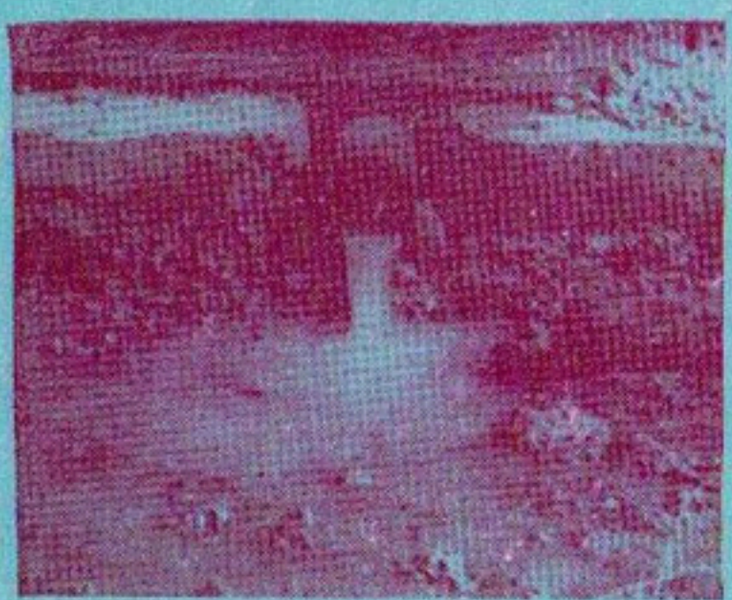
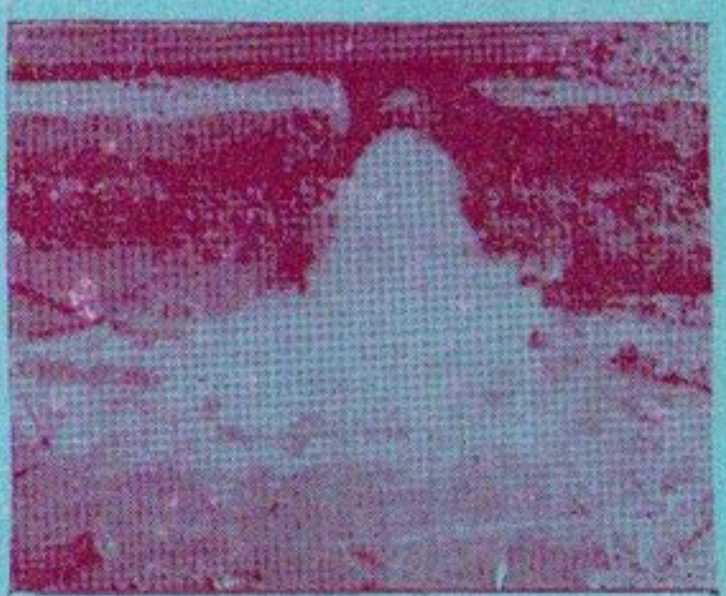
631.6
К-17
672283

В. А. Калантаев

ДРЕНАЖ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ И МЕТОДЫ ЕГО ИНТЕНСИФИКАЦИИ





Академия наук Туркменской ССР
Туркменский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации

В.А.Калантаев

ДРЕНАЖ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ И МЕТОДЫ ЕГО ИНТЕНСИФИКАЦИИ

Ответственный редактор
Б.С.Маслов



Ашхабад. "Ылым". 1984

ББК 40.63
К17

Р е ц е н з е н т ы
О.Назармамедов, Р.И.Коваленко

Калантаев В.А.
К 17 Дренаж орошаемых земель и методы его интенсификации. - А.: Илим, 1984. - 282 с.

2р.40к.

В монографии рассматриваются проблемы интенсификации дренажа - важнейшего средства в борьбе с засолением орошаемых земель и предупреждения засоления почв. Показана эффективность дренажа различного типа - горизонтального, вертикального и комбинированного.

Дается описание новых конструкций дренажных систем, разработанных автором монографии, приводятся принципы их расчета, сведения о внедрении в производство вакуумных систем, мобильного дренажа, систем "большой колодец", вертикальных дрен с сифонными усилителями, принцип районирования территории орошаемых земель по условиям применения дрен новой конструкции.

Монография рассчитана на специалистов водного и сельского хозяйства, научных работников, проектировщиков, студентов высших и средних специальных учебных заведений.

ББК 40.63

К $\frac{3303000000-054}{М\ 561(14)-84}$ Инф.письмо - 84

© Издательство "Илим", 1984 г.

П Р Е Д И С Л О В И Е

Принятая майским (1982 г.) Пленумом ЦК КПСС Продовольственная программа СССР на период до 1990 г. отводит мелиорации орошаемых земель, водохозяйственному строительству огромную роль в повышении плодородия почв, увеличении валового сбора зерна, хлопка-сырца и других сельскохозяйственных культур.

