



МИНИСТЕРСТВО
МЕЛИОРАЦИИ
И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

ISSN 0135—6003

ЦЕНТРАЛЬНОЕ
БЮРО
НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ
•ЦБНТИ•

ОБЗОРНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ
ОТКРЫТОГО И ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА
В ЗОНЕ ОРОШЕНИЯ

2

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор Б.С.Маслов; заместители главного редактора: А.В.Ермаков, П.Н.Штернов, Л.С.Литвак; ученый секретарь редколлегии М.И.Михайлова; члены редколлегии: В.Н.Богомолов, В.М.Венгерский, М.З.Ганжин, Б.П.Девиллерс, И.А.Долгушев, В.С.Евграшин, В.В.Жеребцов, Д.Д.Козлов, В.Б.Карев, Н.Н.Кременецкий, Б.О.Миленин, В.А.Михайлов, И.П.Мареев, А.Ф.Никишин, В.М.Новиков, С.Н.Никулин, Е.А.Нестеров, Ю.В.Одинцов, Е.П.Панов, В.Н.Разин, В.А.Сикидин, К.Н.Сахаров, Л.П.Фадеев, Н.М.Якушев.

Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР
Главное управление науки
Центральное бюро научно-технической информации

ОБЗОРНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ОТКРЫТОГО И ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА В ЗОНЕ ОРОШЕНИЯ

2

Москва 1980

Эксплуатация систем открытого и закрытого дренажа в зоне орошения.
Канд. техн. наук В.А.Духовный (Главсредазирсовхозстрой),
канд. техн. наук Е.Д.Томин (ВНИИГим),
Н.С.Козуб (Главсредазирсовхозстрой).
Обзорная информация № 2. М., 1980,
ЦЕНТИ Минводхоза СССР.

В обзорной информации обобщен опыт эксплуатации открытых и закрытых дренажных систем. Приведены основные параметры открытых и закрытых коллекторов и дрен, рассмотрены вопросы надежности работы дренажных систем, производства эксплуатационных и ремонтных работ открытой и закрытой коллекторно-дренажной сети, выявлены причины нарушений нормальной работы систем и пути их устранения. Освещаются технология и организация производства работ по эксплуатации дренажных систем.

Значительное внимание уделено описанию существующих машин, оборудования и приспособлений для производства работ по уходу, промывкам и ремонту дренажной сети, дается анализ эффективности использования отдельных машин и оборудования и путей ее повышения.

Обзорная информация рассчитана на мелиораторов и гидротехников, а также на персонал, связанный с проектированием, строительством и эксплуатацией дренажных систем на орошаемых землях.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большинство осваиваемых массивов в нашей стране отличается мелиоративным неблагополучием, так как большая часть земель либо подвержена засолению в результате орошения, либо уже первично засолена.

Не менее важной для повышения культуры земледелия является борьба с засолением орошаемых земель, так как около 40% орошаемых в нашей стране земель в той или иной степени засолены.

Для обеспечения нормального сельскохозяйственного развития на орошаемых землях необходимо создать надежный дренажный фон, который позволит снизить содержание вредных солей в активном слое почвогрунтов до пределов, обеспечивающих нормальное развитие растений, и поддерживать эти пределы за счет промывного режима орошения. На землях с глубоким залеганием минерализованных вод закрытый дренаж позволит предотвратить накопление токсичных солей в корнеобитаемом слое.

Дренажные системы в сочетании с орошением предназначены для регулирования водно-воздушного режима почв с целью создания оптимальных условий для выращивания сельскохозяйственных культур, обеспечения высоких и устойчивых урожаев.

Известно, что орошение на территории Средней Азии и Закавказья началось в IX веке до нашей эры. В этот период для естественно-дренированных земель Ферганы и Зеравшана потребность в дренаже не возникала. В Хорезме, начиная со II века до нашей эры, регулирование уровня грунтовых вод происходило за счет "сухого дренажа", так как, по данным В.В. Андрианова, в этот период с помощью арыков орошалось не более 5-10% всех земель. "Сухой дренаж" — довольно оригинальный прием древнего орошения, позволивший вести земледелие на территориях, характеризующихся недостаточным оттоком и подверженных засолению. При этом методе орошаемые земли разбросаны пятнами среди неорошаемых массивов, а соотношение площадей орошаемых земель к неорошаемым не превышает 10-12%. За счет растекания фильтрационного бугра, формирующегося при поливе, и испарения грунтовых вод по всей площади уровень их резко не поднимался и процесс соленакопления почти не развивался.

После орошения, проводимого в течение ряда лет, когда соли накапливались на орошаемом поле в недопустимых количествах, земледельцы бросали эти земли и переходили на новые. Засоленные земли, оставаясь неорошаемыми, зачастую самопромывались под влиянием осадков.

Возникающая при "сухом дренаже" переложная система земледелия, естественно, не была интенсивной, но до середины нашего столетия обеспечивала урожаи без строительства дренажных сооружений на таких массивах, как Мургабский, Тедженский, Бухарский оазисы и т.д. Археологи не приводят данных о существовании дренажных каналов в период до III века нашей эры, за исключением системы водоводных каналов, обнаруженных в так называемом Джеты-Асарском оазисе в низовьях Сырдарьи, возникновение которой относят к началу новой эры.

В словаре ирригационных терминов Мервского оазиса, составленном выдающимся математиком Мухаммедом Аль-Хорезми, дается значение слова "муфрита" (канал для отвода излишков воды), позволяющее предполагать, что осушительные каналы в этот период уже применялись.

Развитие орошения в оазисах Средней Азии в IX-XI веках привело к увеличению коэффициента земельного использования до 30%.

В этот период получает широкое распространение сбросная сеть - "бедрау". В Хорезме возникает система орошения из заглубленных каналов с помощью чигирей, что объясняется, видимо, развитием в этот период гончарного производства чигирных кувшинов. Чигирное орошение явилось одним из способов борьбы с засолением земель и до тридцатых годов XX века определяло мелиоративное благополучие большей части Хорезма.

В Ферганской долине - одном из древнейших районов орошения нашей страны - издавна сложилась система осушения земель с помощью открытых дрен и каналов, называемых "заурами". Глубина этих осушителей достигала 2 м, расстояние между ними равнялось 70 м.

Открытые дрены и коллекторы применялись для осушения и в других орошаемых районах нашей страны, например, в Закавказье, Мургабском оазисе.

Развитие горизонтального дренажа на орошаемых землях в начале XX века тесно связано с работами, проведенными выдающимися русскими учеными-мелиораторами и почвоведом академиком В.М.Мидендорфом, М.М.Бушуевым, Н.А.Димо, В.С.Малыгиным и др.

На созданном в 1900 г. вблизи станции "Толодная степь" опытном поле, во главе которого стал М.М.Бушуев, с 1906–1907 гг. начинают заниматься проблемой засоления. В опубликованной в 1908 г. статье "О солонцах" М.М.Бушуев доказал, что засоление вызвано подъемом минерализованных грунтовых вод вследствие недостатка естественного их оттока и усиленного притока фильтрационных вод из оросительных каналов. Предлагалось устройство открытого дренажного канала на каждые 10 га со сбросом минерализованных вод из зоны орошения.

В 1912 г. здесь был заложен первый дренаж (открытый и закрытый) на глубину от 40 до 120 см с междренним расстоянием до 20 и 40 м.

В 1927–1928 гг. на опытно-мелиоративной станции в Золотой Орде был заложен первый участок глубокого горизонтального дренажа в нашей стране. Дренаж выполнялся из гончарных труб диаметром от 20 до 25 см с обсыпкой слоем гравия и расстоянием между дренажами от 100 до 255 м, глубиной 2,8–3,5 м.

Опытный участок закрытого дренажа гончарных труб был построен и на территории Мургабского государева имения в районе Байрам-Али (Туркмения). Однако этот участок быстро вышел из строя из-за отсутствия естественного водоприемника и отвода вод с помощью машинной перекачки.

Наибольшую известность приобрел дренажный участок Муганской опытно-мелиоративной станции в Азербайджане. Муганская станция была создана в 1914 г. под руководством проф. Н.А.Лебедева. Опытный дренаж на ней, состоящий из шести закрытых дрен, одной открытой дрены и закрытого коллектора, был построен в 1930–1931 гг. и обслуживал площадь 600 га. Дрены были построены из бетонных труб $d = 200$ мм с трехслойной обсыпкой из щебня $D_{50} = 25; 15$ и 4 мм, толщиной 10–15 см. Глубина дренажа от 2,5 до 4 м. Станция служила полигоном для разработки многих теоретических вопросов дренирования земель в Азербайджане и воспитания целой плеяды таких известных мелиораторов, как Н.А.Беседнов, А.А.Шошин, С.И.Тюремнов, А.К.Бехбудов, Э.С.Варунцян.

С 30-х годов, особенно в послевоенные годы, и до конца 50-х – начала 60-х годов наблюдается усиленное строительство открытых коллекторов и дрен. Широкое распространение они получили в Узбекистане, Туркмении, Азербайджане, где, наряду с глубокими

коллекторами, строились открытые дрены глубиной 2,0–2,5 м, с откосами 1:1 и 1:1,5.

Широкое производственное внедрение в нашей стране система закрытого горизонтального дренажа получила в новой зоне Голодной степи после 1958 г. Здесь за короткий период были созданы траншейная, бестраншейная, полумеханизированная и щелевая технология строительства дренажа, решены вопросы конструкции труб и фильтра, их мелиоративной эффективности и много других расчетных, технологических и эксплуатационных задач. В результате темпы укладки дренажа здесь составили 2000 км в год. Опыт Голодной степи, начиная с 1963 г., получает распространение и в других орошаемых зонах.

В настоящее время в СССР ежегодно укладывается более 3 тыс. км закрытого горизонтального дренажа, большая часть которого построена в Голодной, Каршинской и Сурханшерабадской степях Узбекской ССР. Кроме того, укладка дренажа ведется в Туркмении (зона Каракумского канала), Киргизии, Таджикистане (по 40–50 км/год), Поволжье. Большое развитие дренаж получил на орошаемых землях Мугани, Сальянской и Ширванской степей (Азербайджанская ССР).

Сравнительно ограниченный опыт эксплуатации закрытого горизонтального дренажа обуславливает необходимость обобщения накопленных знаний в этой области.

ВИДЫ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА И ЕГО СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Дренаж предназначен для повышения потенциального плодородия орошаемых земель посредством создания необходимого для жизнедеятельности растений водно-воздушного и водно-солевого режимов. Дренажная сеть должна быть достаточно капитальной, надежной и долговременной, гарантирующей при осуществлении определенных эксплуатационных мероприятий стабильность ее работы, так как процесс предупреждения засоления и заболачивания в условиях интенсивного земледелия на орошаемых землях является непрерывным.

Надежность и долговечность работы дренажа зависят от его типа (открытый или закрытый), от проектных решений, конструктивного исполнения и четкой работы системы эксплуатации.

Теоретически открытый и закрытый дренаж могут иметь одинаковые параметры (глубина и междренные расстояния) и одинаковую

схему размещения. Тем не менее глубина открытого дренажа обычно не назначается более 3,5 м, так как при глубине более 3,5 м трудно обеспечить его постоянную работоспособность, особенно в неустойчивых грунтах. Поэтому густота его составляла вначале 25–30 м/га, а в дальнейшем была доведена до 40 м/га и более, густота коллекторов – 10–12 м/га. Так, достаточно высокая удельная протяженность открытого дренажа в Хорезме (31,2 м/га) позволяет получать высокие урожаи хлопка-сырца (до 40 ц/га). В Ферганской области (Узбекская ССР) протяженность открытого дренажа доведена до 24 м/га, а Ташаузской области (Туркменская ССР) – до 29,7, в Чарджоуской области (Узбекская ССР) – до 22,8 м/га.

Основные параметры открытых дрена и коллекторов приведены в табл. I.

Т а б л и ц а I
Характеристика открытых дрена и коллекторов
на орошаемых землях

Коллекторно-дренажная сеть	Глубина, м	Ширина по дну, м	Заложение откосов	Удельный объем выемки, м ³ /м	Ширина полосы отчуждения, м
Дрены	2,0–3,5	1,0	1:1,5	16–42	20–30
Коллекторы					
внутрихозяйственные	3,5–6,0	1,0	1:1,5– 1:5:1,75	30–50	50–70
межхозяйственные и магистральные	4,5–8,0	1,0–2,5–3,0	1:1,5– 1:2,5	40–100	70–120

Главным недостатком открытой коллекторно-дренажной сети является отчуждение под нее громадных площадей уже освоенных культурных земель, особенно для областей, где исчерпаны земельные ресурсы целинных территорий и невозможно дальнейшее расширение посевных площадей. В настоящее время на староорошаемых землях Узбекистана (117 тыс.га) открытая дренажная сеть имеет протяженность 39 тыс.км, а в Туркмении (24 тыс.га) протяженность дренажной сети составляет 8 тыс.км.

Кроме того, увеличение густоты дренажа свыше 40 м/га обычно невозможно, так как площадь отчуждения под дренажную сеть превышает

ет 20%. Именно поэтому раньше открытый дренаж не применялся на землях с очень низкими коэффициентами фильтрации, например, в сильно загипсованных суглинках, которые требуют большой густоты дренажа.

Следует также отметить, что при эксплуатации существующей коллекторно-дренажной сети открытого типа необходима ее частая периодическая очистка от заиления, оплывания и зарастания, причем объемы этих работ возрастают из года в год. Так, за последние 20 лет объемы работ по очистке коллекторно-дренажной сети только в Узбекистане увеличились в 3,5 раза (примерно 100 млн.м³/год) и, несмотря на то, что за это время очистка была полностью механизирована, она все еще требует огромных трудовых и материальных ресурсов.

Открытые дрены могут располагаться на поле по продольной схеме, так как при расположении их по поперечной схеме (перпендикулярно направлению полива) дрены очень часто выходят из строя вследствие затопления и прорыва придренных валиков.

Накопленный опыт подтвердил преимущества дренажных систем закрытого типа. В настоящее время дренажная сеть открытого типа практически не строится, более того, повсеместно проводятся работы по переустройству открытой сети в закрытую. Однако большая часть коллекторной сети все еще остается открытой.

Основные параметры закрытых дрен и коллекторов приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Характеристика закрытых дрен и коллекторов
зоны орошения

Коллекторно-дренажная сеть	Глубина, м	Диаметр труб, мм	Уклон	Междренное расстояние, м	Удельная протяженность, м/га	Средняя длина, м
Дрены	2,0-3,5	100-300	>0,0015	50-400	25-200	200-250 ^{х)}
Коллекторы						
внутрихозяйственные	4,0-4,5	300-600	>0,001	800-1500	10-12	-
межхозяйственные и магистральные	5,0-5,5	>600	>0,001	2000	4-5	-

х) В практике проектирования и строительства в Голодной степи рекомендуется принимать длину дрен не более 1500 м.

Закрытые дренажи достаточно надежны и долговечны, они не требуют больших затрат на эксплуатацию и поддержание их в рабочем состоянии. По нашим данным, стоимость эксплуатации закрытого горизонтального дренажа в Голодной степи составляет 7,2–11,5 руб/га, что значительно ниже стоимости эксплуатации открытого и вертикального дренажа (табл.3).

Т а б л и ц а 3

Сравнительная стоимость эксплуатации горизонтального и вертикального дренажа на 1 га Голодной степи

Виды дренажа	Стоимость строительства, руб.	Амортизация, руб/год	Затраты на ремонт и поддержание систем, руб/год	Содержание эксплуатационного штата, руб/год
Открытый горизонтальный	150–200	7,5–10,0	6–9	1,5–2,0
Закрытый горизонтальный	300–500	4,2–7,0	2–4	1,5–1,6
Вертикальный	100–300	6,0–18,0	20–40	2,0–3,0

Таким образом, из табл. 3 следует, что общие затраты на эксплуатацию открытого дренажа составляют 15–21 руб., закрытого – 7,2–11,5 руб., вертикального – 28–61 руб., то есть затраты на закрытый дренаж ниже затрат на открытый и вертикальный дренаж соответственно в 3 и 10 раз (при этом затраты на амортизацию не учитываются, при значительно большей надежности). Следует отметить, что приведенные цифры основаны на осредненных данных по Голодной степи, включающих дренаж несовершенной конструкции. Совершенствование конструкции закрытого дренажа еще более повысило его надежность и снизило стоимость эксплуатации.

Однако приведенные данные характеризуют эксплуатационные показатели горизонтального и вертикального дренажа только по затратам на поддержание систем, а затраты на управление эксплуатационными режимами не учитываются.

Функции службы эксплуатации дренажных систем заключаются в следующем:

управление определенными режимами работы сооружения в соответствии с его назначением;

контроль за состоянием земель и работой сооружений;

поддержание системы в рабочем состоянии;

реконструкция и совершенствование системы.

В соответствии с этими функциями и будет рассматриваться эксплуатация систем горизонтального дренажа.

УПРАВЛЕНИЕ ДРЕНАЖНЫМИ СИСТЕМАМИ

Управление дренажными системами должно обеспечить:

регулирование уровней грунтовых вод, создающих промывной режим орошения и не допускающих соленакопления в активном слое почвогрунтов;

создание необходимых скоростей инфильтрации при промывках, обеспечивающих равномерный вынос солей;

возможность усиливать в отдельные промежутки времени питание растений грунтовыми водами с целью снижения водопотребления.

Дренаж на орошаемых землях предназначен для поддержания уровня грунтовых вод на отметках, не допускающих соленакопления и отвечающих тому или иному мелиоративному режиму, выбираемому в зависимости от капиллярных свойств почвогрунтов, интенсивности испарения и минерализации грунтовых вод. При высокой минерализации грунтовых вод этот уровень соответствует понятию так называемой "критической глубины", введенной Б.Б.Полыновым.

Существуют различные рекомендации по определению критической глубины. Например, А.И.Голованов считает, что

$$H_{кр} > 0,9 h ,$$

где $H_{кр}$ — критическая глубина, м;

h_k — высота капиллярного поднятия воды, м.

В.А.Ковда рекомендовал определять критическую глубину как функцию среднегодовой температуры

$$H_{кр} = 170 \div 8t - 15 \text{ см},$$

где t — среднегодовая температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Эти величины не отражают влияния испарения и минерализации грунтовых вод, а также степени дренированности и величины промывной доли орошения. С учетом всех этих факторов необходимая глубина грунтовых вод в течение года может определяться в соответствии с работой [7].

Оптимальный уровень грунтовых вод, который необходимо поддерживать в междуренье в течение вегетации, может быть определен по зависимости, учитывающей все эти факторы

$$h = h_k \left[1 - \frac{\alpha \ell g \frac{S_p}{S_n} (\beta + \gamma'_{mn}) - (1 - \beta - \gamma'_{mn} C_{op})}{K \cdot C_{zp}} \right] , \quad (I)$$

где h — средняя глубина грунтовых вод, м;

h_k — высота капиллярного поднятия воды при максимальной испаряемости для данной местности, м;

- α — коэффициент солеотдачи по В.Р.Волобуеву;
 S_0 и S_n — соответственно начальное и конечное содержание солей в активном слое почвы в процессе вегетации, %;
 β — промывная часть в оросительной норме, доли единицы;
 $\eta'_{\text{ин}}$ — инфильтрационная часть КПД техники полива, доли единицы;
 $C_{\text{ор}}$ и $C_{\text{г. вод}}$ — минерализация соответственно оросительной и грунтовой воды, г/л;

κ — коэффициент, показывающий отношение суммарного испарения за вегетационный период к оросительной норме.

Расчетная среднегодовая глубина грунтовых вод должна поддерживаться посередине междренья. Для этого между расходом воды в дрене, междренными расстояниями и глубиной воды в дрене существуют взаимосвязи, которые могут быть выражены различными формулами А.Н.Костякова, С.Ф.Аверьянова, С.Хоухудта, Кене и другими. Эти формулы связывают величину действующего напора $H - h_0$ с удельным расходом дрены q , междренным расстоянием B и коэффициентом фильтрации κ . Например, удобная зависимость Хоухудта-Аверьянова для близкого залегания водоупора (T) имеет вид:

$$B^2 = 8 \frac{\kappa}{q} T \alpha (H - h_0) + 4 \frac{\kappa}{q} (H^2 - h_0^2), \quad (2)$$

где α — коэффициент всячести, характеризующий степень совершенства дрены (по вскрытию пласта) по сравнению с идеальной дреной.

Таким образом, при постоянных междренном расстоянии и гидрогеологических параметрах имеется квадратичная зависимость между расходом q , полным напором H над дреной и действующей глубиной дрены. Другими словами, чем больше приток в дрину, определяемый интенсивностью инфильтрационного питания при поливах, а также напорного питания грунтовых вод снизу, тем выше полный напор, а следовательно, ниже устанавливающийся в междренье уровень грунтовых вод.

Действующая глубина равна проектной глубине дрены минус глубина воды в дрине и минус высота выклинивания (величина несовершенства дрены). С.Ф.Аверьянов называет эту величину "высотой нависания над дреной" и обозначает ее h_0 (рис. I). Он же приводит ряд зависимостей, по которым эта величина для открытых дрен составляет:

для глубокого залегания водоупора (по В.В.Ведерникову);

$$h = (0,17 \div 0,26) \frac{Q}{K}, \quad (3)$$

для близкого залегания водоупора;

$$h_0 = 0,37 \frac{Q}{K}, \quad (4)$$

где Q — расход дрен, $\text{м}^2/\text{сутки}/\text{м}$;

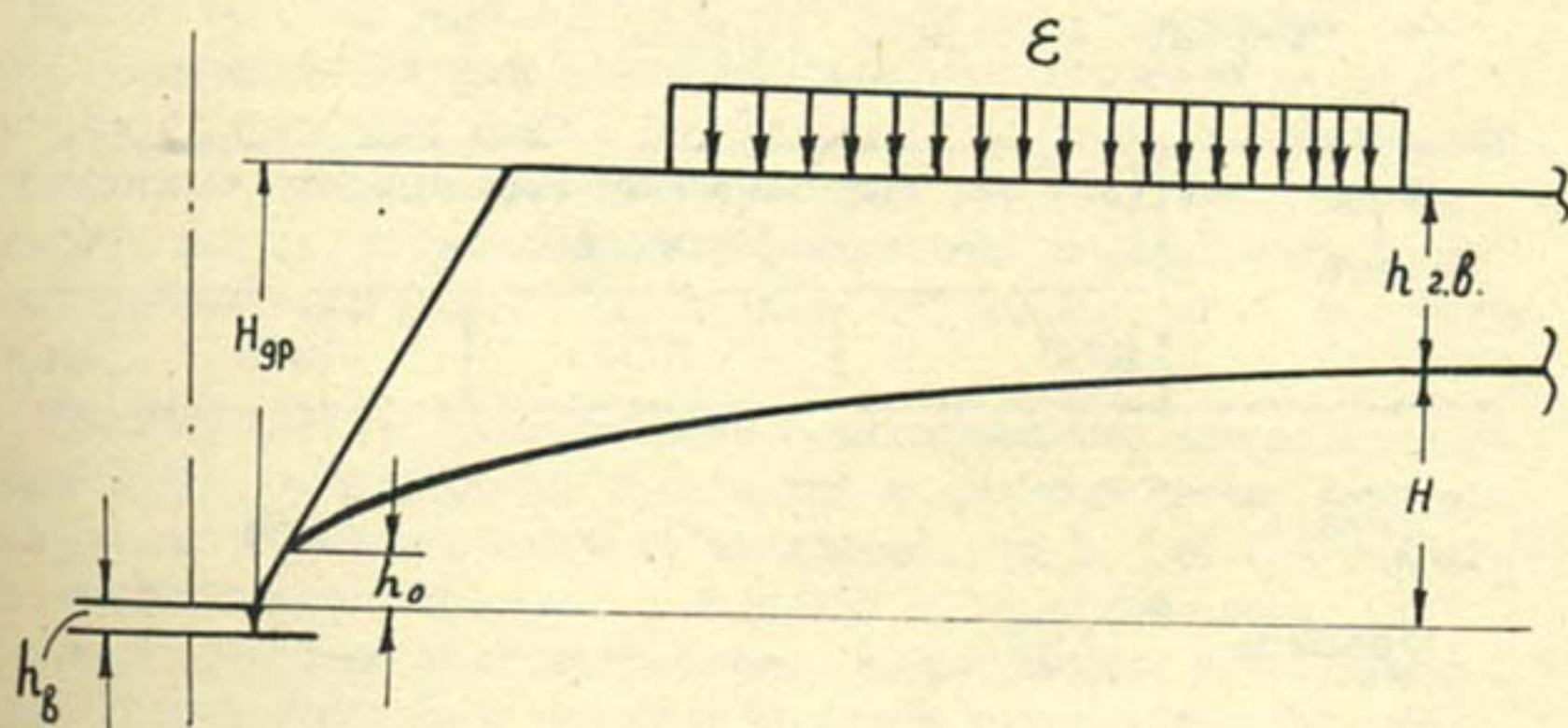
K — коэффициент фильтрации, $\text{м}/\text{сутки}$.

