССР, позволит успешно мелиорировать орошаемые земли нашей страны и обеспечить необходимые высокие темпы освоения новых земель.

Анализ развития технологии и механизации строительства закрытого дренажа на орошае- мых землях

В связи с интенсивным развитием орошения на землях, характеризующихся сложными природными условиями и склонностью к засолению, в 60-х годах особой остротой возникают вопросы строительства дренажа на орошаемых землях (Голодная степь, Центральная Фергана, зона Каракумского канала и др.).

В 1957-1958 гг. были созданы первые дреноукладчики на базе траншейных экскаваторов ЭТУ-353 и ЭТУ-354, которые представляли собой прицепной бункер коробчатого сечения с приспособлениями для укладки труб и обсыпки их фильтровым материалом. Технология строительства закрытого дренажа с применением таких дреноукладчиков достаточно проста, но требует высокой точности и тщательного контроля за качеством выполняемых операций. В особенности это относится к выдерживанию уклона и качеству стыкования дренажных труб.

Однако создание таких дреноукладчиков не решило всех проблем строительства дренажа. Как выяснилось, дреноукладчики могут работать лишь в относительно сухих грунтах, когда стенки траншей не обрушиваются в процессе укладки. В переувлажненных грунтах, когда грунтовые воды залегают на глубине менее 3-4 м, применение дреноукладчиков невозможно, так как активный рабочий орган в виде ковшовой цепи способствует обрушиванию и оплыванию грунта сразу за проходом экскаватора, заклиниванию бункера и нарушению дренаж-

ной линии. Поэтому в таких условиях единственным способом строительства длительное время оставался разработанный и внедренный сначала в Голодной степи, а затем и в других районах орошения — метод "пошки", обладающий высокой стоимостью и значительной трудоемкостью выполняемых операций.

Устройство закрытого дренажа в водонасыщенных оплывающих грунтах — сложная техническая задача и ее решению уделяется немало внимания как советскими, так и зарубежными специалистами. Однако до последнего времени ни в нашей стране, ни за рубежом не имеется ни средств механизации, ни отработанных технологических приемов для строительства закрытого дренажа в обрушивающихся и оплывающих грунтах. Поэтому, например, в США рекомендуют либо укладывать дренаж вручную, что делается очень редко, либо, если позволяют условия и сроки, строить дренаж механизмами в сухое время года, когда уровень грунтовых вод наиболее низкий.

Стегественная наука наметила ряд направлений в механизации работ по строительству дренажа в условиях высокого стояния грунтовых вод при оплывающих и обрушивающихся грунтах:

- усовершенствование траншейного метода укладки дренажа;
- узкоколеевой метод устройства дренажа;
- бестраншейный способ строительства дренажа.

Как уже указывалось, при траншейном способе строительства дренажа в таких условиях невозможно обеспечить нормальную работу дрепоукладчиков по ряду причин: вертикальные стенки траншей обрушиваются, заклинивают бункер, экскаватор начинает пробуксовывать, наблюдаются выдавливание вверх и нарушение дренажной линии, пробуксовка транспортерной ленты под действием переувлажненного грунта, а также завал и оплывание его в траншею от кавальеров мокрого грунта.

Для устранения этих недостатков ГСКБ по ирригации создало дрепоукладчик ЭД-3,0 с большим тяговым усилием (на базе С-100), с отвальным транспортером, который перебрасывает мокрый грунт сразу в обратную засыпку за бункером дрепоукладчика. Эта модель оказалась значительно лучше дрепоукладчиков Д-25I и Д-35I, но она позволила лишь несколько расширить область применения машин подобного типа в условиях увлажненных грунтов (глин, конгломератов), обрушивающихся незначительно, но в основном устойчивых при небольшом (до 20-30 см) слое воды в дрене и обязательном оттоке.

Идя по такому же пути, ВНИИЗеммаш создал дрепоукладчик Д-659,

который отличался от других моделей избытком мощности и веса, за счет которых намеривалось протаскивать бункер дреноукладчика, невзирая на любые трения и заклинивания бункера. Но этот дреноукладчик на испытаниях в Голодной степи показал большие дефекты в укладываемой дренажной линии, а также провалы бункера.

Наконец, оригинальное решение в этом направлении предложил Л. Турин (ТуркменНИИГиМ): перед строительством дренажа траншейным дреноукладчиком следует понизить уровень грунтовых вод с помощью иглофильтров. Этот метод дал удовлетворительные результаты только при коэффициенте фильтрации около 5 м/сутки, но и то имел стоимость, равную методу "пошки". В других условиях он оказался неприемлемым.

Узкощелевой метод устройства закрытого дренажа предложен в 1968 г. САНИИРИ совместно с Голодностепстроем и состоит в устройстве узкой щели шириной 20 см, отрываемой цепным рабочим органом, в которую укладывают фильтр и полиэтиленовую трубу, сматываемую с барабана, после чего полость щели немедленно заливают пухлой, вынимаемой из-под воды при устройстве щели. Метод довольно перспективен, но до настоящего времени не доведен до конструктивного совершенства, в основном, из-за быстрого истирания и необходимости замены рвущих цепей. Кроме того, дреноукладчик не может работать во время морозов.

Основные этапы разработки бестраншейного способа строительства дренажа на орошаемых землях

Бестраншейный способ прокладки различных непрерывных коммуникаций — кабеля, трубопроводов — известен как в нашей практике, так и за рубежом. Однако все они отличаются небольшими размерами прокладываемых конструкций и малой глубиной.

Основой бестраншейного способа строительства дренажа в нашей стране явились научно-исследовательские и проектно-конструкторские разработки, проведенные во Всесоюзном научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова в период с 1964 г. С 1966 г. в работах активно участвует Орден Трудового Красного Знамени Территориальное Управление Голодностепстрой. Главсредазгирозхозострой, а также проектный институт "Средазгипроводхлопок".

Бестраншейный способ строительства дренажа состоит в укладке дренажной трубы и фильтрационного материала на дно щели, прорезаемой в грунте на необходимую глубину с помощью пассивного ра-

бочего органа. При этом процесс прорезания щели совмещается с укладкой трубы и фильтров, так как последние опускаются в грунт через специальные полости в теле ножа.

Возможность полной механизации и высокая скорость (500-3000 м/ч) укладки дрены в широком диапазоне гидрогеологических условий, простота и надежность рабочего органа - выгодно отличают этот способ строительства от традиционных, траншейных.

Однако из-за малой изученности процесса взаимодействия пассивного рабочего органа с грунтом при прорезании узких глубоких щелей (его энергоемкости и работоспособности уложенной этим способом дрены) бестраншейный способ строительства дренажа до последнего времени не находил широкого применения.

В 1964 г. отделом механизации ВНИИГиМа для зоны осушения был создан бестраншейный дреноукладчик УД-151 с глубиной закладки дренажа 1,5 м, а затем - и для зоны орошения с такой же глубиной.

Особенности работы дренажа в условиях орошения, особенно в аридной зоне, где при значительной высоте подсоса солей из грунтовых вод и больших значениях испарения нельзя допускать засоления активного слоя почвогрунтов, требует, чтобы глубина дренажа составляла не менее 3 м. В связи с этим для зоны орошения необходимо было создать бестраншейный дреноукладчик с глубиной 3 м.

Основные задачи, которые должны были быть при этом решены, можно сформулировать следующим образом:

1. Разработать конструкцию пассивного рабочего органа с глубиной до 3-х м, которая обеспечивала бы максимальную производительность при минимальной энергоемкости.

2. Исследовать взаимодействие рабочего органа и грунта и на основе этого разработать такую форму ножа, при которой достигается минимальное нарушение фильтрационных свойств грунта в зоне работы дренажа.

3. На основе лабораторных и опытно-производственных исследований установить оптимальную конструкцию дрены для бестраншейного способа укладки дренажа.

4. За счет комплекса конструктивных и технологических мероприятий обеспечить высокую точность и эксплуатационную надежность этого вида дренажа.

Сложность комплексного решения всей проблемы состояла в том, что для условий орошаемого земледелия не только отечественные, но и зарубежные теория и практика не имели соответствующих рекомендаций.

Известно, что за рубежом бестраншейный способ строительства закрытого горизонтального дренажа получил наибольшее распространение после создания гибких гофрированных пластмассовых дренажных труб. Начало создания бестраншейных дреноукладчиков в нашей стране и за рубежом практически совпало по времени. Начиная с конца 50-х гг. такие дреноукладчики были созданы в Австрии, Англии, ФРГ, ГДР, Финляндии, США, Нидерландах. Однако большая часть их предназначена для укладки дренажа на глубину 1,2 - 1,7 м, т.е. применима только в зоне осушения.

Оценка бестраншейного способа укладки дренажа по сравнению с традиционными, траншейными способами проводилась в Нидерландах при осушении полейдеров. Для укладки дренажа здесь применяли дреноукладчик типа австрийского "Дреномата" с пассивным рабочим органом в виде вертикального клина с узкой плоской режущей кромкой с переменным по глубине углом резания 30-60°. Укладывали дренажные трубы диаметром до 100 мм на глубину до 1,5 м.

В результате было установлено, что в грунтах с тяжелым механическим составом (суглинки и глина), особенно при высокой их влажности и пластичности, дренажи, уложенные бестраншейным способом, имеют модуль дренажного стока ниже, чем дренажи, уложенные траншейным способом, при одинаковой их конструкции. В песчаных и супесчаных грунтах различия в работоспособности дренажей не наблюдалось.

Разработка конструкции пассивного рабочего органа дреноукладчика

Анализ теоретических и экспериментальных работ по резанию грунтов показал, что с наименьшей энергоемкостью разрушение грунтов при резании происходит за счет деформаций сдвига, скола или отрыва при наличии открытой поверхности массива. Эти деформации являются основными, если ширина прорези превышает ее глубину или соизмерима с ней.

С ростом глубины прорези при постоянной ее ширине преобладающей деформацией грунта становится упруго-пластичное сжатие, которое по своей энергоемкости в 1,5-2,5 раза выше сдвига или скола. Начиная с определенной глубины, называемой критической,

"влияние" открытой поверхности массива на напряженное состояние грунта полностью исчезает, и образование прорези происходит только за счет вдавливания грунта в ее стенки и дно.

Соотношение между глубиной и шириной прорези определяет преимущественный вид деформации, за счет которой она образуется и, следовательно, энергоемкость процесса ее прорезания.

Если при постоянной глубине и ширине прорези отклонять режущую кромку рабочего органа вперед или назад по ходу движения (т.е. уменьшать или увеличивать угол резания), то в первом случае будет расти зона деформаций сдвига, а во втором — уплотнения.

Известно, что для зоны деформаций сдвига оптимальный угол резания, при котором тяговое сопротивление рабочего органа будет минимальным, находится в диапазоне $30-40^{\circ}$, а для зоны деформации уплотнения — 90° . При этом режущая кромка в зоне сдвига должна быть плоской (угол заточки 180°), а в зоне уплотнения — острозаточенной ($45-60^{\circ}$).

Существенное влияние на соотношение зон деформаций по глубине, при постоянных ширине и глубине прорези, а также углах резания и заточки режущей кромки, оказывают физико-механические свойства грунта.

Для пассивного рабочего органа бестраншейного древоукладчика (при 10-15-кратном превышении глубины прорези над шириной) минимальные тяговое сопротивление и энергоемкость процесса прорезания могут быть получены двумя путями. Первый основан на выборе такой формы режущей кромки, при которой по глубине прорези действуют обе зоны деформаций, но режущая кромка по глубине будет иметь различные параметры, оптимальные для каждой из зон. Второй — на выборе такой формы и параметров режущей кромки, при которой по всей глубине прорезаемой щели является преобладающей деформация сдвига, скола или отрыва грунта.

В 1965-1966 гг. ВНИИГиМом разработаны и изготовлены четыре экспериментальных пассивных рабочих органа для процесса резания грунта естественного сложения на глубину 2,5-3 м. Конструкция первых трех предусматривала получение минимального тягового сопротивления за счет оптимизации параметров режущей кромки в каждой из зон деформации. С целью разгрузки ходовой системы базового трактора от воздействия вертикальной составляющей силы резания, режущая кромка рабочих органов в зоне уплотнения была отклонена назад по ходу движения от вертикального положения на угол $30-40^{\circ}$, т.е. имела угол резания $120-130^{\circ}$. Рабочий орган такой формы был назван

"самоуравновешивающимся".

Четвертый экспериментальный рабочий орган имеет форму и параметры режущей кромки, при которых предусматривалось разрушение грунта на всю глубину прорези только за счет деформации сдвига или скола. Для этой цели режущая кромка рабочего органа выполнена в виде трех плоских, смещенных относительно друг друга назад по ходу движения, ступеней (зубьев разной ширины, но с одинаковыми глубинами резания) с оптимальными углами резания ($30-40^\circ$) для работы в зоне сдвига. Такой рабочий орган был назван "ступенчатым". На рисунке приведены схемы указанных рабочих органов.

Одновременно была изготовлена установка БДМ-300 для навески рабочих органов на трактор ДЭТ-250, которая позволяет легко менять рабочие органы, изменять их положение относительно базового трактора в продольной вертикальной плоскости, а также фиксировать усилия резания, удельные контактные давления грунта на режущие кромки рабочих органов и под гусеницей базового трактора при укладке гибких пластмассовых дренажных труб диаметром до 100 мм.

Экспериментальные исследования по бестраншейному способу укладки пластмассового дренажа с помощью установки БДМ-300 проводили в Голодной степи в различных гидрогеологических условиях.

В процессе исследований подтвердилось, что при резании грунта естественного сложения по глубине прорези имеются две зоны деформации грунта: сдвига и уплотнения. Однако резкой границы между ними нет. Все эти зоны отличаются характером деформации грунта и, следовательно, направлением перемещения грунтовой среды перед режущей кромкой рабочего органа. Из эпюра нормального давления грунта на режущую кромку рабочего органа, а также остаточных деформаций грунта, получаемых на поперечном разрезе щели, виден характер распределения зон. В нижней зоне, в сплошной анизотропной грунтовой среде, частицы под воздействием режущей кромки перемещаются в стороны дна и стенок щели; происходит сжатие окружающего грунта. Давление на режущую кромку на максимальной глубине максимальное. С уменьшением глубины давление в этой зоне сравнительно медленно убывает за счет уменьшения бокового давления вышележащей толщи грунта.

В средней зоне сказывается "влияние" открытой поверхности, т.е. происходит переход от условий резания в сплошной грунтовой среде к условиям резания в полугрунтовом пространстве. Грунтовая

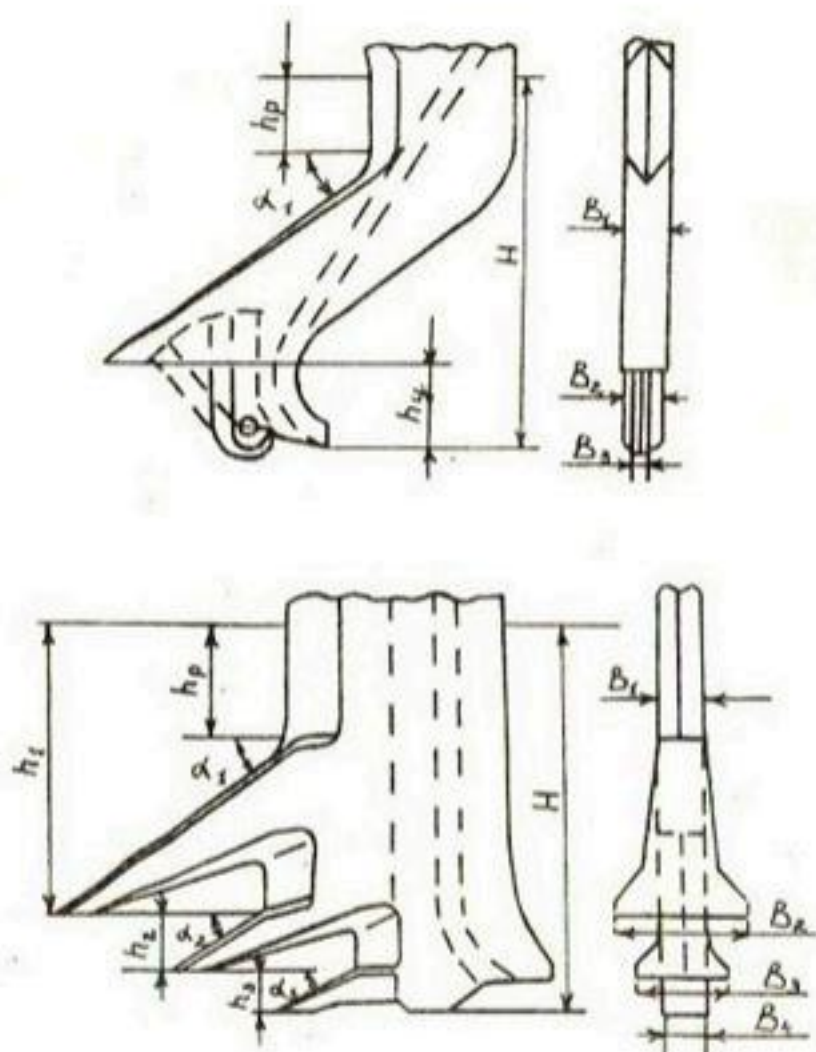


Схема рабочих органов.
Вверху — одноступенчатый
Внизу — трехступенчатый

масса под воздействием режущей кромки может более свободно перемещаться вверх. Этот участок на эпюре характеризуется резким снижением давления на режущую кромку.

В верхней зоне, в полугрунтовом пространстве, процесс резания идет за счет периодических сдвигов или сколов грунта. Грунтовая масса имеет свободный выход на поверхность. Эпюр давления грунта на этом участке выполаживается и постепенно падает до 0.

На поперечном разрезе щели можно проследить наличие всех трех зон на глубине. В нижней зоне стенки щели сильно уплотнены и параллельны вертикальной оси щели; в средней — стенки щели также уплотнены, но отклонены от вертикальной на угол $20-30^{\circ}$; в верхней зоне грунт разрыхлен, стенки щели отклонены от вертикали на угол $45-60^{\circ}$ и не уплотнены.

Размеры зон деформации грунта, а также их соотношение по глубине зависят от параметров режущей кромки рабочего органа (ширины, угол резания и заострения), а также от физико-механических свойств грунта и характера изменения их по глубине резания.

Эпюр распределения нормального давления на боковые поверхности рабочего органа по глубине идентична эпюре нормального давления грунта на лобовую режущую кромку, а величина этого давления в любом горизонтальном сечении в среднем в 2-5 раз меньше лобового. В зависимости от размеров боковых поверхностей рабочего органа и величины коэффициента трения грунта по ним сила, необходимая на преодоление трения грунта, составляет 15-30% от общего тягового сопротивления рабочего органа.

Углы резания и заострения лобовой кромки рабочего органа, принятой по результатам анализа теории резания грунта для зон сдвига и уплотнения, позволяют избежать образования здесь устойчивого уплотненного ядра во всех грунтах естественного сложения, и, следовательно, способствуют получению наименьшего тягового сопротивления рабочего органа.

Расположение рабочего органа относительно точки навески его на базовый трактор в вертикальной продольной плоскости (длина рамы) существенно влияет как на энергоемкость процесса резания, так и на устойчивость движения рабочего органа в грунте. При малой длине рамы навески давление от гусениц базового трактора передается на грунт в зоне резания, что ведет к значительному увеличению тягового сопротивления. Поэтому было установлено, что длина рамы навески рабочего органа должна быть такой, чтобы исключить подпор гусениц на грунт в зоне резания.

Разработка оптимальной формы ножа,
обеспечивающего минимальное нару-
шение фильтрационных свойств грунта

Многолетние исследования первоначального рабочего органа показали, что плотность грунта в зоне укладки дренажной трубы увеличивается в результате воздействия режущей кромки на 3-5%. Зона нарушения естественной структуры (зона влияния) зависит от формы, параметров режущей кромки и физико-механических свойств грунта и составляет от 0 до 200-300 мм вбок и вниз от центра дрены. Наибольшую плотность имеет грунт стенок и дна щели на контакте с рабочим органом. Далее по лучам плотность падает по экспоненциальной кривой до естественной на границе зоны. Соответственно коэффициент грунта изменяется по обратной кривой, т.е. наименьшее его значение имеют стенки и дно щели; далее по лучам коэффициент фильтрации повышается до естественного на границе зоны.

Наибольшего значения уплотнение грунта в зоне укладки дрены достигает в суглинистых грунтах при его абсолютной влажности, равной 20-25%. При укладке дрены в грунтах влажностью 6-12%, а также в водонасыщенных грунтах (ниже уровня г.г.в.) и в зоне капиллярного насыщения нарушение естественной структуры почти не происходит. Уплотнение не наблюдалось также в песчаных, супесчаных, а также загипсованных лугово-болотных грунтах.

В целях придания ножу универсальности отдел механизации ВНИИГиМа совместно с Голодноостепистроем в 1971-1972 гг. разработал и изготовил опытный экземпляр бестраншейного рабочего органа в виде ступенчатого вертикального ножа. Каждая из ступеней представляет собой острозаточенный вертикально поставленный рассекатель, имеющий в нижней части зуб с трапецидально уширяющейся книзу плоской режущей кромкой, поставленной под углом $30-36^{\circ}$ к направлению движения. Плоские режущие кромки зубьев смещены относительно друг друга в направлении, обратном направлению движения, а рассекатели второй и третьей ступеней расположены соответственно за уширяющимися частями плоских режущих кромок первой и второй ступеней.

В каждой из ступеней соотношение между максимальной шириной режущей кромки и глубиной резания ступеней подобрано таким образом, чтобы максимально исключить деформацию уплотнения грунта при прорезании щели. При этом первая ступень сдвигает (скалывает) грунт в сторону открытой поверхности массива, а вторая и третья - в полости, образуемые в грунте трапецидальными уширителями режущих кромок, соответственно первой и второй ступеней.

Экспериментальная проверка распределения уплотнения при новом рабочем органе показала, что уплотненная зона распространяется только ко дну траншеи и имеет значительно меньшее развитие. Поэтому конструкция этого рабочего органа (авторское свидетельство № 419682) была рекомендована для производственного внедрения.

Анализ показал, что потребное тяговое усилие дреноукладчика при постоянных параметрах рабочего органа и глубине резания 3 м будет составлять:

– 20–35 т в грунтах первой категории при $C_{\phi} = 1-4$ (средняя по глубине твердость, определяемая ударником ДорНИИ в соответствии с ГОСТом 9693–67);

– 35–50 т в грунтах второй категории при $C_{op} = 5-8$;

– 50–90 т в грунтах третьей категории при $C_{op} = 9-15$.

Наиболее распространенными в зоне орошения являются грунты второй категории, которые по своему гранулометрическому составу относятся к средним или тяжелым суглинкам и имеют объемный вес скелета $1,5-1,6 \text{ г/см}^3$. Тяговое усилие в 35 т может быть обеспечено при применении одного дополнительного трактора – тягача ДЭТ-250, а в 50 т – двух.

Исследования показали, что большое влияние на энергоемкость резания имеет влажность грунта – с увеличением его влажности тяговое сопротивление рабочего органа падает. Таким образом, бестраншейный способ строительства дренажа дает наибольший эффект при высоком уровне стояния грунтовых вод (1–1,5 м), т.е. при максимальной влажности толщи грунта, прорезаемой пассивным рабочим органом при таких условиях, при которых другие механизмы работать не могут.

Следует отметить, что имеющее место уплотнение грунта в придренной зоне даже при старой конструкции ножа хотя и уменьшает приток к дрене в 2–3 раза, но действует непродолжительное время и уже на 2-й год за счет разуплотнения дренажный модуль увеличивается. Об этом свидетельствуют данные наблюдений за дренажным стоком в совхозе № 26 на 2-й и 3-й год работы дренажа.

Более существенное влияние на водопроницаемую способность дрены оказывают конструкция и вид фильтра.

Оптимальная конструкция дрена при бестраншейном способе строительства

Первоначально ВНИИГМ для бестраншейного дренажа рекомендовал конструкцию дрена, в которой полиэтиленовые гофрированные трубы диаметром 63–75 мм обматывались в качестве фильтра капроновой тканью. Для закрытого дренажа оптимальными диаметрами труб являются 100 и 150 мм. Однако, учитывая, что до настоящего времени промышленность не выпускает таких труб, было решено применять дрена с максимально выпускаемыми диаметрами – 63–75 мм, а в связи с тем, что диаметры менее критических, междреннее расстояние уменьшать в 3–4 раза. Поэтому вместо междренних расстояний в 150–200 м фактически в Голодной степи принималась их величина в 50 м.

Наблюдения за работой дрена, построенных в 1969–1970 гг. в различных районах Голодной степи, показали, что эта конструкция дрена обеспечивает необходимый дренажный модуль 0,15–0,20 л/с/га только в грунтах с большим коэффициентом фильтрации (пески, хорошо фильтрующиеся заглинованные лугово-болотные отложения) – более 1 м/сутки. В суглинках, лессовидных супесях и глинах фактические модули стока оказались в несколько раз меньшими. Стало ясно, что кроме уплотнения в старой конструкции дренажа, имело место и влияние других факторов. Предполагалось влияние перфорации (по диаметру и количеству рядов), а также величины водоприемной поверхности и типа фильтра.

Чтобы установить влияние отдельных факторов, Голодноостелстроем на фильтрационном лотке были проведены наблюдения за стоком девяти различных конструкций дренажа, характеристика которых приведена в табл. I.

В опыте применялись различные виды фильтровых материалов: капроновая ткань, стеклоткань, жгуты, песчаная обсыпка и капроновая ткань с песком. Кроме того, для капроновой ткани менялся характер перфорации – диаметр, количество рядов.

В результате было установлено, что наибольший расход наблюдался при обсыпке труб песком, меньший – при капроновой ткани с песком, еще меньший – при капроновой ткани без песка, стеклоткане и жгуте. Вид синтетического материала и увеличение перфорации свыше 6 рядов с диаметром отверстий 1,5 мм при тех малых расходах, с которыми мы имеем дело в бестраншейном дренаже, существенно не влияли на водоприемную способность дренажа. Учитывая результаты

лабораторных исследований, эффективный диаметр дрен был увеличен за счет применения объемного материала в качестве фильтра. Для этого рабочий орган в 1972 г. был снабжен специальным бункером для укладки вокруг дренажной трубы песчано-гравийной обсыпки размером 20х30 см, т.е. толщина подстилающего и засыпающего слоя (диаметр дрены 7,5 см) составляет 11 см, а толщина засыпки сбоку — 6 см. Загрузка рабочего органа песчано-гравийной смесью проводится автосамосвалом с помощью специального приемного откидного ковша.

Конструкция этого рабочего органа с бункером является универсальной, так как она позволяет укладывать дренаж в глинистых, суглинистых и супесчаных грунтах с песчаной обсыпкой и в хорошо проницаемых грунтах — с напроновым или другим фильтровым материалом.

Таблица I

Характеристика различных конструкций дренажа

№ дрены	Диаметр отверстий, мм:		Фильтровой материал			
	6 рядов	12 рядов	гнут, : ряды	стекло- : ткань	напрон	песок
1	1,5					+
2	1,5				+	
3	2,5				+	
4	1,5			+		
5	1,5		4			
6	1,5		1			
7		2,5			+	
8		1,5			+	
9	1,5					+

Обеспечение точности укладки
бестраншейного дренажа

Точная, высококачественная укладка дрен с помощью уравнивающегося первоначального рабочего органа возможна только в однородных изотропных по длине и по глубине трассы грунтах. Уже первые дрены показали, что в результате резкой анизотропности физико-механических свойств грунтов естественного сложения

(особенно при наличии гипсовых "шохов") самоуравновешивание вертикальных составляющих от сил резания невозможно. При этом заглубляющие и выглубляющие моменты от сил резания настолько велики, что даже при запертых гидроцилиндрах подъема рабочего органа они вызывают значительные отрицательные или положительные дифференцы базового трактора (соответственно отклонения от проектной глубины укладки дрены достигали $\pm 0,20$ см). В результате было выявлено, что наиболее приемлемым для доброкачественного строительства дренажа бестраншейным способом является рабочий орган, форма и параметры которого позволяют иметь в процессе работы в любых грунтах некоторое превышение заглубляющего момента от сил резания над выглубляющим. При этом рабочий орган должен опираться на лыжи, идущие по спланированной поверхности трассы.

Наряду с усовершенствованием режущей части рабочего органа была частично изменена конструкция его навески. Для того, чтобы придать устойчивое положение рабочему органу в процессе укладки, длина рамы навески его была увеличена. Это обеспечило наличие постоянного в процессе резания заглубляющего момента, действие которого воспринимается лыжами, опирающимися на поверхность грунта. Если в первоначальной конструкции рабочего органа линия действия результирующих сил резания проходит ниже точки поворота рамы навески, т.е. имеет место постоянный заглубляющий момент от сил резания, то в новой конструкции ножа обеспечивается постоянный незначительный заглубляющий момент относительно точки поворота рамы.