За этот период в Туркменской ССР намечено завершить строительство Каракумского канала им.В.И.Ленина, в Казахстане - продолжить работы по орошению земель в Кызылкумской степи, в Узбекской ССР - продолжить работы по комплексному освоению земель Каршинской и Джизакской степей, в Азербайджанской ССР - завершить строительство Велимчайского водохранилища, в Киргизской ССР - завершить строительство Папанского водохранилища, комплексное освоение земельных и водных ресурсов в Иссык-Кульской области и в районах Чуйской долины, в Таджикской ССР - продолжить освоение земель в Дангаринской степи.

Площади орошаемых земель в стране намечено довести в 1990 г. до 23,0-25,0 млн.га; освоить только в республиках Средней Азии, Азербайджанской ССР и Южном Казахстане более 4,3 млн.га орошаемых земель, обводнить 34,0 млн.га пастбищ.

Орошаемое земледелие Туркменской, Узбекской, Таджикской, Киргизской, Азербайджанской ССР и Южного Казахстана базируется на комплексе мелиоративных мероприятий, составляющей частью которых является дренаж.

Строительство дренажных систем в настоящее время ведется во всех регионах орошаемого земледелия. Построены и работают на урожай открытая коллекторно-дренажная сеть, закрытые горизонтальные

дрены, комбинированный и вертикальный дренаж. Однако не везде средства, затрачиваемые на строительство дренажа, окупаются в нормативные сроки в связи со слабой работой отдельных дренажных систем, преждевременным выходом их из строя.

Предлагаемые автором настоящей монографии методы интенсификации дренажа являются новым направлением в мелиоративной науке и практике. Внедрение их в производство создает условия для сокращения удельных капиталовложений и эксплуатационных затрат на дренаж орошаемых земель при одновременном повышении его мелиоративной эффективности. Разработанные автором новые конструкции дренажных систем, расчеты их, другие предложения по интенсификации дренажа делают монографию интересной и полезной как для Туркменской ССР, так и для других регионов, где имеется орошаемое земледелие.

Настоящая монография имеет большое научное и практическое значение и может быть использована научными сотрудниками, проектировщиками, работниками водохозяйственных организаций, студентами гидромелиоративных и сельскохозяйственных вузов и техникумов.

Министр
мелиорации и водного
хозяйства Туркменской ССР А.Ходжамурадов

В В Е Д Е Н И Е

Коммунистическая партия Советского Союза, правительство СССР постоянно уделяют огромное внимание развитию экономики нашей страны, надежным звеном которой является социалистическое сельское хозяйство.

Принятая мартовским (1965 г.) Пленумом ЦК КПСС научно обоснованная комплексная программа интенсификации сельского хозяйства позволила добиться больших успехов в его развитии, в увеличении сельскохозяйственной продукции.

Майский (1966 г.) Пленум ЦК КПСС возвел мелиорацию в ранг первостепенных мероприятий по повышению плодородия земель, урожайности всех сельскохозяйственных культур на орошаемых и осушенных землях.

Основные направления по дальнейшему подъему сельского хозяйства страны были намечены июльским (1978 г.) Пленумом ЦК КПСС, подтверждены и дополнены XXУI съездом Коммунистической партии Советского Союза.

Майский (1982 г.) Пленум ЦК КПСС одобрил Продовольственную программу СССР на период до 1990 г. Программа предусматривает дальнейшее повышение роли мелиорации в улучшении плодородия почв, в увеличении производства сельскохозяйственных продуктов. Площади орошаемых земель намечено довести в 1990 г. до 23-25 млн.га. Особое внимание будет уделено комплексному проведению мелиорации земель, их освоению, достижению проектной урожайности сельскохозяйственных культур. В целях повышения продуктивности мелиорированных земель, более рационального использования водных ресурсов на-

мечено в первую очередь осуществить реконструкцию действующих гидромелиоративных систем по всех орошаемых районах Средней Азии, Азербайджана и Казахстана. Помимо перечисленных важнейших мероприятий Продовольственной программой определены следующие основные задачи союзных республик:

В Казахской ССР - ввод в эксплуатацию 820,0 тыс.га орошаемых земель, обводнение не менее 22,0 млн.га пастбищ, продолжение работ по орошению земель в Кызылкумской степи.

В Узбекской ССР - продолжение работ по комплексному освоению земель Каршинской и Джизакской степей, ввод в эксплуатацию не менее 900,0 тыс.га орошаемых земель, обводнение 2,6 млн.га пастбищ.

В Азербайджанской ССР - завершение строительства Велишчайского водохранилища, ввод в сельскохозяйственный оборот 160,0 тыс.га орошаемых земель, обводнение 285,0 тыс.га пастбищ.

В Киргизской ССР - завершение в XI пятилетке строительства Папанского водохранилища, ввод в эксплуатацию не менее 150,0 тыс.га орошаемых земель, обводнение 750,0 тыс.га пастбищ, проведение работ по комплексному использованию земельных и водных ресурсов в Иссык-Кульской области и в районах Чуйской долины.

В Таджикской ССР - продолжение освоения земель в Дангаринской степи, ввод в эксплуатацию 100-110 тыс.га орошаемых земель.

В Туркменской ССР - завершение строительства Каракумского канала им.В.И.Ленина, ввод в эксплуатацию 180-190 тыс.га орошаемых земель, обводнение 8,4 млн.га пастбищ.