Как видно, для слабопроницаемых грунтов h_0 может достигать больших величин ($0,6 \div 1,0$ м). Для закрытого дренажа эта величина также довольно значительна. С.Ф.Аверьянов приводит данные по дренажной сети в Муганской ОМС, где коэффициенты фильтрации превышают $5,0$ м/сутки. При отлично подобранном фильтре и большом диаметре труб высота нависания здесь составляла более $0,5$ м. По нашим многочисленным наблюдениям за различными видами закрытого дренажа в Голодной степи, высота нависания составляла от $0,3$ до $1,3$ м над уровнем воды в дрене.

При нормальной работе закрытых дрен уровень воды в них устанавливается в пределах расчетного с отклонениями не более $5-10$ см, за исключением случаев подпора и заиливания. Так, по данным наших наблюдений за бестраншейным дренажем в совхозе № 7 Голодной степи, эти отклонения составили по всем наблюдаемым дренам ± 5 см, а по закрытому дренажу, уложенному траншейным способом в том же совхозе, ± 9 см.

В открытых дренах колебания воды в период между очистками достигают значительных размеров. В результате наблюдений в третьем отделении совхоза "Фархад" Голодной степи, где очистка проводилась один раз в три года, в относительно устойчивых суглинистых грунтах с галечниковыми прослойками, установлено, что при проектном уровне грунтовых вод $2,1$ м, уровне воды в дренах $2,3$ м и глубине дренажа $2,5 \div 2,8$ м, на междреньях 150 м на фоне открытого дренажа фактически грунтовые воды поднимались до $1,0$ м при глубине воды в дренах до $1,5$ м (табл.4). Наблюдения Каракалпакского отдела САНИИРИ в совхозах "Халкабад", "Кзылскер" (Каракалпакская автономная республика) при расчетной глубине открытого дренажа $3,0$ м и норме дренирования $2,0$ м показали, что средняя глубина грунтовых вод составляет $1,0-2,0$ м от поверхности, при этом расчетная норма осушения выдерживается два месяца в году (декабрь-январь).

Открытый дренаж



Закрытый дренаж

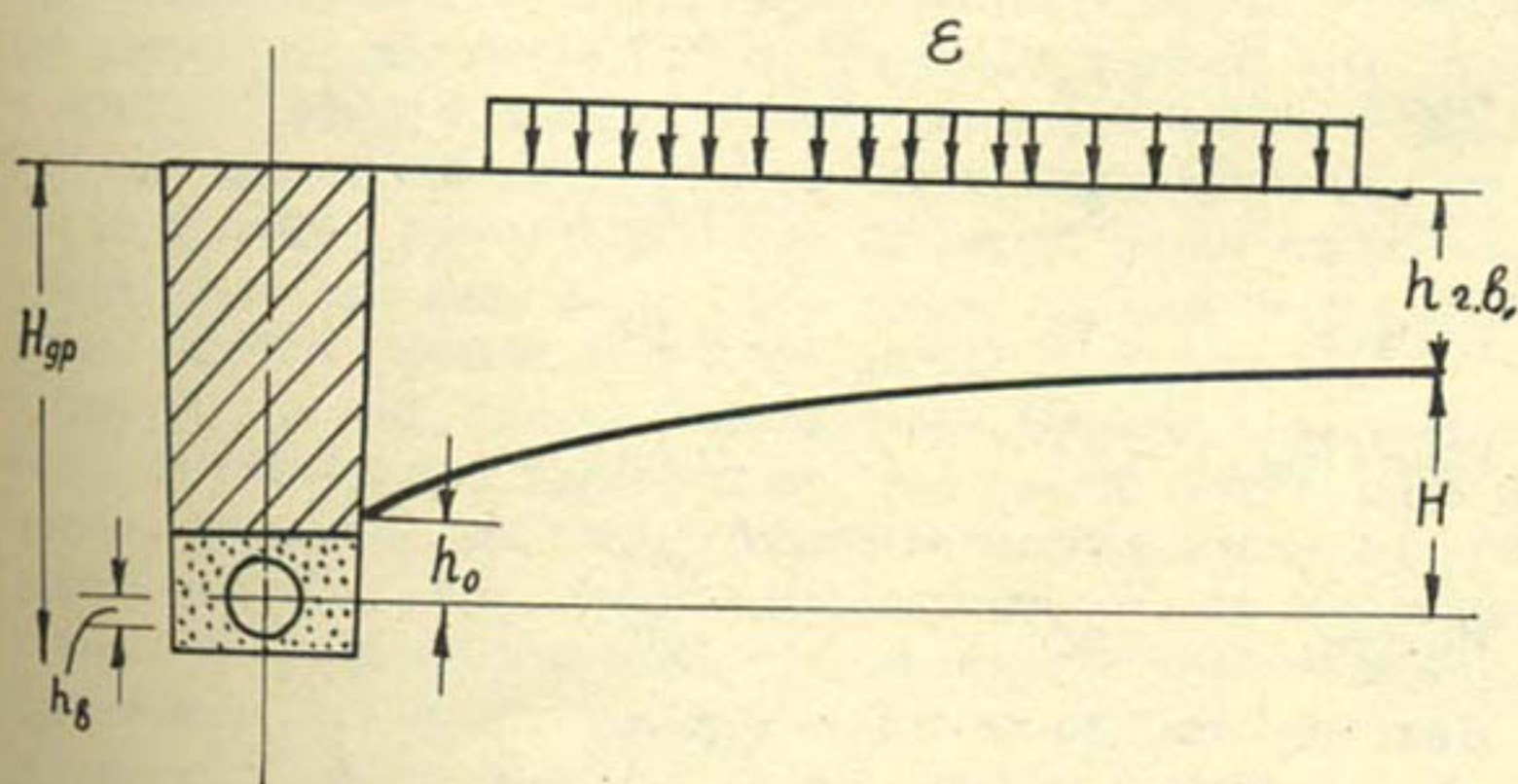


Рис. I. Схема регулирования уровня грунтовых вод с помощью горизонтального дренажа: $H_{др}$ — глубина дрен; $h_з$ — глубина воды; h_0 — высота нависания (или высачивания); H — действующий напор; $h_{з.в.}$ — глубина грунтовых вод; ϵ — величина инфильтрационного питания

Глубина воды в открытых дренах совхоза
"Фархад" Голодной степи, м

Месяц	Глубина воды в открытых дренах, м, по годам		
	1968	1969	1970
Январь	—	2,14	1,98
Февраль	1,91	1,86	1,82
Март	1,85	1,74	1,63
Апрель	2,22	1,86	1,80
Май	2,31	2,13	1,91
Июнь	1,96	1,81	1,74
Июль	1,82	1,74	1,61
Август	1,75	1,56	1,53
Сентябрь	1,94	1,68	1,70
Октябрь	2,10	1,82	2,36 ^{х)}
Ноябрь	2,38	1,98	2,42
Декабрь	2,45	2,13	2,34

х)

Проведена очистка дренажа.

В то же время необходимо отметить, что при равных глубинах и равных междреньях открытый дренаж дает более высокие дренажные модули и скорости инфильтрации, чем закрытый, вследствие наличия в последнем больших фильтрационных сопротивлений на несовершенство конструкции дрены. Однако благодаря тому, что колебания уровня воды в открытых дренах превышают величину этих дополнительных потерь, мелиоративная эффективность и надежность работы горизонтального закрытого дренажа значительно выше, чем открытого.

Примером высокой эффективности горизонтального закрытого дренажа могут служить данные наблюдений за работой дрены, изменением уровней грунтовых вод и их минерализацией на участке закрытого бестраншейного дренажа в совхозе № 1а Голодной степи.

Закрытый дренаж из полиэтиленовых гофрированных труб диаметром 63 мм с фильтровой песчаной обсыпкой укладывался на глубину 3 м бестраншейным дреноукладчиком БДМ-301А.

Наблюдениями, результаты которых показаны на рис. 2, установлено, что на фоне этих дренах под действием поливов нормой 1,2-1,4 м³/га уровень грунтовых вод поднимался с глубины 2,6-3,5 м перед поливом до 2,1-1,3 м по окончании полива, затем он срабатывался в результате работы дренажа до глубины 2,0-2,6 м в межполивной период с интенсивностью сработки 3-8 см в день. При этом доля промывного расхода в общем количестве воды, идущей на орошение, равная 1136 м³/га за сезон, обеспечивала достаточное превышение нисходящих токов над восходящими и снизила запасы солей в активном слое с 675 до 519 т/га (рис. 3).

Следует отметить, что на большей части площади, заключенной между дренами, уровни грунтовых вод находились намного ниже расчетных, отражающих наиболее неблагоприятные условия из возможных на междреньях. Лишь 15-20% общей площади участка характеризуется теми уровнями грунтовых вод, на которые рассчитывается дренаж поля, что свидетельствует о наличии больших запасов в пространственном сочетании работы дренажа и поливов.

Известно, что процесс промывки состоит в замене соленого почвенного раствора пресными водами. Для успешного осуществления промывок требуется соблюдение двух условий: подача пресной воды в количествах, необходимых для соответствующей замены почвенного раствора, и возможность отвода вытесняемого минерализованного раствора за пределы активной зоны почвогрунтов с помощью естественного или искусственного дренажа.

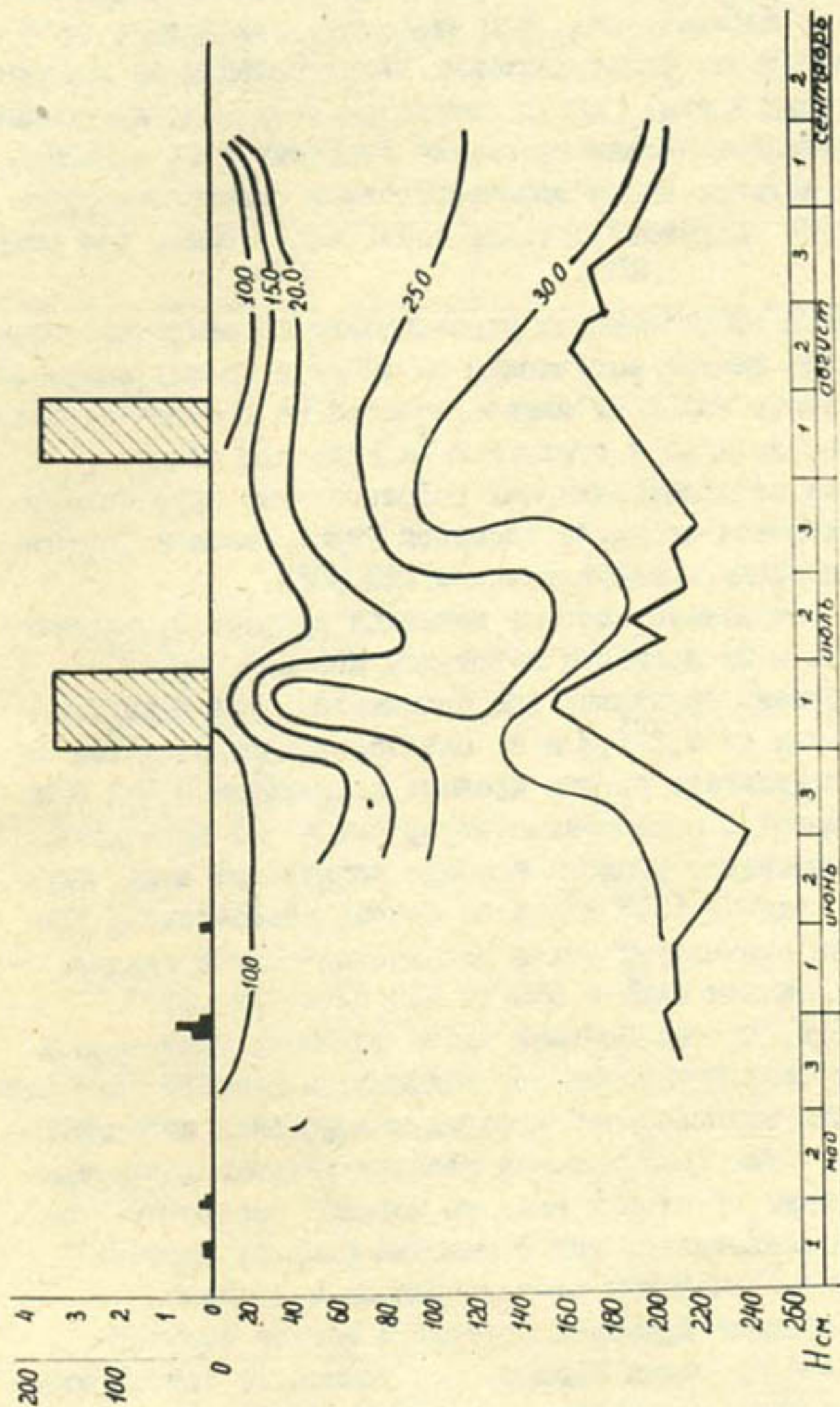
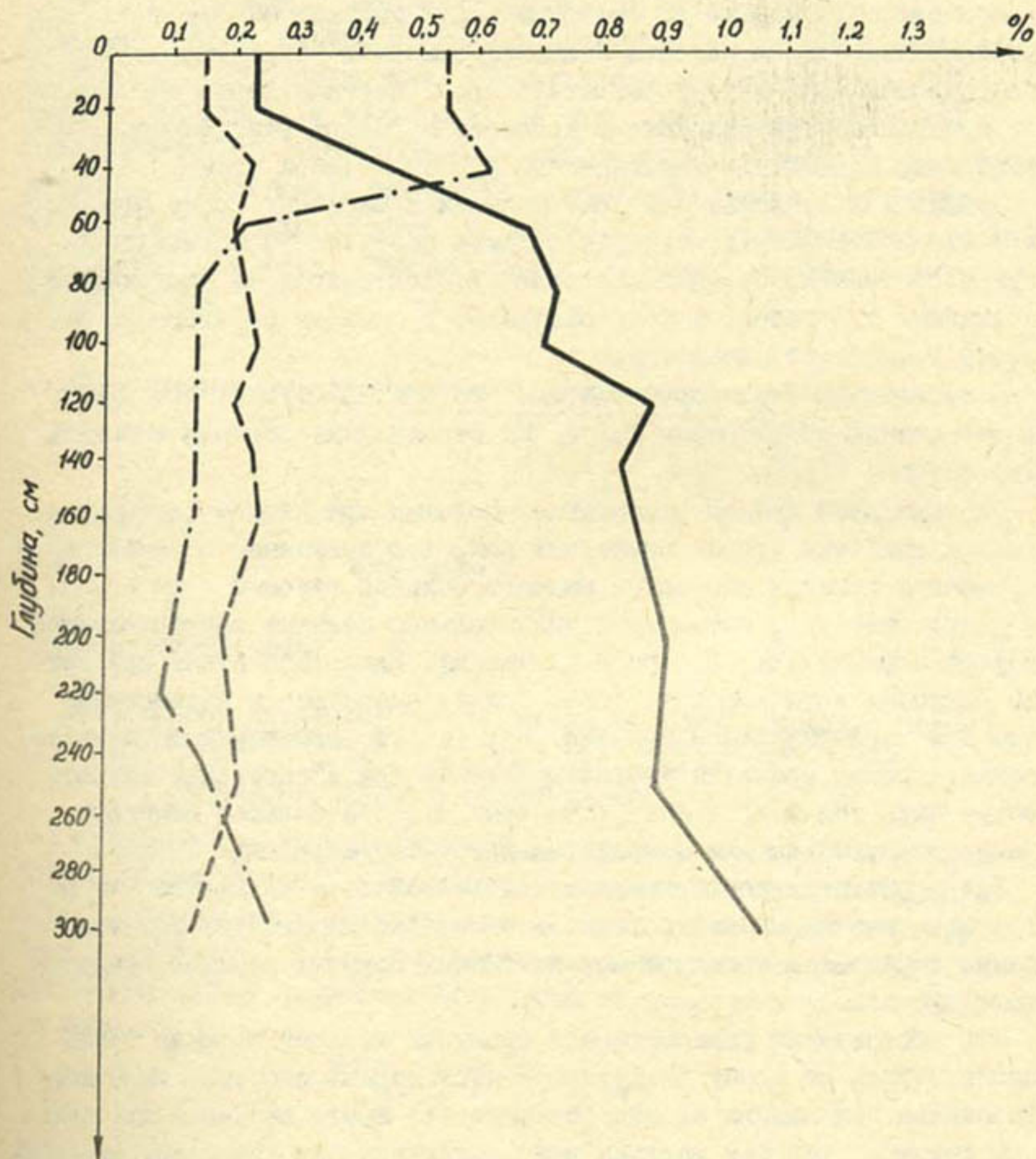


Рис.2. Изменение уровня грунтовых вод на фоне безграничного дренажа под действием поливов и осадков в совхозе № 1а в Голодной степи



Условные обозначения:

- на 8/VI 1979 г.
 --- на 12/VII 1979 г.
 -.- на 12/IX 1979 г.

Рис.3. Динамика засоления почвогрунтов в совхозе № 1а в Голодной степи на опытном участке (сумма вредных солей Na_2SO_4 , MgSO_4 , NaCl , MgCl_2) (по данным С.М.Шмидта)

Промывки необходимо рассматривать как управляемый процесс, скорость фильтрации в котором является основной регулирующей величиной. Промывки на фоне горизонтального и вертикального дренажа имеют принципиальные отличия. В процессе промывок различаются, как известно, промывки в ненасыщенной и в насыщенной толще.

Промывки в ненасыщенной зоне аэрации происходят более эффективно, чем в насыщенной, так как большая часть почвы находится в сухом состоянии, большинство солей располагается на поверхности почвенных агрегатов, а не в растворе, и поэтому растворение и смыв солей происходят интенсивно.

В насыщенной толще промывка идет за счет диффузионного обмена и вытеснения растворимых солей. На это явление обратил внимание П.А.Летунов (1958 г.).

Вертикальный дренаж располагает большим диапазоном расходов и темпов сработки уровня грунтовых вод, что позволяет создать перед промывным поливом свободную емкость большой глубины — до 6–7 м, в результате чего промывки в значительной степени осуществляются в этот период, а не в период насыщения. Благодаря этому при тех же расходах воды скорость здесь более равномерна и интенсивна, чем при горизонтальном дренаже. Более того, при вертикальном дренаже скорость сработки уровня грунтовых вод и свободная емкость могут быть усилены за счет установки насосов большей мощности на время промывок или дополнительного вакуумирования скважин.

При горизонтальном дренаже такой возможности не имеется, и в основном все промывки проходят в состоянии насыщения. Вакуумирование горизонтального дренажа в связных грунтах не дало ожидаемого эффекта.

Для обеспечения равномерности промывки на всей площади очень важно, чтобы по всему междренью в этот период скорости были достаточными для вымыва солей. Особенно это имеет значение для связных грунтов, так как частицы воды находятся под действием агрегатных и капиллярных сил, противодействующих передвижению влаги в почве к дренам.

Период промывки на фоне горизонтального дренажа делится на три этапа:

- 1 — инфильтрация до смыкания с грунтовыми водами;
- 2 — после достижения фронтом инфильтрации грунтовых вод возникает бугор грунтовых вод;
- 3 — после смыкания промывных и грунтовых вод и выхода их на поверхность.

Анализ скоростей фильтрации промывной воды на каждом этапе показал, что на первом этапе скорость фильтрации равномерна на протяжении всего междренья, эффективность промывной воды максимальна, на втором и третьем этапе скорости распределяются по междренью крайне неравномерно — они максимальны вблизи дрен и минимальны — посередине междренья (рис.4). В результате значительная часть воды вблизи дрен $V_i > [V]$ будет расходоваться не рационально, а посередине междренья, наоборот, скорости будут недостаточны.

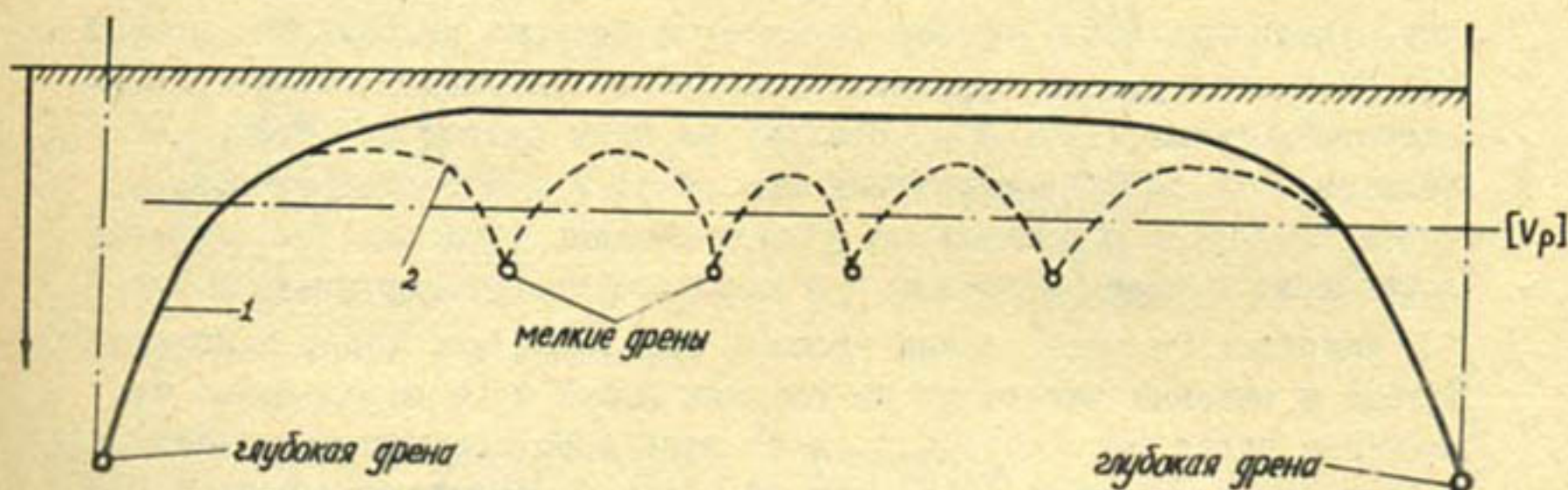


Рис.4. Эпюры скоростей при промывке на фоне закрытого горизонтального дренажа: 1 — на фоне глубокого дренажа при $B = 200$ м, $H = 3$ м; 2 — на фоне глубокого дренажа, усиленного мелким закрытым дренажем при $h = 1,5$ м

В целях выравнивания скоростей фильтрации рекомендуется на период промывки проводить рыхление, щелевание площади или устройство дополнительных кротовых дрен с креплением полимерными трубами на глубину $1,2 \div 1,5$ м и размещением их таким образом, чтобы приблизить эпюру скоростей фильтрации к величине, определенной по формуле:

$$V_{max} = \frac{dN(x; t; v)}{dt} + \kappa_n \cdot J_0, \quad (5)$$

где

$$\kappa_n \cdot J_0 = -\kappa_n \cdot \frac{dh}{d\ell},$$

$$\frac{dN}{dt} = n(\bar{c} - \bar{N}),$$

J_0 — градиент начального напора на основе решения Н.Ф.Бондаренко;

κ_n — коэффициент, характеризующий свойства почвогрунтов и жидкости;

Π — параметр переноса;
 $\bar{C} = \frac{C}{C_{\max}}$; $\bar{N} = \frac{N}{N_{\max}}$ — концентрации солей соответственно в межагрегатной и агрегатной средах в долях значения $C_{\max}$ и $N_{\max}$.