Такое ограничение перемещений ножа привело к тому, что отклонения укладки дренажной линии от проекта и корыта составили $\pm 3-4$ см.

Таким образом, усовершенствованная конструкция бестраншейного дреноукладчика, созданного в 1972 г., устранила все выявленные ранее недостатки в технологии и, как показано будет далее, сравнительные опытно-производственные испытания окончательного варианта "ступенчатого" рабочего органа с ранее применявшимся "самоуравновешивающимся", проводившиеся в 1973-1974 гг. в совхозах № 7 и № 31 Голодной степи, полностью подтвердили результаты экспериментальных исследований и показали эффективность предложенных конструкций дренажа и бестраншейной технологии.

Разработка технологии и принципов организации строительства бестраншейного дренажа

В зависимости от фильтрационных свойств грунтов дренируемого массива были приняты две типовые конструкции дрена: с песчаной обсыпкой для слабофильтрующих и с обмоткой из капрона и стеклоткани для хорошо фильтрующих грунтов. В связи с этим и было разработано две разновидности технологии устройства дренажа для каждого из этих случаев (табл.2).

Состав технологических операций. Таблица 2

Операция	Конструкция	
	: с песчаной обсыпкой	: с тканевым материалом
<u>Основные операции</u>		
Устройство корыта скреперами	+	+
Устройство заходных шурфов	+	+
Раскладка труб	+	+
Укладка дренажа	+	+
Засыпка корыта	+	+
Устройство устьев	+	+
Устройство колодцев	+	+
<u>Вспомогательные операции</u>		
Подвоз песка на объект	+	
Разрезка и заготовка ткани		+
Обмотка труб тканью		+
Подготовка рулонов с трубами	+	+
Доставка рулонов с трубами на объект	+	+

Как видно из табл.3, технологический процесс устройства бестраншейного дренажа отличается рядом вспомогательных операций, а также темпом и составом машин и механизмов для его укладки. Если приходится укладывать дренаж с песчаной обсыпкой, то в связи с загрузкой песка требуются дополнительные затраты механизмов (два самосвала МИЗ-595 и погрузчик песка) и увеличение затрат времени основных механизмов.

Разработка технологии строительства бестраншейного дренажа основывалась на максимальном использовании существующей технологии строительства траншейного дренажа при коренном изменении отдельных операций, направленных на упрощение и повышение надежности всего технологического цикла.

Бестраншейный дреноукладчик был рассчитан на закладку дрен при постоянном заглублении рабочего органа. Поэтому перед укладкой предусматривается планировка трассы (устройство корыта) под заданный уклон. В результате совместных предложений ученых и производственников был испытан и внедрен эффективный способ регулирования уклона дрен в процессе укладки. Для этого без изменения основных производственных операций на дреноукладчике была смонтирована и отлажена система гидроуправления лыжами рабочего органа. Машинист получил возможность быстро и легко изменять глубину заложения дренажа в любой момент времени, а скреперы были освобождены от необходимости тщательной планировки трассы, ограничиваясь грубой разработкой с точностью ± 15 см, что повысило их производительность на 30%. Регулирование уклона по этой схеме свелось к наблюдению с помощью нивелира или теодолита за рейкой, установленной на рабочем органе, и подаче соответствующих команд машинисту по портативному радиопередатчику. Среднемаксимальные отклонения дренажной линии от проектного положения не превышают ± 2 см на всех рабочих скоростях дреноукладчика.

В результате рассмотрения двух вариантов заготовки труб установлено, что предварительная раскладка дренажных труб вдоль трассы более выгодна, чем доставка их к дреноукладчику в барабанах с последующей установкой их на машину. С одной стороны, это исключает одну из операций дреноукладчика и, следовательно, снижает его технологические простои. С другой стороны, в процессе раскладки труб можно легко обнаружить и исправить дефекты самих труб (вмятины, порезы) и дефекты их тканевых фильтров (в случае применения этих материалов).

Для беспесчаной укладки дренажа были изготовлены станки для размотки, резки и намотки рулонных фильтровых материалов на трубы.

Эффективность использования бестраншейного дреноукладчика при укладке пластмассового дренажа с песчано-гравийным фильтром во многом зависит от обеспечения его фильтровым материалом. В ходе решения этой задачи было детально разработано и всесторонне рассмотрено три способа:

1. Песчано-гравийную смесь доставляют к месту укладки авто-транспортом в сменных металлических бункерах, которые затем устанавливают на рабочий орган специальным краном.

2. Передвижной бункер-питатель работает синхронно с дреноукладчиком и равномерно подает необходимое количество смеси в приемный бункер при помощи ленточного транспортера.

3. Смесь доставляют к месту укладки самосвалами и загружают непосредственно в бункер дреноукладчика.

Как наиболее экономичный, простой в осуществлении и апробированный при строительстве дренажа траншейными дреноукладчиками был выбран третий способ. Для сокращения затрат времени на засыпке фильтрового материала бункер был выполнен в форме откидного ковша, шарнирно прикрепленного к рабочему органу. Опускание его для загрузки и подъем в рабочее положение осуществляются при помощи трособлочной системы и специально установленного гидроцилиндра. Управление бункером было выведено в кабину машиниста.

С учетом перечисленных разработок укладка дрены проводится в следующем порядке:

а) дреноукладчик задним ходом по подготовленной трассе подъезжает к устью и опускает рабочий орган на требуемую глубину в специально подготовленный шурф;

б) конец дренажной трубы пропускают по трубопроводу через рабочий орган и закрепляют на дне шурфа;

в) включают рабочий ход и дреноукладчик двигается до тех пор, пока рабочий орган полностью не войдет в грунт;

г) бункер дреноукладчика загружают песчано-гравийной смесью и переводят в рабочее положение;

д) включают рабочий ход и дреноукладчик укладывает дренажную линию с направленным регулированием глубины до тех пор, пока не израсходует запас фильтроматериала в бункере;

е) цикл рабочий ход - загрузка повторяется до окончания укладки;

ж) по окончании укладки дренажной линии рабочий орган выглубляют, переводят в транспортное положение и дрепоукладчик переезжает на новую трассу.

Для беспесчаной укладки дренажа исключается позиция (г) и процесс становится непрерывным, а не циклическим, независимым от подвозки фильтроматериала.

Для условий Голодной степи производительность бестраншейного дрепоукладчика с песчаной обсыпкой равна 2000 м в смену, а с рулонными фильтрами — 3000.

Исходя из этих данных, определены состав и количество машин, необходимых для поточного строительства дренажа указанным темпом (табл.3).

Таблица 3

Оптимальный состав машин и бригад для поточного строительства дренажа бестраншейным способом

Показатель	Конструкция			
	: с песчаной обсыпкой		: с рулонным фильтром	
	: без радиоуправления		: с радиоуправлением	
	: с радиоуправлением		: с радиоуправлением	
I	2	3	4	5
Бестраншейный дрепоукладчик БДМ-301	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Скреперы Д-374а с двухсменным режимом работ	$\frac{13}{26}$	$\frac{9}{18}$	$\frac{13}{26}$	$\frac{9}{18}$
Бульдозеры Д-694 с двухсменным режимом работ	$\frac{5}{10}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{5}{10}$
Тягачи для дрепоукладчика ДЭТ-250, 3 шт.	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$
Трактор МТЗ-50 для доставки дренажных труб	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$
Автосамосвалы ММЗ-555, 2 шт.	$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{2}$	-	-
Погрузчик песка Д-574	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	-	-
Дренопромывная машина ПЛТ-125 для устройства устья	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$

Окончание табл. 3

I	:	2	:	3	:	4	:	5
Экскаватор Э-352 для рытья шурфов		$\frac{I}{I}$		$\frac{I}{I}$		$\frac{I}{I}$		$\frac{I}{I}$
Монтаж сооружений		$\frac{=}{4}$		$\frac{=}{4}$		$\frac{=}{4}$		$\frac{=}{4}$
Разнорабочие		$\frac{=}{3}$		$\frac{=}{3}$		$\frac{=}{3}$		$\frac{=}{3}$
Итого		$\frac{28}{56}$		$\frac{24}{48}$		$\frac{25}{53}$		$\frac{21}{45}$

Примечание: в числителе количество машин, в знаменателе — количество рабочих.

Наряду с резким повышением производительности труда бестраншейный способ строительства увеличивает надежность укладки дренажа.

Простота, надежность и минимальный срок — основные факторы, благодаря которым предложенная технология строительства закрытого дренажа бестраншейным способом получила широкое признание мелиораторов Средней Азии. Эти же факторы определили минимальный срок освоения новой технологии производством. По существу, пусковой период составил не более одного месяца, в течение которого Голодноостепстроем был организован и оснащен необходимыми материально-техническими ресурсами специализированный участок по строительству пластмассового дренажа бестраншейным способом. С окончанием организационно-технической подготовки участок немедленно вошел в выполнение производственной программы мелиоративных работ. За первые четыре года внедрения бестраншейного способа с помощью дреноукладчика БДМ-300, а затем усовершенствованной его модели БДМ-301 уложено свыше 1000 км закрытого дренажа.

Мелиоративная эффективность пластмассового дренажа, уложенного бестраншейным способом

Под мелиоративной эффективностью дренажа на орошаемых землях подразумевается его способность поддерживать оптимальный водно-солевой режим почвогрунтов при поливе сельскохозяйственных культур или обеспечивать полный и быстрый вынос токсичных солей

при промывке засоленных земель.

Работоспособность дренажа оценивается следующими показателями:

- количество отведенной воды в единицу времени с единицы дренируемой площади (модуль дренажного стока л/с на 1 га);
- характером изменения модуля дренажного стока при изменении действующего в междреньи напора;
- динамикой уровня грунтовых вод на фоне дренажа и скорости снижения его после полива или промывки (см/сутки);
- изменением содержания солей в активной зоне, а также глубиной и характером достигнутого в результате промывки рассоления почвогрунтов.

При оценке эффективности пластмассового дренажа, уложенного бестраншейным способом, показатели его работы сравнивались с расчетными показателями или же с показателями работы дрен, уложенных традиционным способом в аналогичных гидрогеологических условиях. При этом плотность пластмассового дренажа составляла 200 м/га, а плотность дрен, уложенных традиционным методом, не превышала 100 м/га.

Наблюдения за работой бестраншейного дренажа, которые проводились при поливе сельскохозяйственных культур на опытных участках совхозов № 4, 7, 26 и 31, а при промывке засоленных земель - в совхозах № 4, 5 и "Пахтакор" Голодной степи, показали следующее:

1. Наиболее приемлимым для бестраншейного строительства дренажа является ступенчатый рабочий орган, форма и параметры которого позволяют получить сечение дрены в грунте с минимальным нарушением естественной структуры грунта в природной зоне.

2. Увеличение эффективного диаметра с помощью объемной круговой песчано-гравийной фильтрационной обсыпки обеспечивает максимальную эффективность работы дрены в грунтах с низкими (0,1-0,5 м/сутки) коэффициентами фильтрации.

3. Применение дрен с малым эффективным диаметром (например, при защите дренажных труб до 100 мм тонким слоем синтетического фильтра из капроновой или стеклоткани) при строительстве дренажа в грунтах с $K_f > 1,0$ м/сутки (совхоз № 31) обеспечивает величину дренажного модуля при междренних расстояниях в 50-60 м при приведенном напоре в 1 м 0,35-0,43 л/с/га в условиях полива, что в 2,0-2,5 раза выше проектного.

Уровень грунтовых вод при поливе соответствует проектному, а после него он снижается на 6–10 см в сутки. Запасы солей снижаются от 1,4% до 0,62% по плотному остатку за вегетационный период. Исследования показали возможность уменьшения междренних расстояний до 100–120 м, а плотность дренажа – до 90–100 м/га.

4. В грунтах со слабой водопроницаемостью ($K_{\phi} < 0,5$ м/сутки) бестраншейный дренаж, оснащенный трехступенчатым ножом, обеспечивает величину приведенного дренажного модуля при междренях в 50 м 0,15–0,25 л/с/га, скорость снижения уровня грунтовых вод после полива – 3–7 см/сутки. Темп рассоления достаточно высокий – 12–50 т/га за сезон. Расчеты позволили уменьшить междренние расстояния до 70–75 м.

5. При капитальных промывках дрены, уложенные в тех же условиях и такой же конструкции (как в п.4), обеспечивают средний дренажный модуль 0,38 л/с/га против проектного 0,28–0,3. Скорость снижения уровня грунтовых вод после промывки повсеместно превысила 10 см/сутки. Глубина рассоления при проектной промывной норме превышает 1 м, а на отдельных участках достигает 2-метровой глубины.

6. Дрены, уложенные бесступенчатым рабочим органом с коэффициентом фильтрации грунта менее 0,5 л/сутки, в первый год после строительства имеют низкую работоспособность из-за уплотнения рабочей зоны, однако в дальнейшем (вследствие разуплотнения) дренажный модуль увеличивается в 2–3 раза.

7. Расхождение теоретически полученных величин притоков к 1 м пластмассовой дрены с песчано-гравийным фильтром (по формуле Ведерникова) с фактически установленными при $K_{\phi} = 0,1–0,3$ м/сутки находится в пределах 5%, а расхождение модулей дренажного стока для дрен, уложенных бестраншейным и традиционными способами, не превышает 2–3%.

8. На всех участках, где применяли бестраншейный дренаж, урожайность сельскохозяйственных культур повысилась и солевое угнетение не наблюдалось.

Экономическая эффективность бестраншейного способа строительства

Годовой экономический эффект определяется путем сравнения исходных показателей по себестоимости и затратам на увеличение производственных, основных и оборотных фондов с показателями, полученными после внедрения мероприятия по новой технике, и ум-

ножения полученных результатов на годовой объем производства. Расчет проводится по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = [(C_c + EK_c) - (C_n + EK_n)] A_n, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}$ - годовой экономический эффект, руб.

C_c - стоимость осушения 1 га земель по старой технологии, руб/га;

C_n - стоимость осушения 1 га земель бестраншейным способом, руб/га;

K_c - удельные капитальные затраты на единицу годового объема работ до внедрения мероприятия, руб/га;

K_n - удельные капитальные затраты на единицу годового объема работ после внедрения мероприятия, руб/га;

A_n - годовой объем работ, производимый после внедрения мероприятия, га;

E - нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных затрат, равный 0,15.

Если уменьшить междренные расстояния на бестраншейном дренаже в два раза по сравнению с траншейным с теми же параметрами, и привести данные формулы (1) к удельным показателям на 1 м, можно определить экономическую эффективность одного комплекта механизированного потока машин при бестраншейной укладке.

$$\mathcal{E} = \left[C_c^I - 2C_n^I + 0,15 \left(\frac{K_c^П}{A_{ГС}^I} - \frac{K_n^П \cdot 2}{A_{ГН}^I} \right) \right] \cdot \frac{A_{ГН}^I}{2}, \quad (2)$$

где C_c и C_n - соответственно стоимость 1 м дренирования по старой и новой технологии;

$K_c^П$ и $K_n^П$ - стоимость капитальных вложений на 1 комплект машин по новой и старой технологии;

$A_{ГС}^I$ и $A_{ГН}^I$ - производительность нового и старого комплектов машин в метрах в год.

Результаты расчетов сведены в табл.4.

Существующая технология по методу "полки" позволяет бригаде трубоукладчиков из 10 человек в комплексе с двумя экскаваторами Э-652, двумя бульдозерами Д-271, одним краном АК-7,5 т, одной тележкой и одним самосвалом уложить в год 12,6 км закрытого дренажа.

Таблица 4

Расчет экономической эффективности внедрения бестраншейного дренажа и показатели различных технологий

Метод "полки"	Бестраншейная технология					показатель
	: с песчаным фильтром		: с тканевым фильтром			
	: без радио-	: с радио-	: без радио-	: с радио-		
	: управления:	: управле-	: управления:	: управле-		
		: нием		: нием		
С 16,25	4,62	4,62	4,40	4,40	стоимость I м	
К ^П 48812	363,132	335,052	354,240	326,160	стоимость комплекта машин, руб.	
A ^I _Г 12600	250,000	250,000	375,000	375,000	годовая про- изводитель- ность, м	
600	4460 ^{х)}	5205 ^{х)}	7037 ^{х)}	8333 ^{х)}	выработка в год на одного рабочего, м	
2I	56	48	53	45	состав бри- гады	
Э -	893,750	898,750	1426,875	1455,000	экономическая эффективность в год, руб.	
	7,15	7,19	7,61	7,76	в том числе на I м	

х) в приведенном к методу "полки" необходимо разделить на 2.

Годовой экономический эффект от внедрения технологии бестраншейного способа строительства дренажа составляет 900-1400 тыс.руб. на один комплект машин, включая обслуживающий персонал.

У.Ю.Пулатов, В.Н.Бердянский, А.Н.Мирсагатов,
САНИИРИ

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ЗОНЕ ОРОШЕНИЯ

В настоящее время достигнуты определенные успехи в совершенствовании используемых материалов, способов и механизации строительства закрытого дренажа.

Как известно, строительство закрытого дренажа осуществляется двумя путями: открытой разработкой выемки (открытый способ) и без нарушения поверхности наддренного слоя грунта (закрытый или бестраншейный).

В данное время широко применяется только открытый способ строительства; бестраншейный из-за большой протяженности дрен экономически нецелесообразен и не всегда практически осуществим (он может найти применение при устройстве устьевых частей дрен и при пересечении дренами различных наземных сооружений).

Открытый способ строительства в зависимости от габаритов выемки имеет три разновидности: широкотраншейный (полумеханизированный), траншейный и узкотраншейный (целевой), которые характеризуются одновременно специфическими, геологическими и гидрогеологическими условиями своего применения.

Широкотраншейный способ используется, как правило, для укладки дрен в обводненных неустойчивых грунтах. Способ этот характерен тем, что траншея отрывается с устойчивыми, на период строительства, откосами и глубиной, превышающей проектную на 0,3-0,5 м. Такая траншея фактически является открытой дренажной линией, достаточно быстро отводит грунтовую воду, снижая ее горизонт, в придренной полосе. За счет этого откосы траншеи осушаются и приобретают еще большую устойчивость для укладки на одном из них дренажной линии из труб с фильтром. Делается это путем открытия на откосе полки или траншейки с проектным продольным и поперечным профилем.

Опыт строительства дрен широкотраншейным способом в Голодной степи со временем все более совершенствуется, в частности вместо рытья траншей с равновеликими откосами, на одном из них, на ко-

тором намечалась укладка дрены, откос делался согласно расчетному заложению, а крутизну противоположного увеличивали до предельно допустимой. Этим достигнуто значительное сокращение объема земляных работ, большая (до 20 м^3 в среднем) величина которого характеризовала широкотраншейный способ как весьма трудоемкий. Объем строительства дренажа этим способом составляет по Голодной степи около 40%, а при освоении новых массивов Джизакской степи прогнозируется не меньшее его использование. Широко-траншейный способ строительства может найти себе применение также при реконструкции открытых дренах в закрытые.

Траншейный способ используется, как правило, для прокладки дрена в устойчивых грунтах. Характеризуется он вертикальными боковыми стенками траншей и минимально допустимой шириной (0,6 м). Этот способ нашел широкое применение, особенно в Голодной степи, где им прокладывается 50–60 % закрытых дрена.

Узкотраншейный способ применяется в основном для прокладки дрена в плотных грунтах с малыми коэффициентами фильтрации, независимо от фактора обводненности их, и обеспечивает высокую технологическую надежность только при использовании цельных плетей дренажных труб (гибких перфорированных из пластмасс). Дело в том, что укладка дрена этим способом из небольших отрезков труб практически не позволяет ни следить за ней, ни исправлять возможные дефекты в процессе строительства. Сечение выемки в этом способе характеризуется вертикальными боковыми стенками и шириной меньше 0,5 м.

Типовые сечения траншей всех трех способов показаны на рис. I.

Каждый из рассмотренных способов открытого строительства дренажа с точки зрения механизации работ может выполняться за один проход машины-комбайна или за несколько проходов комплекса специализированных машин. В первом случае (однопроходный способ) все или основные операции технологического процесса выполняются одновременно. Во втором (многопроходный способ) – каждая из основных операций ведется в определенной последовательности, специально предназначенной для нее машиной.

К основным операциям строительства закрытых горизонтальных дрена относятся подготовка трассы, отрытие выемки, укладка фильтрующего материала и дренажных труб, засыпка траншеи грунтом и его уплотнение, устройство концевой части и устья дрена. Операции по строительству контрольно-смотровых колодцев здесь не затрагиваются, так как сами сооружения-колодцы на дренах являют-

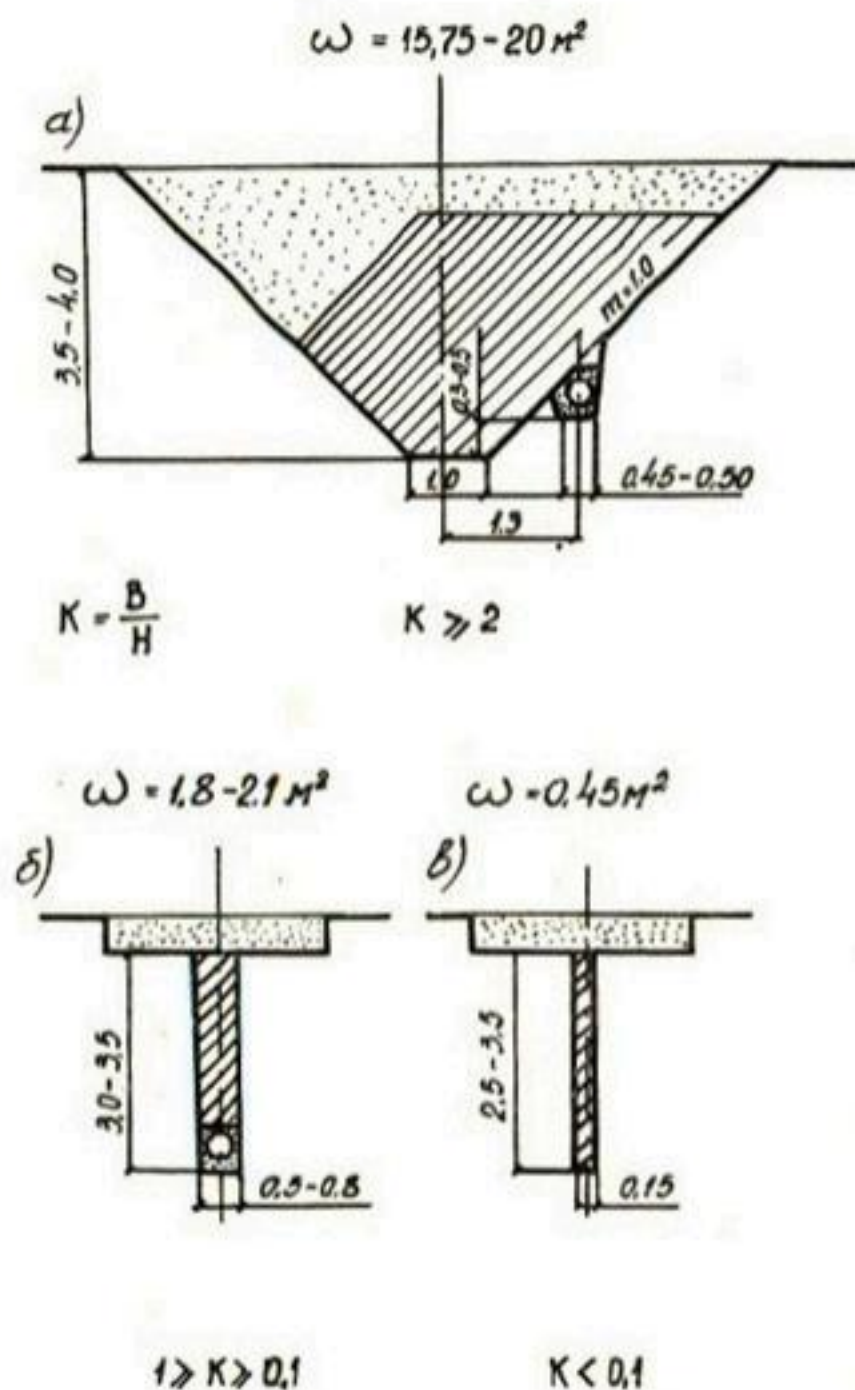


Рис. I. Поперечные сечения траншей закрытых дрен, прокладываемых открытым способом.

- а) при широкотраншейном методе строительства;
- б) при траншейном;
- в) при щелевом.

ся вспомогательными, а вопрос их надобности вообще и, тем более, времени устройства и сегодня остается дискуссионным и не решенным. Ясно одно, что в технологию прокладки дрен устройство колодцев вносит нежелательный организационный, а в конструкцию — физический разрыв.

Выбор способа строительства закрытого горизонтального дренажа обуславливается его конструкцией, гидрогеологическими и грунтовыми условиями объекта. Однако до настоящего времени еще не разработаны достаточно обоснованные критерии выбора способа прокладки дренажа в зоне орошения, несмотря на широкий опыт применения многих разновидностей открытого способа его строительства. Таким критерием должно стать обоснование технической возможности и экономической целесообразности того или иного способа. Таким образом, разработка методики определения технико-экономической эффективности различных способов и средств строительства дренажа — задача актуальная и неотложная, которая может быть успешно разрешена только при условии установления всех факторов, характеризующих их.

При прокладке закрытых дрен широкотраншейным способом в качестве основных машин используют экскаваторы-драглайны на разработке траншей и бульдозеры на обратной засыпке и уплотнении грунта гусеницами. Все остальные операции, включая рытье ложа, укладку труб с фильтром и засыпку дрена предохранительным слоем грунта, проводят вручную. Следует заметить, что хотя соотношение стоимости механизированных и ручных работ составляет соответственно 84 и 16 %, трудоемкость последних слишком велика. Большой объем механизированных работ, трудоемкость процессов ручного труда и низкая производительность — основные недостатки широкотраншейного способа. Однако на сегодняшний день он является универсальным и единственно применяемым почти в любых гидрогеологических и грунтовых условиях способом, позволяющим проводить пооперационный контроль, и в этом его большое преимущество. Если при строительстве дренажа в Голодной степи этот способ применялся в 40% случаев, то перспективы использования его, например, при освоении новых земель в Джизакской степи, возрастают и обязывают неотложно ставить и решать вопросы механизации всех процессов строительства.

За рубежом широкотраншейный способ строительства дренажа применяется также в неустойчивых и плавунных грунтах. В США, например, в подобных условиях дрена укладывают на дно траншеи, которое осушается откачкой воды из колодцев, устраиваемых по ее

трассе. Кроме того, в плавунных грунтах применяют длинные дренажные трубы или короткие с деревянными сляками под них. Траншею отрывают экскаваторами-драглайнами, засыпают грунтом бульдозерами и ими же послойно уплотняют грунт. Все остальные операции также выполняют вручную.

Прокладка дрен комплексом специализированных машин, в силу первоначальной направленности на создание однопроходных машин-комбайнов и благоприятствовавших тогда для этого гидрогеологических и грунтовых условий, совершенно выпала из поля зрения буквально всех организаций, призванных решать вопросы механизации строительства дренажа.

Имеется ли перспектива развития широкотраншейного способа строительства, каковы направления и насколько они реальны и надежны для осуществления? На эти вопросы ответ может быть найден при рассмотрении двух основных направлений.

Первое направление — это механизация всех процессов работы, выполняемых в настоящее время вручную; второе — это разработка новых способов, позволяющих не только механизировать все процессы строительства, но и резко снизить общую стоимость и трудоемкость строительства.

Какова же реальность каждого из этих направлений? В СНИИРИ имеется достаточно соответствующих технологических и конструктивных проработок для того, чтобы рекомендовать в перспективе механизацию всех ручных процессов. Так, например, для нарезки ложа дрен на строительном откосе предлагается ротационный роющий орган, навешенный на тракторе (рис. 2-а), по типу каналоочистительной машины. Для укладки фильтра предлагается использовать транспортное средство с бункером, дозирующим транспортером и спускным лотком или хоботом (рис. 2-б); для укладки дренажных труб — оборудование, состоящее из устройства, подающего их в ложе, и механизма, производящего стыковку труб (рис. 2-в). В качестве базы для всех этих машин предлагается использовать серийно выпускаемые тракторы.

Для прохода этих машин берма траншеи со стороны строительного откоса предварительно планируется по уклону проектной дренажи. Выполнять эту операцию можно с помощью нового экскаватора-планировщика. Технология с обеспечением базовой поверхности для прохода специализированных машин позволит, благодаря увеличению объема земляных работ на планировке пути, упростить их конструкции, увеличить надежность и производительность каждой и в результате получить значительный экономический и качественный эффект.