В выполнении такой напряженной, но вполне реальной Продовольственной программы большая роль отводится мелиораторам.

Опыт и теоретические разработки последних десятилетий показали, что сельское хозяйство в орошаемой зоне не может развиваться без дренажных сооружений, правильно выбранных по конструктивным особенностям для конкретных гидрогеологических условий того или иного массива. Засоление почв - основной бич орошаемого земледелия.

Тысячелетиями земледелец по крупице накапливал опыт борьбы с засолением орошаемых земель, искал наиболее эффективные способы повышения плодородия почв. Таким способом стала промывка земель определенной нормой воды, которая вымывала соли из корнеобитаемого слоя почвы и делала его пригодным для возделывания сельскохо-

зяйственных культур. Однако в условиях отсутствия подземного оттока вмытые в грунтовые воды соли обретали подвижность и вскоре вновь появлялись в толще активного слоя почвы, засоляя ее и угнетающе действуя на растительность.

Долгое время причина такого явления оставалась неизвестной. И только благодаря исследованиям гидрогеологов, мелиораторов и почвоведов было выявлено, что источником вторичного засоления почв являются высокоминерализованные грунтовые воды, близко расположенные к дневной поверхности.

Создать благополучное положение на орошаемых землях в этих условиях, как показали исследования В.А.Ковды (1946), А.Н.Костякова (1960), С.Ф.Аверьянова (1967, 1978) и других, можно только при помощи искусственного дренажа различного типа. Однако в мелиоративной науке долгое время бытовало мнение, что с засолением орошаемых земель можно бороться при помощи так называемых профилактических мер. В.А.Шаумян (1948) считал, что упорядочение водопользования, посев трав, повышение коэффициента полезного действия оросительных систем и другие профилактические мероприятия надежно защитят почвы от засоления.

В 1964 г. в г.Ташкенте состоялась Всесоюзная научно-техническая конференция по вопросам борьбы с засолением и улучшения мелиоративного состояния земель Средней Азии, Южного Казахстана и Азербайджана. Было выработано основное направление по борьбе с засолением почв, подтвердившее необходимость комплексного подхода к решению задачи сохранения и повышения плодородия почв при орошении..

В этот комплекс как необходимые и составляющие должны входить работы по строительству дренажа, назначением которого является регулирование водного, воздушного и солевого режимов почвогрунтов, создание оптимальных условий для возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях.

В настоящее время дренаж различного типа построен во всех орошаемых регионах Средней Азии, Казахстана и Азербайджана.С его помощью освоены сотни тысяч гектаров новых, ранее засоленных земель, улучшено плодородие почв, успешно предохраняются от вторичного засоления вновь освоенные и староорошаемые массивы орошаемых земель.

На строительство дренажа затрачиваются большие средства, однако эффективность его иногда не отвечает требованиям сельскохозяйственного производства. В определенных гидрогеологических и хозяйственных условиях существующие дренажные системы не справляются с нагрузкой, обусловленной водно-солевым балансом мелиорированных земель, выходят из строя задолго до нормативных сроков. В одном случае это недостатки проектов, строительства, эксплуатации, а в другом – конструктивное несовершенство дренажа.

В целях сокращения и более экономного расходования материальных ресурсов, сырья, труда при мелиорации орошаемых земель необходимо разработать методы интенсификации дренажа, которые позволили бы надежно предохранять почвогрунты от засоления, сохранять и повышать плодородие почв.

Опыт последних десятилетий показал, что интенсифицировать работу дренажа можно путем создания вакуума в его полости. На этой основе автором настоящей работы в период с 1965 по 1983 г. разработан и впервые внедрен в производство ряд новых конструкций дренажных систем с повышенной водозахватной способностью. К ним относятся вакуумная горизонтальная система, вакуумная система вертикальных дрен, дренажная система "большой колодец", мобильный дренаж, скважина вертикального дренажа с сифонными усилителями.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДРЕНАЖА

I.I. Борьба с засолением орошаемых земель

Засоление земель наносит большой ущерб экономике нашей страны, выводя ежегодно из сельскохозяйственного оборота сотни тысяч гектаров плодородных земель, снижая плодородие почв, урожайность сельскохозяйственных культур. Борьба с засолением орошаемых земель имеет большое народнохозяйственное значение.

Мелиоративная наука к настоящему времени разработала основные методы борьбы с засолением почв вновь осваиваемых земель и предупреждения засоления староорошаемых земель. При этом были использованы достижения таких смежных наук, как мелиоративная гидрогеология, почвенная гидрогеология, агротехника, агрохимия, почвоведение, агрометеорология, гидродинамика, гидротехника.