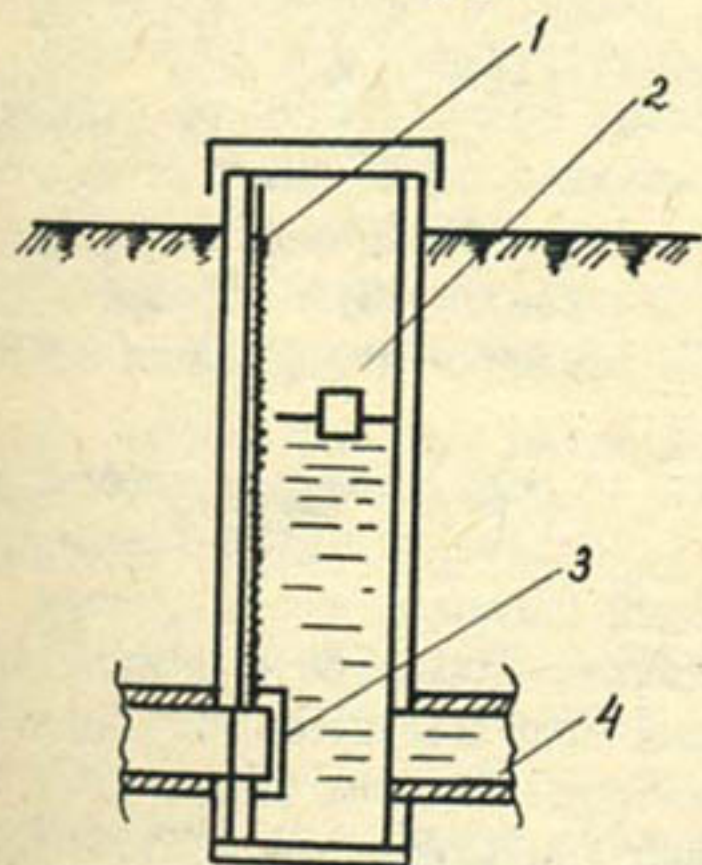
Оптимальная глубина уровня грунтовых вод зависит от интенсивности испарения, минерализации грунтовых вод, растительного покрова, а также водно-физических свойств почвогрунтов. Наряду с интенсивностью испарения и соленакопления должна учитываться интенсивность подъема и сработки уровня грунтовых вод. Эта величина зависит от механического состава почв. По данным С.Н.Рыжова, для легких супесчаных почв Хорезма характерна быстрая водоотдача, быстрый подъем и спад уровня грунтовых вод при максимальной высоте капиллярного подъема 1,2–1,3 м. Поэтому на этих землях необходимо поддерживать уровень грунтовых вод около 2 м в период вегетации, чтобы обеспечить оптимальное водное питание растений, не опасаясь интенсивного соленакопления при достаточной дренированности.

В условиях Голодной степи уровень грунтовых вод может поддерживаться в течение вегетации на глубине 2,5–3 м, а оптимальное увлажнение будет распространяться по всей зоне аэрации в пределах, близких к капиллярной влагоемкости. Для условий Ферганской области оптимальный уровень грунтовых вод — 1,8–2,2 м.

Характерные для данного района климатические (испарение), хозяйственные (состав культур и транспирация растений) и почвенно-мелиоративные (коэффициент фильтрации, капиллярные свойства почв, водные константы) условия, ежегодно происходящее на фоне дренажа качественное изменение земель по степени засоления (ликвидируются солончаки и сильнозасоленные земли, выравнивается мелиоративный фон, уменьшается минерализация грунтовых вод) способствуют регулированию уровня грунтовых вод и стока воды таким образом, как этого требует данная культура на определенной стадии развития. На этих принципах основана так называемая субиригация.

Для усиления эффекта субиригации путем использования грунтовых вод можно также снижать водопотребление за счет орошения в период, когда интенсивность его наиболее высока (июль–август), одновременно не увеличивая существенно степень засоления активного слоя почвогрунтов. Для этого дренажные системы должны иметь регулирующие устройства, позволяющие в нужный период уменьшать или совершенно исключать сток воды и таким образом поддерживать определенный горизонт воды, необходимый для различных сельскохозяйственных культур (рис.5).

Совмещено с колодцем



Бесколодезное

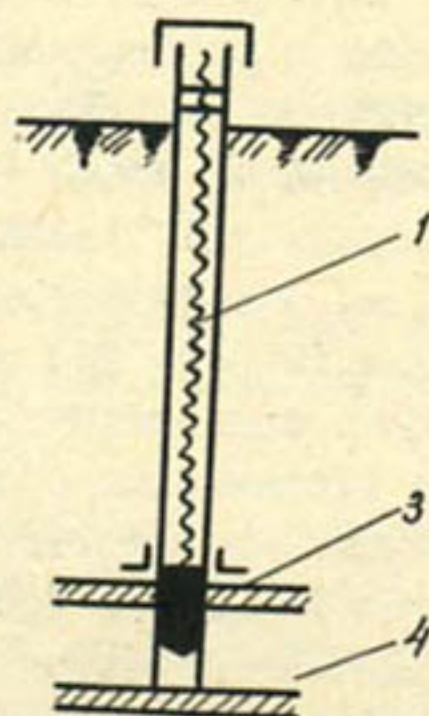


Рис.5. Регулирующее устройство в дренах: а - совмещенное с колодцем; б - бесколодезное: 1 - фонт, 2 - автомат УГВ; 3 - щит (заслонка); 4 - труба

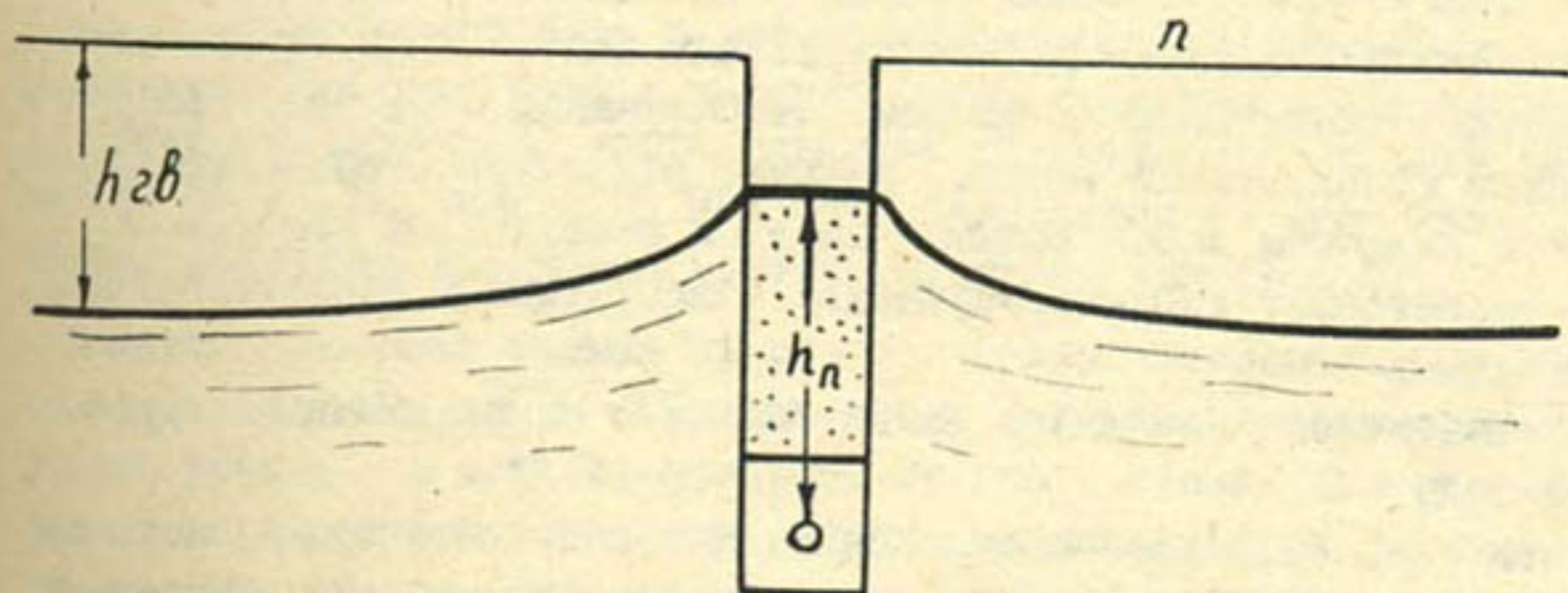


Рис.6. Подпитывание грунтовых вод дренажным подпором ($h_{г.в.} > h_n$): h_n - высота подпора; $h_{г.в.}$ - уровень подпитанных грунтовых вод

В настоящее время для этой цели на открытых дренах устраивают глухие перемычки, с помощью которых осуществляется подпор воды в дренах. Но такое регулирование наносит громадный ущерб сельскому хозяйству и работе коллекторно-дренажной сети, так как оно не только приводит к ликвидации водооттока с дренируемой территории, но и к повышенным градиентам напора при последующих сбросах воды (разбор перемычек), увеличению объема заиления и обрушения откосов в дренах и коллекторах.

САНИИРИ в 1976 г. был проведен опыт по регулированию уровня грунтовых вод на фоне закрытого дренажа в колхозе "Правда" Ханкинского района (Хорезмская область), который показал, что с помощью установленных на закрытых дренах задвижек, клапанов или затворов очень легко поднимать уровни грунтовых вод, достигая заданного режима (рис.6). В результате ордината оросительной водоподачи в период максимального водопотребления уменьшится на 25-30%. При этом необходимо сразу после завершения периода подъема уровня грунтовых вод не только проследить, чтобы дрена была открыта, но и специальным пропуском воды через концевой колодец промыть всю дренаю от возможных отложений и не допустить уплотнения в ней наносов.

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА МЕЛИОРАТИВНЫМ СОСТОЯНИЕМ ЗЕМЕЛЬ: СРЕДСТВА, ПЕРИОДИЧНОСТЬ, ФОРМА

Мелиоративное состояние земель определяется следующими данными: глубиной залегания уровня грунтовых вод на всей территории хозяйства, степенью и качеством минерализации этих вод, распространением используемых земель, имеющих различную степень засоления, а также наличием заболоченных земель и неосвоенных солончаков.

На территории, характеризующейся мелиоративным неблагополучием, необходимо:

- систематически наблюдать за глубинами и минерализацией грунтовых вод;

- вести ежегодный учет засоления площадей по категориям засоления (незасоленные, слабозасоленные, средnezасоленные, сильнозасоленные, солончаки), то есть солевую съемку;

- следить за исправностью коллекторно-дренажной сети;

- учитывать величину и минерализацию дренажного стока;

проводить учет и фиксирование переувлажненных земель;
составлять карты урожайности основной культуры, например, хлопчатника, с оконтуриванием мест выпадов растений и изреженности растительного покрова.

Первые три положения выполняются мелиоративной службой области и района, четвертое — совместно с хозяйством, а последние два пункта — агротехнической службой хозяйства.

Для систематических наблюдений за режимом и минерализацией уровня грунтовых вод на территории устраиваются наблюдательные скважины (из расчета одна скважина на 100–200 га).

Обычно поверхность грунтовых вод на орошаемой территории отличается большой неоднородностью по залеганию от поверхности земли. Поэтому для наблюдений на больших площадях очень важно правильно организовать размещение наблюдательных скважин. Скважины вблизи дрен будут показывать заниженный уровень грунтовых вод относительного среднего, а у оросителя или посередине междренья — завышенный.

Поэтому располагать на поливной карте в среднем одну скважину следует на расстоянии от дрены, равном 0,3 расстояния междренья, а замер уровня проводить один раз в декаду. Уровень грунтовых вод измеряют с помощью шнура с делениями, снабженного на конце лотом-хлопушкой или лотом со свистком. Конструкция наблюдательной скважины должна обеспечивать быстрое изменение уровня грунтовых вод в ней, сохранность скважины при механизированных работах на поле, исключать попадание в нее поверхностных оросительных вод и осадков. Для этой цели в верхней части скважины устраивается глиняный или цементный замок, скважина обсаживается кольцом диаметром 80–100 см, фильтр на ней устанавливается во всем диапазоне возможных изменений уровня грунтовых вод (рис. 7).

Солевые почвенные съемки проводятся силами мелиоративных районных и областных служб ежегодно после завершения вегетации и уборки урожая — в октябре–декабре. Во время съемки делают один разрез глубиной 1 м на каждом участке площадью 50 га и определяют плотный остаток, содержание хлора, натрия и сумму токсичных солей. Данные солевых съемок наносят на карту совхоза (масштаб 1:10000) по следующим категориям: незасоленные, засоленные: слабо-, средне-, сильнозасоленные, солончаки (рис. 8).

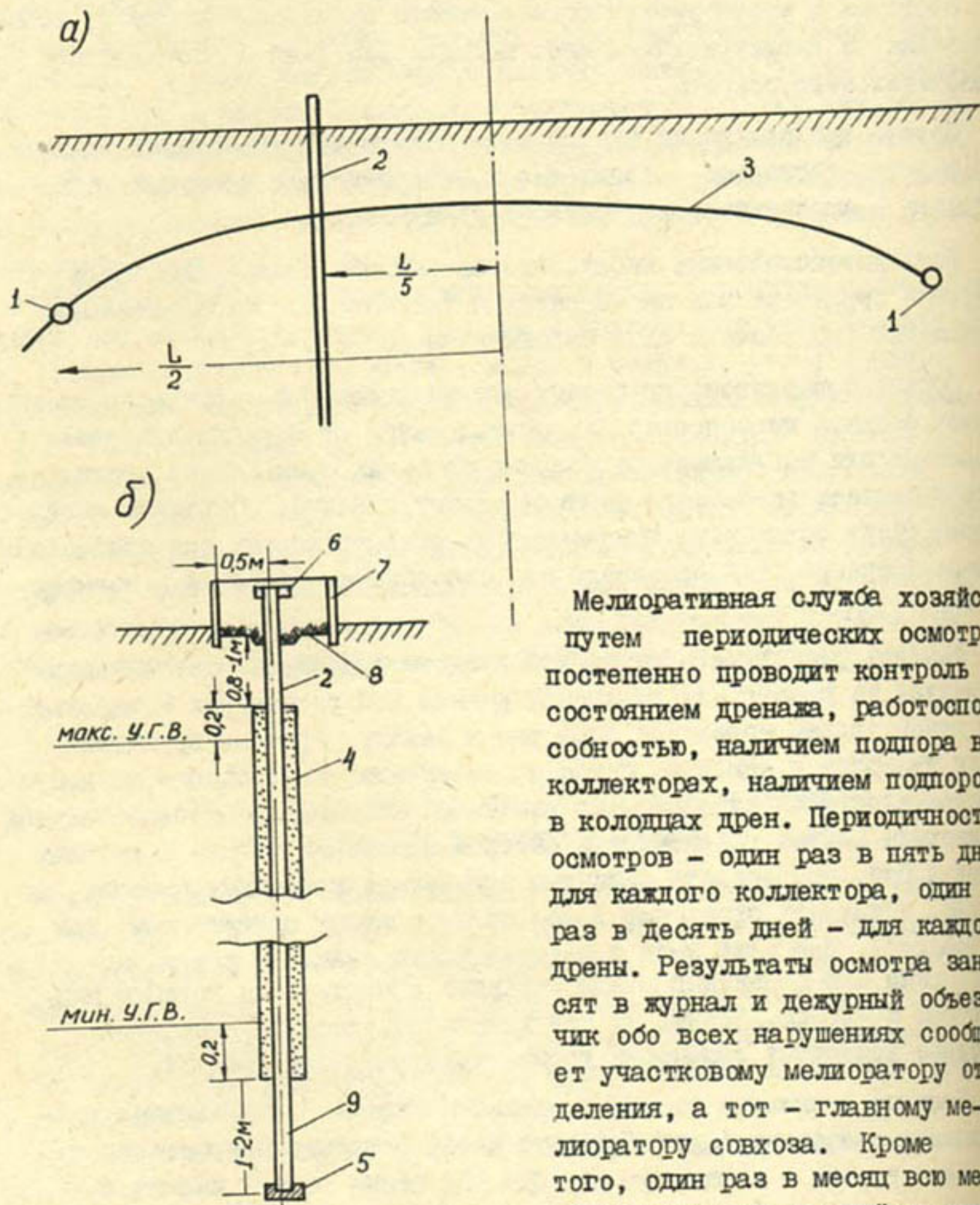


Рис. 7. Наблюдательная скважина горизонтального дренажа: а — размещение; б — конструкция; 1 — дрена; 2 — скважина; 3 — депрессионная кривая; 4 — фильтр; 5 — пробка; 6 — оголовок; 7 — колодец; 8 — замок глиняный; 9 — отстойник

Мелиоративная служба хозяйств путем периодических осмотров постепенно проводит контроль за состоянием дренажа, работоспособностью, наличием подпора в коллекторах, наличием подпоров в колодцах дрен. Периодичность осмотров — один раз в пять дней для каждого коллектора, один раз в десять дней — для каждой дрены. Результаты осмотра заносят в журнал и дежурный объездчик обо всех нарушениях сообщает участковому мелиоратору отделения, а тот — главному мелиоратору совхоза. Кроме того, один раз в месяц всю мелиоративную сеть хозяйств осматривает и контролирует инспектор Управления коллекторно-дренажных сетей (УКДС) района. В конце вегетации (сентябрь-ноябрь) силами УКДС

и мелиораторов совхоза проводится полная инвентаризация коллекторно-дренажной сети хозяйства.

Результаты инвентаризации обрабатываются по единой форме, на основе которой планируются все ремонтные мероприятия на год и до начала вегетации (табл.5).

По границе каждого агроучастка хозяйства и по границе каждого хозяйства на внутрихозяйственных и межхозяйственных коллекторах устанавливаются гидропосты для замера величины и минерализации дренажного стока. По границам агроучастков замеры проводятся силами мелиораторов совхоза, а по границе хозяйств — мелиоративной службой УКДС. Периодичность замеров стока — один раз в десять дней, минерализации — один раз в месяц. По результатам данных указанных замеров, метеоданных, а также данных по водоподаче Управление оросительных систем составляет водный и солевой баланс территории (район, хозяйство и т.д.). Вся информация один раз в квартал рассылается мелиоративной службой района всем заинтересованным организациям с рекомендациями по устранению недостатков и проведению намеченных мелиоративных мероприятий.

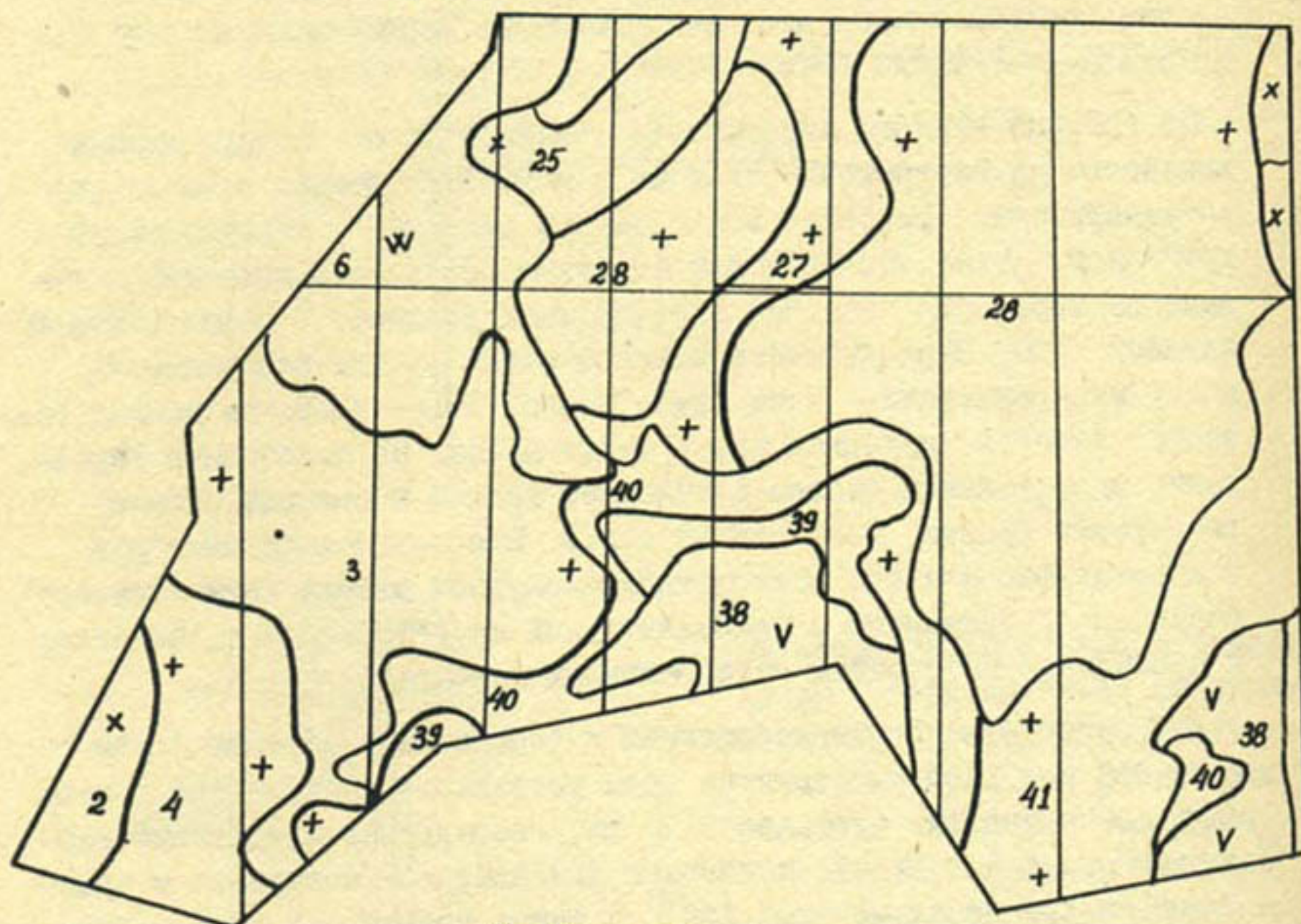
Для водно-балансовых наблюдений и определения эффективности работы той или иной конструкции дрен устраивают специальные водно-балансовые участки площадью 8-25 га, оборудуемые средствами наблюдения за водоподачей, приборами для контроля испарения и транспирации (тепlobалансограф АФИ), а также устраивают сеть наблюдательных и пьезометрических скважин. Наблюдения по площадным скважинам ведутся за уровнем грунтовых вод один раз в пять дней в течение вегетационного периода и один раз в десять дней в не-вегетационный период; за минерализацией — один раз в квартал.

Кроме того, на выбранных по гидрогеологическим параметрам типовых участках устраивают кусты пьезометрических скважин для определения характера водообмена между почвенными и грунтовыми водами, наличия напорного питания грунтовых вод глубоко залегающих водоносных горизонтов.

Систематические наблюдения за грунтовыми водами на массивах орошения осуществляются с помощью групп основных скважин и колодцев, характеризующих общее состояние районов системы.

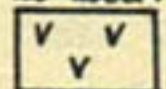
В отличие от простых скважин и колодцев, организуемых для тех же целей в каждом хозяйстве, эти точки мелиоративных наблюдений закладываются только в пределах гидромелиоративных створов.

Выкопировка из карты послойного засоления почв
по „Na“ АПУ-3 совхоза №5 Джизакской степи

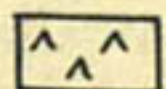


Условные обозначения:

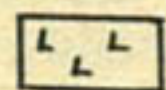
25-125см



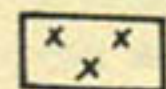
— незасоленные;



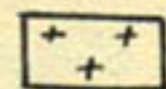
— слабозасоленные;



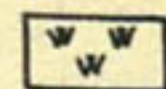
— средnezасоленные;



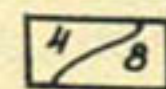
— сильнозасоленные;



— очень сильно засоленные;



— чрезвычайно сильно засоленные;



— границы и номера
почвенных контуров

Рис.8. Схема почвенных солевых съемок

Т а б л и ц а 5

Инвентаризация состояния закрытого горизонтального дренажа
по отделению № 3 совхоза № 5

Дрены	Общая длина, м	Состояние дренажа							Состояние колодцев		Состояние устя		Надренная по- лоса	
		исп- рав- ное	исправ- ное, но не ра- ботает из-за УГВ, м	неисправное, м										
				всего	зайле- но час- тично	зайле- но пол- ностью	раз- руше- но							
5-Ш-Д-14	420	420	-	-	-	-	-	2	-	I	-	Да		
5-Ш-Д-15	415	415	-	-	-	-	-	2	-	I	-	-	-	
5-Ш-Д-16	368	240	-	-	128	128	-	2	-	I	-	-	Да	
5-Ш-Д-17	430	-	430	-	-	-	-	I	I	-	Да	-	-	
5-Ш-Д-64	560	-	-	560	-	320	240	-	2	I	-	-	-	
Итого	11200	7100	2280	1820	900	440	280	221	40	18	3	13	8	

Для такого наблюдения необходимо на основании проведенной мелиоративной оценки всего орошаемого массива установить его особенности, определить требуемое количество створов и заложить их от линии водораздела до русла, связать все скважины нивелирными ходами и организовать наблюдения. Для более точного представления о мелиоративном состоянии и характере режима грунтовых вод наблюдения должны проводиться один раз в 5 суток в вегетационный период и один раз в 10 суток в невегетационный период.