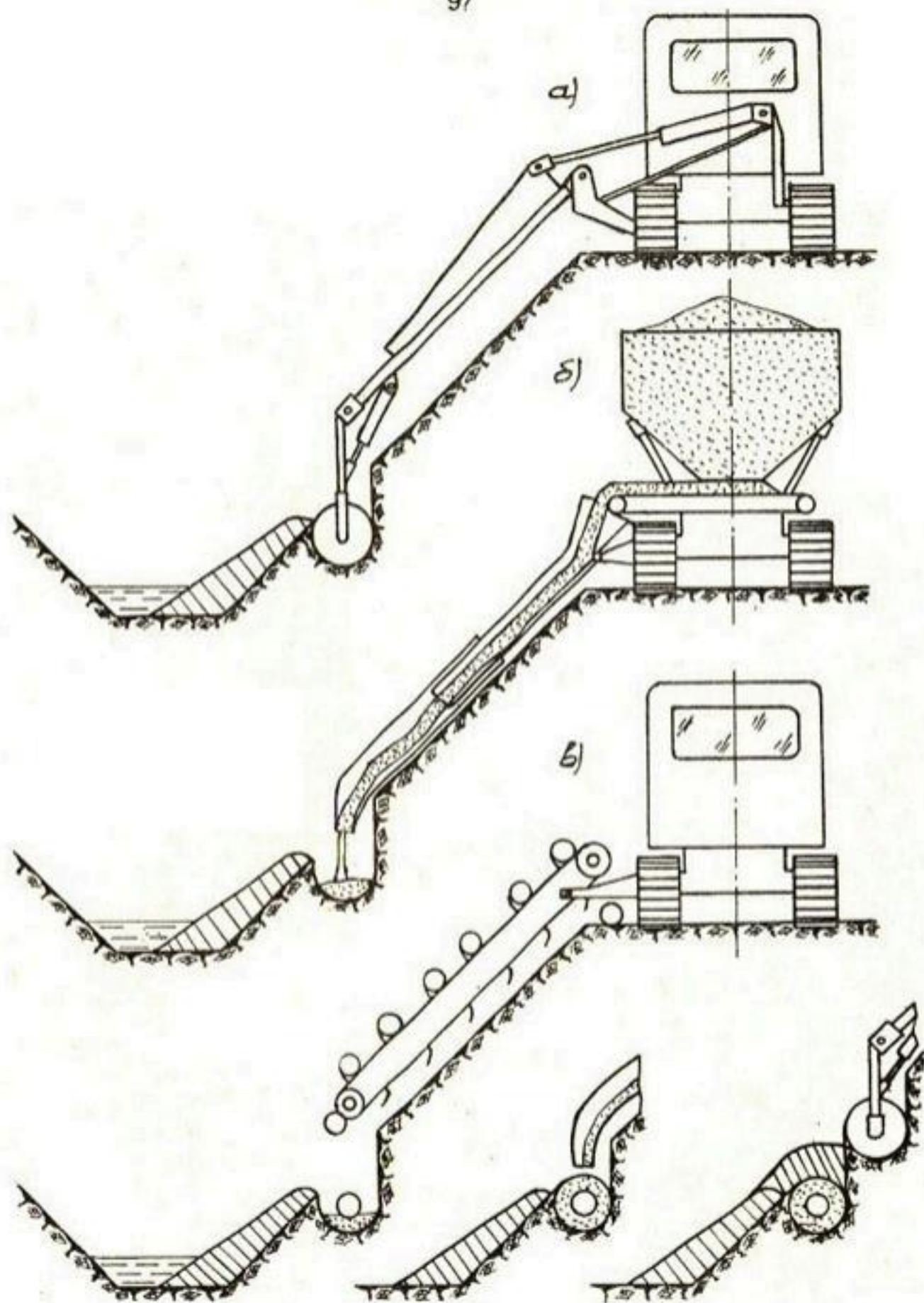


Рис. 2. Комплекс специализированных машин.

- а) - для нарезки ложа;
- б) - для укладки фильтрующего материала;
- в) - для укладки дренажных труб.

Перспективным, на наш взгляд, является предложенный в САНИИРИ способ комбинированного строительства закрытых дрен в неустойчивых грунтах. По этому способу отрывается пионерная траншея с устойчивыми откосами и максимально возможной глубиной при сухом дне. Причем продольный профиль дна пионерной траншеи прокладывается параллельно продольному профилю проектной дрены. Затем прокладывается дрена с помощью дреноукладчика, идущего по дну пионерной траншеи. При этом используется один из существующих типов дреноукладчиков со значительно уменьшенной глубиной заложения дрен. На основании имеющегося опыта следует ожидать, что вертикальные стенки у траншей малой глубины (> 2 м) будут устойчивыми, а в других случаях, где такие ожидания не оправдываются, можно будет применить дреноукладчик с пассивным роющим органом типа БДМ-301А.

Траншейный однопроходный способ (комплексно-механизированный) был разработан и применяется с первых дней строительства закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения благодаря творческому содружеству научных и производственных организаций. Его название уже говорит о полной механизации процессов строительства.

Применяемые в настоящее время дреноукладчики выполняют почти все основные операции технологического процесса. Так, широко известные дреноукладчики Д-251 и Д-301 (рис.3) конструкции САНИИРИ отрывают траншею, укладывают дренажные трубы с круговой фильтрующей обсыпкой, отсыпают над дренай предохранительный (до 0,5 м) слой грунта. Отличительными особенностями этих машин являются прицепная конструкция дреноукладывающего оборудования и наличие трубопроталкивающего механизма, обеспечивающего принудительное и надежное стыкование дренажных труб между собой. Эти дреноукладчики должны передвигаться по заранее спланированному пути параллельно продольному профилю проектной дрены; прицепная конструкция оборудования, копируя базовую поверхность, обеспечивает получение уменьшенных отклонений трубчатой линии в сравнении с базовой поверхностью. Недостаток конструкции прицепных дреноукладчиков, заключающийся в том, что для переброски с объекта на объект укладываемое оборудование требуется транспортировать отдельно, не является определяющим, а при более детальном анализе для определенных условий может стать более экономичным решением, чем самоходная

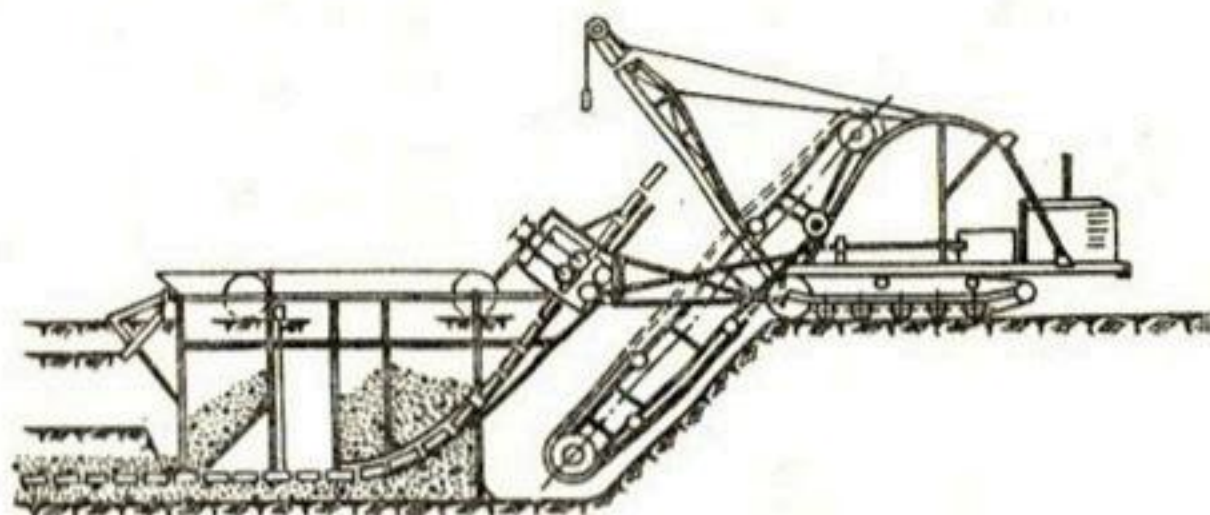


Рис. 3. Дреноукладчик Д-301.

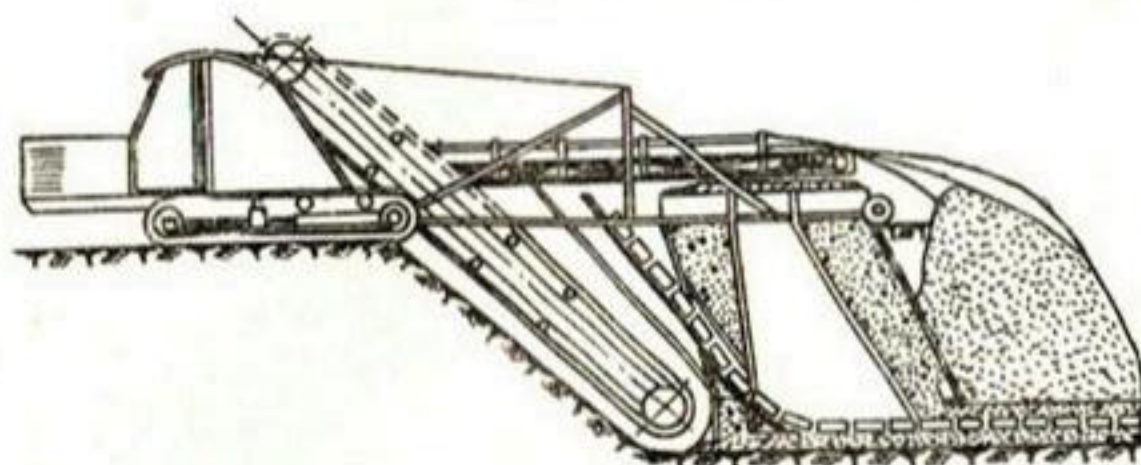


Рис. 4. Дреноукладчик ЭД-3,0.

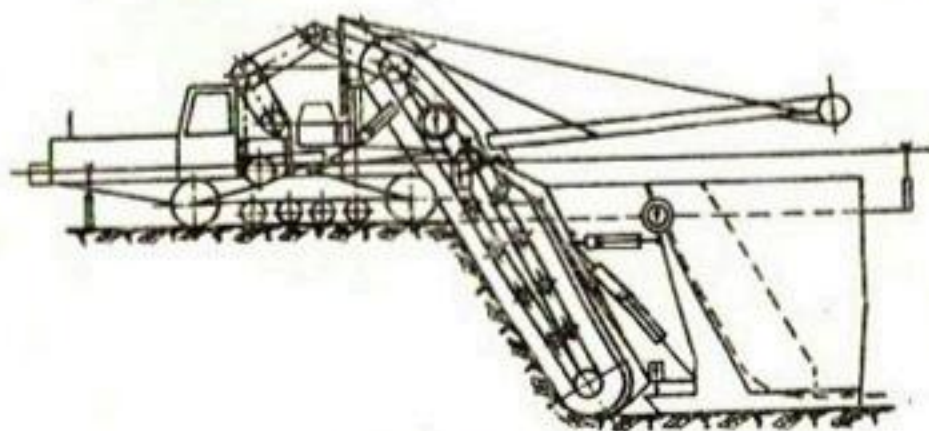


Рис. 5. Дреноукладчик Д-659А.

машина. Некоторое удорожание, неудобство и дополнительные хлопоты требуют использования для погрузочно-разгрузочных работ автокрана.

Другой конструкцией применяемых сейчас дренаукладчиков является модель ЭД-3,0 (ГСКБ по ирригации) (рис. 4). Они так же, как и дренаукладчики Д-25I, работают, передвигаясь по спроектированному пути. Их отличительные особенности — полунавесная самоходная конструкция, измененный движитель базовой машины и наличие транспортера для обратной засыпки траншеи грунтом.

И, наконец, имеется третий тип дренаукладчиков для работы в неустойчивых грунтах—Д-659А (рис. 5), который в Узбекистане пока не применяется. Отличительной особенностью его является использование в качестве базы специальной конструкции нового роющего органа типа многоковшовой цепи. Дренаукладывающее оборудование (бункер) полунавесное со съемной боковой стенкой. Дренаукладчик снабжен транспортером для обратной засыпки траншеи грунтом. Его главным отличительным признаком является наличие автоматического управления для изменения глубины, т.е. автоматически поддерживать заданный уклон, перемещаясь по грубо спланированному пути. Максимальная глубина укладки дрены составляет 4 м от дневной поверхности земли. Система автоматики снабжена копирным устройством, а в качестве задатчика используется натянутая по уклону дрены проволока. Все это является положительным качеством дренаукладчика, но в целом он очень громоздкий, тяжелый и дорогой.

Другие, известные у нас в Союзе, дренаукладчики являются различными модификациями моделей Д-25I, Д-30I и ЭД-3,0. В их числе дренаукладчики Д-30I ОП конструкции АзНИИГиМ, отличающиеся подвижной спалубкой, которой снабжен бункер. Спалубка выполнена в виде двух щитов, опирающихся с помощью катков на специальные направляющие боковых стенок бункера и имеющие возможность перемещаться относительно них с помощью гидроцилиндра, расположенного на передней стенке бункера через трособлочную систему. В исходном состоянии щиты находятся в крайнем переднем положении. При заземлении бункера растормаживается механизм управления щитами, они остаются на месте, а бункер продолжает движение с экскаватором. После того как бункер выйдет из щитов на полный ход, включается гидроцилиндр, и щиты выдвигаются в крайнее переднее исходное положение.

В Туркмении проведены работы с дренаукладчиком Д-25I М конструкции ТНИИГиМ. Его отличительной особенностью является

трапецеидальная форма бункера в плане, позволяющая легко выходить из заземления обвалившихся боковых стенок траншеи. По мнению автора, трапецеидальная форма бункера способствует разрушению призмы обрушения грунта, благодаря чему снижается давление его на стенки бункера и тяговое усилие на 30-35 %.

Из зарубежных стран наиболее высокий уровень механизации дренажных работ достигнут в США. Кроме цепных роющих органов для дреноукладчиков, здесь широко применяются роторные. Однако применять роторные роющие органы для траншей глубже 2,5 м не рационально, так как они плохо работают в мелкозернистых песках и глинистых грунтах из-за того, что, во-первых, пересохшие грунты осыпаются и обрушиваются, а во-вторых, происходит обильное залипание ковшей при повышении влажности.

Перспективу развития траншейного способа строительства закрытого дренажа мы видим в совершенствовании используемых сейчас способов и средств механизации, а также в разработке новых.

В настоящее время на всех, без исключения, типах дреноукладчиков отсутствуют принудительная подача и стыковка дренажных труб. Как известно, в 1966-1967 гг. был введен новый ведомственный стандарт на дренажные трубы, предусматривающий соединение их между собой с помощью раструбов и запрещающий укладку гладких по верху труб. С переходом на укладку дрен из труб с раструбами поначалу вынуждены были отказаться от применения механической подачи и в результате со всех дреноукладчиков типа Д-25I и Д-30I были сняты подающие механизмы. От этого мероприятия, на наш взгляд, качество трубчатой линии пострадало. И вот почему. В контрольный отсек бункера каждого из дреноукладчиков был посажен оператор, в обязанности которого вменяли стыковку и поджим уложенных труб. Однако в процессе контроля трубчатой линии все чаще стали наблюдаться разрывы, причиной происхождения которых следует считать волочение труб дреноукладчиком через слой подрезаемого фильтра. Это явление наблюдается периодически, так как оператор физически не в силах обеспечить непрерывное давление на трубы. В любой продолжительности перерыв напора — это разрыв, причем величина его зависит как от времени перерыва, так и механического состава фильтра. А разрывы, даже отдельные, в трубчатой линии дрены — это и просыпание внутрь труб фильтра, и их заиливание грунтом, что в конечном счете приводит к выходу дрен из строя действующих.

С целью обеспечения высококачественной укладки труб с неза-

висящей, но синхронной с движением дрепоукладчика подачей их на место САНИИРИ разработан способ независимой автоматической укладки механизированным путем дренажной линии труб с предварительно напряженными стыками. По этому способу проводят предварительную раскладку и напизывание на канат труб по пути дрепоукладчика. Один конец каната закрепляют в начале дрены на дне траншеи, а второй через натяжную станцию (пружину или блок с грузом) — на последней трубе. Дрепоукладчик, передвигаясь по спланированному пути, поднимает плетъ из труб и опускает ее в отрытую им траншею (рис. 6). Для этого дрепоукладчик оборудуется рольгангом соответствующей формы, а канат служит вспомогательным средством для многократного использования.

В другом варианте разработано устройство для дрепоукладчиков с гидромеханическим оборудованием, обеспечивающее непрерывный напор на дренажные трубы независимо от их конфигурации и длины, автоматический прием, укладку, стыковку очередных звеньев труб. Это устройство состоит из двух последовательно действующих гидроцилиндров, оборудованных захватными устройствами, причем включение каждого из них в работу задается другим после отработки своих функций (рис. 7-а, б).

Большую перспективу развития траншейного способа строительства следует ожидать в направлении сокращения общей стоимости его, главным образом за счет двух основных по материалоемкости и стоимости операций — укладки труб и фильтра. Сейчас на укладку фильтра с его стоимостью расходуется до 35% всех затрат, а на укладку труб — до 32 %.

В САНИИРИ также разработан ряд проектов, направленных на снижение затрат по укладке фильтра и труб. Наибольший интерес представляет предложение, позволяющее сократить до нормы расход фильтра и за счет этого снизить стоимость строительства дренажа. Для этого на дне траншеи отрывают ложе для укладки дрены (рис. 8), причем его ширину и глубину изменяют соответственно диаметру дренажных труб. Благодаря этому достигаются постоянство слоя фильтрующей обсыпки и экономия этого дорогостоящего материала против существующих сейчас конструкций, когда траншеи одинаковой ширины (600 мм), рассчитанные на укладку дренажных труб максимального диаметра (300 мм), используют и для труб меньших размеров (до 100 мм). В результате затраты снижаются на 10-15 % от стоимости.

Для практического решения этого предложения разработано устройство, представляющее собой комбинированный роющий орган

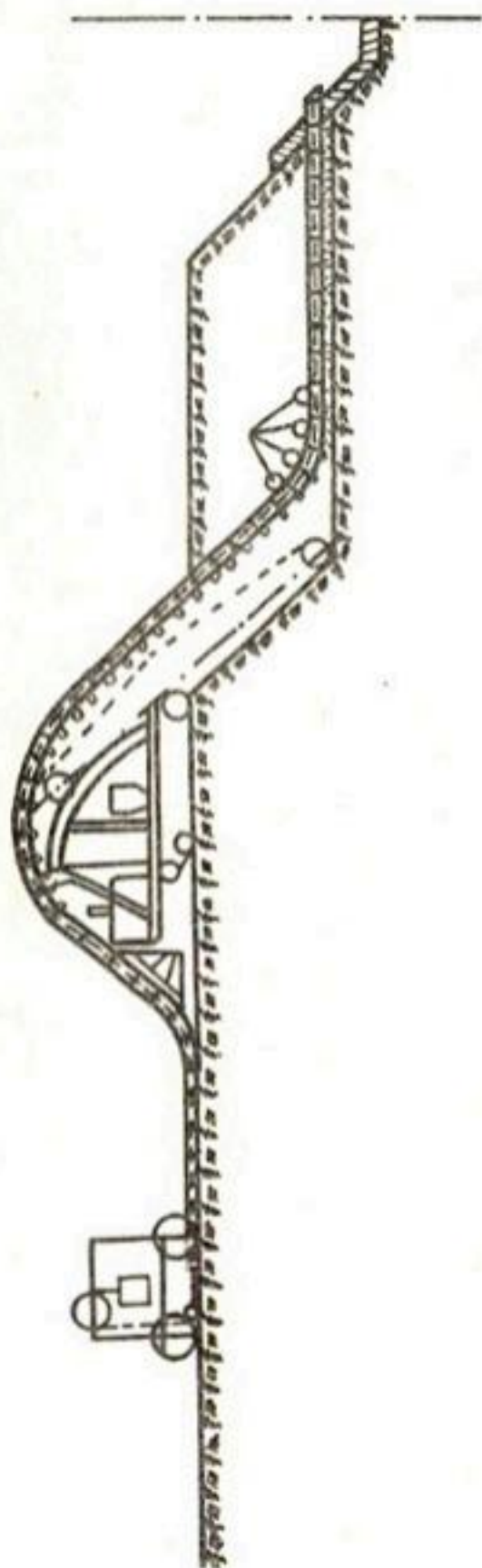


Рис. 6. Дреноруладчик для укладки плитки из коротких дренажных труб.

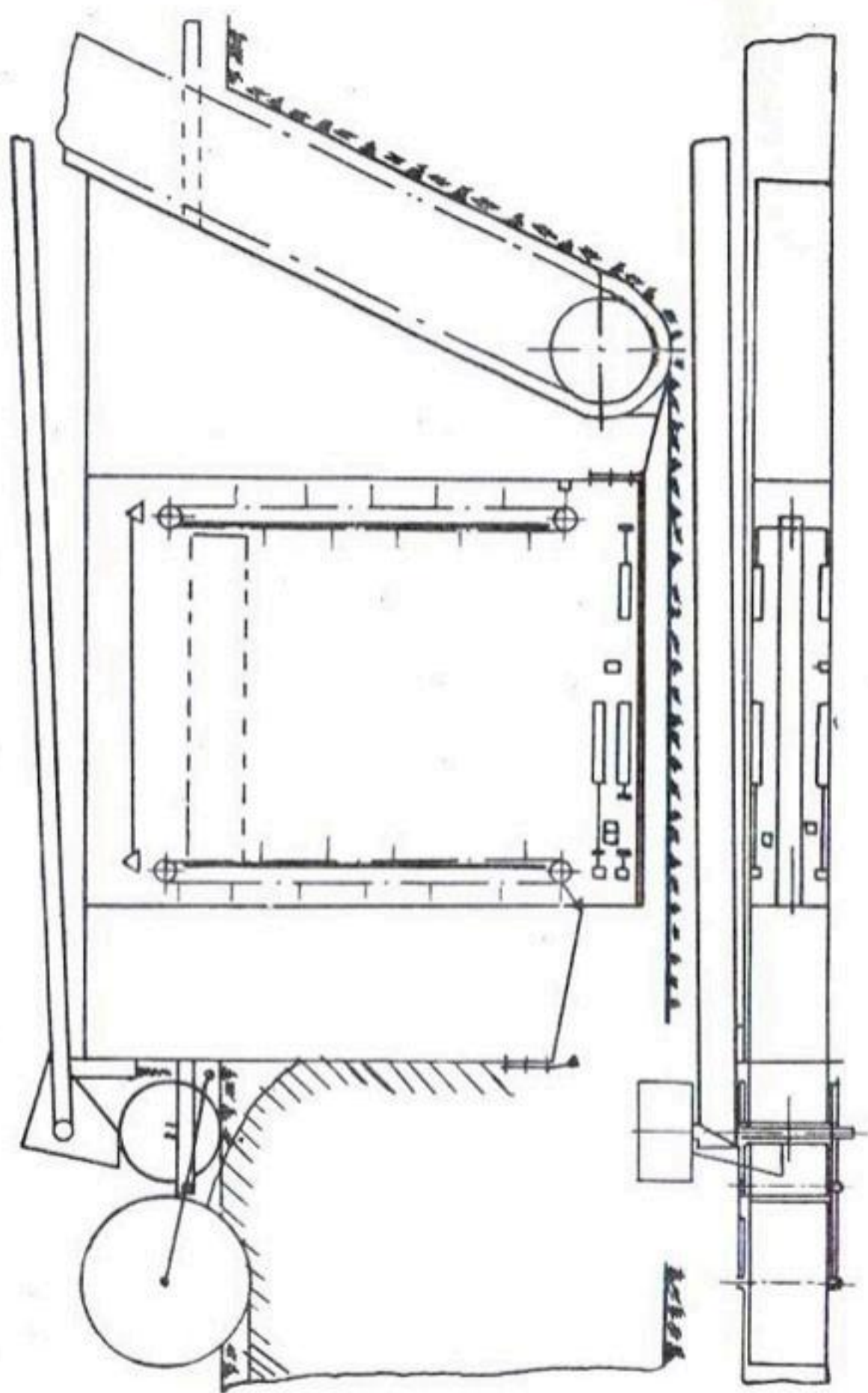


Рис. 7 - а, б. Дренукладчик с гидромеханическим
трубоукладывающим механизмом.

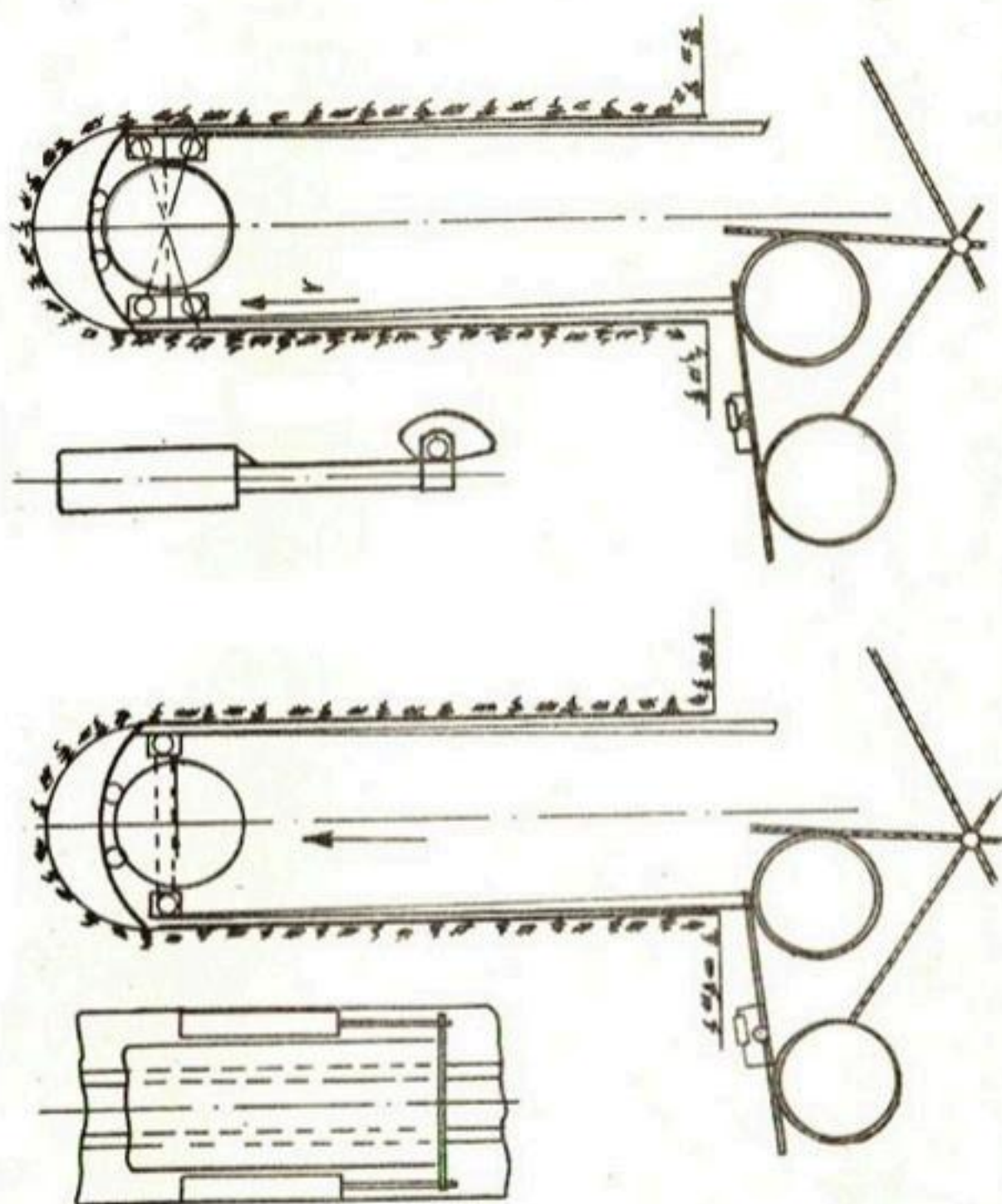


Рис. 7-б.