I.I.I. Основные теоретические работы по борьбе с засолением орошаемых земель

Проблемой борьбы с засолением занимались такие известные ученые, как А.Н.Костяков (1936, 1960), Л.П.Розов (1956), Н.А.Беседнов (1935, 1971), В.А.Ковда (1946, 1975, 1981), С.Ф.Аверьянов (1967, 1978), И.С.Рабочев (1964), В.М.Легостаев (1952), О.А.Грабовская (1954), В.В.Егоров (1983), В.Р.Волобуев (1959, 1975), Н.Ф.Бондаренко (1975), П.Я.Полубаринова-Кочина (1977), Н.Н.Веригин (1953), И.П.Айдаров (1971), А.И.Голованов (1971, 1980), H.Brenner (1962) и др.

Для предупреждения и борьбы с явлениями засоления почв академиком А.Н.Костяковым была разработана стройная система мероприя-

тий. Изложил он ее в докладе "Борьба с засолением почв в районах хлопководства" в 1936 г. на 3-й сессии ВАСХНИЛ.

Костяков А.Н. считал, что предотвратить засоление почв можно при поддержании уровня грунтовых вод на допустимой для данного массива глубине и обеспечении комковатой структуры почвы. При близком залегании уровня грунтовых вод к поверхности земли происходит их интенсивное испарение, в верхних слоях почвы при этом содержание солей становится тем больше, чем выше минерализация грунтовых вод.

Засоление, наряду с губительным действием на растения, обусловливает ухудшение физических свойств почв – уменьшается водопроницаемость, повышается вязкость и др. Задача мелиорации, как показывает А.Н.Костяков, состоит в том, чтобы удалить соли из почвы и тем самым снизить концентрацию почвенного раствора, улучшить физические и химические свойства почвы, создать оптимальные водный и солевой режимы, которые способствовали бы улучшению биологических процессов, протекающих в почве. Таким образом, для борьбы с явлениями засоления необходимо применять комплекс агротехнических и мелиоративно-гидротехнических мероприятий:

1. Создание и поддержание комковатой структуры почвы (травопольные севообороты, высокий уровень агротехники) в целях уменьшения капиллярного подъема воды и испарения ее с дневной поверхности.

2. Поддержание определенным поливным режимом оптимальной концентрации почвенного раствора.

3. Поддержание уровня грунтовых вод на оптимальной для данных конкретных условий глубине; при близком их залегании к поверхности земли предусматривать водоотведение при помощи дренажа.

4. Для устранения причин подъема грунтовых вод на орошаемых массивах предусматривать применение правильных поливных норм, уменьшение фильтрации воды из каналов, повышение кпд оросительных систем.

5. В тех случаях, когда перечисленные мероприятия не обеспечивают рассоления орошаемых земель, а также при освоении засоленных массивов необходимо проведение промывных поливов.

Розов Л.П. (1956) отмечает, что сдерживающими засоление почв факторами является всемерное уменьшение потерь воды из ороситель-

ной сети на фильтрацию и проведение высокого агротехнического комплекса. Однако, если этих мер окажется недостаточно для предотвращения засоления, то для удаления вредного избытка солей необходимо прибегнуть к промывкам почв орошаемого массива. Розов Л.П. отмечал, что промывка является приемом, широко распространенным в ирригационной практике, и при правильном ее осуществлении оказывается вполне эффективным методом мелиорации земель. Считается, что при определенном уровне грунтовых вод капиллярная кайма не будет достигать активного горизонта почвогрунтов, следовательно, явления засоления будут отсутствовать.

Такую глубину залегания уровня грунтовых вод Б.Б.Полынов (1930) назвал критической глубиной. Понятие "критическая глубина", как отмечают И.П.Айдаров (1971) и С.Ф.Аверьянов (1978), сыграло определенную прогрессивную роль в развитии вопроса борьбы с засолением почв. Однако в условиях интенсивного развития сельского хозяйства, когда на орошаемых землях получают высокие урожаи сельскохозяйственных культур при различной глубине залегания уровня грунтовых вод (в зависимости от степени их минерализации), это понятие трансформируется в "оптимальную" глубину грунтовых вод.

Следует иметь в виду также, что так называемая "критическая" глубина грунтовых вод - величина многофакторная (она зависит от климата, почвы, культуры, режима орошения, содержания солей в почве, грунтовых и оросительных водах, периода года и др.). Отсюда видно, что она не может быть величиной постоянной, а, следовательно, теряет свое главное свойство.

Беседнов Н.А.(1971) считает, что понятие "критический" уровень грунтовых вод, предложенный в 1928 г. С.И.Тюремновым и в 1930 г. Б.Б.Полыновым, отвечает всем требованиям мелиорации засоленных земель, так как только при этих условиях можно оторвать капиллярную кайму от активного метрового слоя почвогрунтов. Видимо, здесь Н.А.Беседнов принимает понятие "критическая" глубина грунтовых вод как величину однозначную, зависящую только от механического состава почвогрунтов.

Автор настоящей работы поддерживает высказанные И.П.Айдаровым и С.Ф.Аверьяновым соображения по вопросу о "критической" глубине грунтовых вод.