На основе отработанных результатов наблюдений составляют карту глубины залегания или график колебания уровня грунтовых вод. На график следует наносить время начала поливов и фактические размеры поступления воды на участок (естественные осадки, поливы и др.). При анализе графика устанавливается амплитуда колебаний грунтовых вод в течение года, рост или понижение общего уровня по сравнению с уровнем предшествующего года.

Для определения степени минерализации грунтовых вод и изменения запасов солей в почве из этих же скважин до вегетации хлопка и после окончания поливов в I и IV кварталах отбираются и сдаются в лабораторию пробы воды на химический анализ.

Данные химического анализа по плотному остатку и по степени минерализации грунтовых вод наносят на карту, а затем путем интерполяции определяют площади по степени засоления. Гидромелиоративное обслуживание на системах включает наблюдения за фактическим состоянием уровня грунтовых вод и динамикой грунтового потока;

наблюдения за состоянием водосборной и коллекторной сети;

систематическое проведение балансовых подсчетов водно-мелиоративного порядка как для всего орошаемого массива, так и отдельных его районов и хозяйств;

составление планов мероприятий системного характера, направленных на уменьшение отрицательных явлений, выявленных балансовыми подсчетами;

разработку руководящих документов для строительных и эксплуатирующих организаций. Эти документы очень важны для правильного ведения орошения и предупреждения заболачивания и засоления орошаемых земель.

ПОДДЕРЖАНИЕ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ В РАБОЧЕМ СОСТОЯНИИ И УХОД ЗА НЕЙ

Поддержание системы в рабочем состоянии (техническое обслуживание и капитальный ремонт сооружений) и уход за ней обеспечивают долговременность и постоянство работы дренажа. В процессе эксплуатации системы изменяется периодичность отказов от нормального режима работы. Так, наблюдения за эксплуатационными характеристиками закрытого горизонтального дренажа показали, что отказы составляют 2-5% в первые три года его работы (период приработки), затем снижаются до 1,0-1,5% в год в течение 3-10 лет и после 20 лет работы снова постепенно увеличиваются до 2% в год (рис.9). Соответственно интенсивность технического обслуживания дренажа, включая профилактические промывки и другие работы, должна опережать нарастание кривой отказов с тем, чтобы обеспечить нормальную его работу. В периоды, когда проведения профилактических работ недостаточно, необходим капитальный ремонт дренажной системы, например, через 10-12 лет эксплуатации вскрывают и заменяют отдельные участки дренажа, заменяют колодцы и устья. Своевременное проведение капитального ремонта и дальнейшей реконструкции дренажа обеспечат стабильность его работы в течение длительного времени.

Уход за коллекторно-дренажной сетью состоит в ежегодном проведении мероприятий, направленных на обеспечение нормальной работы сооружения. К ним относятся: нарезка оградительных канав, очистка и побелка колодцев, перепашка наддренных полос для избавления от сорняков, обработка колодцев дрен и откосов открытых дрен пестицидами для борьбы с растительностью, возобновление воронок на коллекторах и т.д.

Обычно уход ведется силами хозяйств, техническое обслуживание и ремонт — специализированными организациями. Техническое обслуживание проводится по графикам.

Необходимость производства ремонтных работ, их перечень и объемы устанавливаются специальными комиссиями ежегодно осенью после окончания поливов на основании осмотра сети и сооружений. Объемы необходимых работ по текущему ремонту определяются на основе составленных дефектных ведомостей, а по капитальному ремонту — на основе проектов. По окончании ремонта приемочной комиссией составляется акт приемки /5/.

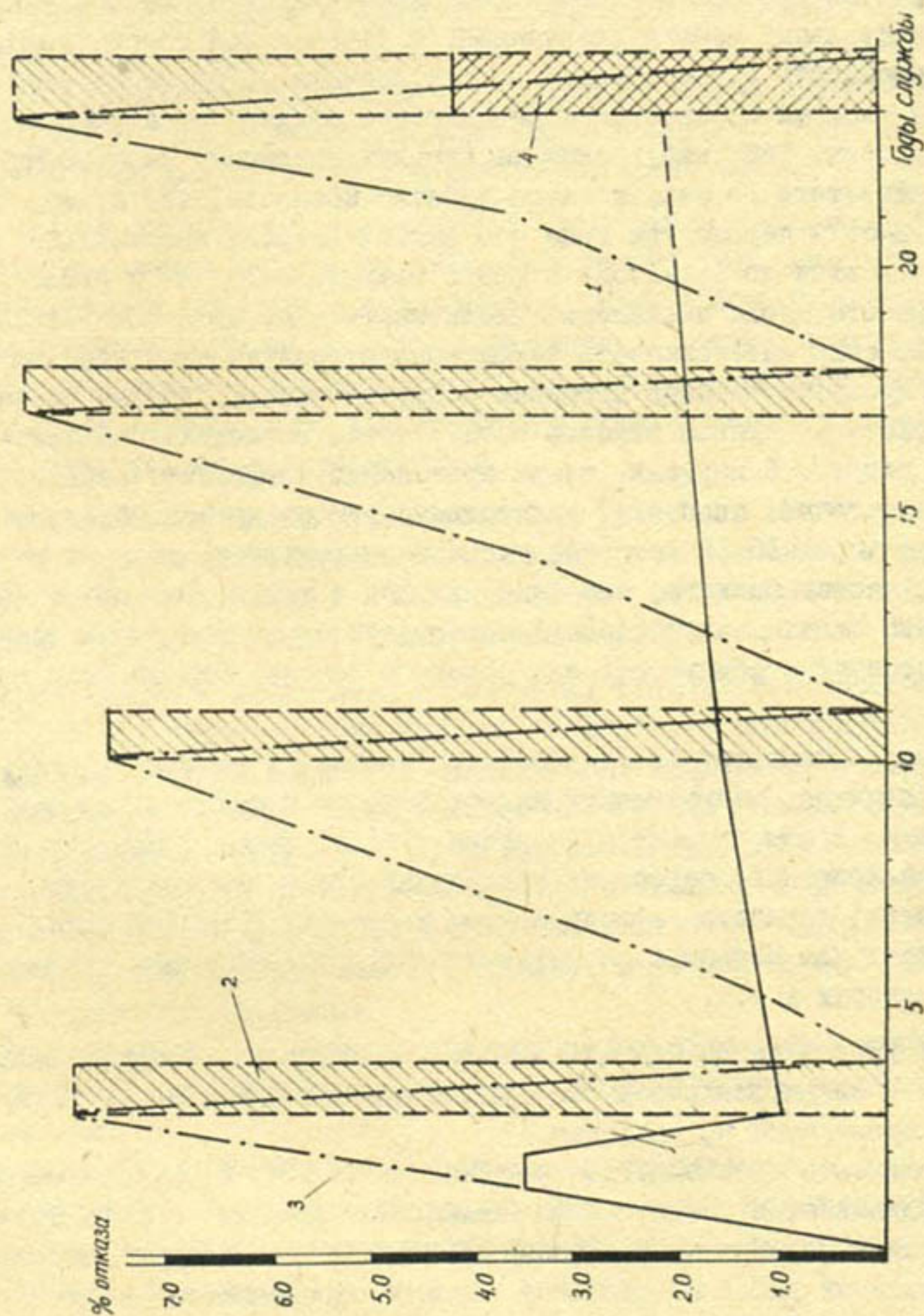


Рис. 9. График нарастания интенсивности отказов закрытого дренажа и проведения работ по поддержанию сети в рабочем состоянии: 1 - линия ежегодных отказов; 2 - техническое обслуживание (промывка); 3 - интегральная линия отказов; 4 - капитальный ремонт дренажа

Открытые дрена

Причины нарушения нормальной работы открытых дрена и коллекторов идентичны, поэтому ниже будет идти речь о неисправностях в работе коллекторов.

Распространенным видом нарушения нормальной работы коллекторов является подпор воды вследствие заиления дна и обрушения берегов. Заиление за счет наносов, выпадающих из дренажной воды, исключается, так как в условиях однородных грунтов при правильно запроектированных дренах не будет происходить размыва устьев, а сама дренажная вода не имеет большого количества наносов (то небольшое количество ила, которое выносится в процессе стабилизации работы дренажа, приблизительно равное $0,9 \text{ м}^3/\text{га}$, не следует принимать во внимание, так как процесс выноса происходит в течение длительного времени — не менее месяца, что практически не отражается на мутности дренажного стока). Заиление дна на одних участках и разрушение откосов на других вызвано следующими причинами:

неоднородность грунтов по разрезу коллектора и по его длине, в результате чего на определенных участках под влиянием гидродинамических сил фильтрации происходит вымывание частиц из отдельных слоев и их оплывание в виде языков пульпы; подмыв откосов приводит к их ускоренному обрушению и усилению заиления;

неоднородность грунтов и наличие переломов в уклонах, которые способствуют возникновению размывающих или заиляющих скоростей на отдельных участках, в результате чего процессы размыва и заиления периодически меняются:

сброс оросительных вод в коллектор из-за отсутствия контроля при поливе;

образование промоин в дренах в начале эксплуатации.

Если не происходит сброса оросительных вод в коллектор и образования промоин в дренах, открытые коллекторы и дрена все равно интенсивно разрушаются и заиляются вследствие неоднородности водно-физических свойств почвогрунтов, слагающих выемки.

Анализ многочисленных данных эксплуатации для открытых коллекторов (табл. 6) показывает, что только в средних и тяжелых суглинках, глинах и гравийно-мелкоземистых отложениях открытые коллекторы могут работать более или менее надежно. Но даже для этих грунтов и при соблюдении сроков очистки коллекторов колебания уровня вод от очистки до очистки составляют не менее 40–50 см. Поэтому при закладке устья превышение над расчетным уровнем воды должно составлять 60–80 см.

Удельные показатели устойчивости работы открытых коллекторов
в условиях орошения

Грунт	Изменение отметок дна в течение года, м	Заложение откосов и коллекторов	Объем ежегодного заиливания, м ³ /м	Периодичность очистки	Продолжительность периода надежной работы
Пески (оплывающие и пылеватые)	0,6-1,0	1:2,5-3,0	1,5-3,6	Ежегодно	3-4 месяца
Супеси легкие	0,3-0,6	1:2-2,5	0,5-1,5	1 раз за 1-2 года	0,5 лет - 1 год
Суглинки средние	0,2-0,35	1:1,5-2,0	0,25-0,55	1 раз в 3 года	2 года
Суглинки тяжелые	0-0,20	1:1,0-1,5	0,15-0,25	1 раз за 4-5 лет	3-4 года
Глины	0-0,10	1:0,75-1,0	0,12	1 раз за 5-7 лет	4-6 лет

Для открытых дренажей интенсивность заиления не установлена, но следует предполагать, что она будет в два раза больше, чем в открытых коллекторах.

Характерны данные по эксплуатации открытого дренажа, полученные в Узбекистане. Сейчас в республике протяженность эксплуатируемых открытых дренажей и коллекторов составляет 60 тыс. км, в том числе межхозяйственных коллекторов — 16 тыс. км. Общий объем очистки превышает 100 млн. м³ в год, что в среднем составляет 1,2 м³ на 1 м. В то же время, по данным Главного управления мелиорации Минводхоза УзССР, более 32% дренажей находятся в неудовлетворительном состоянии.

В результате обследований технического состояния внутрихозяйственной коллекторно-дренажной сети, проведенных в 1975–1976 гг. Каракалпакским отделом САНИИРИ (Е. Курбанбаев) на Кызкентской системе, установлено, что только 56% внутрихозяйственной сети находится в рабочем состоянии, хотя средняя периодичность очистки составляет здесь один раз в 3–5 лет.

Заращение растительностью происходит при минерализации воды в коллекторах менее 8–10 г/л, при большей минерализации не могут расти даже тростник и камыш. По мере опреснения грунтовых вод заращение коллекторов увеличивается, однако при скоростях воды больше 0,5 м/с растительность развивается слабо. Заращение открытых коллекторов снижает скорость воды в них в 2–3 раза, усиливает интенсивность заиления и снижает интенсивность работы коллекторов.

Из-за отсутствия специальных машин очистка дренажей и коллекторов от растительности и одновременно от заиления производится одноковшовыми экскаваторами. В основном для этих целей используются экскаваторы Э-304В и Э-652Б с рабочим оборудованием драглайн. Однако при использовании их на очистке открытых дренажей и коллекторов нарушаются откосы каналов выше уровня воды, что влечет за собой разрушение откосов и необходимость выполнения запланированных работ.

На больших межхозяйственных и магистральных коллекторах могут успешно (со степенью механизации до 95%) работать бульдозеры, скреперы и земснаряды. Земснаряды целесообразно использовать при отсутствии грубой травянистой и тростниковой растительности. Для этих целей отечественной промышленностью выпускаются земснаряды УПМ-2, МЗ-8 и ЗРС-Г производительностью по грунту соответственно 50, 120 и 180 м³/ч (рис. 10).

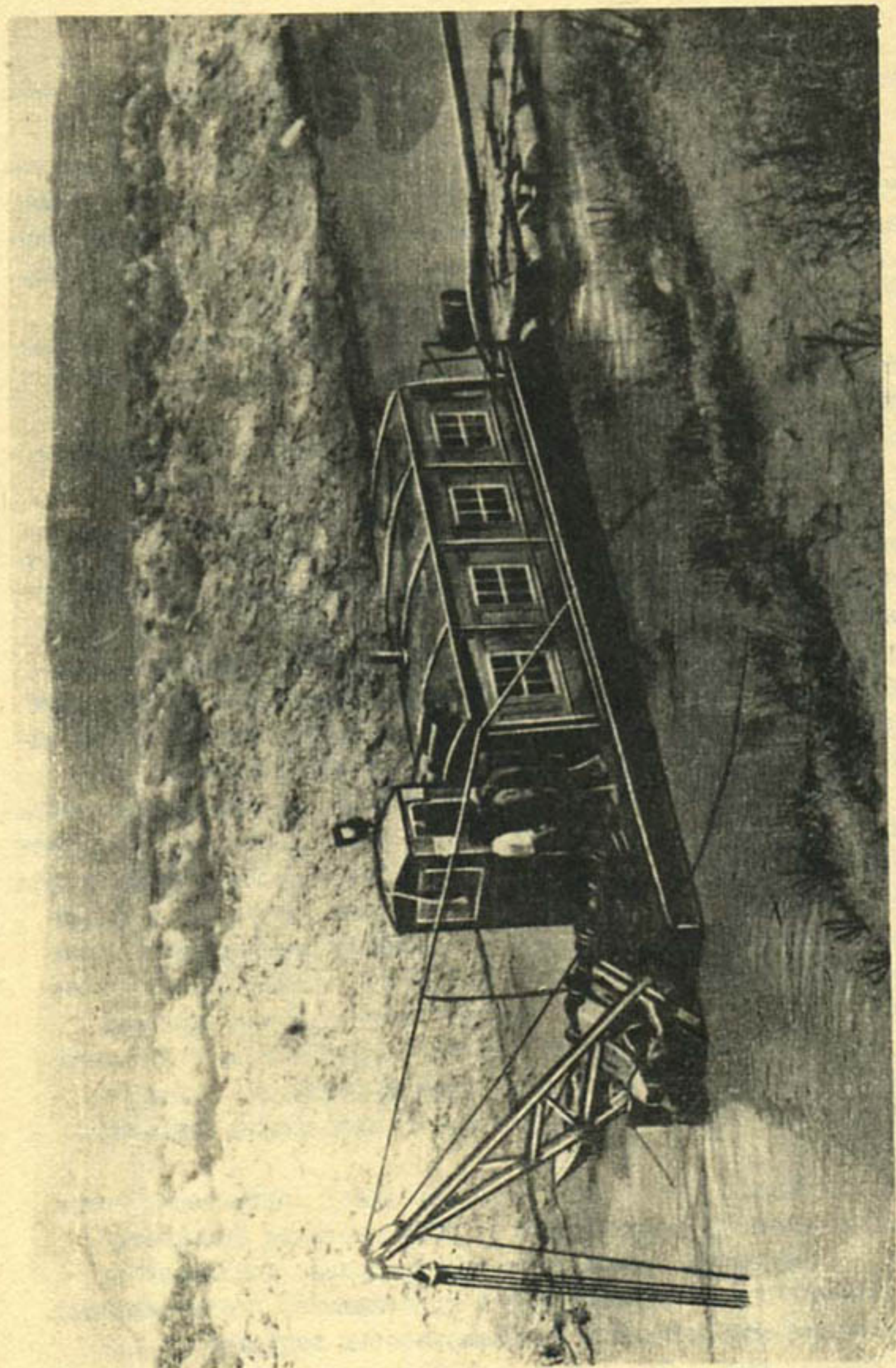


Рис. 10. Земонаряд типа 8ШЗУ на очистке магистрального коллектора

Одноковшовые экскаваторы-драглайны Э-652Б и Э-304В, оборудованные дополнительной боковой стрелой, дают хорошие результаты при очистке коллекторов и дрен глубиной до 4,5 м.

Расположенная горизонтально боковая стрела шарнирно крепится к поворотной платформе экскаватора. Она находится под углом 90° по отношению к основной стреле драглайна и удерживается в этом положении с помощью оттяжек. Длина боковой стрелы 5-8 м. Подъемный канат проходит через качающийся головной блок основной стрелы, тяговый канат - внутри или вдоль боковой стрелы, на конце которой находится направляющий блок (рис. II).

Оборудование экскаватора-драглайна боковой стрелой позволяет выносить ковш в сторону от продольной оси экскаватора. Очистка производится движением ковша по оси канала. На рис. I2 приведена схема работы экскаватора, оборудованного боковой стрелой. Наименьшая ширина очищаемой полосы по дну канала 0,6 м, наибольшая - 1,0 м, она может быть достигнута за счет создания некоторого перекоса ковша по отношению к оси канала на некоторый угол β .

В результате исследований, направленных на выявление качества работы экскаватора Э-304В с боковой стрелой, выполненных отделом механизации САНИИРИ, в производственных условиях на очистке коллекторно-дренажной сети оросительных систем Ташкентской и Сырдарьинской областей, было установлено, что:

экскаватор может осуществлять очистку только дна канала;

при очистке дна канала экскаватор должен двигаться снизу вверх против течения;

для прохода машины необходимо иметь спланированную правую бровку, свободную от древесных насаждений;

длительность рабочего цикла экскаватора-драглайна с боковой стрелой увеличивается в 1,75-1,8 раза по сравнению с обычной схемой;

использование боковой стрелы способствует увеличению выработки машины до 60 м/ч;

несмотря на хорошее качество очистки, при работе экскаватора возможно некоторое разрушение откосов.

Многочисленные разработки, выполненные САНИИРИ по механическому удалению водорослей и ГрузНИИГМом по их сжиганию, оказались неэффективными для таких растений, как камыш, водоросли, актинии. Хорошие результаты на коллекторах новой зоны Голодной степи и в Туркмении получены по биологическому уничтожению

водорослей рыбами-мелиорантами (белый амур и толстолобик) при слое воды более 35–40 см. Этот способ может быть рекомендован для крупных межхозяйственных коллекторов. Для более мелких коллекторов и открытых дренах надо искать другие решения.

Для укрепления откосов и предотвращения их оплывания важно, чтобы растительность на открытых коллекторах была выше максимально-го уровня грунтовых вод. С этой целью должна быть разработана такая технология очистки, при которой растительность уничтожается только ниже уровня воды в коллекторе.

Закупорка труб (в местах переездов, переходов и других подобных сооружений) на коллекторах и открытых дренах связана с процессом заиления. При неправильной методике проектирования, применявшейся в 1950–1960 гг., когда трубы на коллекторах из-за необходимости гашения энергии укладывались ниже уровня расчетного горизонта воды на коллекторе, заиление труб, а следовательно, и вероятность их закупорки увеличивались.

Трубы следует укладывать на одной и той же отметке с проектным дном коллектора в связи с колебаниями отметок дна в коллекторе, тогда в перерыве между очистками коллектор будет работать нормально, а размыв нижнего бьефа труб в коллекторе происходить не будет из-за малых расходов воды в них.

Очистка труб – довольно трудоемкий процесс. Чтобы избежать больших затрат труда, ее можно выполнять промывочной машиной ПДТ-125 аналогично очистке закрытых коллекторов. Там, где разница между допустимыми и нормальными уровнями в коллекторе составляет менее 30 см, а также в плывунных, легких и оплывающих грунтах, необходимо строить не трубы, а мосты на сваях.

Служба эксплуатации должна категорически препятствовать созданию глухих перемычек на коллекторах, так как они не только прекращают водоотток с дренируемой территории, но и при последующих сбросах воды (ликвидации перемычек) вызывают рост градиентов напора, увеличение объема заиления и обрушения в коллекторах. Недоборы грунта по откосам и по дну при очистке коллекторов и дренах также недопустимы.

Повреждения, которые могут возникнуть в водоприемнике, например, при сбросе дренажной воды в реку и временном подпоре со стороны реки в коллекторно-дренажную систему, необходимо срочно устранять, так как из-за них может выйти из строя вся система.