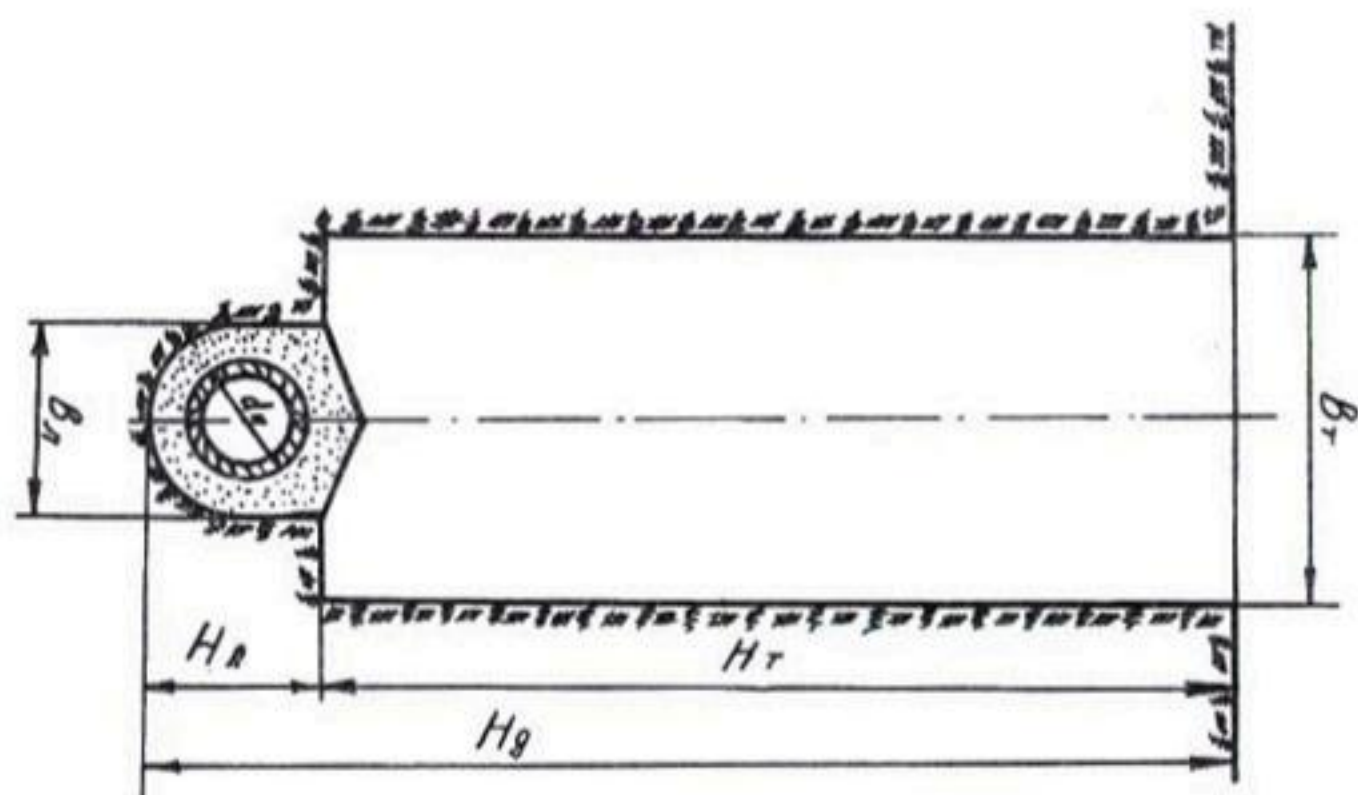


Рис. 8. Профиль траншеи с ложем для дрены на дне.

для дреноукладчиков, обеспечивающий одновременное отрытие траншеи постоянной ширины и глубины и на ее дне ложа для дрены изменяемого сечения (рис.9).

Такой способ разработки траншеи с ложем на дне сокращает глубину основной выемки и в перспективе позволяет использовать в качестве базовых машин дреноукладчиков роторные траншеёкопатели, обладающие, как известно, более высокой производительностью и диапазоном охвата грунтов по категориям трудности разработки. До настоящего времени роторные траншеёкопатели не использовались в дреноукладчиках с большой глубиной заложения дрен из-за ограничивающей их область эффективного применения до глубин менее 2,5 м.

Для снижения такой дорогостоящей операции, как укладка труб, в САНИИРИ также разработана рациональная конструкция дренажной трубы (фасочная труба с выступами или регулируемым зазором), отвечающая требованию надежности соединения смежных звеньев от поперечных смещений и достаточную подвижность при изломе оси, обеспечения строгой автоматической центровки и желаемого зазора в стыках, гладкости внешнего контура и меньшего веса единицы длины (рис. 10). Для изготовления этих труб и механизированной укладки их разработаны промышленные технологические процессы, оборудование и проведена проверка всего комплекса работ в производственных условиях. Комиссия в составе представителей институтов "Средазгипроводхлопок" и САНИИРИ, Управления "Голодноостепстрой", треста "Дренажстрой" и ИМК-25 дала высокую оценку гончарным трубам с фасками и выступами и рекомендовала уже сейчас перейти к широкому производственному применению этих труб.

С использованием этих труб затраты на операции по их изготовлению и укладки снизятся до 20-23 %, т.е. на 10-12 % от стоимости строительства.

Траншейный многопроходный способ в настоящее время не находит у нас применения. Редко он применяется в гидротехническом строительстве и использовался раньше при ручной укладке в глубоких траншеях с креплением боковых стенок. Механизированы были только земляные работы при стрыве и обратной засыпке траншеи. Этот способ, конечно, имеет свои достоинства (например, пооперационный контроль), однако перспектива его возможного применения ограничивается условием надежной устойчивости грунтов.

Узкотраншейный способ, или "целевой" и "бестраншейный", применяется в Голодной степи с 1969 г. с появлением дреноукладчиков БДМ-300 (конструкция ВНИИГим с пассивным самоуравновешива-

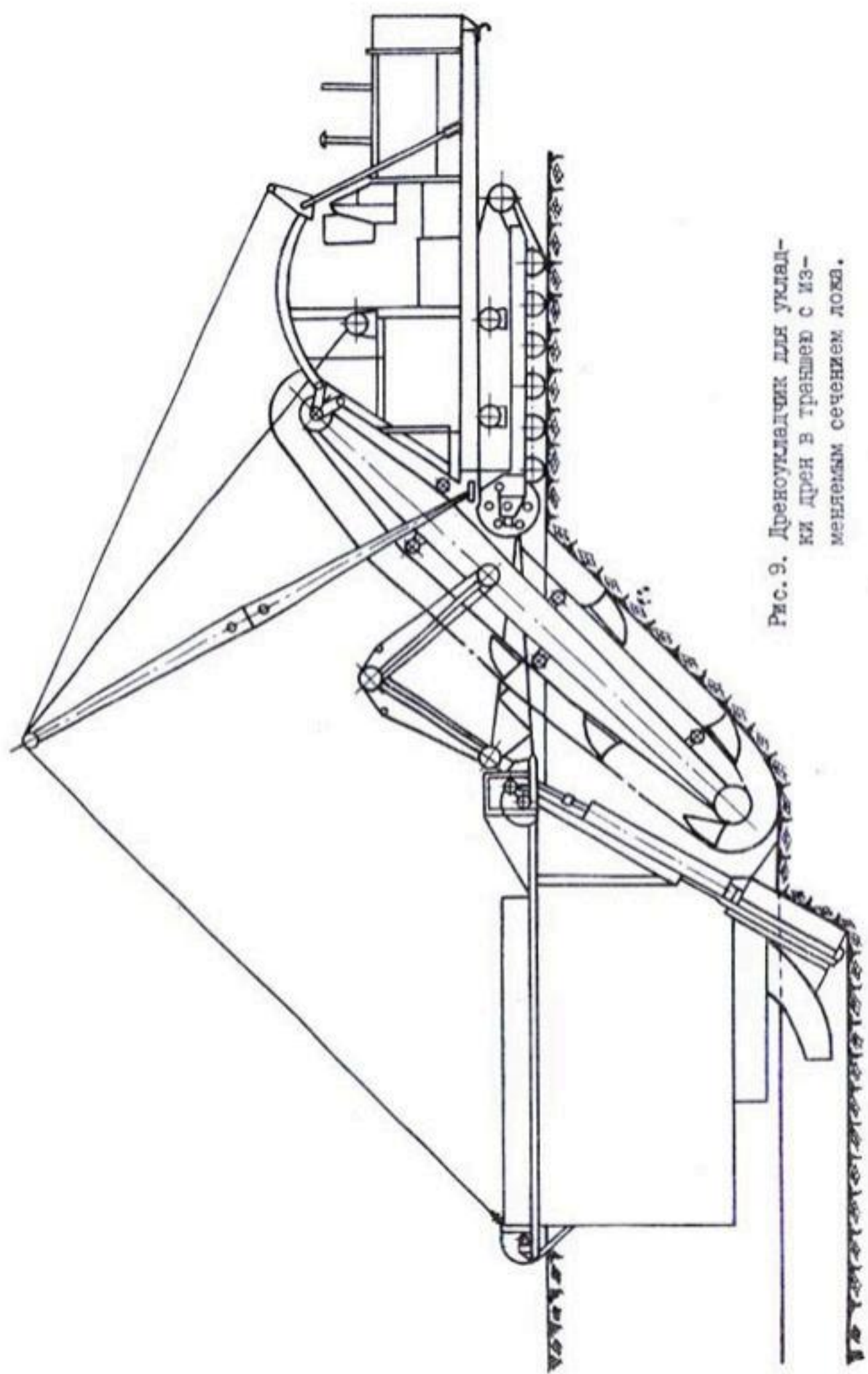


Рис. 9. Дренукладчик для укладки дрен в траншею с изменяемым сечением ложа.

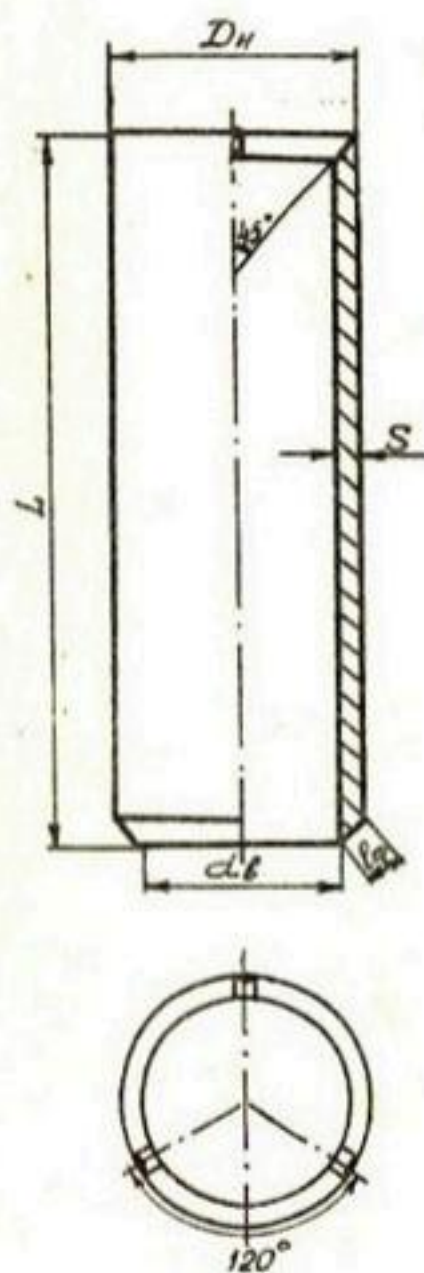


Рис. 10. Конструкция дренажных труб с коническими срезами и выступами.

вающимся ножом) и ДЦ-301 (конструкция САНИИРИ с активным цепным режущим органом. Согласно нашему определению, способ, по которому работает дренаукладчик БДМ-300, относится к узкотраншейному, так как при работе вскрывает дневную поверхность земли, пусть даже без выноса всего грунта.

Дренаукладчик типа БДМ-300 предназначался для укладки глубоких закрытых дрен из полиэтиленовых перфорированных труб с тканевым фильтром в слабых неустойчивых грунтах. Машина эта обеспечивает за один проход прорезание толщи грунта, укладку изолированной тканевым фильтром трубы в виде длиномерных плит и прикатку выпора грунта у прорези гусеницами трактора. Работает такой дренаукладчик по спланированному пути с продольным профилем, соответствующим проектной дрене. Применение этой модели дренаукладчика в аридной зоне орошения на минеральных грунтах показало его высокую производительность и потребность чрезвычайно большой тяговой мощности (45-95 т), больших объемов дополнительных работ по подготовке базовой поверхности, сильное переуплотнение грунта в придренинной зоне с последствием снижения водоотдачи и очень малую водоприемную способность дрены.

Учтя все недостатки, была создана новая модель БДМ-301А (рис. II), отличительной особенностью которой является изменение конструкции и формы рабочего органа. В его конструкцию введен бункер для укладки вокруг дренажной трубы фильтра из песчано-гравийных смесей. Режущий орган сделан трехступенчатым таким образом, что первая ступень (верхняя), разрезая грунт, часть его направляет вверх, а часть впредссымывает в боковые стенки. Вторая сделана несколько меньшей по ширине. Срезаемый второй по высоте слой грунта направляется в пазухи верхней ступени. Третья ступень выполнена также меньшей по ширине, а срезаемый ею грунт направляется в пазухи второй ступени. Следует отметить, что практически в придренинной зоне происходит некоторое уплотнение за счет бокового растекания части грунта сразу же после образования уплотненного ядра на режущей грани ножа. Поэтому эта модель требует несколько повышенных тяговых усилий, вызывает большое давление на опорные поверхности бункера (опорную лыжу), околодренинная зона получается с лучшей водоотдачей, а сама дрена с хорошей водоприемной способностью.

Работает этот дренаукладчик, передвигаясь по спланированному пути. Дренажные трубы загружают бухтами на барабанах, а

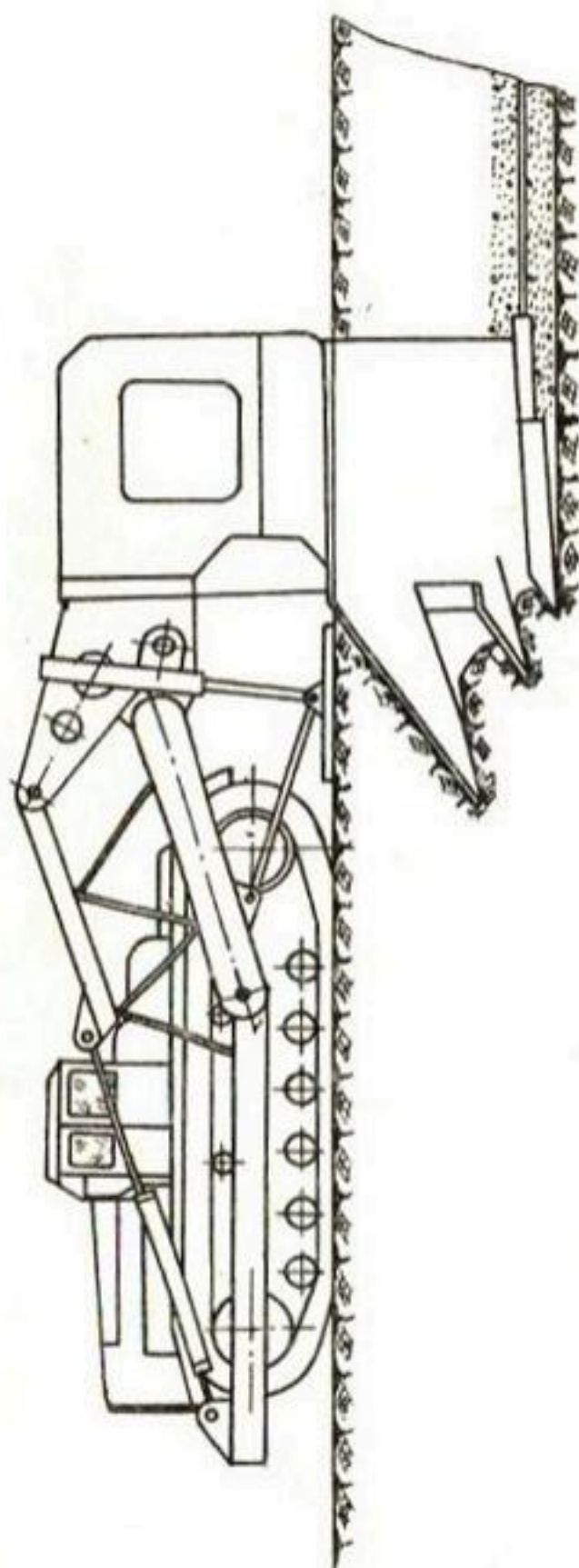


Рис. II. Дреноукладчик БДМ-301А.

фильтры - из самосвалов с помощью скипового подъемника во время остановки, который приводится в действие вспомогательным гидроприводом через тяговый трос.

Применявшийся с 1969 г. дренаукладчик ДЩ-301 (рис. 12) к настоящему времени также претерпел изменения. На одном образце, работающем в Голодной степи, была заменена базовая машина, т.е. трактор Т-100МГП - на экскаватор ЭТУ-354, и укорочен рабочий орган с 3 до 2,5 м. На втором, работающем в Хорезме, укорочен рабочий орган с 2,5 до 2 м. Первому дренаукладчику присвоена марка ЭДЩ-251, а второму - ДЩ-201. Ширина траншей, отрываемая этими дренаукладчиками, составляет 15 см.

Эти механизмы предназначены для укладки длинномерных гибких перфорированных пластмассовых труб диаметром до 85 мм с круговой фильтрующей обсыпкой в плотных грунтах, характеризующихся очень малыми коэффициентами фильтрации. Отличительной особенностью их служит активный цепной роющий орган, который разрабатывает плотные грунты и перемешивает их до нужной консистенции с водой, подаваемой дозирующим устройством в забой. Наличие отвалов, направляющих раствор грунта с борта в траншею, обеспечивает доброкачественную и надежную заделку ее грунтом. Перед заделкой дрены раствором ее засыпают предохранительным слоем грунта.

Известен целый ряд узкотраншейных дренаукладчиков с землеройным органом в виде винтовой фрезы-шнека и баровой цепи, разработанных для условий зон осушения. Например, модель МЭД-ОП (конструкции Калининского филиала ВНИИТП), являясь прицепной к трактору Т-100Б, таким землеройным органом отрывает траншею глубиной до 2,5 м, шириной 15,5 см и укладывает длинномерные пластмассовые трубы. С подобным землеройным рабочим органом тем же институтом создана самоходная машина для укладки коротких гончарных труб - МЗД-1, которая способна отрывать траншеи шириной 90 см с глубиной до 2,5 м. Обе машины производят обратную засыпку траншей и снабжены следующими устройствами с гидроприводом, благодаря которым можно обеспечить регулирование заглубления рабочего органа, базируясь на копир-проволочку или луч. Модели МГД-5А и МГД-6А (конструкции Калининского политехнического института) с землеройным рабочим органом в виде баровой цепи, обеспечивающей отрывание траншеи шириной 100 мм и глубиной до 2,5 м, предназначены для укладки труб из винипластовой пленки с одновременной засыпкой их грунтом. Однако дренаукладчик МГД-5А является самоходным, а МГД-6А - навесным на трактор

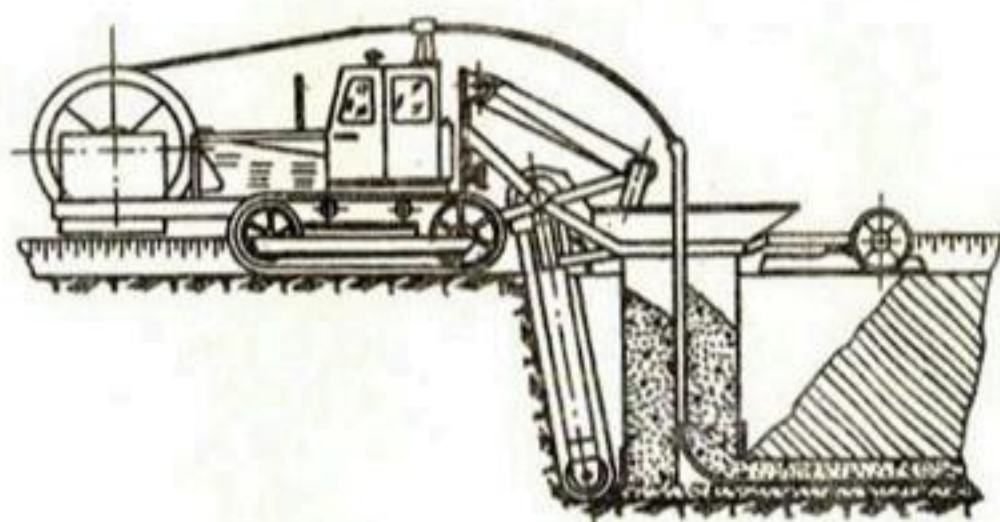


Рис. 12. Дреноукладчик ДШ-301.

Т-100МБГС. Как известно, эти машины хорошо работают в торфяных грунтах с небольшим количеством камней и пней деревьев. Поэтому было бы целесообразно проверить их в работе на минеральных грунтах аридной зоны и, при хороших результатах, на их базе разработать рабочее оборудование для укладки длинномерных гибких пластмассовых труб с круговой фильтрующей обсыпкой.

Из зарубежного опыта строительства закрытого дренажа представляет интерес узкотраншейный способ английских инженеров. Ими была сконструирована универсальная система машин "Баджер" (майор и менор) с пассивным землеройным органом на базе мощного тягача, оснащенного тяговой лебедкой и системой автоматического регулирования уклона. Эти машины предназначены для укладки на глубину 1,65-2,75 м дрен из длинномерных пластмассовых труб диаметром от 75 до 467 мм и могут работать практически в любых грунтах. Для аридной зоны может быть перспективна крупная машина "Баджер майор", обеспечивающая глубину заложения дрены больше 2 м при помощи вспомогательной самоходной якорной лебедки с тяговым усилием до 100 т. Это позволяет машине вести работы в зависимости от грунтов со скоростью 150-250 м/ч. Кроме того, у нее имеются две свои лебедки с независимым гидроприводом и запасом троса диаметром 22,2 мм на 138 м, которые способны развить тяговое усилие в тросе 18,2 т.

Малая модель "Баджер менор" укладывает трубы диаметром 75-100 мм на глубину до 1,67 м и обсыпает их гравийно-песчаным фильтром.

Перспектива развития узкотраншейного способа строительства дренажа в аридной зоне орошения тесно связана с развитием выпуска гибких перфорированных длинномерных пластмассовых труб. Несмотря на то, что еще не решен вопрос долговечности роющего цепного органа, рациональности формы режущих и транспортирующих элементов, дальнейшее совершенствование их конструкции будет в основном продолжаться на базе активных рабочих органов. Наряду с этим, в особых условиях, область применения дреноукладчиков с пассивными рабочими органами расширится за счет разработок новых конструкций и прогрессивных способов строительства.

Имея в виду, что главным недостатком дреноукладчиков с пассивным роющим органом для работы на минеральных грунтах является потребность в очень больших тяговых усилиях, а главным преимуществом - возможность эффективного использования их на

неустойчивых оплывающих и плывунных грунтах, САНИИРИ была разработана технология применения дренаукладчиков с пассивным роющим органом в комплексе с роторным экскаватором. Последний отрывает пионерную траншею с вертикальными, но устойчивыми стенками при максимально возможной при этом глубине. После этого дренаукладчик с пассивным роющим органом прокладывает дренаж. Для обеих машин планируется путь с продольным профилем проектной дренажной линии.

Перспективным также считается применение пористых дренажных блоков (рис. 13) и дренаукладчика для них. Расчеты показали, что резонансные блоки стандартного сечения при рациональной расчетной раскладке их по длине дренажа обеспечивают значительный эффект. Использование пористых блоков без фильтрующей обсыпки обеспечивает доступный контроль укладки, а при необходимости — исправление дефектов. Дренаукладчик для блоков по конструкции очень прост и удобен в эксплуатации. В качестве его базы может быть использован практически любой экскаватор для узких траншей с подходящей глубиной копания.

Применение узкотраншейных дренаукладчиков с дополнительным роющим органом для расширения ложа дренажа также считается перспективным. Примером может служить дренаукладчик (рис. 14), разработанный в САНИИРИ, который укладывает дренажные трубы с максимальным диаметром, равным ширине траншеи.

Обратная засыпка траншей дренажными механизмами во всех способах строительства. Однако наиболее полное решение найдено при работе дренаукладчиков типа ДЩ-301 и ЭДЩ-251, которыми выполняется весь комплекс операций, включая уплотнение грунта обратной засыпки. Хорошо решена проблема одновременной обратной засыпки траншей дренаукладчиками ЭД-3,0 и Д-659А с помощью продольных транспортеров. Между тем из-за отсутствия гарантии высококачественной укладки дренажной линии эта операция не проводится до проверки и приемки работ. Широко распространена обратная засыпка траншей при помощи бульдозера грунтом из временного кавальера, где он успевает слежаться и подсохнуть, а это ведет к образованию очень пористой ее структуры. Если такая засыпка допустима в широких траншеях с откосами, то в траншеях нормальной ширины (0,6 м) с вертикальными стенками ее не следует допускать. Наиболее рациональный способ обратной засыпки траншей с вертикальными стенками — непрерывная одновременная засыпка измельченным грунтом естественной влажности. Для этого необходимо разработать способы, которые обеспечивали бы качественную укладку

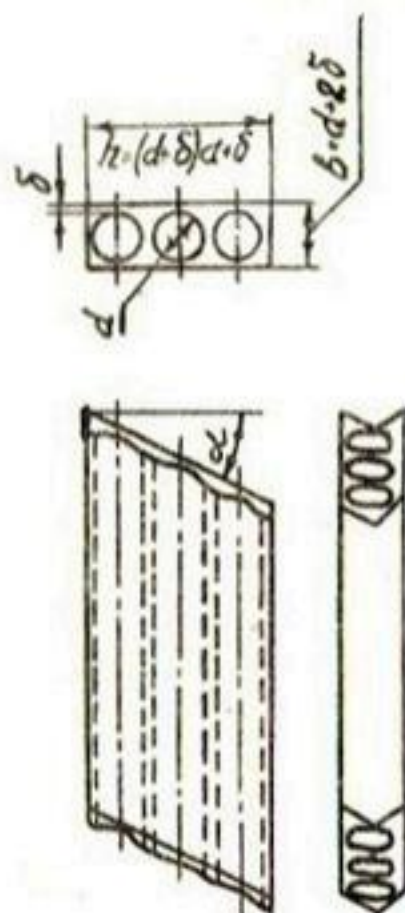
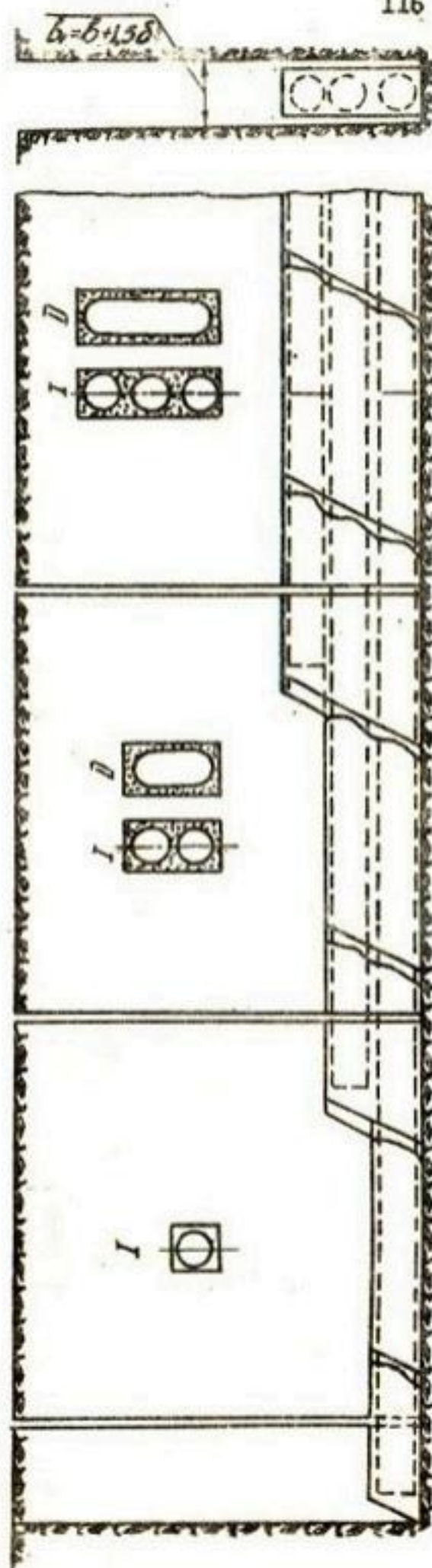


Рис. 13. Дренажные блоки
из пористых
материалов.