Далее Н.А.Беседновым (1971) высказывается спорное положение, что расчетной толщей рассоления почвогрунтов должна быть только толща выше дна дрен и что необязательно "опреснять" грунтовые воды на глубину 5-10 м. Практика мелиорации орошаемых земель в Хорезмском, Ташаузском, Чарджоуском, Бухарском и других оазисах показала, что там, где создана пресная "подушка" грунтовых вод, орошаемые земли надежно защищены от реставрации засоления. Очень правильным, на наш взгляд, является утверждение Н.А.Беседнова, что для решения вопросов сложной проблемы мелиорации засоленных земель необходимы совместные усилия специалистов в области мелиоративной гидрогеологии, почвенной гидрологии, гидродинамики, агротехники, агрохимии, почвоведения и гидротехники.

Аверьянов С.Ф.(1967) теоретически обосновывает необходимость дренажа на орошаемых землях. Тип дренажа и его параметры устанавливаются на основе анализа водного и солевого (расчлененных) балансов, прогнозов и технико-экономических расчетов. Приводятся сведения, что даже при кпд оросительной системы, равном 0,8, уровень грунтовых вод поднимается. Поднимаются и растворенные в них соли. Бороться с этим явлением можно только при помощи дренажа. При этом необходимо решить один из главных вопросов - когда строить дренаж и какого типа, какие междренные расстояния будут между ними.

Основным методом борьбы с засолением орошаемых земель является активное регулирование водного и солевого режимов почв. Достигается это путем строительства дренажа, проведения капитальных промывок в период освоения и профилактических мероприятий по предупреждению вторичного засоления в эксплуатационный период. Последние состоят из работ по уменьшению фильтрационных потерь, назначения правильных режимов полива, промывного режима орошения на фоне дренажа (С.Ф.Аверьянов, 1978).

Розов Л.П. (1956) предложил определять промывную норму по формуле:

$$M = П - m + \Delta П,$$

где $П$ - предельная влагоемкость, м^3/га; m - исходная влажность, м^3/га; $\Delta П$ - дополнительный объем воды, необходимый для удаления растворенных солей, м^3/га.

Коэффициент " α " определяется опытным путем; зависит от количества и состава солей, солеотдачи почвогрунтов.

Айдаров И.П. (1971), анализируя работы по промывкам, отмечает, что последующие исследователи выводили новые формулы, но отличались они друг от друга только применением других эмпирических коэффициентов. Основные допущения, принятые при выводах формул, заключались в следующем:

- расчетный слой почвогрунтов насыщается до полной влагоемкости; все соли растворяются;
- пресная вода как поршень выталкивает минерализованные воды из пор почвогрунта.

Эти формулы не учитывают распределение солей в промываемой толще почвогрунтов, интенсивность естественного или искусственного отвода воды.

Известно, что промывные поливы приводят в движение и грунтовые воды и растворенные в них соли. Этот довольно сложный физико-химический процесс в какой-то степени учитывается формулами при помощи эмпирических коэффициентов. И все же они не учитывают работу дренажа и гидрогеологические условия. Волобуевым В.Р.(1975) после обработки многочисленных опытов по промывкам земель была предложена следующая формула для определения промывной нормы:

$$M_H = 10\,000 \left(\alpha \cdot \lg \frac{S_1}{S_h} + \frac{\alpha}{\mu} h \right) м^3/га,$$

где S_1 – исходное засоление верхнего метрового слоя, %; S_h – допустимое содержание солей на глубине h, %; μ – коэффициент, величина которого зависит от скорости отвода промывных вод; h – расчетная глубина опреснения почвогрунтов, м.

Для прогноза солевого режима в метровом слое рекомендуется применять формулу:

$$S_t = S_0 e \left[\frac{E}{\gamma m} - \frac{D}{\alpha m} \right],$$

где S_0 и S_t – содержание солей в метровом слое соответственно в начальный период и в момент времени t, %; E – суммарное испарение, м^3/га; D – дренажный сток, м^3/га; γ и m – постоянные (γ = 2,718; m = 0,434).

Приведенные формулы выгодно отличаются от предыдущих. Они учитывают и характер движения солей в почвогрунтах, и глубину опреснения, и параметры дренажа. Однако в формулах имеются, как указывает И.П.Айдаров, и недостатки – наличие эмпирических коэффициентов, которые должны учитываться для каждого конкретного случая.

Все это указывает на большую сложность процессов передвижения солей в пористом пространстве почвогрунтов. Для обоснования параметров дренажа и его рассолящего действия необходимо совместно рассматривать и водный, и солевой режимы.

Основное уравнение движения солей и влаги в почвогрунтах имеет вид:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = D^* \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} \pm V_0 \frac{\partial n}{\partial x} \pm \beta (n_м - n).$$

В этом уравнении n – содержание солей в точке, г/л или %; t – время в сутках; x – глубина от поверхности земли до рассматриваемой точки, м; $n_м$ – предельная концентрация раствора, г/л или %; β – коэффициент обмена (растворение или сорбция); D^* – параметр переноса солей, м^2/сут;; V_0 – фактическая скорость движения влаги в почвогрунтах, м/сут; $V_0 = V/m$, где V – скорость фильтрации, м/сут; m – активная пористость почвогрунтов, в долях от объема.