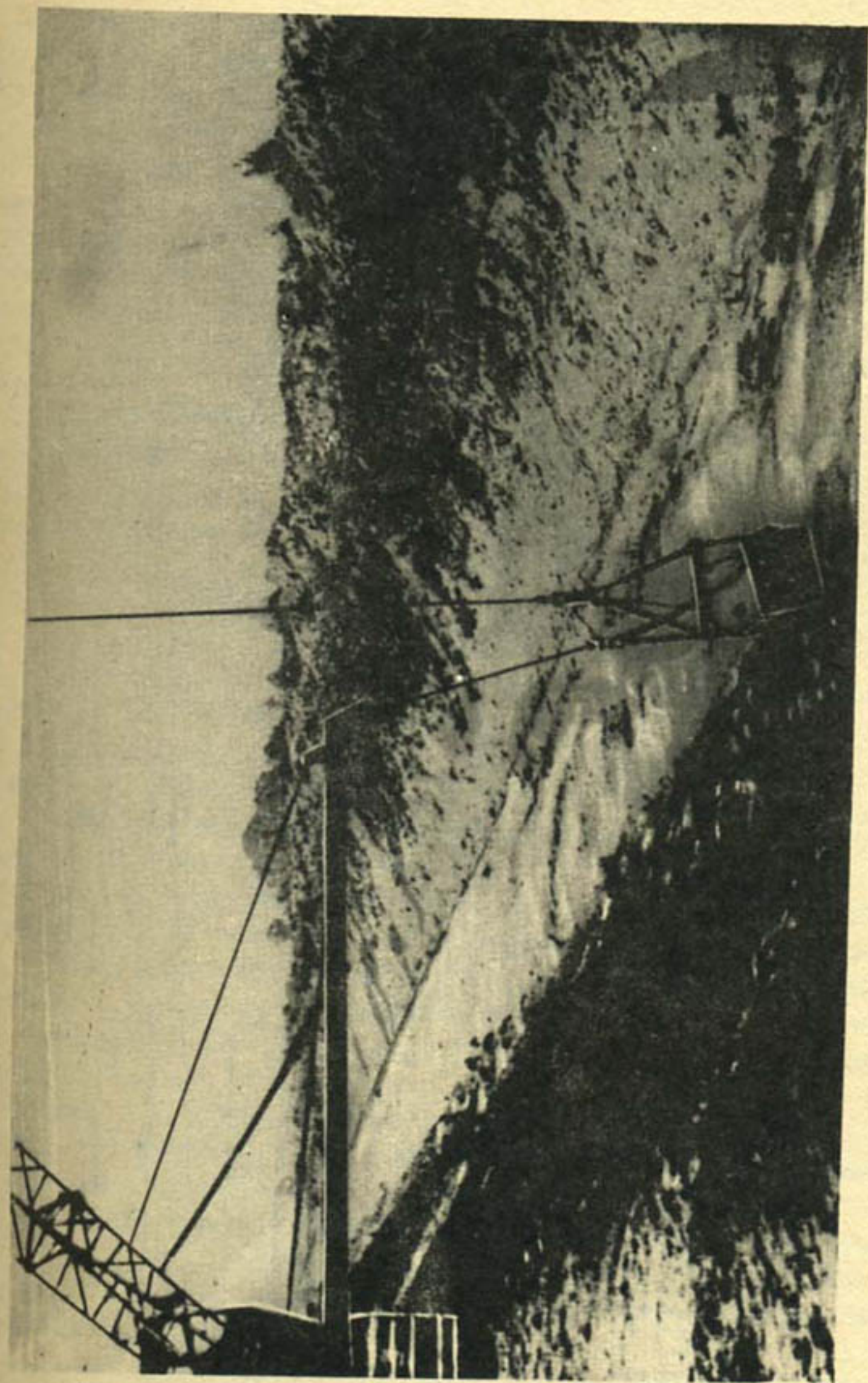


Рис. II. Экскаватор-драглайн Э-304В, оборудованный боковой стрелой, на очистке открытой сети

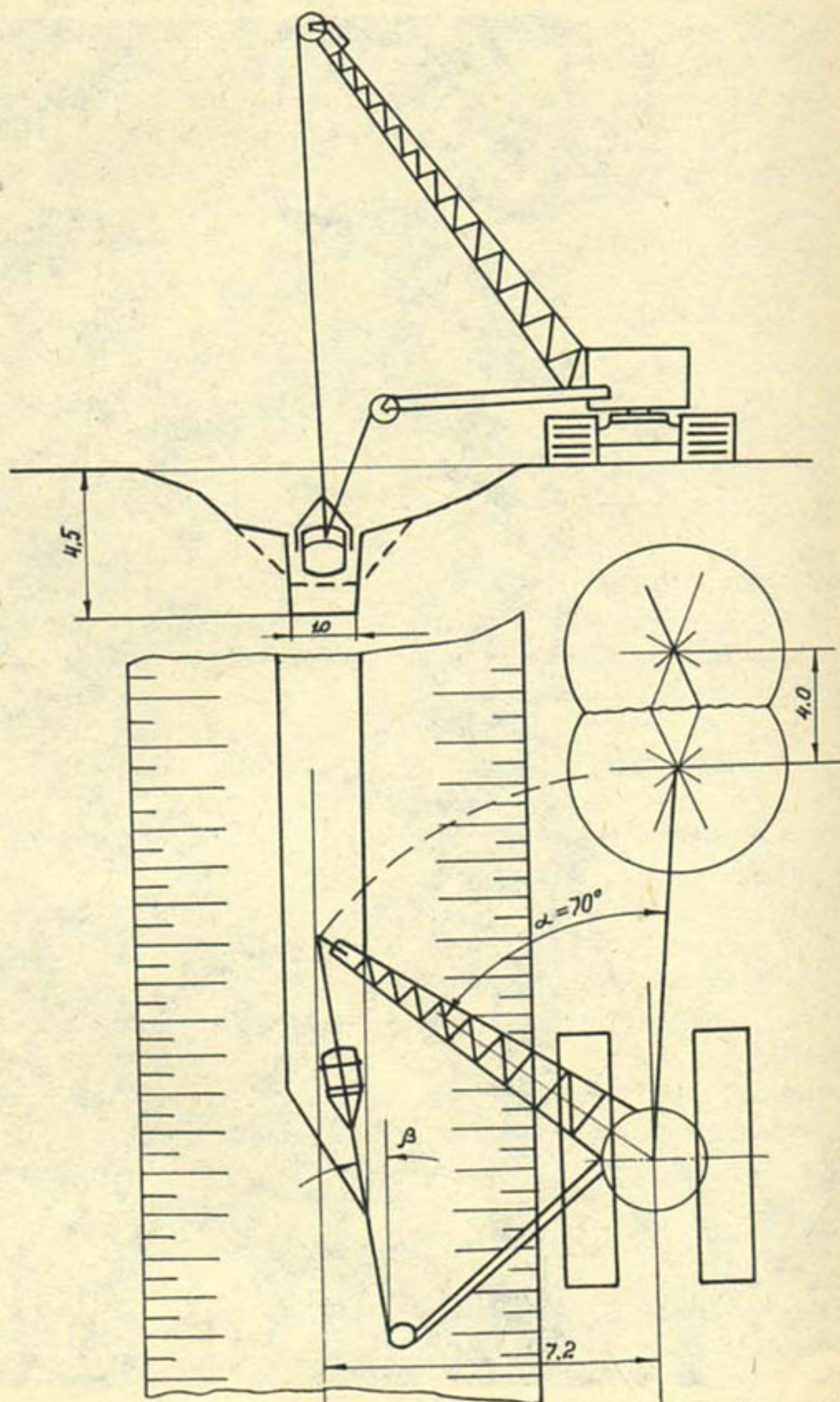


Рис.12. Схема работы экскаватора, оборудованного боковой стрелой

Из приведенных выше данных наблюдений при допустимом отклонении 10–15 см от нормы осушения видно, что средняя надежная работоспособность открытых дренах колеблется от 14% в Каракалпакии до 58% в Голодной степи даже при соблюдении сроков очистки.

В Узбекистане стоимость всех работ и мероприятий по эксплуатации внутрихозяйственной сети открытого дренажа в течение года составляет более 12 руб./га, а так как ежегодно выполняется немногим более 50% необходимого объема очистки, то общая стоимость очистки и содержания сети составила 16–24 руб., в Туркмении затраты составили 14–15 руб./га при фактическом удельном объеме очистки всего 2 м³.

Обследования, проведенные в Узбекской ССР, показали, что себестоимость разработки 1 м³ отложений при очистке открытой коллекторно-дренажной сети составляет 0,15–0,35 руб/м³, что выше, чем при ее строительстве.

Поддержание системы закрытого дренажа в рабочем состоянии

В процессе эксплуатации закрытые горизонтальные дренаи подвергаются различного рода повреждениям. Так, в результате исследования работы дренах, расположенных на территории Туркменской ССР, выявлены следующие повреждения: подпоры устьев дренах водой из водоприемников; зарастание и закупорка концов дренажных труб; смещение дренажных труб в стыках или их поломка; кольматация дренажного фильтра частицами грунта. Наиболее часто происходит заиление дренажа частицами грунта. В мелкозернистых и оплывающих грунтах мелкие фракции вместе с водой поступают в полость дренах через водоприемные отверстия или стыковые зазоры. В меньшей степени эти повреждения встречаются в связных суглинистых и глинистых грунтах.

Установлены три причины часто встречающегося заиления внутренней полости дренажных труб: строительные дефекты, неправильная эксплуатация, естественные причины.

К строительным дефектам относятся: низкое качество фильтров для обсыпки труб, большие зазоры в стыках труб, недостаточное уплотнение обратной засыпки дренах, низкое качество заделки стыков колец смотровых колодцев.

Неправильная эксплуатация проявляется в напуске оросительной воды на наддренную полосу, где грунт обратной засыпки

еще недостаточно стабилизировался и уплотнился, сбросе воды в устьевой части и ее размыве, несвоевременной очистке водоприемников и смотровых колодцев, отсутствии квалифицированного контроля за состоянием дрен.

К повреждениям, связанным с естественными причинами, относится заиливание внутренней полости дрен частицами грунта, поступающими вместе с грунтовой водой.

После пяти и более лет эксплуатации внутренняя полость труб зарастает водной растительностью. Этому виду деформации подвержены дрены из полиэтиленовых, асбестоцементных и керамических труб в количестве 6–7% общей длины дефектных дрен. Смещение дренажных труб в стыках или их поломка наблюдаются на тех участках, где строительство велось с нарушением технологического процесса. Такого вида повреждения составляют 10–12% всех дефектов, встречающихся в дренах.

Заиливание дренажных труб может происходить из-за того, что при проектировании не предусмотрены мероприятия по защите дрен. Дренажные системы с плохой защитой дренажных труб фильтрующим материалом в мелкозернистых и оплывающих грунтах выходят из строя уже в первые годы эксплуатации. Уход за таким дренажем и его ремонт требуют больших средств.

Заиливание дренажных труб происходит и в результате несвоевременной и нерегулярной их очистки от наносов из истоковых и смотровых колодцев. Осаждение наносов и заиливание наблюдаются также в местах перелома продольного уклона дрен при уменьшении скорости течения воды.

Эксплуатация закрытого дренажа из керамических или пластмассовых труб предусматривает выполнение комплекса профилактических мероприятий, с помощью которых создаются условия для его надежной работы в течение всего срока службы. К таким мероприятиям относятся:

- устранение механических повреждений смотровых колодцев и устьевых сооружений закрытых дрен;

- планировка наддренных полос, вызываемая осадкой грунта обратной засыпки в начальный период эксплуатации;

- ликвидация промоин и сводообразований в обратной засыпке;

- периодическая промывка дренажных труб от заиливания;

- удаление из полости дрен корней растений и железистых соединений;

- замена разрушенных участков дрены.

Мелиоративная эффективность закрытого дренажа зависит от качества и своевременности выполнения эксплуатационных мероприятий. Наблюдения показывают, что в процессе работы дренажа можно выделить два периода: период приработки (начальная эксплуатация, иногда его называют периодом стабилизации) и период нормальной эксплуатации. В период приработки выявляются все нарушения и дефекты дренажа: усадка и осадка грунта, труб, стабилизация фильтра. Именно в этот период чаще всего происходит образование провалов, воронок над дренажной, вымыв устьев и т.д. В этот период интенсивность отказов дренажа (рис.9) в несколько раз выше, чем при нормальной эксплуатации. В начальный период, когда происходит консолидация грунта в дренажных траншеях, следует избегать перегрузок наддренной полосы поверхностными водами. Для этого наддренные полосы шириной 5-10 м обваловывают, либо ограждают сбросными каналами глубиной 0,5 м. В дальнейшем, после года эксплуатации полумеханического дренажа и двух-трех лет эксплуатации траншейного дренажа при нормальном режиме эксплуатации наддренную полосу можно использовать в сельскохозяйственных целях.

В процессе эксплуатации проводят ремонтные и профилактические работы. Ремонтные работы выполняют по мере необходимости, причем особое внимание им следует уделять в период вегетации растений. Наиболее опасным повреждением дренажа является образование промоин в грунте непосредственно над дренажной. Следствием этого может быть местная закупорка дренажных труб. При ликвидации повреждений необходимо очистить дренажные трубы и срочно засыпать и уплотнить грунт в размытой части.

Несмотря на то, что при строительстве дренажа предусматриваются меры по защите труб от попадания в них частиц грунта с помощью фильтра, дренажи все равно постепенно заиливаются, выходят из строя в результате других повреждений. Для восстановления нормальной работы дренажа следует периодически ремонтировать, что возможно только в том случае, если известны место и степень закупорки труб или повреждений.

Заиливание дренажей может быть химическим, биохимическим (отложения, выпадающие из раствора дренажных вод), механическим (отложения состоят из твердых частиц, попадающих в дренаж в результате суффозии грунта) и смешанным. О состоянии и работе дренажных систем судят по результатам внешнего осмотра устьев и других сооружений, по величине стока через устья и колодцы, местным выклиниванием вод, состоянию растительности, появлению промоин и т.п.

При появлении признаков частичного заиления целесообразно, не дожидаясь полной закупорки дрен, провести профилактическую очистку дренажа, причем достаточно при нормально работающем дренаже ежегодно очищать 5–8% всей длины дрен, чтобы не допустить их выхода из строя.

Способ очистки дренажа без вскрытия дренажных линий, получивший в последние годы широкое распространение, может быть химическим, гидравлическим, механическим и гидромеханическим.

Химическая очистка дрен применяется для борьбы с отложениями водно-растворимых соединений, обычно объединяемых под названием охры. Суть этого способа заключается во введении в дренаж реагентов, преобразующих соединения железа и других элементов в растворимую форму и выводе их вместе с дренажными водами.

Гидравлическая промывка дрен производится в основном двумя способами.

Первый способ заключается в том, что в исток дрены из канала или от передвижной насосной станции подается под небольшим напором (0,05–0,1 МПа) вода, которая размывает наносы и выносит их в устье. Однако данный способ малоэффективен и применяется сравнительно редко, так как требует большого расхода воды и длительного времени для осуществления промывки. Кроме того, его нельзя применять при полной закупорке дрены, так как вода, подаваемая в дренаж с незначительным напором, не в состоянии размыть образовавшиеся в ней отложения.

Второй способ заключается в механизированной промывке заиленных дрен. В этом случае вода, подаваемая по специально введенному шлангу под большим напором (1,8–2,0 МПа), размывает имеющиеся в ней отложения и транспортирует их к месту откачки (шурф, колодец) или в открытый коллектор.

Гидравлическая очистка труб с введением в них напорного шланга дает более надежные результаты и поэтому применяется чаще.

В результате выполненных в этой области исследований установлено, что очистка закрытых дрен в зоне орошения гидравлическим способом с применением реактивных головок и с последующей промывкой внутренней полости дрен потоком напорной воды происходит при оптимальной скорости движения реактивной головки 1,2 м/мин.

При **механической** очистке в дренажный трубопровод вводятся вращающиеся быстросоединяемые гибкие стержни, головная секция которых оснащается специальными инструментами:

спиральным рыхлителем, буравом, ершом и т.п. Разрыхленные наносы выносятся наружу потоком воды. Привод стержней осуществляется от специального вращательного механизма. Механический способ очистки дрен от заиления достаточно эффективен и находит применение как в зоне осушения, так и в зоне орошения. Особенно распространен этот способ за рубежом.

Устройство для гидромеханического рыхления и удаления наносов пока широкого распространения не получило. Однако очистительные устройства с активной или реактивной тягой шланга и выносом наносов из дрены с потоком воды представляют определенный интерес.

Анализ литературных источников и данных практических наблюдений позволил установить, что наиболее эффективный способ очистки закрытого трубчатого дренажа от заиления — гидравлическая промывка напорным потоком воды, позволяющая не только размывать наносные отложения, но и транспортировать их к месту извлечения. На основе этого принципа была создана дренопромывочная машина Д-910, предназначенная для работы в зоне осушения, а несколько позднее в ГСКБ по ирригации Главсредазирсовхозстроя были разработаны промывщики дренажных труб в зоне орошения ПДТ-15 и ПДТ-125.

Промывщик дренажных труб ПДТ-125 (рис.13) предназначен для промывки всех видов дренажных труб в горизонтальных закрытых дренах от наносов грунта, поступающих в трубы в процессе эксплуатации дрены. Одновременно с промывкой труб водой производится откачка образовавшейся пульпы. Промывщик ПДТ-125 промывает трубы, частично или полностью заполненные грунтом, при этом в трубах допускается наличие корней растительности и других включений, не препятствующих прохождению рабочего органа.

Комплект механизмов ПДТ-125 состоит из:

насосной станции с насосом С-245, навешанной на трактор ДТ-75;

насосной станции с насосом ЗМС-10х34х184, навешанной на трактор ДТ-75;

тележки с барабаном;

двухосного прицепа с цистерной для воды.

Технологический процесс промывки дренажа включает три последовательных этапа: подготовительные работы, промывка дренажа, заключительный этап.

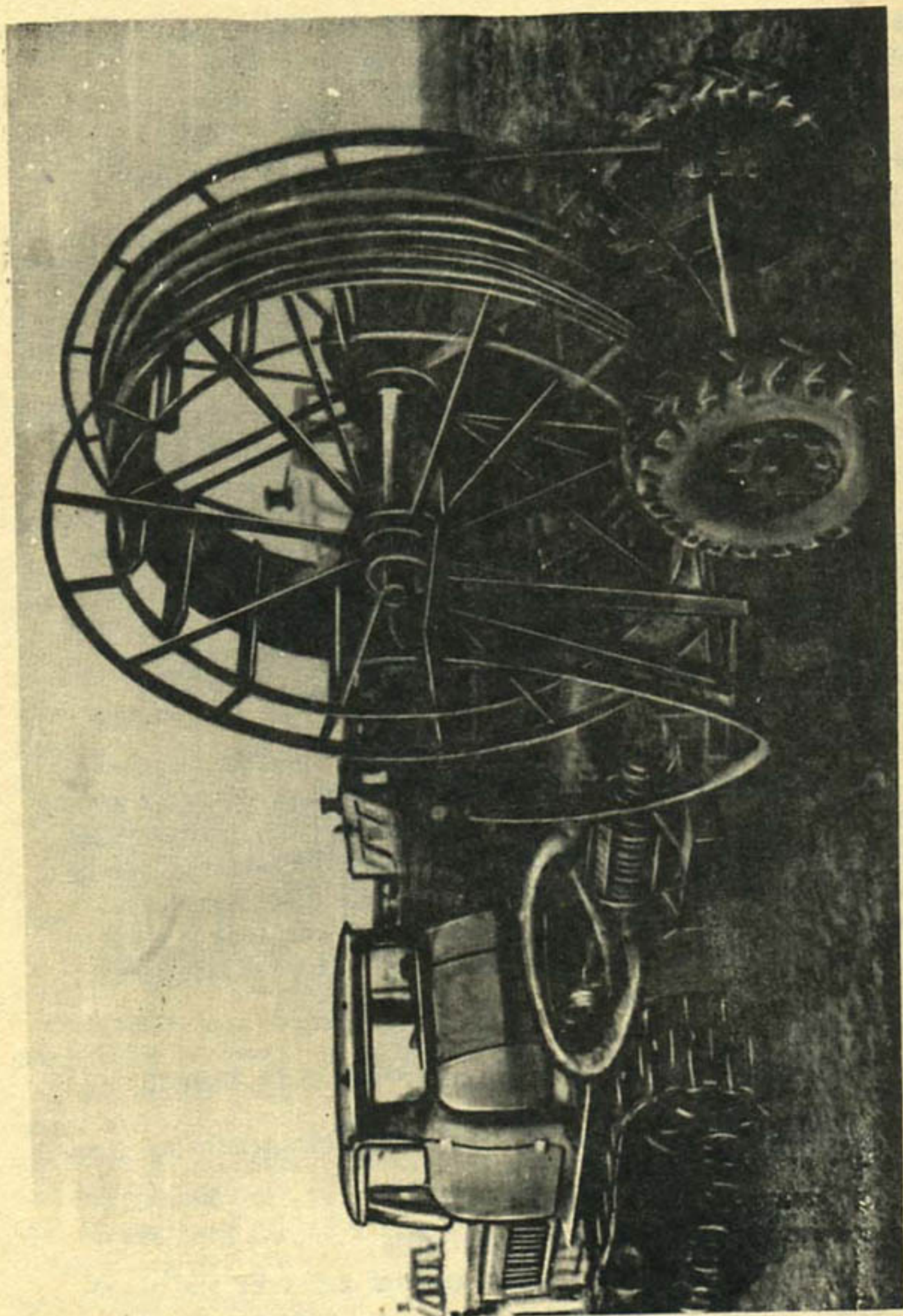


Рис. 13. Промышленный трубопровод ПДТ-125

Подготовительные работы включают очистку колодцев, рытье шурфов одноковшовым экскаватором с доработкой их вручную, подготовку подъездных путей к шурфу и мест стоянок дренапромывочной машины, транспортирование дренапромывочной машины к месту работы и установку ее в рабочее положение.

Промывка дренажа состоит из следующих операций;
периодическое подключение емкостей к насосу;
подача шланга в дрена;
извлечение шланга из дрены;
откачка пульпы из шурфа;
доставка емкости с водой к насосу.

На заключительном этапе осуществляются перевод промывочной машины в транспортное положение, восстановление дренажной линии в шурфах, засыпка шурфов, ремонт колодцев и устьевых сооружений, самотечный пропуск воды по промытой дрене.

Промывка дрен производится из заранее подготовленных шурфов, при этом расстояние между шурфами или шурфом и смотровым колодцем не должно превышать 125 м. Из одного шурфа (колодца) промывка ведется в двух направлениях. В шурфе из дрены вынимают трубы на протяжении не менее 2 м, а оставшиеся трубки на протяжении 1 м вручную очищают от наносов. Около шурфа (колодца) готовят площадки для установки механизмов. Трактор с насосной станцией ЗМС-10 и тележкой устанавливают по оси дрены со стороны, противоположной направлению промывки (рис. 14).

По данным наблюдений, затраты времени на выполнение отдельных этапов технологического процесса при восстановлении работоспособности полностью заиленных дрен составляют, %:

Подготовительные работы	16
Промывка дренажа	54
В том числе:	
подключение емкостей	9
работа в забое	18
ожидание подвоза воды	27
заключительный этап	30

Производительность комплекта составила около 170 м/смену. Общая стоимость промывки 1 м дрены колеблется от 1,2 до 1,3 руб/м. Стоимость отдельных операций распределяется пропорционально затратам труда.

Цистерна на прицепе
2 ПТС-4-793

Тележка с барабаном

Насосная станция
с насосом ЗМС-10-34-184

Насосная
станция с насосом С-245

Рис. 14. Схема работы ПДТ-125 при промывке из одного шурфа

Основные технические данные промывщика ПДТ-125

Тип установки	Самоходная, на двух тракторах ДТ-75 и двух прицепах
Диаметр промываемых труб, мм	100-250
Установленная мощность, кВт	110
Степень заилиenia труб грунтом, %	До 100
Максимальная длина промывки с одной установки, м	125
Эксплуатационная производительность, м/ч	35
Габариты в транспортном положении, м:	
длина трактора с емкостью на прицепе	9,9
длина трактора с тележкой	7,7
ширина	2,0
высота	2,85
Масса комплекта механизмов (с тракторами), т	16,48
Численность обслуживающего персонала, чел.	4

Промывочная насадка машины ПДТ-125 имеет одно фронтальное и от трех до шести реактивных сопел. Основная работа (вымывание наносов) выполняется реактивными соплами. Фронтальное сопло смачивает наносы и создает дополнительный расход воды для вымывания наносов при оттягивании шланга назад. Режим подачи воды зависит от условий промывки. Для полностью заиленных дренажных труб вода подается под давлением до 2,0 МПа, а при частично заиленных трубах и при оттягивании шланга назад при промывке полностью заиленных дрен - под давлением 1,0-1,5 МПа. Скорость оттягивания шланга не должна превышать скорости течения воды в трубах.

Тележка с барабаном предназначена для транспортировки шланга, намотанного на барабан, и для удобства подачи его в дренаж. На конце шланга расположена реактивная головка в виде металлической насадки с пятью выходными и одним входным отверстиями. Масса тележки с барабаном 0,95 т.

Насосная станция с насосом ЗМС-10х34х184 предназначена для подачи воды в реактивную головку и состоит из трактора ДТ-75, мультипликатора, предназначенного для увеличения числа оборотов ведущего насоса, рамы, насоса, напорной линии.

Характеристика насосной станции ЗМС-10

Потребляемая мощность, кВт	28
Производительность, м ³ /ч	34
Напор, МПа	1,84
Высота всасывания, м	5,0
Масса, т	0,63

Насосная станция с насосом С-245 предназначена для откачки пульпы, образовавшейся в процессе промывки, и состоит из трактора ДТ-75, рамы, коробки включения вала отбора мощности, насоса С-245, всасывающего и напорного шлангов.

Характеристика насосной станции С-245

Потребляемая мощность, кВт	9,5
Производительность, м ³ /ч	48-100
Напор, МПа	0,17-0,19
Высота всасывания, м	4-5
Масса, т	0-50

Вместимость цистерны, предназначенной для подвоза воды, 4,2 м³. Время слива из нее воды насосом ЗМС-10 составляет 7,5 мин. Масса сухой цистерны 2,0 т.

Перед началом промывочных работ откапываются устья дренажной системы, за счет чего создается свободный сброс промывочной воды в канал.

Промывочный шланг рекомендуется подавать в трубы посредством периодического опускания и оттягивания, что способствует продвижению промывочной насадки и шланга вперед. Шланг рекомендуется подавать в дренах навстречу раструбу, так как при осадке труб и раскрытии раструба нередко головка удаляется от дренажной линии, особенно при неправильной укладке керамических труб (без уплотнения). Если насадка встречает в трубах препятствия, перемещение шланга вперед прекращается. В этом случае следует постепенно повышать давление воды до максимального для преодоления препятствия. Если преодолеть препятствие не удастся, следует определить местонахождение промывочной насадки и отрыть шурф.