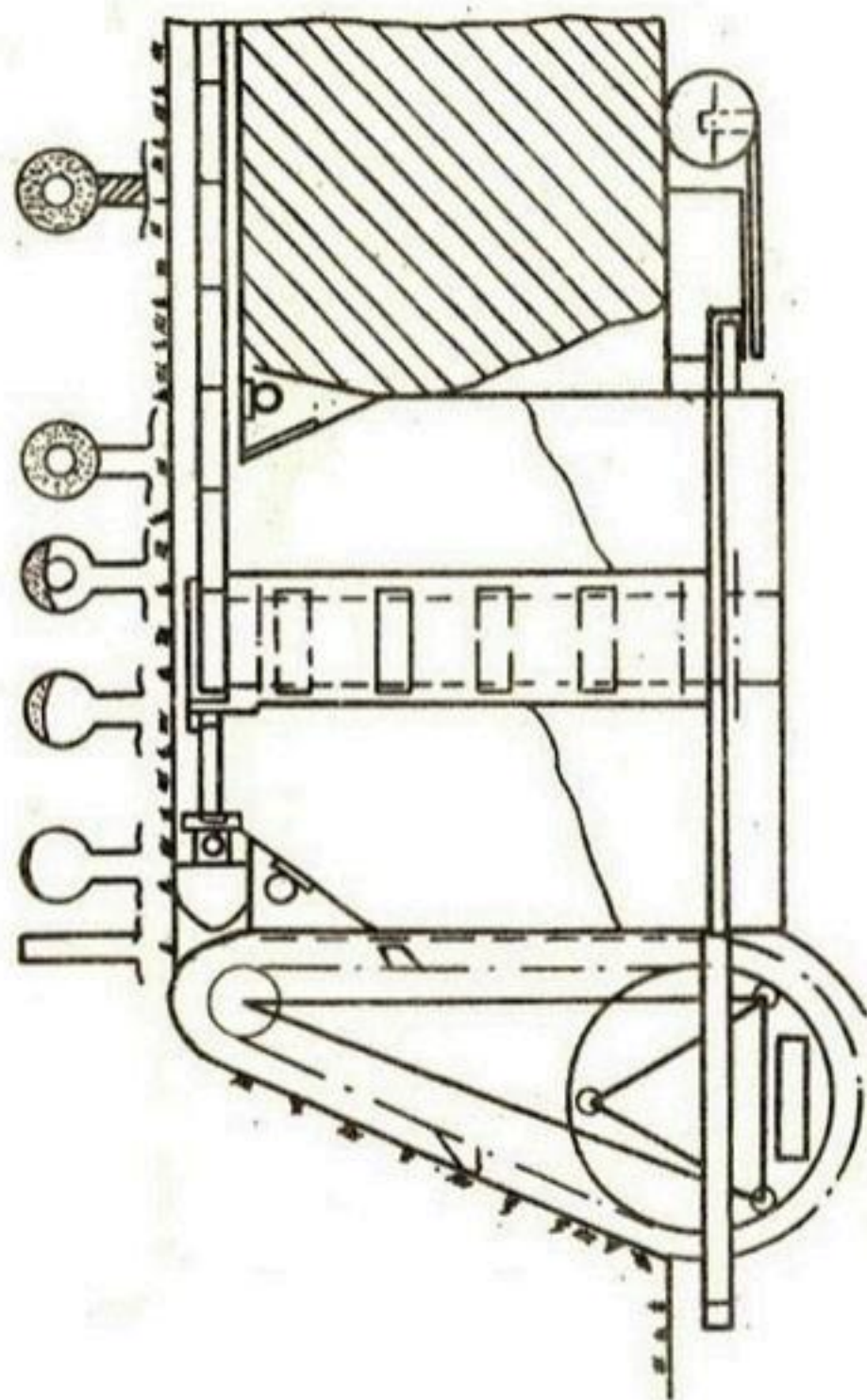


Рис. 14. Дреноукладчик с комбинированным активным
роющим органом.

дренажной линии с большой надежностью и автоматизированный контроль этой операции.

Для доброкачественной засыпки дрены грунтом могут быть применены и другие схемы. Например, эту операцию можно выполнить, забирая грунт из отвала машинами (типа многоковшового универсального погрузчика марки Д-565, а также какой-либо машиной с навесным шнековым, скребковым или ковшовым рабочим органом с горизонтальным расположением и поперечным перемещением грунта), специально выделенными для этого. В САНИИРИ разработана такая специализированная машина на базе погрузчика Д-565 (рис. 15).

Уплотнение грунта в траншеях принято проводить на дренах, построенных траншейным способом. В настоящее время применяется комбинированная замочка, сущность которой состоит в перекрытии дрены глиняным зубом в конце ее и напуске воды вначале через контрольно-смотровой колодец до поднятия уровня в нем на 1 м, а затем, для ускорения процесса, с одновременным напуском сверху.

Для механического уплотнения обратной засыпки грунта в траншеях в САНИИРИ были разработаны технология и специализированный каток (рис. 16), в котором используются вес базовой машины и динамическое выштамповывание скважин радиально и поочередно выдвигающимися пуансонами, расположенными по периметру цилиндра катка.

Строительство устья дрены и контрольно-смотровых колодцев выполняется бригадой монтажников. Устье собирают из бетонных или железобетонных плит. Для колодцев используют 4-5-метровые железобетонные трубы, а для ведения работ - автокран, одноковшовый экскаватор, бульдозер и ручной труд.

Операции по строительству устья и контрольно-смотровых колодцев требуют совершенствования технологии работ.

Практически сейчас отсутствуют какие-либо средства для контроля качества укладки дренажной линии. Отдельные предложения и рекомендации как, например, просвечивание, прощупывание и телепросматривание, разработанные в САНИИРИ, требуют серьезной проверки и исследований в лабораторных и производственных условиях.

Реализация описанных разработок позволит не только увеличить производительность труда, но, главным образом, повысить качество работ, снизить расходы материалов и стоимость строительства в целом.

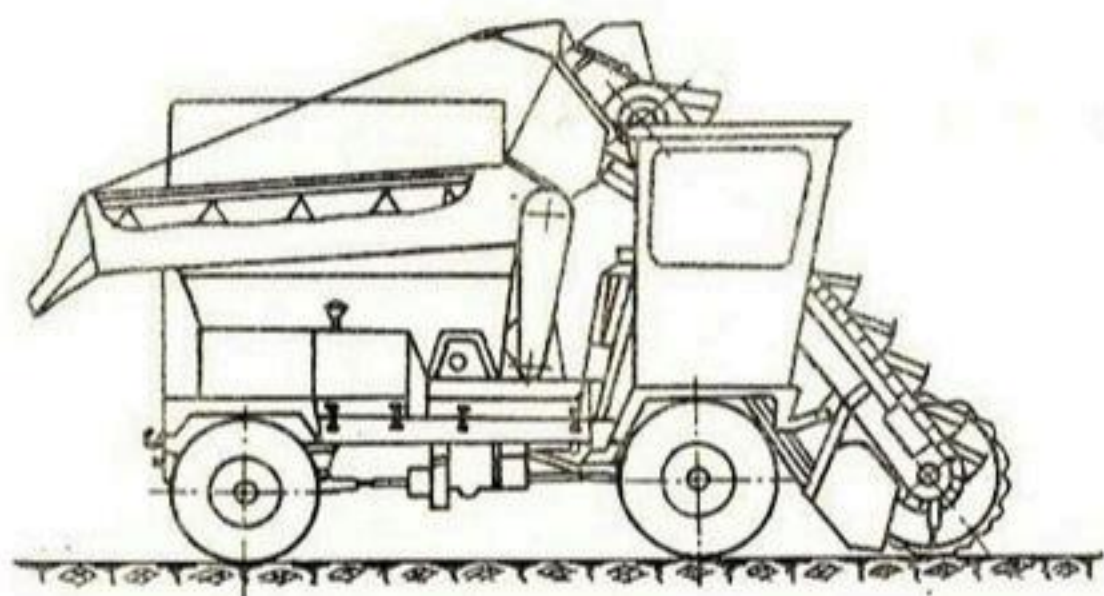


Рис. 15. Машина для заделки траншеи грунтом.

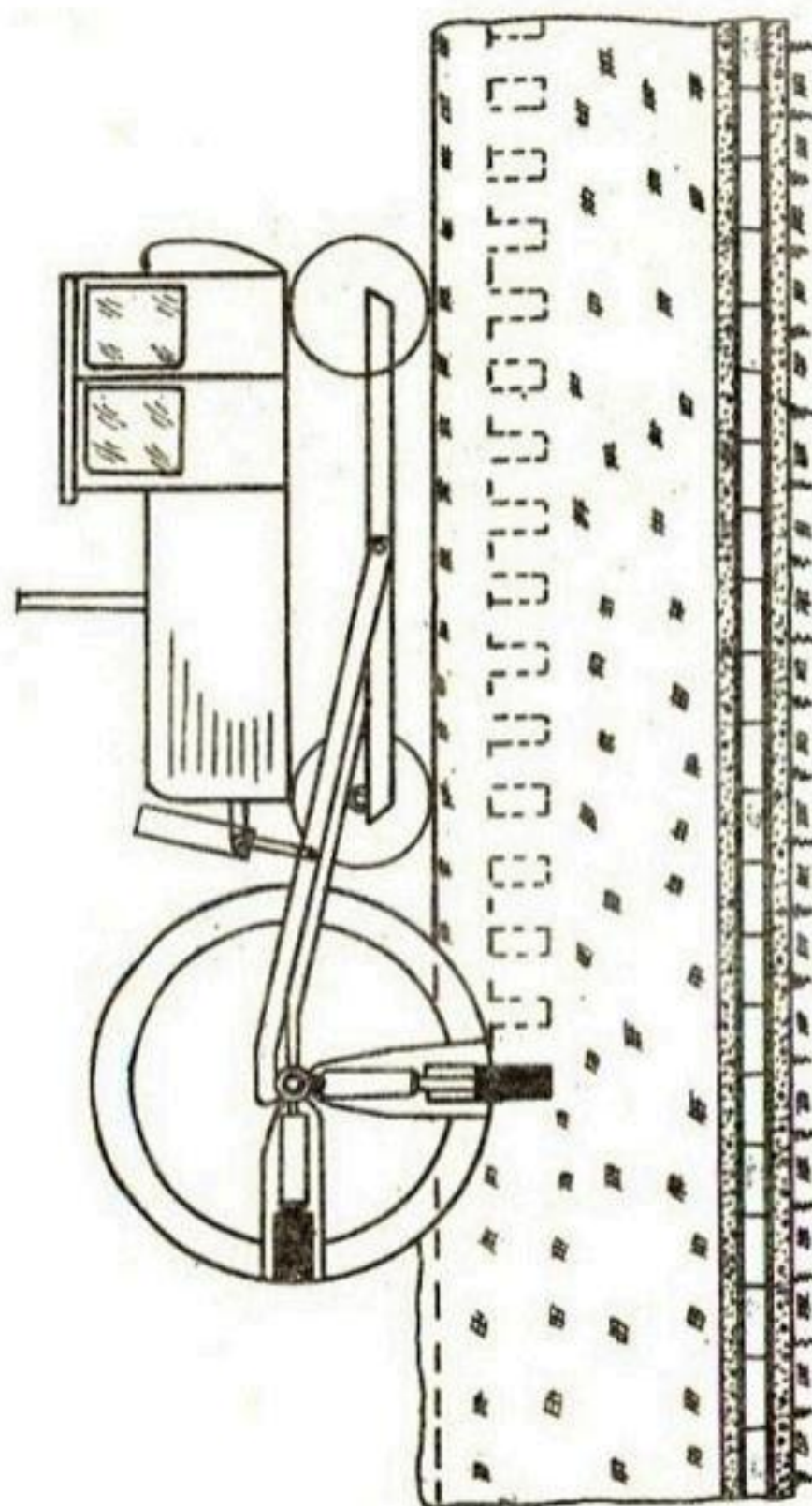


Рис. 16. Машина для механического уплотнения
грунта в траншеях дрена.

В. И. АНТОНОВ,
"Средазгипроводхлопок"

ПЛАСТМАССОВЫЙ ДРЕНАЖ В ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

С самого начала освоения целинной Голодной степи Главсред-азирсовхозстрой и институт "Средазгипроводхлопок" уделяют большое внимание механизации строительства закрытого горизонтального дренажа. ВНИИГим, САНИИРИ, Голодностепстрой и ГСКБ по ирригации также ведут исследования в этом направлении. Так, для условий глубокого залегания уровня грунтовых вод САНИИРИ совместно с Голодностепстроем был разработан дреноукладчик, укладывающий керамические трубы в фильтровой обсыпке из песчано-гравийной смеси на глубину 3-3,5 м. К 1974 г. в Голодной степи этим способом было построено 9722 км закрытого горизонтального дренажа стоимостью одного метра дрены 8-9 руб.

Строительство дренажа при близком залегании уровня грунтовых вод длительное время оставалось не полностью механизированным. Приходилось экскаватором откапывать трапециевидную траншею, которая создавала необходимое водопонижение, а затем на специальную полку, устраиваемую вручную на откосе траншеи, укладывать дренажную линию. Стоимость строительства одного метра такой дрены составляет 15-18 руб. Кроме того, приходится на землях, введенных в сельскохозяйственный оборот, отчуждать широкие полосы для размещения дренажной траншеи и временных отвало грунта. А это существенно сокращает посевную площадь, затрудняет полив, мешает нормальному ведению сельскохозяйственного производства. Даже после засыпки дренажных траншей наддренные полосы в течение двух-трех лет не засевают, так как происходит процесс осадки грунта.

Наибольшего успеха в механизации строительства закрытого горизонтального дренажа в условиях близкого залегания грунтовых вод достиг ВНИИГим, разработавший принципиально новую конструкцию дреноукладчика БДМ-300 на базе трактора ДЭТ-250. Она позволила укладывать дрены бестраншейным способом на глубину до трех метров с использованием пластмассовых труб.

Опыт проводили в 1964–1965 гг. в совхозе № 4 Голодной степи, который показал высокую экономическую эффективность этого способа строительства. В качестве фильтра использовали капроновую ткань. Конструкция дрены очень простая – перфорированная пластмассовая труба диаметром 57 мм, обернутая одним слоем капроновой ткани. Дреноукладчик БДМ-300 показал высокую производительность – до 400 м/ч. Стоимость одного метра дрены не превысила трех рублей.

Полученные хорошие показатели пластмассового бестраншейного дренажа, укладываемого с помощью машины БДМ-300, вселяли уверенность в новый механизированный способ. Этот способ обещал большие возможности Голодной степи в форсировании работ по дренированию земель с близкими грунтовыми водами, в чем имело место сильное отставание, и позволял устранить большинство трудностей, сопряженных со строительством дренажа на введенных в сельскохозяйственный оборот землях.

Технологические преимущества предлагаемого нового способа строительства дренажа на первых порах заслонили вопросы, связанные с изучением водоприемной способности конструкции, ее надежности, формирования дренажного стока, режима уровня грунтовых вод и других мелиоративных показателей работы этого дренажа. На это важное обстоятельство обратил внимание институт "Средазгипроводхлопок".

В 1970 г. в совхозах "Пахтакор" и № 26 Голодной степи начались исследования работы пластмассового дренажа. В результате выяснилось, что пластмассовые дрены практически не оказывают влияния на понижение уровня грунтовых вод, а модули дренажного стока на опытных участках составляют 0,01–0,02 л/с/га, что в 5–10 раз меньше, чем на площадях с обычным дренажем из керамических труб диаметром 100–150 мм в песчаной обсыпке. Попытка сгустить укладку пластмассовых дрен, сократив интервал между ними до 30–50 м, не привела к увеличению модуля дренажного стока. Наддренные полосы после прохода машины БДМ-300 имели неудовлетворительный вид, происходил выпор грунта наружу, оросительная вода, попадая в щели, образуемые рабочим органом машины, вызывала суффозию грунта и размывала устья дрен. Между тем вскрытия показали, что дефектов в самой дренажной линии не было. Трубы оставались чистыми, фильтровая ткань не повреждалась при укладке, на свет просматривалось ее ячеистое строение. Было зафиксировано лишь отклонение от прямолинейности укладки дренажной линии. Отдельные перегибы

в вертикальной плоскости достигали 15 см.

Проанализировав результаты исследований, институт "Сред-азгипроводхлопок" совместно с ВНИИГим выявили следующие причины неудовлетворительной работы пластмассовых дрен:

- уплотнение грунта в придренированной зоне рабочим органом дрепоукладчика БДМ-300, в связи с чем резко увеличивается сопротивление поступлению воды в дрена;
- недостаточная водоприемная поверхность дрены из-за малого диаметра трубы (57 мм) и тонкого тканевого покрытия;
- образование в трубе воздушных пробок за счет извилистости дренажной линии.

Было решено изменить рабочий орган машины, увеличить диаметр дренажных труб до 75-100 мм, заменить фильтр из капроновой ткани на песчаную обсыпку или на объемный фильтр из синтетических материалов.

В 1971-1972 гг. ВНИИГим создал новую модель бестраншейного дрепоукладчика - БДМ-301А с трехступенчатым режущим рабочим органом, которая позволяла сохранить естественную структуру грунта в придренированной зоне, устранив деформации уплотнения. Внутри ножа был размещен бункер для песка. Новая машина укладывала гофрированные пластмассовые трубы в песчаную призму размером 20 x 25 см. Значительно повысилась точность укладки дренажной линии (отклонения не превышали ± 2 см). Производительность машины осталась достаточно высокой - до 200-250 м/ч, а стоимость одного метра дрены составляла 5,0-5,5 руб.

Таким образом, все выявленные причины, отрицательно влияющие на работоспособность дренажа, в конструкции дрепоукладчика БДМ-301А были устранены.

В 1972-1973 гг. в совхозах № 4 и 7 Голодной степи с помощью БДМ-301А уложено более 100 км пластмассовых дрен в песчаной обсыпке (междренные расстояния 40-60 м, диаметр 75 мм) в самых разнообразных условиях: на орошаемых участках, на землях, где проводились капитальные промывки, по соседству с промываемыми чеками.

Исследования института "Средазгипроводхлопок" показали, что новая конструкция пластмассового дренажа, укладываемая машиной БДМ-301А, вполне работоспособна, обеспечивает проектную интенсивность дренирования и необходимую скорость сработки грунтовых вод. К таким же выводам пришли ВНИИГим и Голодностепстрой.

Как было сказано выше, главной причиной плохой работы пластмассовых дрен, уложенных БДМ-300, является уплотнение грунта в придренной зоне рабочим органом машины. Этот недостаток устранен в дреноукладчике БДМ-301А и поэтому водопримная способность дрен резко возросла. Так, в совхозе № 7 в зоне оросителя 7-У-58 построенные БДМ-301А четырнадцать дрен в песчаной обсыпке обеспечивали средние дренажные модули 0,08-0,15 л/с /га при напорах в междуренье 0,5-0,8 м. При поливах расходы воды по дренам составляли 0,3-0,4 л/с (длина рабочей части 360 м), а снижение грунтовых вод после поливов происходило со скоростью 5-7 см/сутки. Пятнадцать дрен той же конструкции в совхозе № 4, выведенные в открытый коллектор 4-К-5-2, работали в условиях проведения капитальной промывки. Средний модуль дренажного стока при напоре 3,5 м составлял 0,38 л/с/га, против проектного 0,28 л/с/га, а максимальный - 0,42 л/с/га. Устьевые расходы дрен достигали 1,1-1,3 л/с. Скорость снижения уровня грунтовых вод после промывки - 10 см/сутки.

В совхозе № 7 (в зоне действия оросителя 7-У-57) было уложено 35 дрен четырех конструкций. В первых трех вариантах дрена были уложены машиной БДМ-301А и отличались материалом фильтра: капроновая ткань, песчано-гравийная смесь и сочетание капроновой ткани с песчано-гравийной обсыпкой. Четвертый вариант (пластмассовые трубы, обернутые капроновой тканью) был уложен машиной БДМ-300. Наблюдения ВНИИГиМ и Голодноостепстрой показали заметное преимущество дренажа, уложенного машиной БДМ-301А, независимо от материала фильтра. Капроновая ткань, по сравнению с песчаной обсыпкой, хотя и уменьшает водозахватную способность дрена, но ее влияние несоразмерно мало с величиной сопротивлений, создаваемых в связи с уплотнением грунта в придренной зоне машиной БДМ-300.

В настоящее время принято решение о широком производственном применении дреноукладчика БДМ-301А. В первую очередь этот дренаж рекомендовано строить в действующих совхозах при близком залегании уровня грунтовых вод. Расстояния между пластмассовыми дренами рассчитывают по общепринятым формулам. Глубина их укладки 3-3,5 м.

В целях усовершенствования конструкции дрена и технологии ее укладки представляется целесообразным заменить песчано-гравийную смесь на объемный фильтр из искусственных волокнистых материалов.

Ф.В.СЕРЕБРЕННИКОВ, и.т.н., Н.Н.КАРЛОВ, Н.П.ПЫЛЕВ,
"Средазгипроводхлопок"

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НА ЭВМ СОЛЕВОГО РЕЖИМА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ НАЛИЧИИ ДРЕНАЖА

Как правило, орошение в аридной зоне сопряжено с проблемой предупреждения вторичного засоления земель, в первую очередь из-за слабо выраженной естественной дренированности и значительных запасов солей, содержащихся в почвогрунтах и грунтовых водах.

Практика показала, что земледелие в настоящее время невозможно без осуществления комплекса мелиоративных мероприятий, основными составляющими которого являются промывной режим орошения и дренаж.

Для обоснования и проектирования комплекса мелиоративных мероприятий необходимы прогнозы солевого режима орошаемых земель, так как только по ним можно судить о приемлемости рассматриваемого варианта режима орошения и параметров дренажа. Особое значение приобретают трактовка роли режима орошения и дренажа в создании благоприятного солевого режима, а также разработка соответствующей модели, отражающей основные закономерности движения солей в почвогрунтах и грунтовых водах.

Как известно, промывной режим орошения, создавая преобладающий нисходящих токов над восходящими в зоне аэрации, обеспечивает инфильтрационное питание грунтовых вод; дренаж, в свою очередь, создает нисходящие токи в грунтовых водах. Формирование инфильтрационного питания за счет оросительной воды и поддержание нисходящих токов ведут к постепенному опреснению грунтов зоны аэрации, а затем и верхних горизонтов грунтовых вод. Образование опресненных горизонтов, изолирующих минерализованные грунтовые воды, гарантирует благоприятный солевой режим почвогрунтов зоны аэрации.

Учитывая сказанное, прогнозирование следует вести совместно для зоны аэрации и грунтовых вод. Недостатком большинства решений как раз и является или игнорирование грунтовых вод, или рассмотрение случаев, когда скорости фильтрации в зоне аэрации и грунтовых водах совпадают по направлению [2,4,6,7].

З действительности наблюдается более сложная картина. Наиболее характерным является случай, когда в межполивной период уровень грунтовых вод снижается под одновременным действием суммарного испарения и дренажа, скорости движения в капиллярной кайме: грунтовых водах направлены в противоположные стороны (в зоне аэрации вверх, в грунтовых водах вниз), а поверхность грунтовых вод служит подвижной границей. Следует также учитывать, что в естественных условиях период спада грунтовых вод чередуется с периодом их подъема, например, в результате проведения полива. Кроме этого, возможен подъем грунтовых вод из-за интенсивного их питания напорными водами и т.п.

Таким образом, целесообразно искать решение задачи для общего случая, когда направление движения границы (уровня грунтовых вод) определяется величинами и направлением скоростей в зоне аэрации и грунтовых водах.

В последующем принимается: по результатам прогноза водного режима известны составляющие водного баланса зоны аэрации и грунтовых вод на отдельные периоды года; скорости движения в зоне аэрации и в грунтовых водах на эти периоды постоянны по величине и направлению; под уровнем грунтовых вод пористая среда полностью насыщена водой; в зоне аэрации влажность не снижается ниже максимальной молекулярной влагоемкости (по А.Ф.Лебедеву), при которой прекращается движение влаги в жидкой фазе.

Предполагается, что процесс миграции солей описывается уравнением конвективной диффузии, а фильтрационные и солевые параметры известны по данным полевых и лабораторных исследований. Учитывая преимущественно вертикальное направление движения влаги и солей в зоне аэрации и грунтовых вод в естественных условиях, нами рассматривается одномерная задача прогноза солевого режима. В связи с этим принимается, что ось Ox , будучи направлена вертикально вниз, расположена посередине между дренажными сооружениями.

Задача сводится к численному решению следующей системы параболических уравнений:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = D_i^* \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} - V_i \frac{\partial C_i}{\partial x}; \quad (i=1,2) \quad (1)$$

$$i=1, \quad 0 < x < \xi(t); \quad i=2 \quad \xi(t) < x < L, \quad t \in [0, T]$$

при следующих начальных и граничных условиях

$$C_i(0, x) = C_i^0(x), \quad (2)$$

$$D_1^* \frac{\partial C_1}{\partial x} - V_1(C_1 - C_n) \Big|_{x=0} = 0, \quad C_2(L, t) = C_0. \quad (3)$$

$$C_1[\xi(t), t] = C_2[\xi(t), t]; \quad D_1^* \frac{\partial C_1}{\partial x} - D_2^* \frac{\partial C_2}{\partial x} \Big|_{x=\xi(t)} = 0 \quad (4)$$

Функция $\xi(t)$ определяется так:

$$\xi(t) = L_0 + V_r t \quad (5)$$

$$V_r = \frac{m_2 V_2 - m_1 V_1}{m_2 - m_1} \quad (6)$$

В уравнениях (1) - (6) индексы $i = 1$ и 2 относятся соответственно к зоне аэрации и грунтовым водам; $C_i(x, t)$ и $C_i^0(x)$ - концентрация воды в любой и начальный момент времени; D_i - коэффициент конвективной диффузии; C_n - концентрация поливной воды; C_0 - то же на глубине L ; t - время; V_i - скорость движения воды, равная скорости фильтрации, деленной на пористость; V_r - скорость движения уровня грунтовых вод; L - глубина расчетного слоя; m_i - активная пористость.

Обозначив $\bar{D} = (0 \leq x \leq L, 0 \leq t \leq T)$, введем сетку в $\bar{D}$

$$\bar{\omega}_{hk} = \{(lh, jk), i = 0, 1, \dots, N, j = 0, 1, \dots, j_0\}, \quad (7)$$

с шагами $h = L/N$ и $k = T/j_0$. Обозначим через P_i значение в узле (x_i, t_j) сеточной функции P , определенной на

$$\bar{\omega}'_{hk} = \{(lh, jk), i = 0, 1, \dots, N_1(t), j = 0, 1, \dots, j_0\}, \quad (8)$$

где $N_1(t) = [\xi(t)/h] + 1$,

а через q_i значение сеточной функции q , определенной на

$$\bar{\omega}'' = \{(lh, jk), i = N_1(t) + 1, N_1(t) + 2, \dots, N, (j = \overline{1, j_0})\} \quad (9)$$

Заменяя в уравнениях (1) частные производные конечными разностями, получим

$$\frac{P_i^{j+1} - P_i^j}{k} = D_1^* \frac{P_{i+1}^{j+1} - 2P_i^{j+1} + P_{i-1}^{j+1}}{h^2} - V_1 \frac{P_{i+1}^{j+1} - P_{i-1}^{j+1}}{2h}; \quad \begin{matrix} i \in [0, N, (t)] \\ j \in [0, j_0] \end{matrix} \quad (10)$$

$$\frac{q_i^{j+1} - q_i^j}{k} = D_2^* \frac{q_{i+1}^{j+1} - 2q_i^{j+1} + q_{i-1}^{j+1}}{h^2} - V_2 \frac{q_{i+1}^{j+1} - q_{i-1}^{j+1}}{2h}; \quad \begin{matrix} i \in [N_1(t), N] \\ j \in [0, j_0] \end{matrix} \quad (11)$$

Из уравнений стыковки (4) имеем

$$P_{N_1(t)}^j = q_{N_1(t)}^j \quad 0 \leq j \leq j_0 \quad (12)$$

$$D_1^* \frac{P_{N_1(t)}^{j+1} - P_{N_1(t)-1}^{j+1}}{h} - D_2^* \frac{q_{N_1(t)+1}^{j+1} - q_{N_1(t)}^{j+1}}{h} = 0, \quad 0 \leq j \leq j_0 \quad (13)$$

Граничные условия (3) дают два недостающих уравнения:

$$D_1^* \frac{2D_1^* k (P_0^{j+1} - P_0^j) - h^2 (P_0^{j+1} - P_0^j)}{kh(2D_1^* + hV_1)} - V_1 (P_0^{j+1} - C_n) = 0 \quad (14)$$

$$q_N^j = C_0, \quad 0 \leq j \leq j_0. \quad (15)$$

Полученную систему $N+1$ уравнений с $N+1$ неизвестными будем решать методом прогонки, для чего уравнения (10) – (13) приведем к виду

$$A_i Y_{i-1} - C_i Y_i + B_i Y_{i+1} = -F_i, \quad 0 < i < N, \quad (16)$$

где $A_i = \begin{cases} 2kD_1^* + khV_1, & 0 < i < N_1(t) \\ D_1^*, & i = N_1(t) \\ 2kD_2^* + khV_2, & N_1(t) < i < N \end{cases}; \quad B_i = \begin{cases} 2kD_1^* - khV_1, & 0 < i < N_1(t) \\ D_2^*, & i = N_1(t) \\ 2kD_2^* - khV_2, & N_1(t) < i < N \end{cases}$

$$C_i = \begin{cases} 4kD_1^* + 2h^2, & 0 < i < N_1(t) \\ D_1^* + D_2^*, & i = N_1(t) \\ 4kD_2^* + 2h^2, & N_1(t) < i < N \end{cases} \quad F_i = \begin{cases} 2h^2 P_i^1, & 0 < i < N_1(t), \\ 0, & i = N_1(t) \\ 2h^2 q_i^2, & N_1(t) < i < N \end{cases}$$

Уравнение (14) преобразуем к виду

$$P_0^{d+1} = H_1 P_1^{d+1} + V_1; \quad (17)$$

где

$$H_1 = \frac{2kD_1^{*2}}{2kD_1^{*2} + h^2D_1^* + khV_1(2D_1^* + hV_1)}, \quad V_1 = \frac{h^2D_1P_0^1 + khV_1C_0(2D_1^* + hV_1)}{2kD_1^{*2} + h^2D_1^* + khV_1(2D_1^* + hV_1)}.$$

Добавляя к этим уравнениям (15), получаем все необходимые для реализации метода прогонки.