Решая уравнение для установившегося и неустановившегося режимов, можно записать:

I. Для установившегося режима:

$$\bar{n} = -\frac{\bar{n}_2}{\bar{V}-1} + \left(1 + \frac{\bar{n}_2}{\bar{V}-1}\right) e^{2D_e\left(1-\frac{1}{\bar{V}}\right)(1-\bar{x})}$$

Здесь $$\bar{n} = \frac{n}{n_1}; \quad \bar{n}_2 = \frac{n_2}{n_1}; \quad \bar{V} = \frac{V_1}{V_2}; \quad \bar{x} = \frac{x}{x_1}.$$

$D_e = \frac{x_1 V_1}{2m D^*}$ – параметр Пекле; n – содержание солей в точке, г/л или %; n_1 – минерализация грунтовых вод, г/л или %; n_2 – минерализация оросительной воды, г/л или %; V_1 – испарение с поверхности почвы, м/сут; x_1 – глубина грунтовых вод, м; x – расстояние от поверхности земли до рассматриваемой точки, м.

2. Для неустановившегося режима:

$$\bar{n} = 0{,}5\left[\operatorname{erfc} z_2 + e^{z_1^2 - z_2^2}\left(\operatorname{erfc} z_1 - 4\operatorname{erfc} z_1\right)\right].$$

Здесь $n = \frac{n_э - n_2}{n_{исх} - n_2}$; $z_1 = a(1+\bar{x})$; $z_2 = a(1-\bar{x})$;

$$\bar{x} = \frac{x}{x_0}; \quad x_0 = \frac{Vt}{m} = V_0 t; \quad a = \frac{V}{2m}\sqrt{\frac{t}{D^*}},$$

где $n_{исх}$ – исходное содержание солей в расчетном слое, г/л или %; V – скорость фильтрации, м/сут; t – время, сут; $n_э$ – допустимое содержание солей, г/л или %; $\operatorname{erfc} U = 1 - \Phi(U)$ где $\Phi(u)$ – интеграл Крампа; $\operatorname{erfc} U = \int_u^\infty \operatorname{erfc} U\, dU$.

Уравнения движения солей и влаги при установившемся и неустановившемся режимах показывают, что для рассоления какого-либо слоя почвогрунта до определенного уровня недостаточен объем воды для одноразовой смены почвенного раствора. При помощи приведенных уравнений можно рассчитать промывную норму, если известны глубина рассоления, скорость фильтрации (в зависимости от интенсификации дренажа), параметр переноса солей.

Для расчета промывных норм за исходные, как правило, принимают средние запасы солей в каком-либо слое почвогрунта (И.П.Айдаров, Л.Ф.Пестов, 1973). Такой подход обусловливает неравномерность опреснения почв в связи с большой пестротой засоления. Авторы примером расчета показали, что при таком подходе недопромытые земли будут составлять около половины всей площади.

Рассоление большей части массива может быть достигнуто путем увеличения расчетных запасов солей в почвогрунтах при помощи более детальных солевых съемок. Это улучшит качество промывок, но, в свою очередь, увеличит их стоимость. В целях оптимизации затрат на промывные поливы авторы предлагают выбирать исходные запасы солей на основании инженерных технико-экономических расчетов, учитывающих стоимость промывок и убытки с недобором урожая. Видимо, следует согласиться с авторами данного предложения, так как потери урожая только хлопчатника на недопромытых участках составляют сотни тысяч тонн, что наносит большой ущерб народному хозяйству.

После сдачи в эксплуатацию оросительных систем и начала оро-

шения земель меняются гидрологические условия данной территории. Для правильной оценки происшедших изменений и прогноза водного режима необходимо знать взаимодействие всех элементов водного баланса.

Уравнение водного баланса впервые было составлено А.Н.Костяковым.

Для орошаемых массивов оно может быть записано следующим образом:

а) для поверхностных и почвенных вод:

$$\Delta W_1 + \Delta W_2 = O_p + O_c - \Sigma U + (1-\alpha)\cdot \Phi_k - C \pm g;$$

б) для грунтовых вод

$$\Delta W_{zp} = \pm g + \Pi - O + \alpha \cdot \Phi_k - D \pm \beta;$$

в) общий водный баланс орошаемого массива:

$$\Delta W_M = O_p + O_k + O_c - \Sigma U \ (\Pi - O) - C - D \pm \beta;$$

В этих формулах ΔW_1, ΔW_2, ΔW_{zp} и ΔW_M – изменение соответственно поверхностных, почвенных, грунтовых и общих запасов воды за определенный промежуток времени; O_p – водоподача с учетом кпд системы; O_c – атмосферные осадки; ΣU – суммарное испарение; Φ_k – потери на фильтрацию из оросительной сети; α – доля фильтрационных потерь Φ_k, пополняющая грунтовые воды; C – поверхностные сбросы с полей; g – водообмен между почвенными и грунтовыми водами; Π – подземный приток грунтовых вод; O – подземный отток грунтовых вод; D – дренажный сток; β – вертикальный водообмен между грунтовыми и подземными водами.