Для вскрытия мест повреждения дрен и дополнительных мест для промывки откапывают шурфы глубиной, равной глубине залегания дрен.

Если шурф используется как исходная позиция для дальнейшей промывки, в нем на 0,3–0,4 м глубже уровня дрены рекомендуется устраивать отстойник для осаждения крупных частиц наносов.

После промывки дренажных трубопроводов в промывочных шурфах грунт под дренами уплотняется при помощи присыпки гравия, дренажные трубы укладывают на месте и стыки труб защищают фильтрующим материалом по всему периметру. Для засыпки шурфов применяются бульдозеры.

При промывке дрен большого диаметра (200–400 мм) может не создаваться достаточная скорость потока воды, обеспечивающая вынос частиц наносов из трубопроводов. Нужное качество промывки в этих условиях достигается за счет многократного воздействия напорного потока.

ГСКБ по ирригации для промывки коллекторов и дрен большого диаметра сконструировало специальную двухступенчатую головку с большим напором и включило в комплект механизмов для промывки емкость ПМ-10.

При промывке дренажа дренопромывочной машиной длина промываемого участка дрены составляет в среднем 125–150 м и зависит от степени заиления, от наличия механических повреждений дренажных труб, от числа пробок в результате зарастания корнями растений и других видов заиления. Количество воды, необходимой для промывки дрен, зависит от вида и степени заиления, плотности наносов и других факторов. При заилении до 75–80% сечения трубы потребный расход воды составляет 1,8 л/с.

Анализ данных, накопленных в области эксплуатации закрытых дренажных систем, показывает, что за счет лучшей организации работ можно значительно снизить затраты труда и средств и повысить производительность при промывке заиленных дрен. Так, резервы повышения производительности и снижения затрат труда при производстве подготовительных работ имеются при рытье шурфов, подготовке подъездных путей и мест стоянок дренопромывочной машины. При промывке необходим, бесперебойный подвоз воды к промывочной машине, для чего комплект механизмов ПДТ-125 должен обслуживаться соответствующим количеством автоцистерн. Кроме того, цистерна, входящая в комплект механизмов ПДТ-125, во время промывки должна находиться непосредственно у места работы, а воду в нее необходимо заливать из автоцистерн, что экономит время на периодическое подключение емкостей к насосу ЗМС-10.

При длине дрены между колодцами 250 м можно организовать работу таким образом, чтобы начинать промывку с устья дрены и, промыв половину ее длины, переезжать к колодцу, из которого промывается вторая половина дрены. Пульпа из колодца не откачивается, а пропускается по дрене к устью. При такой схеме производства работ сокращается количество шурфов. Определенный эффект может дать использование на одном объекте двух установок ПДТ-125. На заключительном этапе производства работ для повышения производительности дренапромывочного комплекса из состава операций технологического процесса следует исключить ремонт колодцев и устьевых сооружений, который должен выполняться специализированной бригадой главным образом профилактически.

Опасения, что напорная промывка дренажа может вывести из строя фильтр, оказались напрасными. Нами проводилось вскрытие дрен после промывки. Аналогичные исследования проводились и в Туркмении. Результаты механического анализа проб фильтров, взятых до и после вскрытия дрен, показали, что вынос частиц из трубы в фильтр незначителен. Наибольший вынос наблюдается через стыки керамических труб и наименьший — из перфорации пластмассовых и асбестоцементных труб. Вскрытие показало, что вынесенные частицы образуют свод грунта около перфорации и расположены в основном под нижней частью дренажной трубы.

Если дренажный сток полностью отсутствует, а линия дрены известна (старые системы), то прежде всего определяют ее направление. Дрены можно искать с помощью шупа, посредством рытья отдельных шурфов и траншей. Шупом дрину находят по плотности обратной засыпки траншеи, которая меньше плотности окружающего траншею нетронутого грунта, и по соприкосновению с трубкой. На грунтах в местах предполагаемого нахождения дрены иногда роют шурфы, борозды или траншеи в направлении, перпендикулярном вероятному направлению дрен. Засыпанная дренажная траншея выделяется по цвету и составу грунта.

В отдельных случаях при выходе дрен из строя по оси трассы отрывают шурф и по наличию стока определяют, какая половина дрены повреждена. Если стока нет, снова раскапывают дрину посередине участков до обнаружения повреждения. Иногда приходится проводить сплошную раскопку дрены. Такой способ обнаружения повреждений трудоемок и дорогостоящ.

Для отыскания трассы дрены и мест закупорки без вскрытия можно применять специальный трассоискатель, принцип действия которого заключается во введении в дрену электрического провода, присоединенного к источнику переменного тока звуковой частоты (1-2 кГц), и определении его местонахождения на поверхности с помощью индуктора, усилителя, индикаторов (гальванометра) или наушников.

Для нахождения мест повреждения используют гидравлический зонд, принцип действия которого основан на его свободном продвижении при отсутствии разрывов в дренажном трубопроводе и западании пружинных пальцев с роликами внутрь при наличии разрыва. В последнем случае обратное протаскивание шланга с зондом затрудняется или прекращается совсем.

Применение трассоискателя и зонда позволяет определить трассу дрен на местности, места соединений, повреждений и закупорки, что значительно облегчает проведение ремонтных работ. Однако эти устройства имеют и недостатки: они потребляют значительное количество воды, требуется совместная их работа с дренапромывочной машиной, даже в тех случаях, когда дрены не нуждаются в промывке их эксплуатация связана с выполнением значительных объемов земляных работ.

Для определения трасс дрен и мест закупорки без подачи воды в дрену могут применяться приспособления для протаскивания в трубу провода или троса, имеющих электрический или механический привод.

Профилактические работы на дренажных системах проводят независимо от технического состояния дренажа дважды в год: весной — перед началом весенних полевых работ и осенью — после окончания поливов. Технология профилактических работ по каждой дрене следующая: очистка отстойников контрольно-смотровых колодцев, промывка дренажных труб из оросительной сети, контрольный пропуск воды от истока к устью дрены. Ремонту и восстановлению подлежат сами истоковые и промежуточные колодцы, а также устьевые сооружения. Колодцы могут повреждаться сельскохозяйственными машинами или претерпевать естественные разрушения, а устьевые сооружения могут выходить из строя в результате оплывания откосов коллектора.

В настоящее время назрела необходимость создания комплекса машин по ремонту и профилактике закрытой коллекторно-

дренажной сети. В этом направлении сейчас работают конструкторы ГСКБ по ирригации Главсредазирсовхозстроя. Комплекс машин включает: прибор для диагностики мест закупорки труб, приспособление для очистки колодцев, для временного переключения дренажа и сохранения его работоспособности на период ремонта, механизм для врезки колодца на месте просевшего или разрушенного участка дрен без его вскрытия и разборки экскаватором.

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ И ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ

Опыт эксплуатации закрытого дренажа позволяет уже сейчас сделать определенные выводы о его работе, о затратах труда и средств, связанных с поддержанием дренажа в технически исправном состоянии, и наметить пути сокращения объемов этих работ.

Основные виды работ по ремонту закрытых дренажных систем и уходу за ними. их удельные объемы и стоимости, осредненные за ряд лет по Голодной степи, приведены в табл.8. Следует отметить, что довольно высокая стоимость эксплуатации дренажа в Голодной степи вызвана высокой удельной протяженностью дренажной сети (в среднем 50 м/га).

Т а б л и ц а 8

Состав и стоимость работ по поддержанию закрытого дренажа

Наименование работ	Объем работ на площади 1000 га	Стоимость единицы измерения, руб.	Стоимость 1 га, руб.
Промывка дренажа, км	2,0	1360	2,72
Очистка колодцев, шт.	20,0	2	0,04
Ремонт устьев, шт.	3,5	15	0,05
Обратная засыпка, тыс.м ³	3,5	20	0,07
Борьба с зарастанием, руб.	—	—	0,10
Ограждение дрены валиком, образуемым канавокопатель- лем, км	12,0	8	0,10
Итого			3,08

Из данных табл. 8 видно, что основные затраты, связанные с эксплуатацией дренажа (более 80%) относятся к промывке его от заиления. Они могут быть значительно снижены за счет совершенствования технологического процесса. Например, проведение промывок без отрывания специальных шурфов, только с помощью существующих колодцев, позволит значительно повысить эффективность этих работ.

Для характеристики изменения эксплуатационных затрат на рис. 15 приведены данные мелиоративной службы совхоза № 6 им. Титова в Голодной степи и показаны кривые изменения удельной протяженности дренажа и эксплуатационных затрат на его содержание. С ростом удельной протяженности дренажной сети резко увеличиваются амортизационные отчисления, а именно они составляют основу эксплуатационных затрат, которые слагаются из стоимости содержания наблюдателей и проведения ремонтных работ. Эти затраты после первого года эксплуатации несколько снижаются и стабилизируются.

Общим затратам на ремонт устьев, восстановление обратной засыпки, ограждение дрен валиками, образуемыми канавокопателями, принадлежит большая доля всех затрат труда и механизмов при эксплуатации закрытой дренажной сети. Такое положение объясняется тем, что до сих пор не разработан технологический процесс уплотнения обратной засыпки дренажа, особенно для дрен, построенных траншейным способом. Сложность выполнения замочки дренажа в районах нового орошения из-за отсутствия воды до ввода земель в эксплуатацию, а также из-за отсутствия других надежных методов уплотнения обуславливает в первые годы эксплуатации выполнение целого комплекса работ по уходу и обеспечению сохранности дренажа: устройство защитных полос над дренами путем нарезки специальных перехватывающих канав с двух сторон вдоль дрен, надзор за этими полосами, недопущение попадания на них воды в период поливов, а также ежегодная подсыпка и планировка наддренной полосы в процессе осадки обратной засыпки. Самоуплотнение грунта, происходящее постепенно вследствие орошения, обуславливает резкое сокращение таких работ и выполнение их только при размывах в результате сброса поливных вод по трассе дрены.

Несмотря на то, что ежегодно из строя выходит около 3-5% закрытого горизонтального дренажа, его устойчивая работа позволяет успешно управлять водным и солевым режимами почвогрунтов.

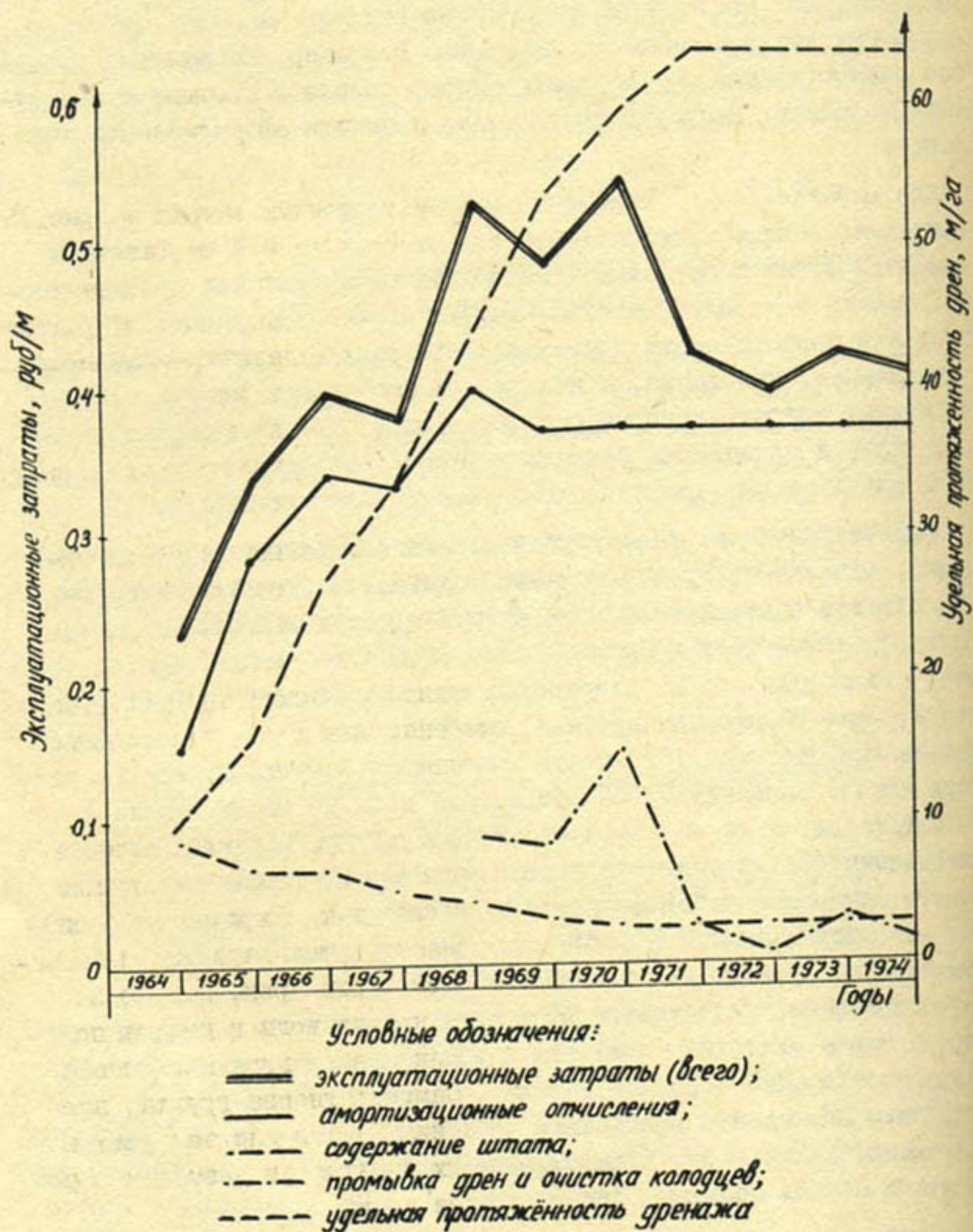


Рис.15. График изменения удельной протяженности дренажа и затрат на его содержание

Так, в совхозе № 6 потребный годовой объем промывки в первые два-три года эксплуатации дренажа (рис.16) составлял 4,1-4,5% общего количества дренажа, введенного в эксплуатацию, а в последние четыре года, после стабилизации его работы, - 1,2-1,5%.

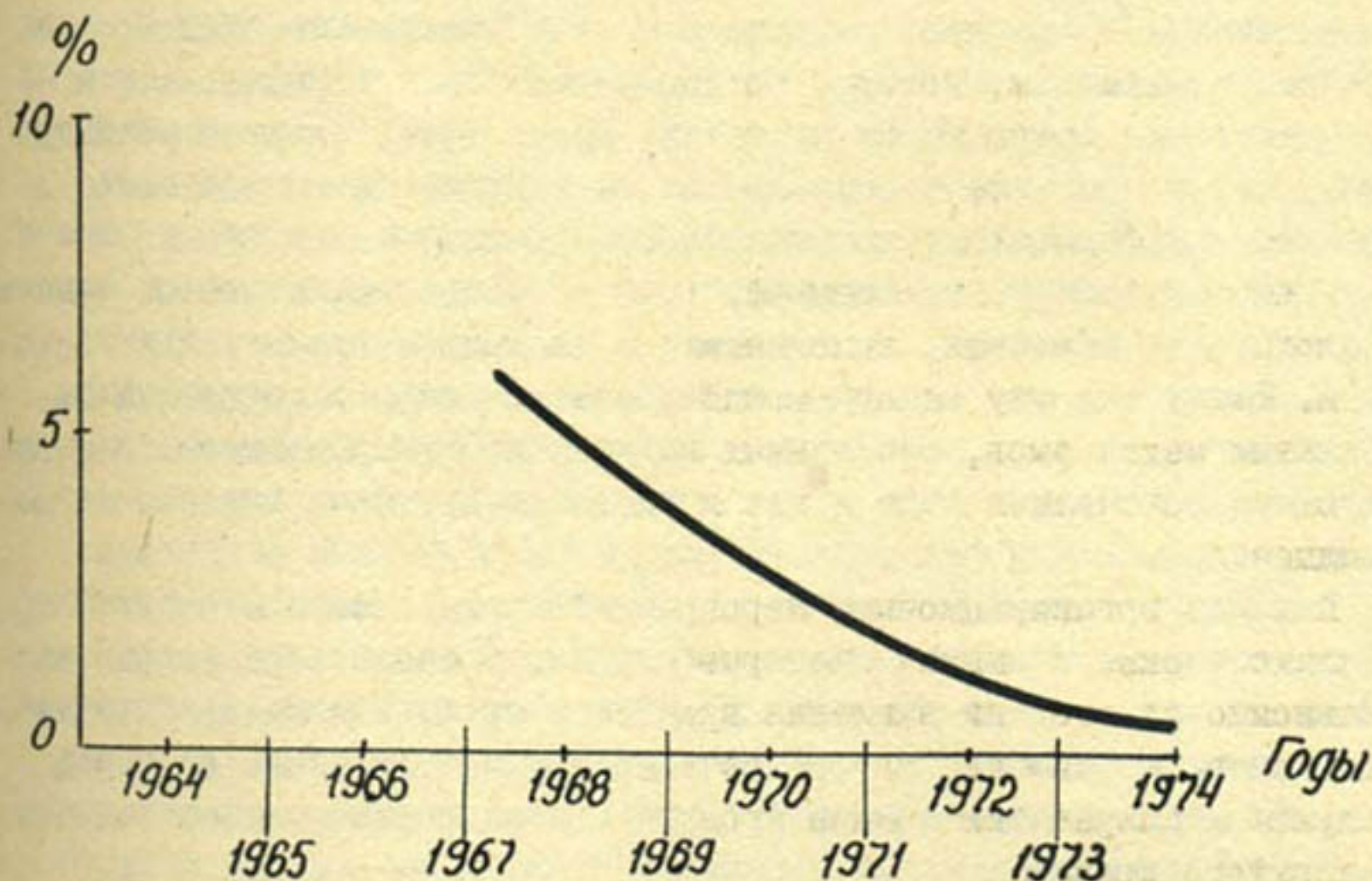


Рис.16. Зависимость объема промывки дренажа от времени эксплуатации

Имеющийся опыт показывает, что заиленность труб более чем на 75-80% площади сечения требует вскрывания дрен и перекладки труб. Для разрыхления и нарушения слежавшихся наносов в дренах представляется необходимой разработка механизма с жесткими напорными штангами, работающими по принципу возвратно-поступательного движения.

Для предотвращения отложения железистых солей и закупорки илом перфорации в полиэтиленовых дренажных трубах и щелей между гончарными трубами при фасочных соединениях также необходимо создание специального механизма. Для промывки пластмассовых дрен диаметром 60-110 мм, уложенных бестраншейным способом, требуется дренопромывочная машина специальной конструкции.

Существенный вред дренажу наносит зарастание полости дренажной трубы корнями растений, особенно тысячелетника (местное

название акбаша). Мочалистый, быстро растущий корень тысячцветника проникает в стыки труб и в течение одного сезона может плотно закупорить трубу. Никакими существующими механическими способами удалить этот корень не представляется возможным. В настоящее время для уничтожения корней применяется гербицид — смесь монурона с далапоном, которая через колодец вносится в дренаж и в течение 10–15 дней разрушает корень. Однако необходимо разработать механизм, который мог бы через колодец уничтожать и извлекать из дренажа корни растений. Кроме того, следует усилить контроль в процессе строительства за тем, чтобы ширина стыка и размеры перфорации не превышали 1,5–2,0 мм.

Очень неудобной, трудоемкой, хотя и недорогой, является очистка колодцев от заиления, выполняемая в настоящее время только вручную. Между тем эту задачу можно решить с помощью комплекса мобильных механизмов, основанных на принципе гидромонитора и последующего всасывания сора и ила и удаления их таким образом из колодцев.

К числу организационных мероприятий прежде всего относятся профилактические промывки, которые следует проводить регулярно независимо от степени заиления дренажных труб, или же при достижении степени заиления до 30% сечения трубы. Для этого системой служб эксплуатации должны проводиться наблюдения за состоянием закрытого дренажа.

Успешная работа закрытого дренажа зависит от отсутствия подтопления его со стороны устья из-за высоких горизонтов воды в коллекторах. Обычно образование подпора вызывается неправильными проектными решениями, заилением и зарастанием коллекторов, а также устройством перемычек и запруд на коллекторах. В отдельных проектах мелиоративных систем превышение дрен над расчетным уровнем воды в коллекторе составляло 20–30 см. Между тем опыт показывает, что даже при нормальной эксплуатации колебания уровня воды от очистки до очистки (обычно раз в три года) составляют 40–50 см. Поэтому устья дрен должны закладываться с превышением над расчетным уровнем воды в коллекторе на 60–80 см. Следует обратить внимание на механизацию очистки коллекторов от растительности. Сейчас этот процесс выполняется экскаваторами, которые подрезают откосы коллекторов, что способствует их оплыванию. Между тем зарастание коллекторов резко снижает скорость воды и способствует подъему горизонта воды выше проектных отметок.

Для обеспечения нормальной и длительной работы дренажа очень важна правильная организация ремонтной и эксплуатационной служб и оснащение их необходимыми механизмами.

Мелиоративная служба в системе минводхозов республик формируется обычно в виде управлений мелиоративной службы (УМС) в составе областных управлений оросительных систем (ОблУОСов). В соответствии с существующим положением о службе мелиорации на них возлагается:

- организация систематических наблюдений за уровнями и минерализацией грунтовых вод, за расходами и минерализацией дренажного стока на границах хозяйств, за динамикой засоления активной зоны почвогрунтов;

- контроль за состоянием межхозяйственной и внутрихозяйственной коллекторно-дренажной сети, обеспечение постоянного рабочего состояния межхозяйственной сети;

- составление планов работ по очистке внутрихозяйственной и техническому обслуживанию коллекторно-дренажной сети, составление проектов и контроль за их выполнением силами специализированных ремонтно-строительных организаций;

- контроль за выполнением хозяйствами всех правил содержания внутрихозяйственной коллекторно-дренажной сети;

- составление планов промывных поливов и контроль за их осуществлением.

В состав УМС входят лаборатории, выполняющие химический анализ вод и почвогрунтов, служба надзора, осуществляющая контроль за работой наблюдательных скважин и пьезометрической сети на дренах и коллекторах. Кроме того, при ОблУОСах (или трестах при них) имеются ремонтно-эксплуатационные ПМК или СМУ по очистке и ремонту коллекторно-дренажной сети, оснащенные необходимыми механизмами и техникой. В ряде подразделений, например в Главсредазирсовхозстрое Минводхоза УзССР, длительное время мелиоративная служба была организована в виде территориальных управлений мелиоративных инспекций или почвенно-мелиоративных экспедиций. В обязанности этих организаций входило выполнение следующих мероприятий (кроме указанных выше):

- анализ причин заболачивания и засоления орошаемых земель, непроизводительного расхода оросительной воды;

- участие в проведении контрольных проверок качества выполнения строительно-монтажных работ при строительстве коллекторно-дренажной сети;

контроль за использованием минерализованных вод для орошения;

анализ эффективности мелиоративных мероприятий;

корректировка режима орошения по зонам;

рассмотрение и выдача заключений по вопросам оценки мелиоративного состояния по хозяйствам;

предъявление руководителям подразделений и хозяйств предписаний об устранении выявленных нарушений в строительстве и эксплуатации объектов мелиорации;

организация проведения паспортизации коллекторно-дренажной сети и скважин вертикального дренажа.

В последнее время высказывается мнение о необходимости повышения совместной ответственности органов сельского и водного хозяйства за эксплуатацию дренажа. Повышение плодородия земель в результате дренажа неразрывно связано с задачами сельского хозяйства по повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

В связи с этим нами разработана и внедряется в Главсредазирсовхозстрое следующая схема служб эксплуатации мелиоративных систем: вся внутрихозяйственная сеть находится на балансе хозяйства, при этом коллекторы закрепляются по акту за отделениями совхоза, а дренажи — за бригадой. В каждом совхозе для этого имеются главный мелиоратор, старший инженер-гидрометр, участковый инженер-мелиоратор в каждом отделении. В пользовании главного мелиоратора имеется бортовая машина, в пользовании старшего инженера-гидрометра — мотоцикл, в пользовании инженера-мелиоратора — мопед, велосипед или лошадь.

Кроме того, в области (или территориальном управлении при освоении новых земель) организуется областное (территориальное) управление коллекторно-дренажных сетей (УКДС), которому подчинены районные УКДС и районные РСУ по техническому обслуживанию мелиоративных сетей. При этом РайУКДС осуществляет функции мелиоративного контроля, планирования организации ремонта и технического обслуживания мелиоративных систем, а РСУ — их непосредственное выполнение.