Устойчивость прогонки обеспечивается следующими условиями:

$$h < 2 \times \max\left(\frac{D_1^*}{|V_1|}, \frac{D_2^*}{|V_2|}\right); \quad k < \frac{hD_1^*}{V_1(2D_1^* + hV_1)}, \quad V_1 < 0$$

Погрешность аппроксимации равна $O(h^2 + k)$, за исключением области изменения функции $\bar{\eta}(t)$, где она составляет $O(h+k)$.

В соответствии с изложенным была составлена программа для ЭВМ "М-222", позволяющая рассчитывать прогноз изменения содержания солей в почвогрунтах зоны аэрации и в грунтовых водах.

Для сравнения результатов прогноза солевого режима с учетом и без учета наличия подвижной границы (грунтовых вод), был составлен [1,5] прогноз уровня режима грунтовых вод и составляющих водного баланса для условий одного из совхозов Голодной степи и на основе полученных данных подсчитаны восходящие и нисходящие скорости движения в зоне аэрации и в грунтовых водах на различные периоды года. В качестве исходного (перед началом первого полива) был принят следующий солевой профиль: на поверхности земли – 4 г/л, на глубине 0,2м – 2,3, от 0,4 до 1,2м – 2, 1,4м – 2,3, 1,6м – 3,0, 1,8м – 8 и начиная с 2,0м – 15,0 г/л. Параметр гидродисперсии равнялся 0,075 м, коэффициент молекулярной диффузии – 0,0001 м²/сутки.

Сравнение результатов прогноза солевого режима выявило значительную разницу между расчетными значениями содержания солей, полученными при использовании двух различных программ, в первой из которых учитывалось наличие грунтовых вод и движение их поверхности, а во второй нет. Наглядное представление о сказанном дают рис. 1 и 2.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что используемый в настоящее время метод прогноза солевого режима, не учитывающий наличие грунтовых вод, дает заниженные значения содержания солей в почвогрунтах зоны аэрации. В целом это может привести к выбору такого варианта режима орошения и параметров дренажа, который не обеспечит оптимального солевого режима почвогрунтов в реальных условиях.

Кроме того, результаты расчета свидетельствуют о необходимости проведения дополнительных промывных поливов, чтобы опреснить не только зону аэрации, но и верхние горизонты грунтовых вод, так как в рассмотренном нами примере содержание солей в активном слое почвы нарастает.

Таким образом, полученное численное решение и его реализация на ЭВМ позволяют более обоснованно подойти к проектированию режимов орошения для условий мелиоративного и эксплуатационного периодов, уточнению продолжительности мелиоративного периода, норм капитальных промывок, выбору параметров дренажа.

Литература

1. Голованов А.И. Прогнозирование водного режима орошаемых массивов в условиях совместной работы вертикального и горизонтального дренажей. Тр. координационных совещаний по гидротехнике, Л., "Энергия", вып. 35, 1967.
2. Рекс Л.М. Прогноз переноса солей. Гидротехника и мелиорация. 1972, № 10.
3. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем М., "Наука", 1967.
4. Савельева Р.В., Барон В.А. О движении солей в почвогрунтах при промывном режиме орошения. Тр. САНИИРИ, вып. 118. Ташкент, 1969.
5. Серебрянников Ф.В. Некоторые вопросы обоснования расчета дренажа орошаемых земель. Тр. ТИИМСХ, вып. 37. Ташкент, 1973.
6. Шульгин Д.Ф., Машарипов Р. О прогнозировании на ЭВМ солевого режима засоленных почвогрунтов при наличии дренажа. Гидротехника и мелиорация, 1969, № 5.

7. Шульгин Д.Ф. , Машарипов Р. Опыт применения ЭВМ и приближенного аналитического метода для решения задач прогнозирования водно-солевого режима почвогрунтов орошаемых массивов. В кн. "Теория и практика борьбы с засолением орошаемых земель" .М., "Колос", 1971.

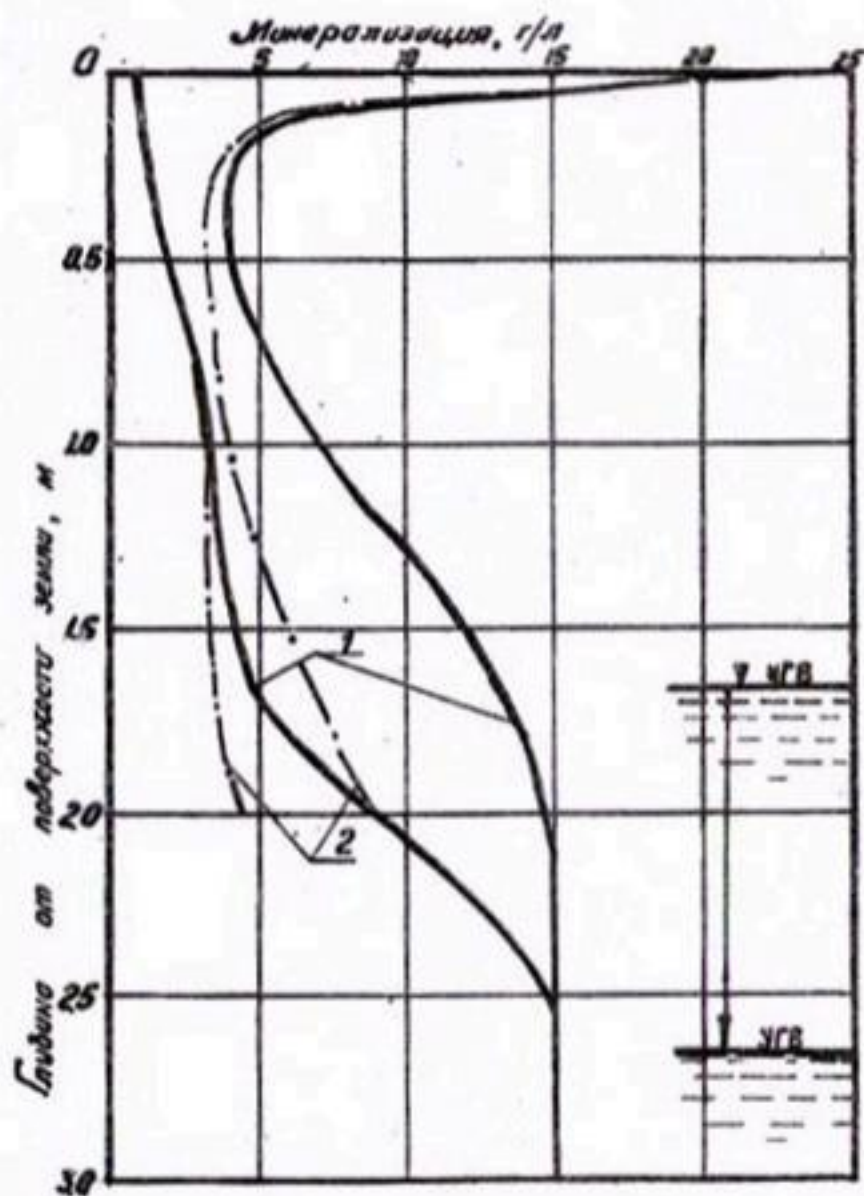


Рис.1. Расчетные значения содержания солей за межполивной период с 15.VII по 11.VIII (1 - с учетом поверхности грунтовых вод; 2 - без учета).

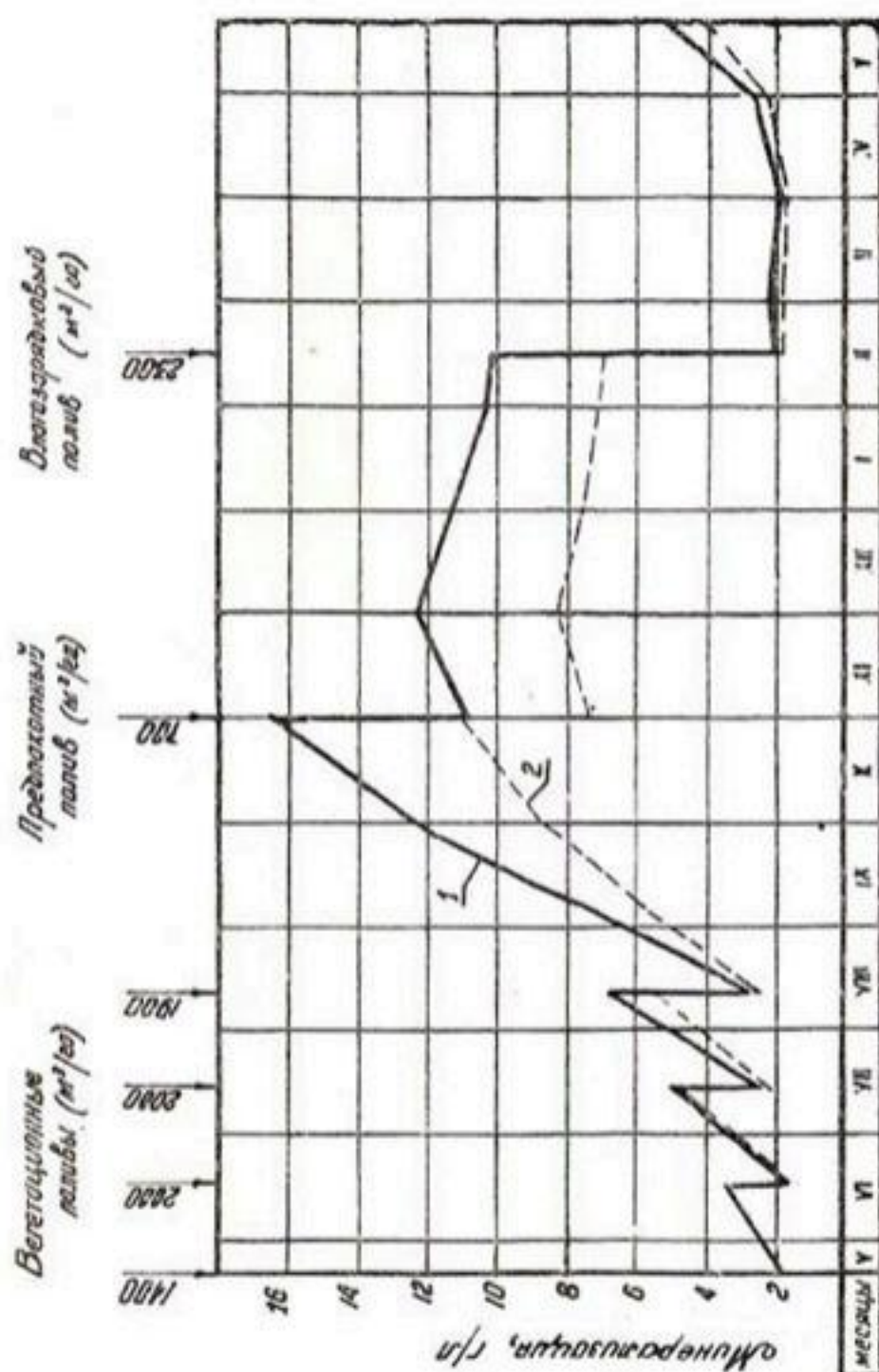


Рис. 2. Минерализация почвенного раствора в метровом слое почвогрунта (1 — с учетом поверхности грунтовых вод; 2 — без учета).

И.К.Духнов, ВНИИКАМС

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Оптимальная система горизонтального дренажа — это наимыгоднейший вариант системы дренажа с точки зрения соотношений глубин дрен и междреней, схем расположения отдельных элементов системы, в том числе и по отношению к уклону (продольная, поперечная или промежуточная схемы), протяженности дрен и коллекторов разных порядков и конструкций самих дрен и коллекторов. Все это подразумевается при обеспечении выполнения дренажом своих функций по снижению и поддержанию уровня грунтовых вод на требуемой глубине.

Система горизонтального дренажа, как правило, состоит из первичных дрен, проектируемых оптимальной длины ($l_{г.0}$) и коллекторов третьего, второго и первого порядков ($l_{к(3)}$, $l_{к(2)}$ и $l_{к(1)}$) (см. рисунок).

Условимся считать системой горизонтального дренажа такую, которая имеет минимум затрат, определенных по выражению:

$$Z_T = C_T + EK_T; \quad (I)$$

где Z_T — приведенные затраты по данному варианту;

C_T — себестоимость продукции, в данном случае удельные ежегодные эксплуатационные затраты на 1 га мелиорируемой площади;

K_T — удельные капитальные вложения на 1 га мелиорируемой площади;

E — отраслевой нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Технически совершенной дренажной системой будем считать такую, в которой все элементы выполнены закрытыми. Следует отметить, что могут быть варианты оптимальной и технически совершенной систем совершенно одинаковыми, так как сама технически совершенная система может иметь также оптимальный вариант. Таким образом, системы горизонтального дренажа могут быть следующими:

- оптимальная;
- условно технически совершенная;
- оптимальная технически совершенная;

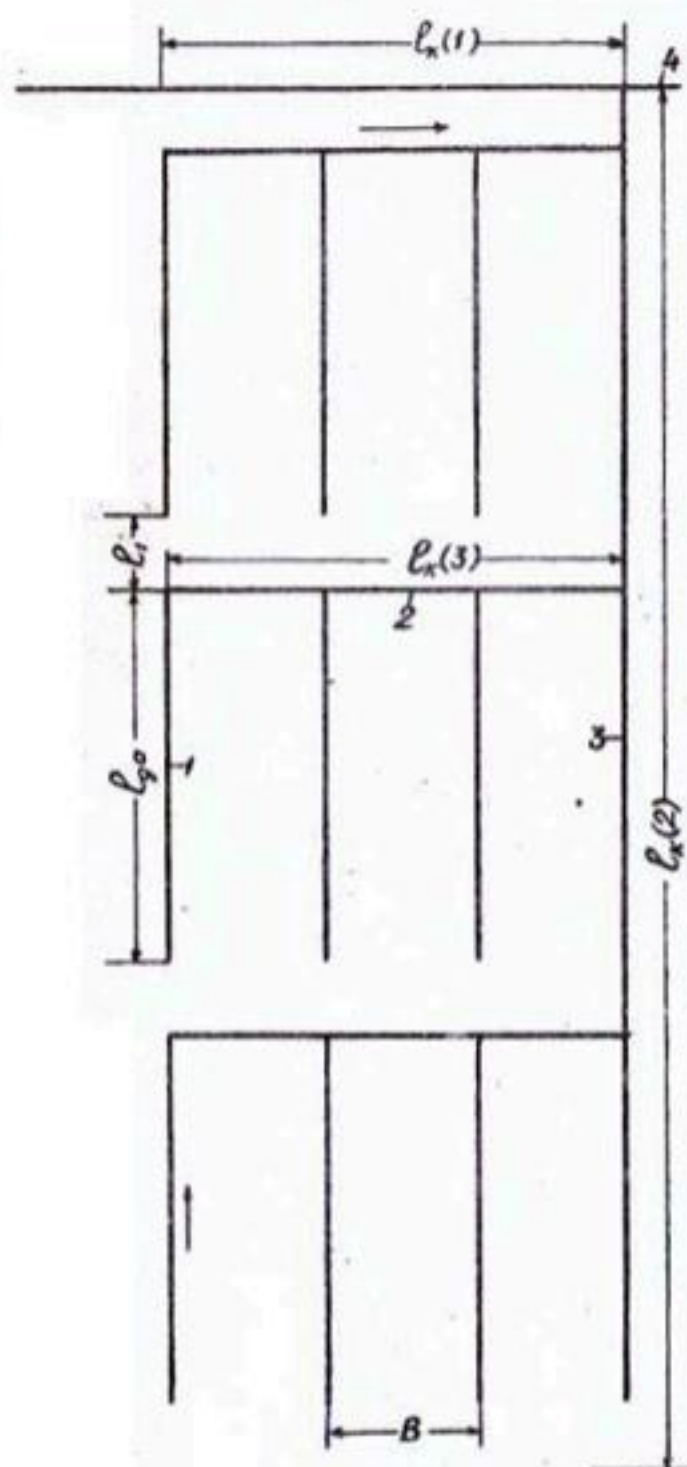


Схема системы горизонтального дренажа:

1. Первичные дрены
2. Коллекторы 3-го порядка.
3. Коллекторы 2-го порядка.
4. Коллекторы I-го порядка.

→ направление движения воды в дренах и коллекторах.

— оптимальная условно технически совершенная.

Оптимальная система включает как закрытые, так и открытые элементы, например, закрытые первичные дрены и открытые коллекторы всех порядков (или часть из них).

Условно технически совершенная система предполагает все элементы закрытыми, независимо от их протяженности, размеров и т.п., что может быть продиктовано организационно-хозяйственными соображениями, хотя она и неэкономична.

Оптимальная технически совершенная система может быть достигнута путем установления наиболее экономичной схемы за счет выбора оптимальной длины дрен, их числа, размера подвешенной площади, правильного ориентирования всей системы на местности при соблюдении формы полей севооборотов и т.п.

Под оптимальной условно технически совершенной системой подразумевается такая, которая при максимальном приближении к технически совершенной была бы увязана со способом и техникой орошения.

Например, если оросительная сеть будет закрытой, то поверхностных сбросов оросительной воды не должно быть. В этом случае вся система дренажа может быть выполнена закрытой без учета сбросов оросительной воды. Но нередко при орошении наблюдаются большие сбросы оросительной воды, которые транспортируются коллекторами, поэтому следует проектировать дренажную сеть с учетом этих сбросов. В этом случае, возможно, имеет смысл коллекторы первого и второго порядков проектировать открытыми, так как при закрытых требуются трубы большого диаметра и, следовательно, большие затраты, к тому же при пропуске сбросных вод выполнять их придется только транспортирующими без учета их работы как дренажные сооружения, в противном случае они выйдут из строя за счет кольматации фильтров при пропуске мутной воды. Отсюда следует, что понятие технически совершенная система будет меняться поэтапно в соответствии с изменением и совершенствованием самой оросительной системы, применяемых способов и техники орошения, машин, механизмов и т.п.

При установлении оптимального варианта дренажной системы необходимо сопоставить и выявить минимум затрат по возможным вариантам, учитывая экономические, технические и организационно-хозяйственные условия.

Приводим методику установления размеров отдельных элементов такой системы.

I. Выбор оптимальных длин дрен и водособирателей:

а). Водособиратели^{х)} закрытые без перфорации труб и устройства фильтров.

Допустимую длину закрытых дрен определяют гидравлическими расчетами, а затем проверяют технико-экономическими показателями.

Величина максимального расхода, который должен быть отведен дренажной протяженностью l при междренном расстоянии B с максимальным дренажным модулем q_{max} , будет составлять:

$$Q_p = q_{max} \cdot l \cdot B \cdot 10^3; \quad (2)$$

С другой стороны, при полном заполнении трубы расход воды в дрене определяется по формуле:

$$Q = 0,39 \cdot c \cdot d^{5/2} \cdot i^{1/2}; \quad (3)$$

Приравнивая правые части уравнений, можно определить допустимую длину дрен l_d :

$$l_d = \frac{0,39 \cdot c \cdot d^{5/2} \cdot i^{1/2} \cdot 10^3}{q_{max} \cdot B}; \quad (4)$$

где q_{max} — максимальный дренажный модуль, л/с/га;

B — междреннее расстояние, м;

i — гидравлический уклон;

d — диаметр дрены, м;

c — коэффициент, определяемый по формуле

$$c = \frac{1}{n} R^{1/3}; \quad (5)$$

где R — гидравлический радиус, принимаемый для труб с полным заполнением: $R = \frac{d}{4}$;

n — коэффициент шероховатости, применяемый в зависимости от материала труб.

Скорость течения воды в дрене при полном заполнении труб определяется по формуле:

$$V = 0,5 \cdot c \cdot d^{1/2} \cdot i^{1/2}; \quad (6)$$

откуда

$$d = \frac{V^2}{0,25 \cdot c^2 \cdot i}; \quad (7)$$

где V — скорость течения воды в дрене (при пропуске максимальный расход не должен превышать 1,2 м/с).

Определив величину d из (7), найдем из (4) величину l_d .

Для технико-экономического обоснования выбора длины дрены

х)

Коллекторы третьего порядка, непосредственно собирающие воду из первичных дрен, именуются водособирателями.

необходимо рассмотреть n - вариантов размещения дренажной сети в плане с n - водособирателями и выбрать из них экономически наивыгоднейший.

Общее выражение установления протяженности дрен и водособирателей при различных вариантах их расположения имеет вид:

$$L = (m \frac{1}{n} l_g + l_b) n; \quad (8)$$

где L - общая протяженность дрен и водособирателей при различных вариантах, м;

m - число дрен, подвешенных под одним водособирателем;

n - число частей, на которое может быть разделена водособирателями допустимая длина дрены l_g , вычисленная по выражению (4);

l_b - протяженность водособирателя, зависящая от числа дрен и расстояния между ними, м;

она равна $l_b = m \cdot b$; (9)

где b - расстояние между дренами, м.

С увеличением длины дрен и водособирателей увеличивается их расход, следовательно, должен увеличиваться диаметр дренажных труб (соответственно и стоимость строительства дренажа за счет увеличения стоимости труб, количества фильтрационных материалов, количества перфорации, трудоемкости укладки и т.п.).

Таким образом, на допустимых или принятых длинах дрен и водособирателей должны быть уложены трубы с различными размерами, соответствующими максимальным расходам на определенных отрезках дрен и водособирателей. Величины этих отрезков могут быть установлены путем расчета, исходя из имеющихся параметров труб, выпускаемых промышленностью, максимальных расходов, пропускаемых по ним, устанавливаемых по формуле (3) и максимальных расходов на соответствующих участках дрен, устанавливаемых по формуле (2) на основе максимального дренажного модуля. Таким образом,

$$l_{g.k} = \frac{q_{32} \cdot c \cdot i^{\frac{1}{2}} \cdot 10^2 \cdot d_{g.k}}{q_{\max} \cdot b} - l_{g(k-1)}; \quad (10)$$

Общая длина дрены определяется из выражения:

$$l_g = l_{g1} + l_{g2} + \dots + l_{g(k-1)} + l_{g.k}; \quad (11)$$

где l_g - общая длина дрен, м;

$l_{g1,2,\dots,k}$ - длина участков дрены 1, 2, ..., k;

$d_{g.k}$ - диаметр дренажных труб на участках 1, 2, ..., k.

Расход воды по водособирателю зависит от размера подвешенной площади или длины первичных дрен и их числа. Диаметр труб при необходимости следует менять при подключении каждой новой первичной дрены. Длина участков водособирателей с различными стандартными диаметрами дренажных труб может быть равна расстоянию между дренами, а длину отдельных водособирателей определяют по формуле (9).

Диаметр труб водособирателей на отдельных участках вычисляют исходя из их расходов, которые зависят от размеров подвешенной площади или же длины дрен и их числа, т.е.

$$Q_{\text{вм}} = Q_{\text{рм}} \cdot m; \quad (12)$$

или в развернутом виде:

$$Q_{\text{вм}} = q_{\text{max}} \cdot l_{\text{д}} \cdot B \cdot 10^{-7} \cdot m; \quad (13)$$

тогда, учитывая выражение (4) и подставляя вместо $l_{\text{д}}$ величину $\frac{1}{n} l_{\text{д}}$, получим:

$$\frac{1}{n} l_{\text{д}} q_{\text{max}} \cdot B \cdot m \cdot 10^{-7} = Q_{39} \cdot c \cdot d_{\text{вм}}^{5/2} \cdot l_{\text{д}}; \quad (14)$$

откуда

$$d_{\text{вм}}^3 = \frac{l_{\text{д}} \cdot q_{\text{max}}^2 \cdot B^2 \cdot m^2 \cdot 10^{-14}}{n^2 \cdot Q_{39}^2 \cdot c^2 \cdot l}; \quad (15)$$

где $d_{\text{вм}}$ — диаметр труб водособирателей на отдельных участках.

Таким образом, зная протяженность всей сети дрен и водособирателей при различных вариантах, диаметры труб на различных участках дрен и водособирателей, стоимость труб различных диаметров на этих участках, стоимость строительства дренажной сети, а также затраты на строительство водособирателей, можно найти наиболее экономичный вариант.

Общее выражение для установления затрат на строительство дрен и водособирателей по различным вариантам примет вид:

$$K_c = \left[m \sum_{k=1}^K l_{\text{дк}} \cdot C(d_{\text{дк}}) + \sum_{j=1}^J B \cdot C(d_{\text{вм}}) \right] n = \min; \quad (16)$$

где K_c — общие затраты на строительство дрен и водособирателей по отдельному варианту, руб.;

K — число смен диаметров дренажных труб по длине дрены;

$l_{\text{дк}}$ — протяженность дренажных отрезков с соответствующими диаметрами, м;

х) Диаметр дрен должен быть проверен также исходя из скорости течения при нормальном расходе дрен из-за возможности заиливания труб.

$\zeta(dg_k)$ - стоимость строительства одного метра дренажа из труб соответствующих диаметров;

$\zeta(dbm)$ - стоимость строительства одного метра водособирателей из труб соответствующего диаметра без перфорации труб и устройства фильтра.

Л.К.Госсу выполнены расчеты для условий Чуйской впадины при следующих исходных данных: $q_{max} = 0,432$ л/с. с I га; $B=300$ м, i дрены = 0,0049; i водособ. = 0,0016; трубы керамические с коэффициентом шероховатости $n = 0,013$, число дрен $m = 4$. Допустимая длина дрен из выражения (4) $l_d = 5200$ м; рассмотрено 3 варианта $n = 1$, $n = 2$ и $n = 3$. Сравнение технико-экономических показателей по вариантам показало, что предпочтение необходимо отдать варианту при $n = 2$, т.е. оптимальная протяженность дрен при принятых исходных данных должна быть равна 2600 м.

б). Водособиратели закрытые с перфорацией
труб и устройством фильтров

В этом случае необходимо учитывать дренирование водособира-телями прилегающих к ним площадей, но за счет этого появляется возможность уменьшения протяженности дренажной сети и выполнения концевых участков дрен без перфорации труб и без выполнения филь-тров. В Чуйской долине дренаж закладывается в основном по наиболь-шему уклону (0,01-0,003), а водособиратели - поперек уклона, кри-вая депрессии вблизи водособирателей с верховой стороны несколько выше, чем с низовой, больше в два раза и радиус влияния с этой стороны. При расстояниях между дренами (B) концевые участки их могут быть без фильтра на протяжении $2/3 B$, а с низовой стороны дрены должны укладываться на расстоянии $1/3 B$ от водособирателей.

Общее выражение для установления затрат на строительство дрен и водособирателей по вариантам примет вид:

$$K_c = [m \frac{1}{n} \xi l_{dgk} \zeta(dg_k) - \frac{2}{3} B \zeta_p(dg_k) - \frac{1}{3} B \zeta(dg_k) + \xi B \zeta(dbm)] n; \quad (17)$$

где $\zeta(dg_k)$ - стоимость строительства одного метра дренажа из труб соответствующих диаметров, руб.;

$\zeta_p(dp_k)$ - разница в стоимости строительства одного метра закры-того дренажа с соответствующим диаметром в холостой части дрены и строительством холостой части дрен (без перфорации труб и устрой-ства фильтров);

$\zeta(dg_1)$ - стоимость строительства одного метра дренажа на началь-ном участке дрены с наименьшим диаметром;

$\zeta(dbm)$ - стоимость строительства одного метра водособира-

лей соответствующего диаметра с устройством перфорации труб и фильтров.