Для прогноза водного режима земель, предназначенных к орошению, необходимо:

– определить характеристики почв и гидрогеологические условия;

– составить существующий баланс почвенных и грунтовых вод (раздельно);

– определить дополнительное питание грунтовых вод с той техникой полива, которая будет применяться;

– определить возможный естественный подземный отток;

– обосновать необходимость дренажа; рассчитать динамику ре-

жима грунтовых вод во времени и определить сроки строительства дренажа.

Для прогнозирования солевого режима необходимо знать содержание солей в почвах, грунтах и грунтовых водах. Имея исходную глубину и минерализацию грунтовых вод, данные по содержанию солей в зоне аэрации почвогрунтов и применяя данные прогноза водного режима, можно прогнозировать растворение солей, минерализацию грунтовых вод при их подъеме и возможное засоление почв.

Таким образом, краткий анализ литературных данных показывает, что основой борьбы с засолением орошаемых земель являются методы регулирования водного и солевого режимов почв. Большая роль отводится дренажу различного типа для создания оптимального для данного массива водно-солевого и водно-воздушного режимов почвогрунтов.

В настоящее время все более остро встает вопрос о дефиците оросительной воды и, следовательно, о ее бережном расходовании при проведении промывок и поливов сельскохозяйственных культур. Оптимальные затраты воды зависят от того, какой мелиоративный режим выбран для того или иного массива. Термин "мелиоративный режим" введен в практику орошаемого земледелия в 1962 г. И.М.Решеткиной. Для создания какого-либо мелиоративного режима в определенных гидрогеологических и почвенно-мелиоративных условиях необходим комплекс инженерно-мелиоративных и агротехнических сооружений (Н.М.Решеткина, 1967).

В СССР принято считать возможными 4 типа мелиоративных режимов – автоморфный, полуавтоморфный, полугидроморфный и гидроморфный. По мнению некоторых ученых, на любом массиве можно создать любой мелиоративный режим (И.П.Айдаров, Э.К.Каримов, 1974).

Однако конечные результаты после внедрения какого-либо мелиоративного режима будут резко отличаться друг от друга. Так, для создания оптимального солевого режима при гидроморфном мелиоративном режиме потребуются большие объемы оросительной воды, чем при автоморфном. И если стоимость дренажа в первом случае будет меньше, чем во втором, то стоимость оросительной сети значительно возрастет. Авторы делают правильный вывод, что выбор оптимального мелиоративного режима должен обосновываться технико-экономическими расчетами.

Правильный выбор оптимального направления в борьбе с засолением почв всегда приводил к успеху. Строительство горизонтального, а частично и вертикального дренажа позволило мелиорировать почвы в Хорезмском, Ферганском, Бухарском, Чарджоуском и Ташаузском оазисах. На фоне дренажа значительно повысилось плодородие почв в Вахшской долине Таджикистана, Кура-Араксинской низменности Азербайджанской ССР, Чуйской впадине Киргизии. Большие работы по мелиорации земель проведены в зоне Каракумского канала им.В.И.Ленина, в Голодной и Каршинской степях, Каракалпакской АССР, Южном Казахстане.

Однако обоснование мероприятий по борьбе с засолением орошаемых земель, особенно в тяжелых гидрогеологических условиях, являлось и является самым сложным в той большой работе, которую необходимо при этом выполнять.

Броницкий Н.А. (1976), проводя исследования в Голодной степи, установил, что на тех массивах, где имеются напорные грунтовые воды, горизонтальный дренаж не справляется с нагрузкой, не отводит необходимые объемы воды и солей. И только после строительства вертикального дренажа мелиорация засоленных земель в тех условиях получила свою завершенность. Следовательно, строительство горизонтального дренажа не было достаточно обосновано, что привело к лишним затратам, обусловило несвоевременность ввода в действие земельных площадей.

Такую же картину наблюдали В.Макарова и В.Ходаков (1977) в зоне, примыкающей к южному Голодностепскому каналу на участке третьего отделения совхоза им.Узакова. Горизонтальный закрытый дренаж глубиной 2,0-2,5 м отводил достаточные объемы воды, однако доля напорных вод в этом объеме преобладала над грунтовыми. В результате дренаж отводил незначительное количество солей из верхней толщи почвогрунтов, не в полном объеме решал вопросы рассоления земель. Для снижения доли напорных вод авторы рекомендовали построить дополнительный вертикальный дренаж для снижения напорности.

Камилов О.(1980) на примере совхоза "Малик" показал,к каким последствиям может привести неправильно назначенный мелиоративный режим. Первоначально рекомендованный автоморфный режим требовал удерживать грунтовые воды на глубине около 5,0 м. Для этого необ-

ходимо было большое количество вертикальных дрен на единицу площади, так как 75% откачиваемой ими воды приходилось на долю притока извне. Исходя из экономической целесообразности здесь остановились на полуавтоморфном мелиоративном режиме, который допускает глубину залегания грунтовых вод до 3 м.