РайРСУ под контролем РайУКДС и райсельхозуправления осуществляет техническое обслуживание коллекторов, дренажей, отвечает за своевременное проведение его в своем районе. Техническое обслуживание предусматривает комплекс профилактических и ремонтных мероприятий, который позволяет поддерживать все мелиоративные

сооружения в рабочем состоянии. Объем работ по техническому обслуживанию определяется нормативными затратами на профилактику, дифференцированными в зависимости от их объема в каждом совхозе.

Ориентировочный годовой объем работ по техническому обслуживанию, тыс.руб.:

по закрытому дренажу на I км в год	0,12
по открытым коллекторам на I км в год	1,1
по закрытым коллекторам на I км в год	0,36
по планировке на 100 га	35

Взаимоотношения между районным управлением и совхозами определяются следующим образом. Районное управление заключает с совхозом договор на техническое обслуживание в размере нормативных затрат, указанных выше.

В случае, если в начальный период технического обслуживания имеется необходимость в производстве сверхнормативных работ, указанные объемы также включаются в договор и оплачиваются отдельно.

В соответствии с договором совхоз отвечает за нормальное содержание и поддержание установленного режима работы инженерных сооружений, а также за выполнение всего необходимого объема эксплуатационных работ (очистка колодцев, запашка наддренных полос и полос вдоль лотков, очистка от ила и мусора лотков и закрытых трубопроводов, ежегодная окраска сооружений и т.д.).

Районное управление проводит все специализированные работы по промывке и ремонту закрытых дрен, коллекторов, замене металлоконструкций на 70 колодцах и трубопроводах, замене и ремонту колодцев, труб, металлоконструкций и другие работы, требующие специальных навыков. Районное управление ведет учет выполняемых работ, однако рассчитывается с совхозами исходя из I га нормально эксплуатируемой площади. Если фактические производственные затраты на всей площади меньше нормативных, 50% этой разницы остается в распоряжении совхоза, а 50% — в распоряжении ремонтной организации. За счет этих средств совхоз и ремонтные организации получают премиальные надбавки за хорошее содержание обслуживаемой сети. Основанием для выплаты премии являются результаты обследования районной УКДС совместно с совхозом состояния всей обслуживаемой территории. Таким образом, достигается обоюдная заинтересованность совхоза и районного управления в нормальном функционировании дренажной сети на обслуживаемой территории.

Рабочие УКДС совместно с мелиоративными службами хозяйств систематически ведут наблюдения за имеющейся режимной сетью, дренажем, коллекторами, проводят инвентаризацию. В их распоряжении имеются бригады, к работе в которых в определенные периоды — перед промывками и поливами — привлекаются рабочие сельскохозяйственных бригад для выполнения таких работ, как очистка колодцев, ремонт устьев, запашка наддренных полос и т.д. Один раз в год, обычно осенью после уборки урожая, проводится инвентаризация всех коллекторов и дренажа и составляются планы ремонтных и профилактических работ.

Состояние дрен и коллекторов оценивается на основе визуального осмотра, включающего определение наличия перемычек, обрушений, подпоров, зарастания, а также замеров уровней воды и отметок дна в водотоках.

Выход из строя закрытых дрен определяется наличием застоя воды в колодцах, разрушением устьев.

Для определения работоспособности той или иной дрены, ее соответствия проектным параметрам дренажа пользуются показателем темпов сработки грунтовых вод на фоне дренажа после прекращения полива. В безнапорных условиях работа дренажа считается хорошей, если темпы сработки уровня грунтовых вод составляют более 8–10 см/сутки сразу после полива, удовлетворительной — 5–7 см/сутки, неудовлетворительной — при меньших скоростях.

Более надежной оценкой работоспособности дрен являются наблюдения за изменением приведенных расходов воды в зависимости от действующего напора. Для любой гидрогеологической схемы и различных конструкций дренажа существует расчетная зависимость.

Если фактические замеры расходов в дрене при известных средних коэффициентах фильтрации и величине действующего напора находятся в пределах $\pm 20\%$, можно считать, что дрена работает нормально.

Располагая полной картиной состояния земель и объектов коллекторно-дренажной сети, УКДС составляют календарные планы ремонта и профилактических работ.

Следует отметить, что в нашей стране еще не разработана простая и удобная аппаратура для контроля за состоянием трубчатых дренажных линий. В то же время такие приборы имеются за рубежом. Так, на опытной станции Корнельского университета (Итака) создан прибор "мышь", который протаскивается внутрь дрен.

На нем имеется шесть радиальных шупов, оборудованных проволоочными датчиками сопротивления, с помощью которых определяются радиальные деформации стенок трубы и площадь поперечного сечения. Полученные сигналы, записанные на осциллограмме, фиксируют места деформаций и заилений с точностью до $\pm 2,5$ мм. Г.Шелл (опытная станция орошения земель Юго-Запада США) разработал устройство для фотографирования внутренней полости дрен. В ГДР с этой целью созданы два устройства. Первое основано на применении электрических "шупов", а второе фиксирует изменения давления внутри полого резинового 10-сантиметрового баллона - "груши" при протаскивании ее по дрене в местах заиливания. Давление фиксируется на шкале манометра, а вакуум создается с помощью ручного насоса.

НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

Прежде, чем перейти к анализу различных факторов, обеспечивающих эксплуатационную надежность дренажа, необходимо сформулировать критерии его удовлетворительной работы. И.Ржига считает, что для зоны осушения "критерием удовлетворительной работы дренажа является нормальное состояние дрены и ее влияние на поток в поперечном сечении при нормальном расходе дрены, соответствующем ее назначению (проектным параметрам)". С этим определением можно согласиться, когда речь идет об оценке работы одной дрены. Действительно, для каждой дрены определен расход при расчетном напоре, удельный приток, уклон водной поверхности и соответствующий ему уровень грунтовых вод. Независимо от того, открытая дрена или закрытая, можно считать, что она работает нормально, если все ее параметры соответствуют проекту или отклоняются на такие величины, которые не оказывают существенного влияния на эффективность ее работы.

В то же время для нас важна работа не каждой дрены, а всей системы. Удовлетворительной работой системы дренажа следует признать такую, которая при постоянной эксплуатации и комплексе необходимых профилактических ремонтов обеспечивает регулирование водно-воздушного и водно-солевого режимов в заданных пределах на площади, обслуживаемой этой системой.

Поэтому надежность системы следует рассматривать в комплексе "дренируемый грунт - первичные дрены-собиратели (коллекторы) -

водоприемник". Благоприятные изменения, происходящие в отдельных элементах системы, способствуют улучшению ее работы, а вредные последствия этих изменений своевременно устраняются бригадами по эксплуатационному ремонту.

Рассмотрим систему "грунты-дрены-коллектор-водоприемник" с точки зрения надежности ее компонентов и проанализируем возможные изменения в каждом из них (рис.17).

В соответствии с методикой эксплуатации лотковых каналов, изложенной Ц.Е.Мирцхулавой и С.Ш.Зюбенко, разделим возможные отказы на устранимые и неустранимые, рассмотрим причины, вызывающие их, и меры по их устранению.

При анализе грунтов зоны аэрации следует увязывать их с элементами дренажной системы, а также учитывать динамику их развития.

В процессе дренирования обычно происходит растворение солей и вымыв их в дренах, в результате чего увеличивается пористость грунтов и улучшаются их фильтрационные свойства. Например, в совхозе № 4 Голодной степи, где содержание гипсов превышало 16-28%, по мере их выщелачивания на фоне дренажа произошло образование крупных пор и сквозных ходов, аналогичных ходам землероев, в результате чего резко увеличились коэффициенты фильтрации.

Следует отметить, что увеличение коэффициента фильтрации на фоне открытого дренажа идет более интенсивно и быстрее стабилизируется, а затем наблюдается обратный процесс - уменьшение K_f , несколько ускоренное на фоне горизонтального закрытого дренажа, что, по-видимому, связано с тем, что под влиянием фильтрации начинается процесс стабилизации и формирования грунта обратной засыпки и медленного заиления образовавшихся пор ирригационными наносами и переформирующимися в процессе поливов частицами верхних слоев почвогрунтов. Для закрытых дрен, защищенных фильтровыми обсыпками хорошего качества, эти деформации не представляют опасности, так как они быстро стабилизируются и приводят к увеличению исходных расходов воды в дрене по сравнению с первоначальными. Эти изменения происходят в период стабилизации начального этапа работы дренажа.

На лессовых просадочных и других уплотняющихся грунтах наблюдаются изменения другого характера - снижение коэффициента фильтрации под влиянием орошения и увлажнения массива. По нашим наблюдениям, в Голодной степи это изменение достигает 15-20% и должно учитываться в процессе проектирования.

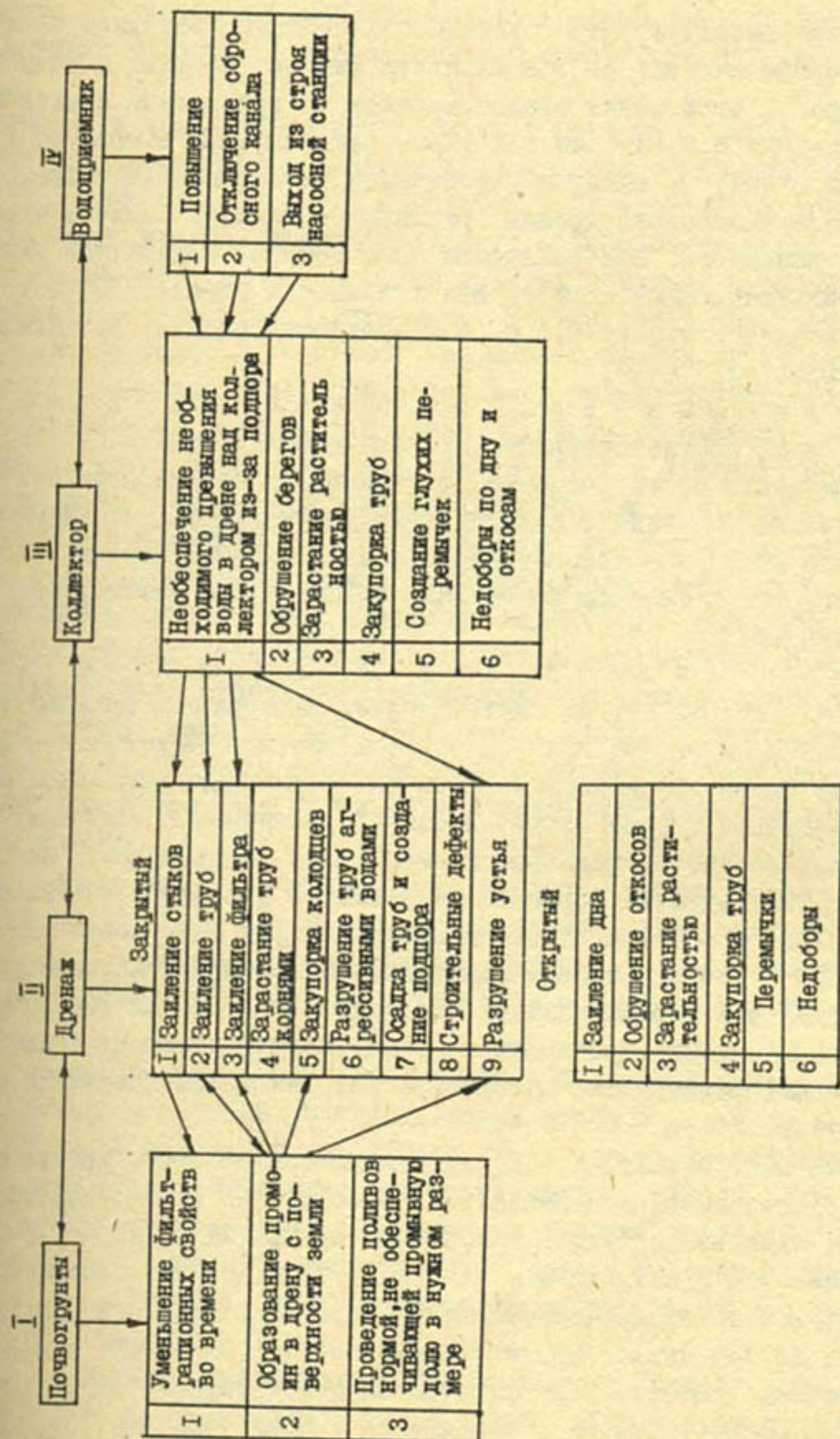


Рис. 17. Система "почва-дренаж-коллектор" и возможные нарушения ее элементов

Нельзя забывать, что устойчивость системы "грунты-дренаж" в основном зависит от правильности подбора состава и устройства фильтра. С этой точки зрения характерны результаты исследований, проведенных В.И.Батовым под нашим руководством в совхозе № 7 Голодной степи, по выявлению изменений потерь напора в придренной зоне пластмассового дренажа различного конструктивного исполнения, уложенного бестраншейным способом. За показатель изменения фильтрационных свойств взята динамика показателей $Q/k = f(t)$, приведенная к напору 0,5 м. В результате (рис.18) установлено следующее:

- при фильтре из песчаного материала, соответствующего расчетным соотношениям d_{50}/D_{50} и коэффициента неоднородности, в первый год наблюдается некоторое увеличение значений Q/K вследствие улучшения фильтрационных свойств фильтра - явление самопромывки пылевых частиц, содержание которых в фильтре составляло 8-12%. После этого кривая стабилизируется;

- при фильтре из капроновой ткани, а также из других синтетических материалов, вымывающиеся из фильтра и грунта придренной зоны частицы не могут проникнуть сквозь ткань, в результате чего снижается фильтрационная способность дренажа. Кроме того, характер изменения прочностных свойств стекловолоконистых фильтров не позволяет гарантировать их долговечность. Вскрытие образцов стекломатов и стекловаты, заложенных в совхозе № 6 Голодной степи после четырех лет работы дренажа, показало, что в условиях минерализованных вод они приобретают хрупкость и рассыпаются. Г.Я.Сегель и Э.Х.Эгли установили резкое изменение прочности клееных, комбинированных и иглопробивных фильтрующих материалов под действием приложенной нагрузки.

Хотя Н.Г.Пивовар, Н.Г.Бугай и другие в работах, выполненных под руководством Н.Н.Беляшевского совместно с ВНИИстеклопластика, свидетельствуют о достаточной прочности базальтовых волокон, сохраненной в натуральных условиях, однако и они признают, что в результате попеременного замораживания и оттаивания в грунтовых водах до 100 циклов прочность уменьшается на 18-20%.

Поэтому синтетические фильтры не могут гарантировать долговременную работу дренажа в стабильном режиме. Залогом успешной работы дренажа и стабильности системы "грунт-закрытая дрена"

является правильно подобранный фильтр, выполненный из гравийно-песчаных материалов, гарантирующий долговременную работу дренажа.

Промоины в дрене образуются обычно в начальный период эксплуатации при траншейной и полумеханизированной технологии строительства дренажа, так как при щелевом и бестраншейном способах плотность грунта под дренажной трубой превышает естественную.

При траншейном способе в сухих грунтах обратной засыпки обычно намного меньше, чем в материале. Поэтому вода при поливах, прорываясь в наддренную полосу, промывает рыхлый грунт засыпки и зачастую разрушает не только ее, но и фильтр трубы, кроме того, одновременно размывается устье. На вновь орошаемых землях уплотнить грунт в траншее, как это делается в насыпях, малыми катками либо ударным уплотнением (конструкции механизмов для этого были предложены ГСКБ по ирригации) невозможно из-за отсутствия воды. В настоящее время наиболее широко распространен следующий прием: вдоль дрен в течение первых трех лет эксплуатации устраивается незасеваемая защитная полоса шириной 3-5 м, ограждаемая с двух сторон перехватывающими канавами, препятствующими попаданию воды в дренаж. Эта полоса ежегодно подсыпается и планируется. По мере орошения под действием растекания фильтрационных вод происходит увлажнение и самоуплотнение обратной засыпки (рис.19).

Этот метод имеет два недостатка: первый - частое образование на наддренной полосе свода из уплотненного грунта вызывает провалы и может привести к несчастным случаям, второй - защитная полоса в течение трех лет не засеивается и не используется в сельскохозяйственном обороте.

Для ликвидации этих недостатков разрабатываются методы уплотнения обратной засыпки. Одним из таких методов является замочка наддренной полосы, которая проводится при пуске поливной воды на поля или специальными попусками воды из канала. Имеется несколько разновидностей этого метода: замочка "сверху", замочка "снизу" и комбинированная замочка. Замочкой "сверху" не пользуются, так как вода, попадая на разрыхленную засыпку с высоты, легко ее размывает.

Более надежный способ уплотнения - замочка "снизу" вода подается в дренаж через колодец, устье дренажа закрывается и происходит увлажнение обратной засыпки через водоприемные отверстия дрена-

жа (как перфорационные, так и стыковые). Недостаток замочки "снизу" — большие затраты воды, так как значительная часть расхода инфильтрует ниже дрены, а следовательно, повышаются длительность замочки и затраты труда, возможность заилиenia фильтра под действием напора воды, выходящей из дренажной трубы, так как пылеватые частицы фильтра при этом не выносятся, как это происходит при работе дрены, а перераспределяются к контакту "фильтр-грунт" и создают здесь слой наилка.

Есть две разновидности замочки "снизу". Одна, осуществленная Голодностепстроем и институтом "Средазгипроводхлоцок" при участии САНИИРИ — замочка "тушиковых" дрен, при которой в первый год устьевое сооружение не строится, между коллектором и впадающей в него дренажной остается перемычка из материкового грунта. После первого полива через концевой колодец в дренаж подается вода и проводится замочка "снизу". По окончании вегетации устье пробивается по способу, разработанному нами с участием В.В.Волкова, В.М.Весманова и Л.Л.Дюндина, с помощью гидравлических пробойников и последующего протаскивания трубы в устье. Другой разновидностью замочки "снизу" является подбор воды в коллекторе и подъем уровня воды сразу в группе дрен. Этот способ не обеспечивает равномерности уплотнения по всем подпираемым дренам и ухудшает состояние коллектора.

В САНИИРИ разработана комбинированная замочка. Суть этого способа состоит в том, что в результате подачи воды снизу уровень ее поднимается на 1 м над поверхностью трубы, после чего вода подается сверху. Метровый слой воды нужен для защиты фильтра дрены от размыва. При этом методе необходимо правильно регулировать подачу воды, так как при резком снижении уровня воды в дрене возможно ее заилиение.

В США, как указывает Л.Виллардсон, для уплотнения обратной засыпки дренажа, построенного траншейным способом, применяется, наряду с замочкой "сверху", затопление — полив дождеванием при закрытом устье. После замочки дренаж обязательно промывают под напором 0,7 МПа при расходе 3,5—4,0 л/с. Интересный метод в настоящее время предложен и испытан в САНИИРИ А.А.Адыловым. Он состоит в том, что полуметровый слой грунта над фильтром в процессе засыпки обрабатывают раствором полимера К-4, в результате чего грунт приобретает способность противостоять размыву даже при больших высотах свободного падения воды.

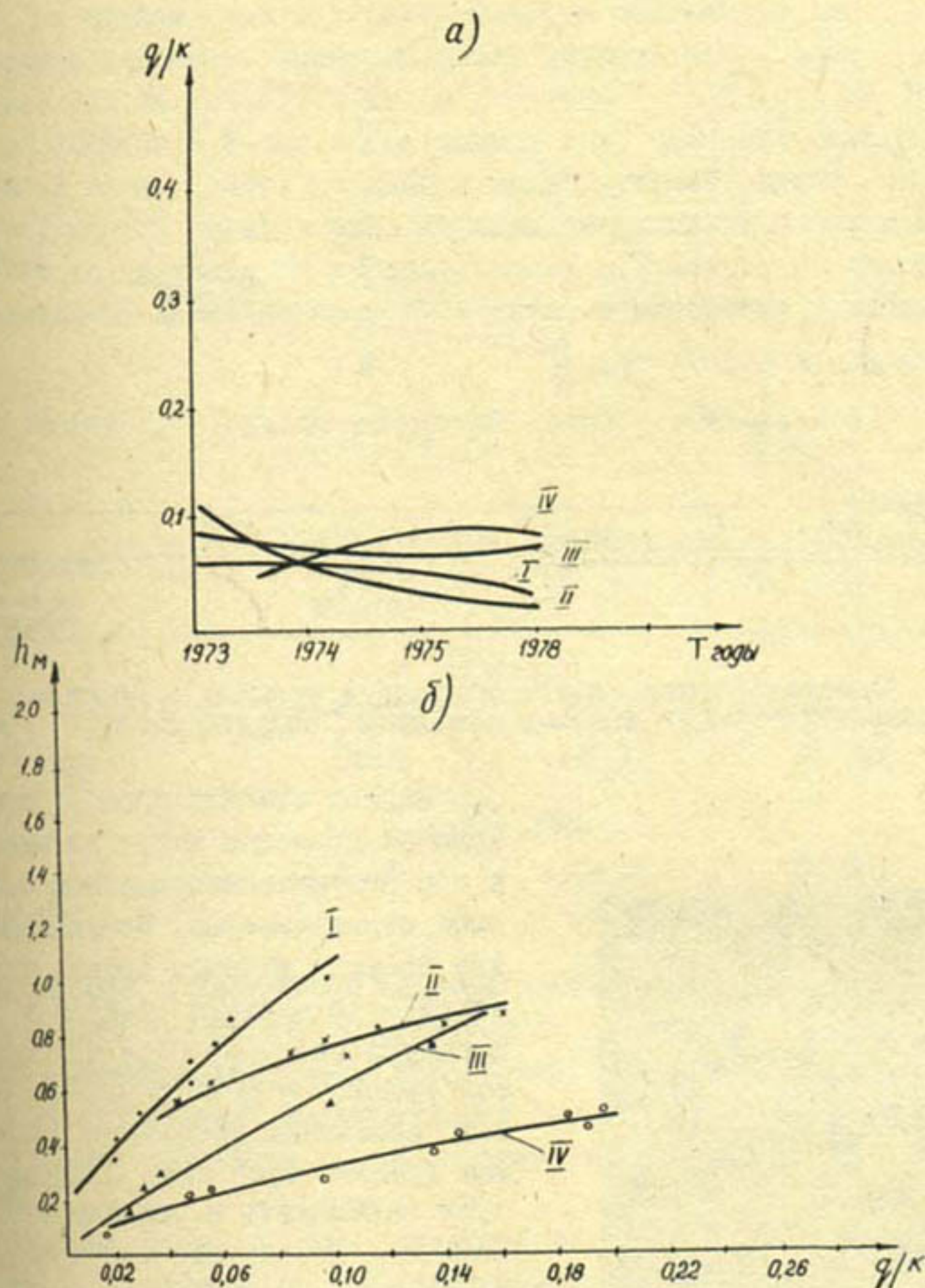


Рис.18. Изменение дренажного модуля и расхода для различных конструкций дрен на опытном участке совхоза № 7 в Голодной степи

а) изменение дренажного модуля по времени в зависимости от конструкции фильтра при напоре на междуренье 0,5 м; б) зависимость расхода различных конструкций дрен от напора на междуренье. I вариант - капроновая ткань - БДМ-300; II вариант - капроновая ткань; III вариант - песок с капроновой тканью; IV вариант - песчаная обсыпка

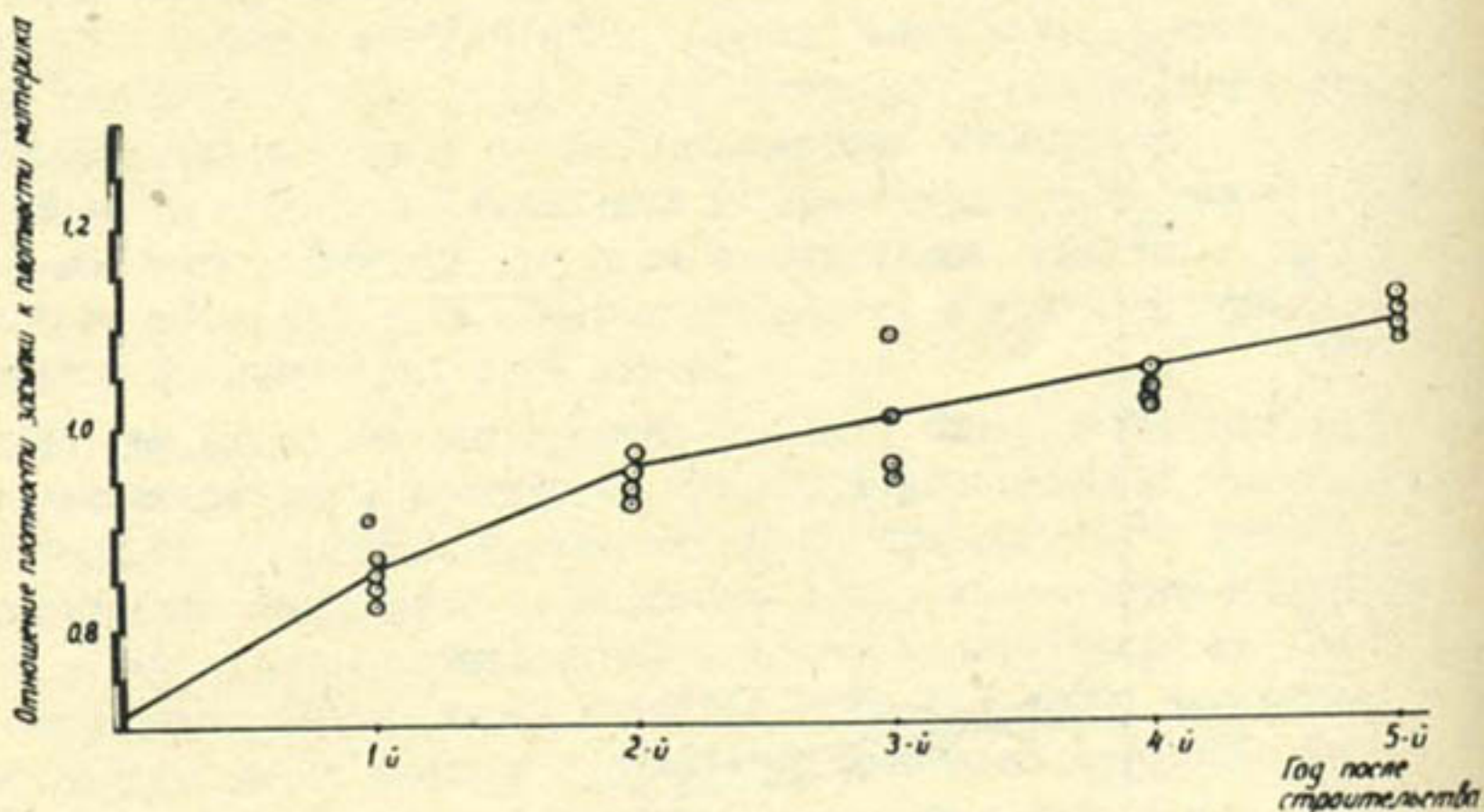


Рис.19. Самоуплотнение обратной засыпки дренажа в процессе орошения прилегающих к дрене земель в Голодной степи



Рис.20 Промоина в наддренной полосе

В период стабилизации работы дренажа промоины могут возникать и при полумеханизированном способе строительства. Возникновение промоин вызвано другой причиной — вследствие разницы в толщине уплотненного слоя при обратной засыпке в течение одного сезона возникают продольные усадочные трещины (рис.20). Поэтому следует перепахать и спланировать участок, после чего над дренаем можно проводить полевые работы и полив.