в). Водособиратели открытые

При выполнении водособирателей открытыми часть площади теряется. В связи с этим в каждом варианте при соответствующей длине первичных дрен значения коэффициентов земельного использования будут различными и могут быть вычислены из следующего выражения:

$$2y = \frac{\frac{1}{2}lg \cdot B \cdot m - B \cdot b \cdot m}{\frac{1}{2}lg \cdot B \cdot m} = \frac{\frac{1}{2}lg - b}{\frac{1}{2}lg}, \quad (18)$$

где $2y$ — условный коэффициент земельного использования;

B — ширина полосы, занятая открытым водособирателем с полосами отчуждения, м.

Сравнивать варианты необходимо по рекомендуемым формулам для установления экономической эффективности капитальных вложений в мелиорацию земель.

Так как во всех вариантах коэффициент земельного использования различный, примем условные значения себестоимости и стоимости сельскохозяйственных культур, которые могут быть выражены через урожайность, в свою очередь, выраженную с учетом к.э.и.:

$$Cy = Cф \cdot 2y; \quad (19)$$

где Cy — условная урожайность;

$Cф$ — фактическая урожайность.

Тогда выражения для условных значений себестоимости и стоимости сельскохозяйственных культур могут быть получены из уравнений

$$Cy \cdot Cy = Cф \cdot Cф; \quad Cy \cdot Cy = Cф \cdot Cф, \quad (20)$$

откуда с учетом (19) получим

$$Cy = \frac{Cф}{2y}; \quad Cy = \frac{Cф}{2y}; \quad (21)$$

При применении различных севооборотов с различными сельскохозяйственными культурами средние величины себестоимости продукции с I га могут быть установлены как средневзвешенные значения за полную ротацию. В общем виде это может быть выражено так:

$$C_{у.ср} = \frac{\sum C_{фi} \cdot C_{уi} \cdot P_i}{P}; \quad (22) \quad C_{у.ср} = \frac{\sum C_{фi} \cdot C_{уi} \cdot P_i}{P}, \quad (23)$$

где $C_{у.ср}$ и $C_{у.ср}$ — средние условные значения себестоимости и стоимости продукции с I га по севооборотному массиву или же на одном мелиорируемом поле с чередованием культур за полную ротацию севооборота, руб.,

U_{fi} – фактическая урожайность, ц/га;

C_{yi} , U_{yi} – условные значения себестоимости и стоимости сельскохозяйственных культур при фактической урожайности, руб/ц;

P_i – число полей данной культуры в севообороте или число лет за полную ротацию, в которых выращивалась данная культура;

P – общее число полей в севообороте.

Тогда выражение для определения чистого дохода будет иметь следующий вид:

$$Ч_d = U_{y.ф.} - C_{y.ф.} = \frac{\sum U_{fi}(U_{yi} - C_{yi}) P_i}{P} \quad (24)$$

Размер капитальных затрат может быть вычислен по уравнению (17), в котором:

$Ц(d\delta m)$ – стоимость строительства I и открытого водособирателя соответствующего размера, установленного в зависимости от расходов, протекающих по нему.

Показатели экономической эффективности после подстановки соответствующих данных будут иметь вид:

$$Э_{к.д.} = \frac{Ч_d}{K_c} = \frac{[\sum U_{fi}(U_{yi} - C_{yi}) P_i] \ell_g \cdot B \cdot m}{P [\frac{1}{m} \sum \ell_{gk} Ц(dg_k) - \frac{1}{2} B Ц_p(dg_k) - \frac{1}{2} B Ц(dg_i) + \frac{1}{2} B Ц(d\delta m)] n} \quad (25)$$

$$C_{y.ф.} + E K_c = \min = \frac{\sum U_{fi} C_{yi} P_i}{P} + \frac{E_p [\frac{1}{m} \sum \ell_{gk} Ц(dg_k) - \frac{1}{2} B Ц_p(dg_k) - \frac{1}{2} B Ц(dg_i) + \frac{1}{2} B Ц(d\delta m)]}{\ell_g \cdot B \cdot m} \quad (26)$$

В случае сравнения одних и тех же вариантов размещения сети, т.е. n и $m = \text{const}$, но при условии выполнения открытых и закрытых водособирателей, причем закрытых водособирателей с устройством или без устройства перфорации и фильтров, результаты вычислений по выражениям (25) и (26) должны сравниваться между собой как для наличия открытых, так и закрытых водособирателей. Необходимо иметь в виду, что при варианте закрытых водособирателей к.з.и. будет равен единице, тогда:

$$C_{ф.ср.} = \frac{\sum U_{fi} C_{fi} P_i}{P}; \quad (27) \quad U_{ф.ср.} = \frac{\sum U_{fi} U_{fi} P_i}{P}, \quad (28)$$

где $C_{ф.ср.}$ и $U_{ф.ср.}$ – средние фактические значения себестоимости и стоимости продукции с I га по севооборотному массиву или же на одном мелиорируемом поле с чередованием культур за полную ротацию севооборота, руб.

Выражение для определения чистого дохода будет иметь вид:

$$Ч_d = \frac{\sum U_{fi}(U_{fi} - C_{fi}) P_i}{P}, \quad (29)$$

где U_{fi} и C_{fi} – фактические значения стоимости и себестоимости

продукции, руб/ц.

Подставляя эти данные в выражения (25) и (26), получим экономически наивыгоднейшие варианты.

Следует иметь ввиду, что открытые водособиратели имеют ряд недостатков: потеря площади и части урожая, возможное распространение сорняков, увеличение затрат на эксплуатацию сети. Поэтому при равноценных вариантах, или близких к ним, предпочтение следует отдавать полностью закрытым системам.

2. Выбор оптимальной длины коллекторов различных порядков

Оптимальная длина коллектора первого порядка (отсутствие холостых участков), равна длине одного коллектора третьего порядка и может быть установлена из выражения:

$$l_{k(1)} = m \cdot B, \quad (30)$$

где B — расстояние между первичными дренами, м;
 m — число первичных дрен.

Оптимальная длина коллектора второго порядка устанавливается исходя из технико-экономических показателей с учетом организационно-хозяйственных условий (или только на основе последних без учета технико-экономических показателей), т.е. согласно схеме (см. рисунок):

$$l_{k(2)} = n(l_{go} + l_1), \quad (31)$$

где l_1 — расстояние от коллектора третьего порядка до начала дрены (при коллекторе закрытом и без устройства перфорации и фильтра величина $l_1 = 0$), м;

l_{go} — оптимальная длина дрен, м;

n — число подсистем дренажной системы, подвешенных под коллектор третьего порядка.

Длина коллектора третьего порядка и общая протяженность этих коллекторов в системе устанавливаются по следующим выражениям:

$$l_{k(3)} = m \cdot B; \quad \sum l_{k(3)} = n \cdot m \cdot B; \quad (32)$$

Общая протяженность первичных дрен в системе выразится:

$$\sum l_{go} = l_{go} \cdot m \cdot n; \quad (33)$$

Площадь, дренируемая данной системой дренажа, выразится:

$$S = \frac{n(l_{go} + l_1)(m+1)B}{10^4}; \quad (34)$$

Удельная протяженность первичных дрен ($l_{g.o. yg}$) и коллекторов различных порядков [$l_{k(3)} yg$, $l_{k(2)} yg$, $l_{k(1)} yg$] устанавливается из выражений:

$$l_{g.o. yg} = \frac{l_{g.o. m} \cdot 10^4}{(l_{g.o.} + l_1) B (m+1)} ; \quad (35)$$

$$l_{k(3)} yg = \frac{10^4 m}{(l_{g.o.} + l_1) (m+1)} ; \quad (36)$$

$$l_{k(2)} yg = \frac{10^4}{(m+1) B} ; \quad (37)$$

$$l_{k(1)} yg = \frac{10^4 m}{n(l_{g.o.} + l_1) (m+1)} . \quad (38)$$

При $l_1 = 0$ эти выражения упрощаются.

При установлении оптимальных длин коллекторов различных порядков следует найти расходы коллекторов третьего порядка при оптимальной длине первичных дрен, по отдельным участкам коллекторов второго порядка при различном числе (n) подсистем, установить диаметр труб закрытых коллекторов и стоимость строительства их вместе со стоимостью строительства первичных дрен и коллекторов первого порядка. Разумеется, чем больше будет подсистем, тем большими будут расходы по коллекторам второго и первого порядков и тем больше размеры труб закрытых коллекторов. С уменьшением числа подсистем доля на единицу площади коллекторов первого порядка увеличится. Поэтому необходимо найти наиболее выгодный вариант, который был бы не хуже и в техническом исполнении.

При выборе оптимального варианта необходимо рассмотреть возможность устройства отдельных элементов дренажной системы (например, коллекторов всех порядков или части из них) открытыми. При этом необходимо учесть потерю площади (в %), величина которой при строительстве коллекторов и дрен открытыми может составить:

— под коллекторами первого порядка

$$\delta_1 = \frac{10^2 m b_1}{n(l_{g.o.} + l_1) (m+1)} ; \quad (39)$$

— под коллекторами второго порядка

$$\delta_2 = \frac{10^2 b_2}{(m+1) B} ; \quad (40)$$

— под коллекторами третьего порядка

$$\delta_3 = \frac{10^2 m b_3}{(l_{g.o.} + l_1) (m+1)} ; \quad (41)$$

- под первичными дренами

$$b_4 = \frac{10^2 q_0 \cdot m \cdot b_4}{(c_{g0} + c_1) B(m+1)}, \quad (42)$$

где b_1, b_2, b_3, b_4 - ширина полос с отчуждениями, занятых открытыми коллекторами различных порядков и дренами.

Порядок учета потерь этой площади должен заключаться во введении в уравнение (44) затрат, связанных с ежегодным недобором продукции за счет потери площадей. Это можно рассчитать и через условный коэффициент земельного использования.

3. Установление капитальных и эксплуатационных затрат для систем горизонтального дренажа

При установлении экономической эффективности различных вариантов систем горизонтального дренажа необходимыми компонентами являются величины капитальных и эксплуатационных затрат.

На основе смет, составленных проектным институтом "Киргизгипроводхоз" на строительство открытой и закрытой сети, Л.К.Госсу выявлена зависимость ее стоимости от величины соотношений между значениями междренних расстояний и глубиной заложения дрен, которая имеет следующий вид:

$$K = \frac{\gamma \cdot 10^4 \cdot t}{B}, \quad (43)$$

где K - капитальные затраты, руб/га;

B - расстояние между дренами, м;

t - глубина заложения дрен, м;

γ - коэффициент, составляющий для закрытых дрен из керамических труб 5,8, для открытых - 1,73.

Капитальные затраты по уравнению (43) можно рассчитать при сравнении отдельных вариантов системы горизонтального дренажа (коэффициент для других условий можно уточнить).

Общая сумма годовых затрат на эксплуатацию систем горизонтального дренажа C_r может быть получена из уравнения:

$$C_r = C_{zn} + C_{ao} + C_{ок} + C_y, \quad (44)$$

где C_{zn} - заработная плата обслуживающему (линейному и административно-управленческому) персоналу системы;

Сао. — амортизационные отчисления на восстановление, капитальный и текущий ремонт основных производственных фондов;

Со.к. — затраты на очистку коллекторно-дренажной сети от насосов и растительности;

Су — затраты, связанные с ущербом от недоиспользования обслуживаемой территории.

Анализ материалов по Чуйской впадине показал, что заработная плата здесь составляет 3,9 руб/га, из них: по отделу мелиорации — 0,17, по службе мелиорации при УОС — 3,07 (в том числе отдел мелиорации — 0,18, почвенно-мелиоративная лаборатория — 0,33 руб/га и линейный штат — 2,56 руб/га).

Общие накладные и прочие затраты, составляющие 12-20% сумм непосредственных издержек, — 0,65 руб/га.

Затраты на амортизационные отчисления, согласно нормативным амортизационным отчислениям, составляют для закрытых коллекторов и дрен соответственно 4,0 и 2,3%, для открытых — 5,8%; на очистку коллекторно-дренажной сети в год в среднем они составляют: для закрытых (при промывке сети с помощью машины ПДМ-125) — 0,185, для открытых — 0,97 руб/м.

Величина затрат, связанная с ущербом от недоиспользования площадей может быть установлена путем вычисления площадей, занятых непосредственно под открытыми и закрытыми элементами системы, с учетом полос отчуждения и установления величины чистого дохода с них в расчете на 1 га дренажной системы. Потеря площади под закрытыми элементами имеет место в первые 2-3 года эксплуатации системы, под открытыми — весь период. Эти затраты составляют для полностью открытой дренажной системы 18, для закрытой — 1,0 руб/га.

Расчетные величины эксплуатационных затрат для систем горизонтального дренажа Чуйской впадины в среднем составляют: для полностью закрытых систем 50, для открытых — 95 руб/га.

Ф.М.РАХИМБАЕВ

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ВЛИЯНИЕ КОЛЛЕКТОРНО-
ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ВОД В
КАРАКАЛПАКИИ

В Каракалпакии в последние годы ведутся в больших масштабах работы по улучшению мелиоративного состояния поливных и ликвидации засоления и заболачивания орошаемых земель.

В связи с ростом строительства коллекторно-дренажных систем в низовьях Амударьи возрастает потребность в изучении гидрогеологических условий, как одного из наиболее важных факторов, необходимых при разработке мероприятий по мелиоративному улучшению староорошаемых и вновь осваиваемых земель, обводнению пастбищ и водоснабжению населенных пунктов за счет подземных вод.

Территория Каракалпакии представляет собой в региональном масштабе пологоволнистую равнину, где сосредоточены основные орошаемые площади. Отметки поверхности земли самые низкие в Средней Азии и изменяются с 130-142 м у теснины Туямун до 54 м у берега Аральского моря. Равнинность территории нарушается выходами коренных пород: Дульдультлаган, Султануздак, Назимхансулу, Тахияташ, Крантау, Кызылджар, Кушканатау; на западе - плато Устюрт, на востоке - возвышенности Бельтау, Бузгудь и др. Абсолютные отметки их колеблются от 60 до 260 м.

Левобережная дельтовая часть наклонена от Тахияташской теснины в сторону Сарыкамышской впадины, абсолютная отметка которой 44 м. Этот региональный уклон поверхности земли обуславливает региональный подземный сток грунтовых вод в сторону Аральского моря и Сарыкамышскую котловину. Отмечаются некоторые характерные особенности рельефа дельты. В связи с тем, что в дельте Амударьи отложение наносов происходило одновременно с формированием рельефа, русло на всем протяжении проходит по наиболее повышенным пологим грядобразным возвышенностям; рельеф нерасчленен, с незначительным уклоном в сторону Аральского моря - 0,00015-0,00020. Высокое положение русел создает благоприятные естественные условия, с одной стороны, для самотечного орошения междурусловых понижений (магистральные каналы прокладываются по старым руслам), а с другой - для фильтрации поверхностного стока, идущего на питание грунтовых вод.

На орошаемой территории сильно развиты междурусловые пониже-

ния с блюдцеобразными углублениями на местах бывших или существующих в настоящее время озер. Многие из них — бессточные понижения, с различными формами и размерами. В средних частях понижений грунтовые воды залегают близко к поверхности земли и почвы сильно засолены.

В последние годы в прибрежной полосе Аральского моря стали развиваться цепообразные понижения и образовываться многочисленные озера (за счет отступления моря), на дне которых осаждаются содовые соли. Глубина этих понижений 25 м и более.

Передвижение песков со стороны пустыни, развитие внутриозерных песчаных накоплений и эрозионно-аккумулятивная деятельность Амударьи, усыхание Аральского моря составляют комплекс современных физико-геологических процессов, свойственных дельте.

Каракалпакия относится к одному из самых засушливых районов СССР. Среднегодовая сумма атмосферных осадков колеблется в пределах 80–100 мм (рис. I). Годовой расход влаги с поверхности почвы на испарение в 12–15 раз больше, чем весь годовой объем атмосферных осадков, что характерно для средней зоны. Поэтому земледелие здесь основано исключительно на искусственном орошении, а атмосферные осадки влияют в основном на продуктивность пастбищ.

Следует отметить, что климатические условия Каракалпакии имеют свои особенности (в отдельные годы) в формировании режима грунтовых вод: низкая зимняя и высокая летняя температура воздуха, незначительное количество атмосферных осадков, значительная сухость воздуха и высокая испаряемость, что соответствует наиболее засушливым районам СССР. По данным Крылова М.М., атмосферные осадки в формировании режима грунтовых вод имеют второстепенное значение, до уровня грунтовых вод доходит всего 3% от общего количества осадков, а температурный режим воздуха играет основную роль.

Объектом мелиорации в низовьях Амударьи является четвертичный комплекс пород, в которых формируются грунтовые воды и их режим. Поэтому основное внимание уделяется характеристике верхних водовмещающих пород.

Четвертичные отложения распространены повсеместно и по мощности колеблются в широких пределах. В основном развиты русловые фации, фации разливов реки и временных водотоков и фации застойных паводковых вод и временных озер.

Русловые фации занимают 13% всей площади низовья Амударьи.

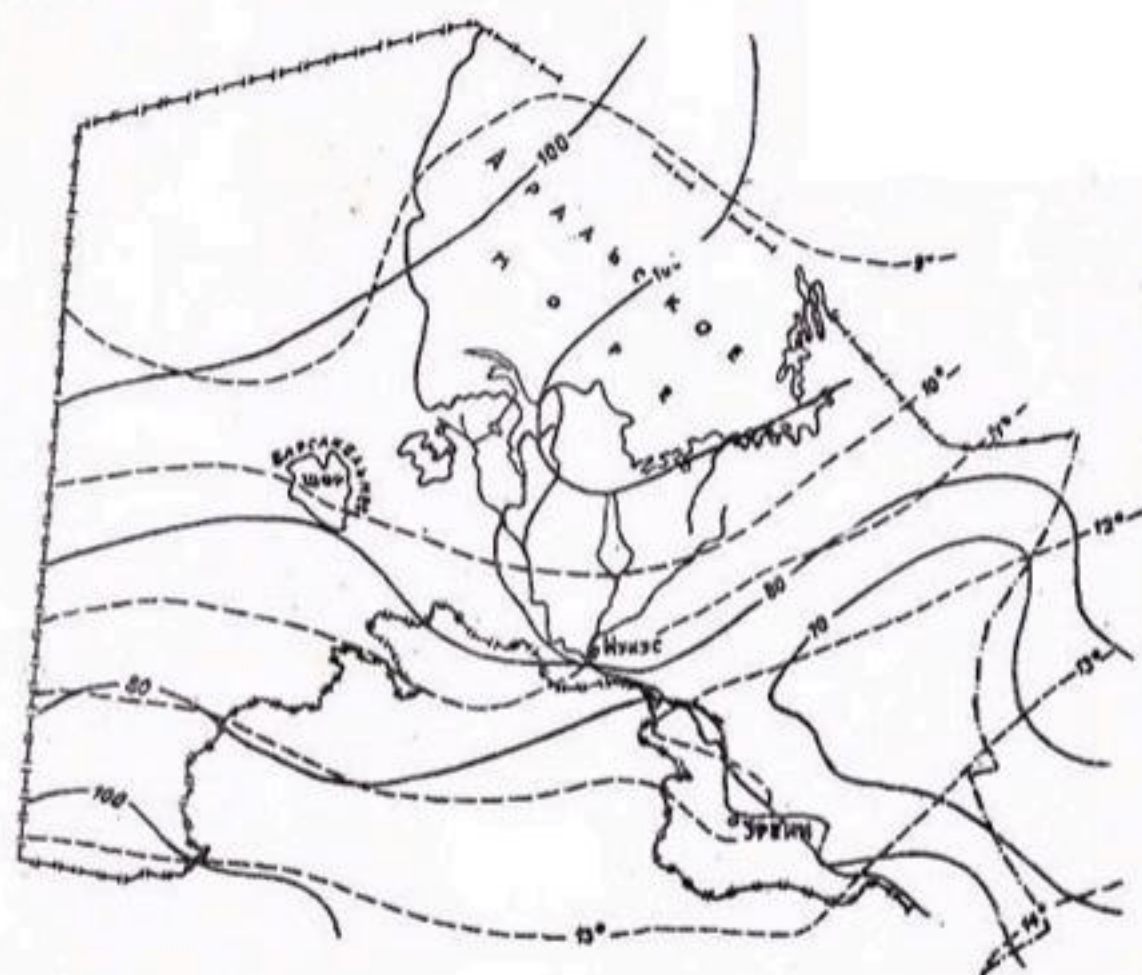


Рис. I. Годовые суммарные атмосферные осадки и среднегодовая температура (за 1880–1965 гг.) по материалам САРНИГМИ

Условные знаки: — атмосферные осадки,
 - - - температура, °C.

Эти осадки в плане образуют ленты, переплетающиеся между собой и связанные с путями старого и современного очень изменчивого стока реки. Отложения эти представлены песками и супесями и дают возможность проследить основные направления стока древних рукавов Амударьи. Мощность песков до 10 м и преобладающими являются фракции диаметром 0,25–0,01 мм. Пески глинистые, затрудняют движение грунтовых вод. Коэффициенты фильтрации песков, по лабораторным данным, колеблются от 0,91 до 13 м/сутки. По опытным наливам в нурфы – 0,12–2,6 л/с, по опытным откачкам 1,0–22,3 м/сутки. Водоотдача пород колеблется от 16,7 до 34%.

Фации разливов реки в основном занимают центральную и северо-восточную части дельты и представлены переослаивающимся комплексом суглинков, супесей, песков и реже глин. Характерная черта этой фации – пестрота их литологического состава. Они мало-мощны – от 0,05 до 0,1 м и более.

Супеси подразделяются на легкие, средние и тяжелые. Коэффициент фильтрации колеблется от 0,02 до 1,62 м/сутки; водоотдача пород – от 12,9 до 38,0%.

Суглинки распространены повсеместно и подразделяются на легкие, средние и тяжелые. Коэффициент фильтрации колеблется от 0,0003 до 0,53 м/сутки; высота капиллярного поднятия – от 0,13 до 0,80 м.

Озерные фации представляют собой отложения озер и болот. Эти фации преимущественно сложены из глин и суглинков, с редкими прослойками супесей и песков. Мощность глин и суглинков разная, в отдельных случаях достигает 5–10 м и более. Глины плотные и вязкие, пестроцветные, сильно-засоленные, плотные остатки водных вытяжек колеблются от 0,58 до 4,38%. В литологическом отношении Турткульский оазис несколько отличается от Приаральских дельт с характерным напластованием вышеуказанных фаций. Здесь четвертичные отложения сверху вниз представлены слоистыми суглинистыми отложениями с мощностью до 5 м, а нижний – толщей серых мелко- и тонкозернистых песков. Мощность аллювиальных суглинков обычно возрастает с удалением от реки и действующих его русел при одновременном утяжелении их механического состава. Слабая водопроницаемость аллювиальных отложений усложняет гидрогеологическую обстановку территории, особенно в Приаральской дельте.

В низовьях Амударьи сильно распространены эоловые пески, мощность которых увеличивается от орошаемых зон вглубь каракал-

пакских Кызилкумов.

Перевенные элювиальные пески образовались в результате развевания элювиальных отложений, приносимых рекой и частично ветром. Распространены они неравномерно, приурочены к древним сухим и действующим руслам реки и аркам.

Мощность четвертичной толщи на рассматриваемой территории колеблется от 0 до 200 м.

Основным фактором, характеризующим мелиоративное состояние орошаемых и проектируемых к орошению земель, являются грунтовые воды залегающие в четвертичной толще.

По условиям формирования грунтовые воды Каракалпакки можно разделить на две обособленные природно-исторические зоны:

- орошаемая зона, где основным источником питания грунтовых вод являются поверхностные водотоки, связанные с орошением;
- пустынная зона, где режим грунтовых вод в основном связан с природными факторами (в последние годы грунтовые воды здесь получают дополнительное питание также за счет инфильтрации самоизливающихся вод верхнего мела).

Орошаемая зона охватывает на юге Турткульский оазис, на севере - Амударьинскую дельту. Условия формирования грунтовых вод здесь тесно связаны с Амударьей. Она отличается от остальных оазисов Узбекистана тем, что река Амударья благоприятствует движению грунтовых вод по обе стороны от нее вглубь оазиса. Кроме того, дельтовые отложения здесь по механическому составу разнообразны и очень изменчивы как по вертикальному, так и по площадному распространению.

Четвертичные отложения представлены мелкоземистыми породами, супесями, суглинками, речными песками с прослойками глины. Коэффициенты этих пород колеблются в широких пределах: суглинок - 0,0003-0,738 м/сутки, супесь 0,774-1,07, песок 0,85-5,4, слабопродачные песчаники неогена 0,02-0,8 м/сутки.

В формировании потока грунтовых вод большую роль играют рельеф, геологическое строение и густота гидролого-оросительной сети.

В формировании грунтовых вод основную роль играют ирригационно-грунтовые воды. По приближенным расчетам, в пределах дельты (современной и древней) река теряет на фильтрацию до 400 м³/с воды, или 27%.

По данным наблюдений, влияние реки на подъем уровня грунтовых вод сказывается на расстоянии от 5 до 10 км и более, причем вблизи нее залегают на глубине 1-2,5 м, а с удалением - погру-

жаются до 10, иногда до 15 м.

Исследованиями установлено, что грунтовые воды Турткульско-го оазиса на массивах непосредственного орошения залегают в вегетационный период на глубине 1,0 – 1,5 м; на переложных и залежных участках – 1,5–3,5 м, а на целинных неосвоенных землях (Кыркызский и Элликкалинский массивы) – глубина 10–15 м и более. После вегетационного периода наблюдается повсеместное снижение уровня грунтовых вод, т.е. фильтрационные бугры на орошаемых массивах расстекаются в стороны. В связи с этим на массивах непосредственного орошения наблюдается территориальное снижение, а на периферийных землях – подъем уровня грунтовых вод, причем сезонные амплитуды колебания грунтовых вод на массивах орошения имеют максимальную величину – 1–3 м, а на периферии – до 1,0 м и менее.

На неосвоенных массивах (Коргасын-Кала) амплитуда колебания постепенно затухает. В переходной зоне между орошаемыми массивами и неосвоенными участками отмечается постепенный непрерывный подъем уровня грунтовых вод, величина которого различна в зависимости от объема водоподачи, продолжительности и количества поливов.

В Турткульском оазисе (Акчадарьинская дельта) неоген-четвертичные отложения представлены в основном сверху вниз до 3–4 м суглинком, супесью, далее залегают пески. По водно-физическим свойствам древняя Акчадарьинская дельта отличается от северного оазиса по механическому составу, т.е. более крупными фракциями пород, большими коэффициентами фильтрации. Региональный сток грунтовых вод здесь направлен с юга на север, радиально расходящийся от отметки 106 м в районе сброса "Суярган" до 83 м – на массиве Кыркыз. По пути продвижения потоки грунтовых вод разгружаются в оз. Ащиккуль, Амирабадские болота, солончаковые понижения у подножья горы Султан-Уиздаг и заболоченных участков Айкуль.

На пути регионального потока грунтовых вод Турткульского оазиса выходы коренных отложений горы Султан-Уиздаг служат естественным барьером, где часть грунтовых вод теряется на суммарное испарение в пониженных участках, часть выклинивается в реку в районе Актеу, другая часть через Акчадарьинский коридор транзитом к северу, в сторону каракалпакских Кызылкумов.

Минерализация грунтовых вод по сухому остатку колеблется в широких пределах. Пресные линзы, имеющие сухой остаток до 1,0 г/л, распространены вдоль р. Амударья, магистрального канала Пахта-Арна, в начале каналов Кыркыз, Амирабад, на севере канала Саукумярган, где они служат для центрального водоснабжения населенных пунктов. Воды, пригодные для пастбищ, орошения и водоснабжения

отдельных населенных пунктов (1,0 – 3,0 г/л), распространены на древнеорошаемых массивах, которые занимают около 40% всей площади оазиса. Воды, пригодные для орошения и обводнения (3,0–5,0 г/л), распространены в районе болота Амирабад, на севере оз. Ашикуль и северо-западе массива Туман-Калы и примерно занимает 15% всей площади оазиса. Воды, пригодные только для водоснабжения пастбищ, занимают незначительную площадь (2%) и распространены на Элликкалинском и Кырккызском массивах. Воды, пригодные к употреблению (более 15 г/л) после опреснения, занимают около 10% оазиса и распространены в северной части Элликкалинского и Кырккызского массивов.

По типу минерализации грунтовые воды различны. Так, гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные распространены вдоль крупных каналов и Амударьи, хлоридно-сульфатные на землях древнего освоения, а сульфатно-хлоридные – на периферии орошаемых массивов.

Амударьинская дельта (Северный оазис) охватывает основную часть орошаемых земель Каракалпакии от Тахиаташской теснины до Арала. В формировании, расхождении и распространении грунтовых вод существенное значение имеют водовмещающие породы неоген-четвертичных отложений. Физико-механические свойства этих пород существенно отличаются от Турткульского оазиса мелкой фракцией и низким коэффициентом фильтрации, который колеблется для суглинки – 0,0002–0,65 м/сутки, супеси – 0,60–0,85, песка – 0,80–4,2, слабоцементированные песчаники неогена – 0,01–0,52 м/сутки. Водопроницаемость их уменьшается по мере удаления от вершины Тахиаташской теснины в сторону Аральского моря от старых и современных протоков реки.

Основным региональным водоупором служат палеогеновые глины, залегающие на глубине 47–60 м, а в районе Кызылджар, Порлытау, Кушканатау они обнажаются на поверхности земли. Вдоль Амударьи и в районе Тахиаташ эти глины размыты рекой. На перечисленных участках четвертичные породы непосредственно залегают на верхнем меле и возможность питания грунтовых вод за счет напорных вод меле исключена, или наоборот. Поэтому этот вопрос должен решаться с заложением на этих участках пьезометрических кустов скважин.

Формирование режима грунтовых вод в этой дельте сходно с южным Турткульским оазисом. Отличительной чертой является то, что уровень грунтовых вод занимает различное положение по отношению пьезометрического уровня субнапорных вод неогеновых отло-

жений в зависимости от природных условий окружающей территории и литологического состава водоносного горизонта.

По этим показателям нами выделены на Амударьинской дельте четыре типа взаимосвязи уровня грунтовых вод с субнапорными водами:

I тип - уровень грунтовых вод располагается между пьезометрическим уровнем субнапорных вод неогена (куст №46, скв. №565, 564, 563). Этот тип характерен для неорошаемых территорий, формирование режима грунтовых вод находится под влиянием близлежащих орошаемых площадей.

II тип - уровень грунтовых вод находится ниже пьезометрического уровня субнапорных вод неогена (куст №6, скв. № 409, 445, 444). Этот тип характерен при формировании режима грунтовых вод для территории, находящейся на периферийных участках зоны влияния оз. Судочье и Аральского моря.

III тип - уровень грунтовых вод залегает выше пьезометрического уровня субнапорных вод неогена (куст № 4, скв. № 175, 440, 439). Этот тип характерен для территории непостоянного и неинтенсивного орошения (район между Шуманом и Кунградом).

IV тип - уровень грунтовых вод совпадает с пьезометрическим уровнем субнапорных вод неогена (куст № 3, скв. № 318, 319, 320). Этот тип характерен для староорошаемых земель (Турткульский, Берунийский, Чимбайский, Ходжейлийский районы, рис. 2).

По данным карт гидроизогипс и глубин залегания грунтовых вод, область формирования регионального потока (если не учитывать локальные площади рисовых совхозов) является Тахиаташская дельта. Далее, потоки грунтовых вод имеют радиально расходящиеся направления от реки вглубь орошаемых земель - с юга на север. По мере движения грунтовые воды получают дополнительное питание за счет фильтрации из оросительных каналов и орошаемых полей. Эта закономерность нарушается на рисосеющих массивах, где региональное направление потока грунтовых вод меняется на северо-восток. Так, абсолютная отметка потока грунтовых вод на вершине Тахиаташской дельты - 74 м, в районе оз. Каратерень - 38 м, на севере пос. Казахдарья - 52 м, на левом берегу реки, западнее г. Кунград - 46 м, на северо-западе у оз. Судочье - 50 м.

Основным естественным очагом разгрузки грунтовых вод на правобережье Амударьи является оз. Каратерень, где грунтовые воды выклиниваются с гидравлическим уклоном 0,00002. Часть потока грунтовых вод, направленная в сторону каракалпакского Кызыл-

Автогенетический процесс

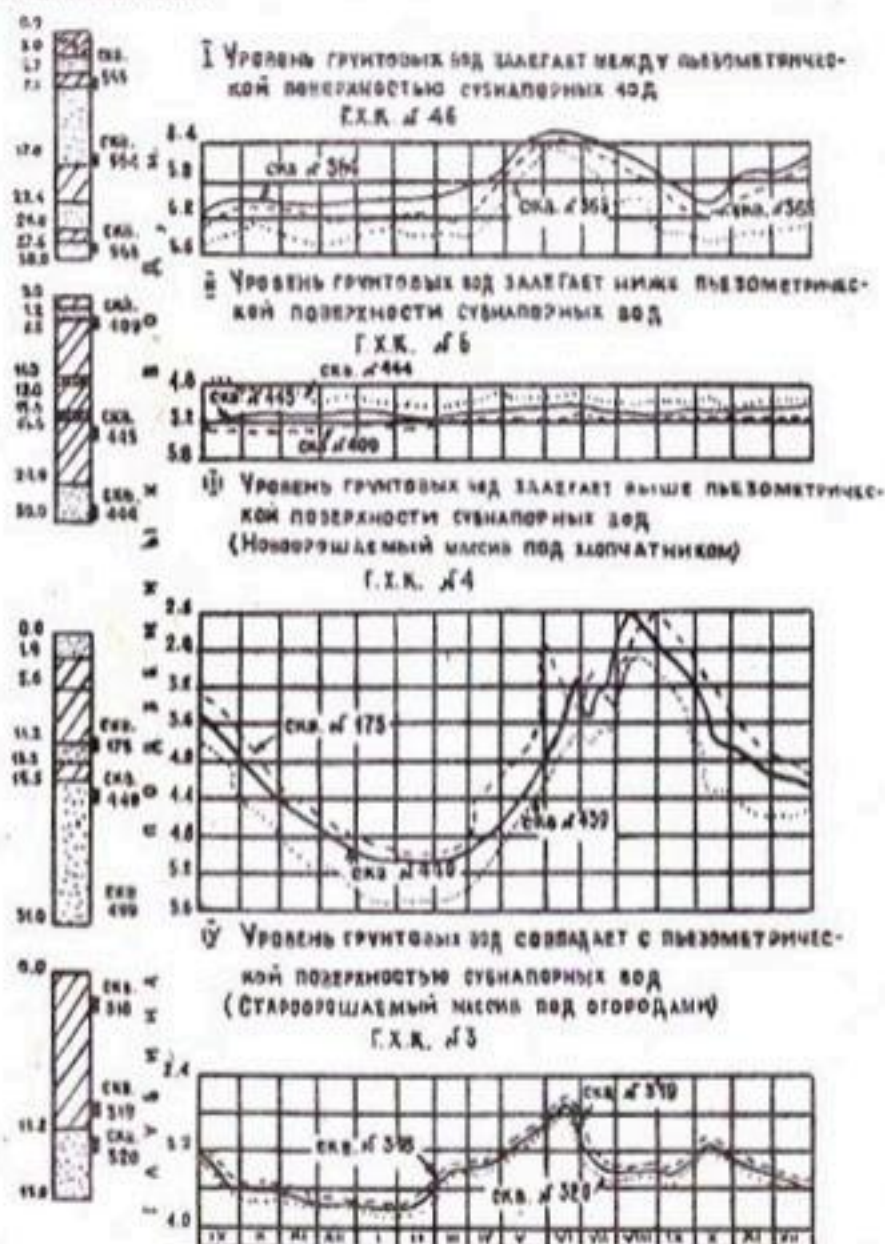


Рис. 2. Типизация взаимосвязи уровня грунтовых и承压ных вод низовий Амударьи.

Условные знаки:

суглинок
супесь

песок
фильтр соответствующих скважин

кума, имеет гидравлический уклон — 0,0015, а в сторону песков Туркменкырылган — 0,002. Основной поток направлен в сторону Аральского моря, в районе Кук-Узяка гидравлический уклон равен 0,0002, а в районе русла Казахдарьи — 0,0001.

На левобережье реки основным базисом разгрузки грунтовых вод является оз.Судочье, где гидравлический уклон грунтовых вод не превышает 0,0002.

Амударья почти на всем протяжении является источником питания грунтовых вод, на отдельных участках, где земли вдоль реки орошаются в межень, она дренирует грунтовые воды.

Уровень грунтовых вод в вегетационный период занимает высокие отметки на всей орошаемой территории. Грунтовые воды с глубиной до 1,5 м занимают 10% всей орошаемой части современной дельты, от 1,5 до 3,0 м — примерно 35-40%, от 3,0 до 5,0 м — 35%, от 5,0 до 10,0 м — 5% (неорошаемые массивы), более 10,0 м (целина) — 10%. Минимальное залегание уровня грунтовых вод приходится на январь-февраль (рис.3).

При этом сезонные амплитуды колебания грунтовых вод от 1,0 до 3,0 м занимают 60% всей орошаемой земли, до 1,0 м — около 20%. Самая большая амплитуда колебания уровня грунтовых вод наблюдается на рисосеющих массивах, которая превышает 2-5 м и более.

Минерализация грунтовых вод современной дельты очень пестрая и колеблется от 0,5 до 70,0 г/л и более.

Пресные воды до 1,0 г/л, имеющие значение для центрального водоснабжения, распространены вдоль реки и крупных магистральных каналов.

Воды, имеющие сухой остаток от 1,0 до 3,0 г/л — пригодные для обводнения пастбищ и водоснабжения в отдельных случаях, распространены вдоль реки, крупных магистральных каналов и на площадях систематического орошения.

Воды, имеющие минерализацию от 3,0 до 5,0 г/л — пригодные для орошения и обводнения пастбищ, распространены относительно мало. Большие площади занимают грунтовые воды с сухим остатком более 15,0 г/л (Бештамский массив, южный берег Аральского моря), которые можно использовать после предварительного опреснения.

Гидрокарбонатно-хлоридные воды распространены вдоль крупных водотоков (рек, магистральных каналов и др.) и на землях систематического древнего орошения.

Хлоридно-сульфатные воды распространены в основном на орошаемых землях, а на переложных залежных и целинных землях они в основ-

Схема гидроизогипс и глубин залегания грунтовых вод
неоген четвертичных отложений на территории КК АССР
на июнь 1969 г.

Дельта р. Амударья

1974 г.



Условные обозначения:

Глубина залегания уровня грунтовых

вод.

DÓ I.

до I.

The authors

1. **ПОНИЖЕ**

ОИНОЯ З
ВОЛ

вод
Гидроиз

2m (Type)

CEBERD

1000000

Граница площадей с различной глубиной залегания уровня грунтовых вод

Гидроизогипсы, проведенные через 2 м (Турткульский разис) и 4 м (северные районы).

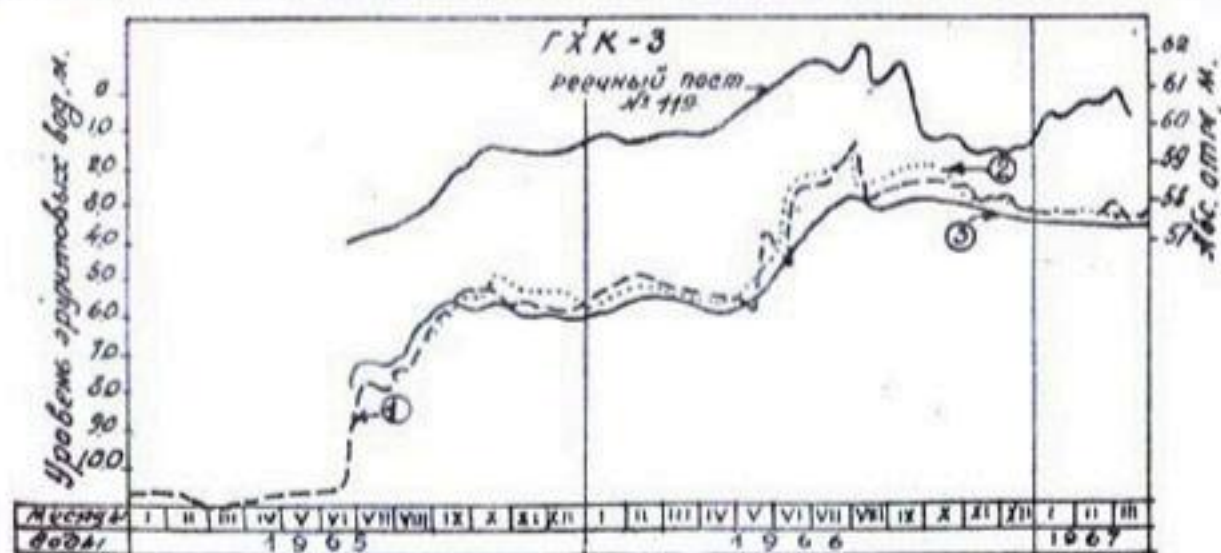
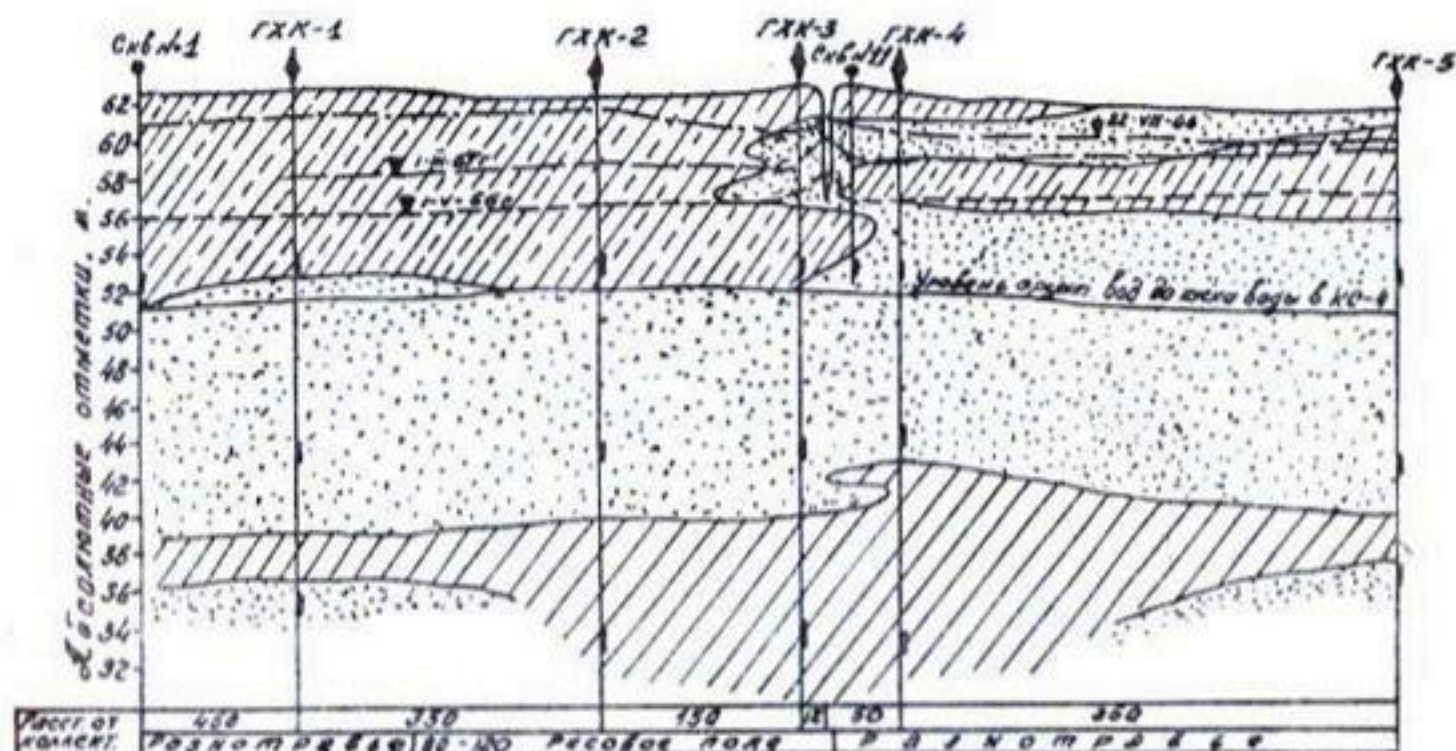
ном сульфатно-хлоридного засоления. Крупные солончаки наблюдаются между рекой и каналом Кизкеткен, на территории Нукусского района и южной приаральской полосе, которые образованы за счет интенсивного испарения грунтовых вод.

Орошаемая зона состоит из суглинисто-супесчаных отложений аллювиального происхождения (дельтовые отложения Амударьи), мощность которых с юга на север постепенно увеличивается с 40 до 80 м, а средний уклон поверхности земли не превышает 0,0014, коэффициенты фильтрации водовмещающих пород незначительны. По этим показателям рассматриваемый район относится к слабодренированному. В связи с этим, уровень грунтовых вод залегает относительно близко к поверхности земли. По данным Н.Н.Ходжибаева (1956), структура регионального баланса грунтовых вод низовьев Амударьи (без учета орошаемых) характеризуется как бассейн естественного соленакпления.

С целью создания искусственного оттока грунтовых и сбросных оросительных вод за пределы орошаемых территорий с 1962-1963 гг. в Каракалпакии, особенно в северной зоне, развивается строительство магистральной коллекторно-дренажной сети, первая очередь сдана в эксплуатацию в 1964-1965 гг.: КС-1 и КС-4; а в 1966 г. - КС-3. Створ магистральных коллекторов в основном проходит по трассам старых русел протоков Амударьи. Так, коллектор КС-1 протяженностью 120 км проходит по старому протоку реки и отводит грунтовые воды с территорий совхозов "Кегейли", "50 лет ВЛКСМ", "Октябрь" и "Май-Яб" и сбрасывает воду, как и КС-3, в районе залива Малтыр-бес в Аральском море. Ширина коллектора поверху 8,5-9,5 м в начале, а в конце - 20 м, средняя глубина - 2-3 м. Коллектор КС-3 берет начало в совхозе им. Куйбышева. Общая длина 90,5 км, ширина поверху 3 м в начале, а в конце - до 11 м, глубина - 2,5-4 м. Коллектор КС-4, длиной 98,7 км, начинается у развилки каналов Есимузьяк и Куванышджарма. Трасса проходит с юга на север по сухим руслам рек Ибрагимузьяк, Коксу, Кукузьяк и на севере - по руслу Кокдарьи.

Влияние коллекторно-дренажной сети на режим грунтовых вод окружающих земель на характерных участках изучали по гидрогеологическим створам, заложенным к трассам коллекторов: КС-1 в районе Балыкчаула, КС-3 в районе Куралпа, КС-4 в совхозе "Маданият".

Створы состоят из 17 скважин, из которых 5 являются гидрохимическими кустами (ГХК), состоящие из 3-х скважин. Взаимосвязь поверхностных и грунтовых вод изучалась речными постами, установленными на пересечении створа с коллекторами (рис.4). Скважины ГХК имеют различные глубины, с интервалами посадки фильтров 8,5-10 м,



Условные знаки: Суглинок Супесь Песок

① Уг. в. на 1-V-66 в скв. глуби. до 20 м
 ② Уг. в. на 1-III-67г
 ③ Уг. в. на 1-V-66 в скв. глуби. от 20 до 30 м

Рис. 4. Гидрогеологический разрез и графики режима грунтовых вод в зоне влияния КС-4.

18-20 и 28-30 м.

Литология представлена грунтами четвертичного возраста: суглинками, супесями, песками и прослойками глин речного и озерного образования. Пески серые или желтовато-серые, тонкозернистые, пылеватые и глинистые с удельным весом $2,69-2,71 \text{ т/м}^3$, пористостью 44-46%, коэффициентом фильтрации - $2,8-6,6 \text{ м/сутки}$. Супеси и суглинки серовато-желтые, пылеватые с тонкими прослойками глин. Удельный вес супеси - $2,69 \text{ т/м}^3$, суглинок - $2,71 \text{ т/м}^3$, объемный вес соответственно - $1,40$ и $1,51 \text{ т/м}^3$. Пористость супеси в среднем - 47,9%, суглинка - 44,2%, коэффициент фильтрации - $2,6-3,3 \text{ м/сутки}$. Глины преимущественно плотные, вязкие, удельный вес - $2,72 \text{ т/м}^3$, объемный вес - $1,54 \text{ т/м}^3$, пористость - 43,8%, коэффициент фильтрации - $0,01-0,1 \text{ м/сутки}$.

Расход КС-1 колеблется от $5,48$ до $16,38 \text{ м}^3/\text{с}$ (1966 г.), скорость воды (при максимальном расходе) - $0,5 \text{ м/с}$, а при минимальном - $0,45 \text{ м/с}$, в КС-3 (август 1966 г.) расход воды составил $15 \text{ м}^3/\text{с}$, в КС-4 (май 1965 г.) - $5-8 \text{ м}^3/\text{с}$.

Исследования показали, что грунтовые воды по эксплуатации коллекторов залегают сравнительно глубоко. Так, в районе КС-1 они были на глубине $5,8 - 7,4 \text{ м}$, КС-3 - $7,2 \text{ м}$ и КС-4 - $10-11,3 \text{ м}$ с амплитудой колебания не более $0,1-0,2 \text{ м}$ в год.

С началом эксплуатации коллекторов грунтовые воды поднялись во всех скважинах на $0,5 \text{ м}$, а после вегетации наблюдалось массовое снижение в зоне влияния их от $5,5 \text{ м}$ до $7,5 \text{ м}$ (до 10/1-65 г.). При этом скорость снижения (по КС-1) составила на расстоянии 5 км от коллектора $0,02 \text{ м/сутки}$; 12 м - $0,03 \text{ м/сутки}$, а на расстоянии 150 м - $0,01 \text{ м/сутки}$. К концу года уровень грунтовых вод залегал на глубине $4-5 \text{ м}$.

Наблюдениями выявлено, что в условиях относительно глубокого залегания отмечаются два вида подъема и снижения уровня грунтовых вод: активный и пассивный. Активный подъем наблюдается в первые декады после появления воды в коллекторах, на величину 3 м , со скоростью $0,23 \text{ м/сутки}$. Затем наступает пассивный подъем (3-20 июля 1966 г.) на величину $0,4 \text{ м}$, со скоростью $0,023 \text{ м/сутки}$, далее наблюдается относительно установившийся режим грунтовых вод, при глубине залегания их на $3,5 \text{ м}$ (в тонкозернистых песках).

После вегетационных поливов уровень грунтовых вод вдоль коллектора во всех скважинах интенсивно снижается. Активное снижение наблюдается в течение одного месяца, а пассивное - 30-36 дней, после прекращения водоподачи. Величина и скорость снижения грунтовых вод в зависимости от расстояний и времени приведены в таблице.

**Интенсивность снижения уровня грунтовых вод в
зоне влияния коллекторов**

№ сква- жин	расстоя- ние от коллек- торов, м	Снижения			
		активное		пассивное	
		дата	величина сни- жения, м	дата	величина сни- жения, м
			скорость сни- жения, м/сутки		скорость сни- жения, м/сутки

II 5	22/IX-1966 г	$\frac{0.6}{0.02}$	28/X-1966 г.	$\frac{0.5}{0.004}$
8 I2	28/X-1966 г	$\frac{1.4}{0.04}$	10/III-1967 г	$\frac{0.6}{0.005}$
5 I50	28/X-1966 г	$\frac{1.75}{0.05}$	10/III-1967 г	$\frac{0.65}{0.005}$

Из приведенных данных видно, что соотношение активного снижения к пассивному больше на расстоянии 5 м от коллектора в 5,2 раза; I2 м - 8,8 раза и I50 м - 10,2 раза.

Гидрогеохимический режим в зоне влияния КС-I изменялся. За период с августа 1964 г. по октябрь 1966 г. минерализация грунтовых вод рассолоняется с левой стороны КС на расстоянии до I50 м, а с правой - до 5 м. При этом вымыв солей происходил по глубине. Для характеристики минерализации за период двухлетней эксплуатации коллекторно-дренажной сети нами подсчитан солевой состав грунтовых вод в начале и в конце эксплуатации КС-I: $NaCl$ -35-75%, $MgSO_4$ - 20-30%, остальные соли составляют - Na_2SO_4 , $MgCl$, $CaSO_4$ и др.

В первый год эксплуатации КС-4 наблюдался повсеместный подъем грунтовых вод (при глубине их залегания I0-I1,3 м). Так, в зоне 750 м от коллектора он составил 3,43 - 6,72 м. При этом скорость подъема была от 0,14 до 0,0263 м/сутки. Этот подъем объясняется тем, что в коллектор сбрасывались поверхностные воды с орошаемых полей и он, в результате этого, интенсивно питал грунтовые воды. На второй год эксплуатации близлежащие земли были освоены под рис и в связи с этим уровень грунтовых вод поднялся на 3,41-5,14 м в мелких скважинах (до I0 м) и на 3,26-4,90 - в глубоких скважинах (до 30 м), со скоростью подъема соответственно 0,021-

— 0,031 м/сутки и 0,019–0,028 м/сутки.

Общий подъем уровня грунтовых вод в зоне действия КС-4, с учетом рассоления на близлежащих массивах, составил 8,21–9,91 м с соответствующей скоростью подъема 0,032–0,039 м/сутки (за 253 дня).

Если в первый год эксплуатации коллектор на рассматриваемом участке питал грунтовые воды (октябрь 1964 г.) и кривая депрессии была направлена от коллектора с уклоном 0,0014–0,0031, то во второй год (сентябрь 1965 г.), в связи с освоением близлежащих земель под рис, он способствовал отводу грунтовых вод, и депрессионная кривая направлена к КС-4 с уклоном 0,0048–0,0068.

В 1966 г. коллектор выполнял двойную функцию. Так, с правой стороны грунтовые воды выклинивались в него с гидравлическим уклоном 0,0044, а с левой стороны он питал их с гидравлическим уклоном 0,00006. В период промывки (февраль–апрель) засоленных земель в коллектор сбрасывались воды в больших объемах, в результате чего горизонты воды в коллекторах занимают максимальные отметки. В этот период коллекторы, в основном, питают грунтовые воды.

За период наблюдений в зоне влияния КС-4 произошло рассоление грунтовых вод на расстоянии 50 м по обе стороны его. Величина рассоления по сухому остатку составляла до 24 г/л, а по глубине (до 30 м) наблюдалось увеличение минерализации с 0,7 до 36,5 г/л, по типу воды сульфатно-хлоридные. В грунтовых водах преобладает NaCl — до 75%, MgCl_2 — до 20–25%, остальные соли содержатся в незначительном количестве.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

В условиях Каракалпакии на землях нового орошения единственным источником питания грунтовых вод, когда они залегают глубоко (5–10 м), являются воды фильтрационных потерь из оросительных каналов.

На землях нового орошения активная зона влияния на режим грунтовых вод каналов с расходом до 15 м³/с находится в пределах 600–850 м. Потеря воды на фильтрацию в этих каналах не превышает 10% головного расхода.

Сильно засоленные воды распространены в южной приморской полосе шириной 60–70 км. Минерализация грунтовых вод колеблется от 10 до 100 г/л и более. Почвы засолены содовыми и сульфатными пухлыми и корковыми солончаками.

- Магистральная коллекторная сеть, если в первые годы эксплуатации питала грунтовые воды, то в последующие она влияет на снижение их уровня на расстоянии до 750 м (КС-4). При этом наблюдаются два периода подъема и снижения уровня грунтовых вод: активный - до 3 м со скоростью подъема - 0,23 м/сутки и пассивный - с величиной подъема 0,4-0,5 м, скоростью - 0,023 м/сутки, затем - стабилизация уровня грунтовых вод в зоне активного действия коллектора. После вегетационного периода, в связи с прекращением водоподдачи, наступает активное снижение уровня грунтовых вод, продолжительностью 30-36 дней. Величина снижения увеличивается по мере удаления от коллектора.

- Сбросные воды в вегетационный период имеют минерализацию до 1,0 г/л, которые можно использовать на орошение земель.

- Не на должном уровне налажен учет поданной воды на орошение, а учет дренажных вод, отводимых за пределы орошаемых территорий вообще отсутствует, нет точного учета минерализации сбросных и дренажных вод, что затрудняет составление водно-солевого баланса при решении мелиоративных мероприятий.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Якубов Х.И., Кадыров Х.А., Иконому Д.Т., Герасимов Р.М. Опыт применения и эффективность вертикального дренажа на орошаемых землях Узбекистана	3
Еременко Г.В., Усманов А., Меришенский М.С. Батурин Г.Е., Лазаридис В.Д. Медикоративная эффективность и перспективы развития закрытого горизонтального дренажа в Узбекистане	27
Калантаев В.А. Исследования и перспективы строительства вакуумного дренажа в Туркменской ССР...	46
Томин Е.Д., Духовный В.А., Батов В.И., Буравцев В.Г. Шапочников А.И. Бестраншейный способ строительства дренажа и его эффективность в условиях высокого стояния грунтовых вод	63
Пулатов У.Ю., Бердянский В.Н., Мирсагатов А.Н. Механизация строительства закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения.....	87
Антонов В.И. Пластмассовый дренаж в Голодной степи	116
Серебренников Ф.В., Карпов Н.Н., Пылев Н.П. Прогнозирование на ЭВМ солевого режима орошаемых земель при наличии дренажа.	120
Духнов И.К. Выбор оптимальной системы горизонтального дренажа	127
Рахимбаев Ф.М. Гидрогеологические условия и влияние коллекторно-дренажной сети на формирование режима грунтовых вод в Каракалпакии.	145