Недостаточная доля промывной воды в оросительной норме опасна при длительном характере этого явления для систем с оптимальным мелиоративным режимом, двух-трехлетние, даже

катастрофические маловодья, встречающиеся в гидрографе стока рек, не опасны, так как интенсивность соленакопления на таких системах невелика. Примером может служить новая зона Голодной степи, где за 1974-1975 гг. в результате маловодья на Сырдарье было получено 5,5 тыс.м³/га воды в год, что ниже дефицита оросительной воды. Здесь, по данным мелиоративной службы Голодностеп-строя, запасы солей в зоне аэрации увеличились незначительно - на 5-12 т/га. Детальными исследованиями В.И.Батова в совхозе № 7 установлены величины соленакопления, приведенные в табл.9.

Т а б л и ц а 9

Изменение запасов токсичных солей в совхозе № 7,
участок У-51

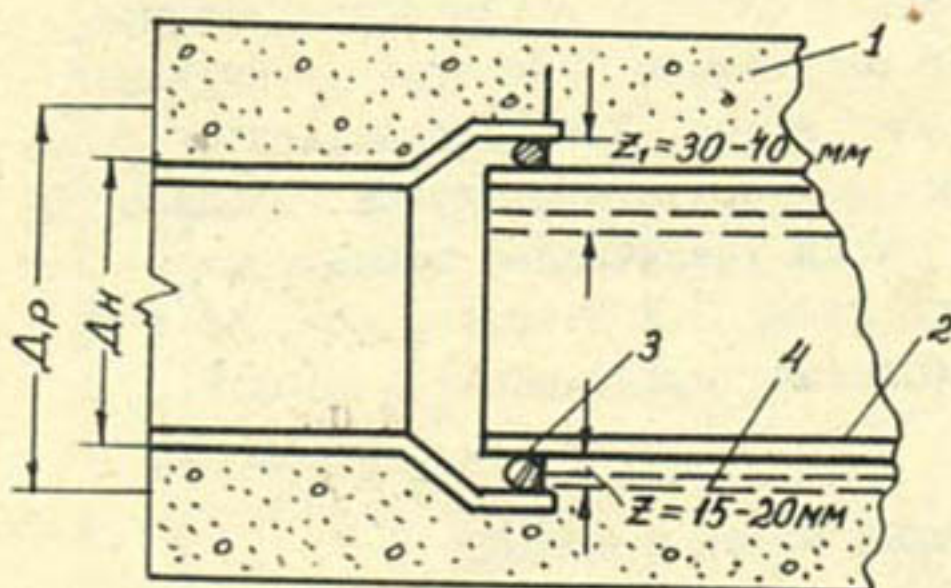
Месяц	Оросительная норма, м ³ /га	Запасы солей, т/га по слоям, см		
		0-100	100-200	200-300
<u>1974 год</u>				
Май	3660	77,45	82,00	46,30
Сентябрь	3860	55,15	96,50	58,90
<u>1975 год</u>				
Май	2800	20,64	20,40	17,55
Сентябрь	-	25,80	16,61	17,05

В районах с неоптимальным мелиоративным режимом, где в течение одного сезона при недостаточном промывном режиме в метровый слой подтягивается 25-30 т/га солей, следует рекомендовать переход на оптимальный мелиоративный режим, и дефицит промывной доли в условиях маловодья компенсировать в последующие многоводные годы.

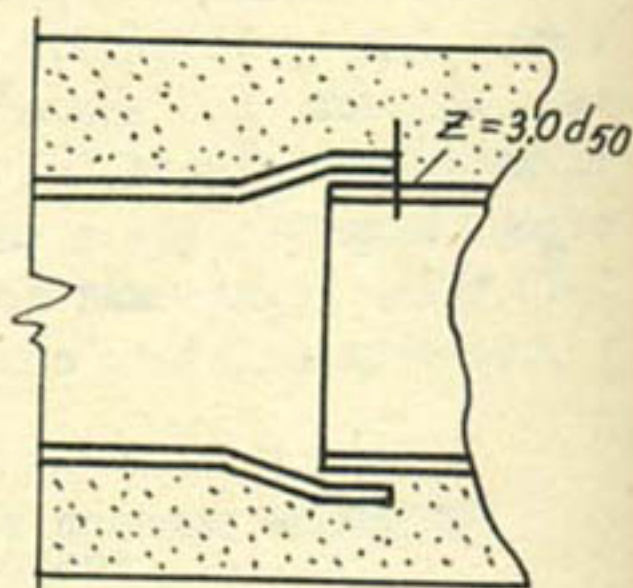
Закрытые дрена в целом являются достаточно надежными и долговечными сооружениями, не требующими больших затрат на их эксплуатацию и поддержание в рабочем состоянии.

Заилнение стыков частицами грунта и фильтра крайне нежелательный процесс. В Голодной степи заилнение стыков наблюдалось только при применении керамических труб с разницей между наружным и внутренним диаметром более 15 мм, что создавало зазор недопустимой величины в верхней и боковой частях раструба и его заилнение, несмотря на уплотнение с помощью жгута (рис.21).

Неправильно
 $\Delta_p \geq \Delta_n + 15 \div 30 \text{ мм}$



Правильно
 $\Delta_n + 15 \geq \Delta_p \geq \Delta_n + 5 \div 10$



Условные обозначения:

Δ_p - внутренний диаметр раструба; Δ_n - наружный диаметр трубы; Z - размер зазора; 1 - фильтр; 2 - труба в осевом положении; 3 - зачеканка канатом; 4 - положение трубы

Рис.21. Схема зазоров раструбных труб

Вилардсон указывает, что в долине Коачела (США) около 18% обследованного дренажа на площади 27,8 тыс.га имеет заиленные стыки труб, хотя сами дрены продолжают работать. В.М.Зубец, А.И.Мурашко, И.Ржига и др. считают что аналогичные явления наблюдаются при незащищенном фильтром дренаже зоны осушения и что без фильтра зазор в стыке не должен быть более 0,5 мм. Ширина зазора и размер перфорации должны обеспечивать возможность образования свода над стыком или способствовать предотвращению движения связных частиц грунта. Исходя из этого, С.К.Абрамов и др., рекомендуют для мелкозернистых грунтов зазор $< 1,25 d_{50}$, для разнотернистых $< 1,5 d_{50}$. Отверстия в трубах не должны превышать $1,8 d_{50}$. Однако эти величины справедливы для гладкого стыка труб и круглой перфорации, но ни в коем случае не соответствуют действительности при раструбном и фасонном стыке труб оросительного дренажа, так как частицы здесь не могут проникать непосредственно в трубу, а отслаиваются гидродинамическим потоком при входе в трубу и вымываются в виде пульпы.

Поэтому ширина диаметров перфораций и стыка может быть увеличена до 3 α 50. Если учесть, что при эксплуатации горизонтального дренажа на орошаемых землях для обеспечения необходимой водоприемной способности обязательно применяются фильтры со средней крупностью частиц грунта 1–2 мм, то при ширине стыка 2–3 мм закупорка их не должна происходить.

Заиление труб может возникнуть как следствие промоин в дренах, нарушения стыков вследствие осадки, подпора дрена, засоления колодцев и т.д. Для предотвращения заиления труб применяется фильтровая обсыпка дренажа, однако в начальный период работы дренажа, пока обратная засыпка не уплотнилась и дефекты в колодцах не устранены, пылеватые частицы могут вымываться из фильтра и в дренах можно обнаружить слоистые осадки илистых отложений. В зоне осушения эти явления наблюдаются в течение 5–6 часов после пуска дрена (В.М.Зубец). В Голодной степи они длятся год и более года, что наглядно видно из динамики заиления дрена, приведенной нами на рис.9.

Наиболее благоприятные условия борьбы с заилением создаются тогда, когда в дренах за счет уклонов возникают саморазмывающиеся скорости, то есть скорость пульсации превышает гидравлическую крупность наносов (И.Ржига). В соответствии с выполненными расчетами эта скорость обеспечивается при следующих уклонах дрена: при $d = 50-65$ мм $i \geq 0,05$, при $d = 65-100$ мм $i \geq 0,04$, при $d = 120-150$ мм $i \geq 0,035$.

Мохамед Х.Амер считает оптимальными уклоны дрена 0,0025–0,003.

По нашим наблюдениям, частота заиления также зависит от уклонов дренажа и при уклонах более 0,003 дренаж практически не заиляется. Характерна в этом отношении работа дренажа в Яван-Обикиннской долине. Здесь уклоны превышают 0,003. За все время эксплуатации (с 1966 г.) дрена ни разу не промывались и по состоянию на 1.1.1976 г. в рабочем состоянии находилось 98,3% из них. Исключение составляют разрушения дренажа, связанные с разрушением и засорением колодцев.

Заиление дренажа можно ликвидировать при частичном заилении полости дрена, промываемой путем подачи воды из емкостей. Кроме того, заиление успешно ликвидируется с помощью промывочной машины ПДТ-125 конструкции ГСКБ по ирригации.

Заиление фильтра происходит только при неправильно подобранном составе фильтровой обсыпки и при образовании промоин.

Если подбор фильтра выполнен в соответствии с положениями, указанными выше, фильтр самоочищается в процессе работы дрены. Для примера можем привести данные лабораторных исследований песка Илансайского месторождения, проведенных в лаборатории строительных материалов Голодностепстроя на фильтрационном лотке размером 1,0х1,6х2,5 м. Во время работы под напором 0,5 м в течение 22 дней количество пылеватых частиц в фильтре уменьшилось с 8,9 до 1,6%, состав фильтра соответствовал по соотношению диаметров частиц, рекомендованным методиками подбора. При высоком качестве строительства и проектирования заиливание фильтра полностью исключается. Так, после перевода дренажа в новой зоне Голодной степи на оптимальный состав фильтра из илансайского песка во время ремонтов дренажа и восстановления вышедших из строя дрен случаи заиливания фильтра не были обнаружены. В 1960–1961 гг., когда применялся однородный материал с большой пористостью фракций $D_{50}/d_{50} = 60/105$, повсеместно обнаруживались факты превращения фильтра в смесь ила, глины и гравия, подобную глинобетону.

В то же время этот дефект песка в процессе эксплуатационных мероприятий устранить невозможно.

Существенный вред дренажу наносит зарастание труб корнями, так как они забивают его полость почти наглухо. Случаи зарастания корнями деревьев были обнаружены при вскрытии дренажа на Золотоординской опытно-мелиоративной станции. При изучении причин заиливания дренажа в новой зоне Голодной степи в совхозе № 5 и в совхозе "Фархад" было установлено, что мочалистые корни тысячелетника – дикорастущего многолетнего сорняка, произрастающего на необработанной площади, достигают дренажной трубы на глубине 3 м, и, проникая в трубу через стык шириной более 5 мм, плотно забивают всю дрену. Механическим способом удалить эти корни не представляется возможным. Институтом защиты растений АН УзССР для уничтожения корней сорняков испытана смесь монурона с далапоном, которая вносится через колодец в дрену и через 15 дней разрушает корень. Таким образом, этот дефект также является устранимым.

Закупорка колодцев вызывается либо нарушениями технологии строительства (плохо заделанные швы, нарушение сопряжения колодца с трубой дрены), либо сбрасыванием в колодец отбросов и посторонних предметов, что особенно часто встречается в населенных пунктах или вблизи них. Объем работ по очистке колодцев небольшой и легко выполняется вручную.

С.К.Абрамов и другие авторы отмечают, что коррозионная устойчивость труб зависит от характера минерализации грунтовых вод. Наиболее агрессивны растворы углекислот, сульфатов, минеральных солей и хлоридов, особенно при кислой среде. С.М.Толчков отмечает факты разрушения гончарных труб вследствие кристаллизации солей.

Однако основная причина разрушения труб заключается в низком качестве труб.

Нами извлечены образцы гончарных труб, пролежавших более 50 лет в ЦОМС^{х)}, 55 лет на Байрамалийском опытном поле, 18 лет в Голодной степи при минерализации дренажного стока от 4 до 30 г/л, и установлено, что плотность этих труб составляет 70–80% первоначальной. Более низкой устойчивостью во времени обладают бетонные трубы.

М.П.Фейгин провел исследования прочности таких труб, уложенных на Муганской опытной станции, через 30 лет после их работы. Диаметр дренажных труб 150–225 мм, толщина стенок 25 мм. Трубы находились в воде с общей минерализацией 20–40 г/л в течение 30–50 дней в году. Трубы после 30 лет эксплуатации выдерживали разрушающую нагрузку 986,4 кг/см³. Прочностные качества, установленные в результате выбуривания, были следующими: предел прочности на сжатие достигал 73,2 кг/см² против 106 кг/см² исходных и на растяжение 10 кг/см² против 18 кг/см² исходных. Таким образом, можно предположить, что срок службы бетонных труб составит 50–70 лет.

Солеустойчивость этих труб может быть повышена за счет внесения сульфатостойких цементов и, самое главное, за счет увеличения прочности этих труб. Тем не менее, применять в дренаже бетонные и асбестоцементные трубы нецелесообразно.

Вопрос об устойчивости полиэтиленовых и полихлорвиниловых труб во времени в условиях агрессивной среды неясен. Подробный разбор долговечности этих труб, проведенный А.И.Мурашко, вне зависимости от минерализации воды, показывает, что основные деформации при нагрузках 100–200 г/см², соответствующих нагрузкам в дренаже, происходят в первые четыре–пять месяцев работы и не превышают допустимых. В то же время данные ВНИИ новых строительных материалов дают основание считать, что в минерализованных водах прочностные свойства полиэтилена и полихлорвинила не ухудшаются,

^{х)}ЦОМС – Центральная опытно-мелиоративная станция СоюзНИИ, бывшее Голодностепское опытное поле.

Исходя из этого, можно предполагать, что достаточно длительный срок службы этих труб — более 100 лет, тем более, что основной фактор деформации — старение под влиянием изменений температуры в оросительном дренаже отсутствует — температура в почвогрунтах постоянна и поддерживается на уровне 14–18°C.

Осадка труб и создание в результате этого подпоров наблюдаются только при нарушении правил укладки дренажа, то есть, когда трубы укладываются по методу "полки" на разжиженное неосушенное основание или на подсыпной грунт, что категорически запрещено техническими правилами. В остальных случаях осадка труб даже на просадочных грунтах при глубоких исходных грунтовых водах (2,8–3,0 м), как установлено исследованиями Н.С. Козуба в Голодной степи, происходит равномерно (величина абсолютной неравномерности не превышает 2 см), вследствие чего не может произойти каких-либо существенных ухудшений работы дренажа.

Основными причинами выхода из строя дренажа, особенно в период его стабилизации, являются следующие недостатки строительства:

- низкое качество материалов труб, фильтровой обсыпки, колодцев;
- несоответствие зазоров, размеров перфорации допуска;
- отклонения в отметках укладки труб от проекта;
- нарушение в размерах фильтровой обсыпки и т.д.

Борьбу с этими недостатками следует вести путем повышения технического уровня производства работ, усиления контроля при приеме дренажа в эксплуатацию, совершенствования технологии процессов, их механизации и обеспечения надежности строительства.

Разрушение устья происходит вследствие подмыва русла коллектором или дренагособирателем. Надежные способы восстановления устья — надежная конструкция устьевого сооружения и правильное проектирование водоприемника по отношению к дрене. Надежность системы "грунты-дренаж-коллектор-водоприемник" при правильно выбранных ее параметрах рекомендуется определять на основе методики Ц.Е. Мирзехулави.

Система "грунты-дренаж-коллектор-водоприемник" при закрытом, хорошо запроектированном, горизонтальном дренаже может рассматриваться как последовательная система, поэтому

$$P_c = P_I \times P_{II} \times P_{III} \times P_{IV},$$

где P_c — вероятность безотказной работы системы;

$P_I, P_{II}, P_{III}, P_{IV}$ — вероятность безотказной работы ее блоков.

Все деформации в почвогрунтах, происходящие до начала работы дренажа (до подъема уровня грунтовых вод), можно восстановить, а если дренаж строится при поднятых грунтовых водах, промоины образуются очень редко (в Голодной степи промоины в дренах, построенных полумеханизированным способом, в первый год могут приводить к выходу дренажа из строя с вероятностью только 0,3% по длине). Если учесть, что полумеханизированным методом сооружается 28% дренажа, то $P_{I3}^{I-2} = 0,99916$, в последующие годы $P_{I3}^{2-I5} = 0,99972$ (индекс $\frac{I3}{3}$ для закрытого дренажа, 2-I5 - для каких лет).

Для закрытого дренажа P_{II} должно быть определено так же, как для системы с параллельным резервированием и восстанавливаемостью. В Голодной степи при выходе из строя одной дрены между двумя действующими общее действие системы компенсирует этот выход. Поэтому, если в первые два года из строя выходит 7% всей дренажной сети, а затем - 5%, то при выходе из строя одной дрены - соответственно 3,6 и 2,2%.

Отсюда:

$$P_{II3}^{I-2} = 0,95; \quad P_{II3}^{3-I5} = 0,078.$$

Затраты времени на восстановление дрены приведут к увеличению этого значения.

$$P_s = K_r + (1 - K_r) \frac{T_{\delta p}}{t_e}, \quad (6)$$

$$K_r^{I-2} = \frac{T_{\delta p}}{T_{\delta p} + t_e} = \frac{20}{20,3} = 0,985. \quad (7)$$

где K_T - коэффициент гарантийной работы дренажа;

$T_{вр}$ - время до ремонта;

t_e - время восстановления в годах;

t - наработка на отказ в годах.

Отсюда $P_{II3}^{I-2} = 0,99, \quad P_{II3}^{3-I5} = 0,995.$

Для открытого дренажа эта величина намного меньше. Для оплывающих грунтов и легких супесей

$$K_T = \frac{0,5}{I} = 0,5$$

$$P_{II_0} = 0,5 + (1 - 0,5) \frac{-I}{0,5 \cdot 0,}$$

Для средних суглинков:

$$K_T = \frac{2}{3} = 0,66$$

$$P_{II} = 0,66 + (1 - 0,55) - \frac{3}{0,5 \cdot I} = 0,66 + (1 - 0,66)^{-6} = 0,6608,$$

P_{III} - при правильно запроектированной системе близко к 0,98,
а P_{IY} - при самотечной системе = 1.

$$\text{Тогда } P_{C_3}^{I-2} = 0,99916 \times 0,99 \times 0,98 \times 1,0 = 0,969.$$

$$P_{C_3}^{3-15} = 0,99972 \times 0,995 \times 0,98 \times 1,0 = 0,974,$$

Для открытых дрен:

$$P_{I_0} = 0,98.$$

Тогда для супесей и оплывающих грунтов:

$$P_{C_0} = 0,98 \times 0,5092 \times 0,98 \times 1,0 = 0,489.$$

Для средних суглинков:

$$P_{C_0} = 0,98 \times 0,6608 \times 0,98 \times 1,0 = 0,6346.$$

Таким образом, при нормально организованной работе закрытого дренажа его надежность во много раз превышает надежность открытого дренажа при значительно меньших размерах эксплуатационных затрат.

Л и т е р а т у р а

1. А в е р ь я н о в С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. М., Колос, 1975.
2. Б е й л и н Д.Х. Механизация дренажных работ. М., Колос, 1975.
3. Д о к т о р Ф.Ш., Г у р б а н о в Г. Эксплуатация закрытого дренажа в Туркменской ССР. - Труды ВАСХНИЛ. Прогрессивные методы строительства закрытого дренажа на орошаемых землях. М., Колос, 1977.
4. Д у х о в н ы й В.А. Орошение и освоение Голодной степи. М., Колос, 1973.

5. Д у х о в н ы й В.А., Б а к л у ш и н М.Б. К вопросу об установлении основных параметров мелиоративных режимов. - Труды САНИИРИ, вып.148, Ташкент, 1976.

6. Д у х о в н ы й В.А., Б е л о ц е р к о в с к и й К.И. Б о ч а р и н А.В. От эксплуатации мелиоративных систем - к управлению водохозяйственными комплексами. - "Гидротехника и мелиорация", 1977, № 3.

7. Д у х о в н ы й В.А., К о з у б Н.С., У с м а н о в С.У. Опыт эксплуатации систем закрытого дренажа в зоне орошения. - Труды ВАСХНИЛ. Прогрессивные методы строительства закрытого дренажа на орошаемых землях. М., Колос, 1977.

8. Справочник по механизации мелиоративных работ (в зоне орошаемого земледелия). Под редакцией канд.техн.наук Е.Д.Томина. М., Колос, 1974.

9. Т о м и н Е.Д., Г а н т м а н В.Б., К о п ь е в Е.И. Механизация работ по устройству и эксплуатации мелиоративных каналов. М., Колос", 1968.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Виды горизонтального дренажа и его сравнитель- ные эксплуатационные показатели	6
Управление дренажными системами	10
Наблюдения за мелиоративным состоянием земель: средства, периодичность, форма	22
Поддержание коллекторно-дренажной сети в рабочем состоянии и уход за ней	29
Опыт эксплуатации дренажных систем и организации ремонтно-эксплуатационной службы	52
Надежность работы дренажных систем	61
Литература	76