Твердохлебов Е. и Соколов Д. (1981) в целях выяснения причин несоответствия проектов с действительным состоянием орошаемых земель в 1976-1979 гг. проводили исследования в зоне старого орошения Голодной степи (на Шурузякском и Сардобинском массивах) и установили, что несмотря на понижение уровня грунтовых вод в результате работы скважин вертикального дренажа и горизонтальной КДС мелиоративное состояние земель не достигло проектного уровня. Объясняют это явление недостаточно качественной планировкой орошаемых участков, опережающими темпами работ по освоению земель по отношению к вводу в действие дренажных систем и слабой работой эксплуатационной службы.

Раньше считалось, что верхние террасы и подгорные покатости с глубоко залегающими грунтовыми водами не могут подвергаться вторичному засолению. В соответствии с этим назначались и проводились мелиоративные и сельскохозяйственные мероприятия. Практика показала, что такие земли через несколько лет после освоения могут быть вторично засолены.

Примером могут служить (А.М.Расулов, 1976) орошаемые почвы на высоких лессовых террасах, дренированные врезами рек Гедхиген и Сырдарьи. Спустя несколько лет после орошения эти земли подвергались заболачиванию и вторичному засолению, что вызвало снижение урожайности сельскохозяйственных культур, а местами и выпадение из сельскохозяйственного оборота ранее плодородных земель. Исследования А.М.Расулова показали, что в вегетационный период после поливов в подобных условиях может быть сформирован второй уровень ирригационно-грунтовых вод, так называемая верховодка, с повышенной минерализацией. При близком залегании к поверхности такие воды являются опасным источником вторичного засоления почв.

По сведениям А.М.Мамытова (1973), основная причина прогрессирующего заболачивания земель Чуйской впадины Киргизской ССР заключается в больших потерях воды из ирригационных каналов и с полей орошения, подпитывании грунтовых вод из напорных водоносных гори-

зонтов и слабой работе дренажной сети. Горизонтальный дренаж здесь построен с междренными расстояниями 600 м, вместо 200–400, как это было предусмотрено проектами.

Успех мелиоративных мероприятий будет обеспечен только тогда, когда их назначение базируется на знании природных процессов, протекающих в почвогрунтах до проведения мелиораций и после них (В.А.Ковда и Б.Г.Розанов, 1975).

Рабочев И.С. (1973), анализируя природные условия различных регионов (Вахшская долина в Таджикистане, оазисы в среднем и нижнем течении р.Амударьи, старая зона орошения Голодной степи Узбекистана, Сальянская и Мильская степи Азербайджанской ССР), делает следующие выводы: в Вахшской долине, Чарджоуском, Ташаузском и Хорезмском оазисах хорошие гидрогеологические условия предопределили большую эффективность горизонтального дренажа, на фоне которого произошло рассоление как староорошаемых, так и вновь осваиваемых земель. Гораздо медленнее происходит процесс рассоления почвогрунтов в старой зоне орошения Голодной степи, а также в Сальянской и Мильской степях. Обусловлено это неудовлетворительными фильтрационными свойствами грунтов, слабой их солеотдачей, высокой минерализацией грунтовых вод. Приведенные примеры неудовлетворительного решения задач мелиорации почв в различных гидрогеологических условиях показывают на необходимость, как это отметил И.С.Рабочев, совершенствования рассолительных мелиораций.

Наряду с развитием строительства дренажа необходимо повышать уровень технического состояния оросительных систем, что сократит нагрузку на дренаж, уменьшит подпитывание грунтовых вод, ускорит мелиорацию орошаемых земель (А.А.Рачинский, 1975). Духовный В.А. (1974) рекомендует сельскохозяйственному производству усилить дренированность орошаемых земель при помощи эффективных систем закрытого и вертикального дренажа, строительства частых бестраншейных горизонтальных дрен. А.Е.Нерозин (1975) отмечает, что в практике мелиорации главная роль в рассолении земель принадлежит промывным поливам на фоне эффективно действующего дренажа. П.А.Панкратов и П.А.Керзум (1974) предлагают на массивах с естественно слабодренированными мелкоземами строить дренаж глубиной 4–5 м. Н.Ф.Беспалов и И.К.Киселева (1974) полагают, что мелиоративная система только тогда будет наиболее совершенной, когда обеспечит поддержание уро-

вня минерализованных грунтовых вод на глубине, близкой к критической. И.С.Рабочев (1977) в целях ускорения рассоления почв и создания оптимальных условий, препятствующих реставрации засоления, предлагает следующие мероприятия: улучшить фильтрационные свойства почв при помощи рыхления, химмелиорантов, применения постоянного электрического тока, омагничивания воды, ультразвука, рассолить почвогрунты в толще активного солеобмена, создать пресную "подушку" грунтовых вод, использовать слабоминерализованные подземные и дренажные воды для промывки земель.

Следует отметить, что в большинстве своем практика проведения мелиоративных мероприятий подтвердила правильность теоретических положений, разработанных учеными.

Интенсивное развитие орошаемого земледелия в республиках Средней Азии, Закавказья и Казахстане обусловило увеличение стока дренажных вод. В настоящее время годовой объем дренажных вод, отводимый за пределы культурных земель, составляет 20-50 % водозабора. Минерализация дренажного стока довольно пестрая: от 2-5 г/л в староорошаемых оазисах с хорошими гидрогеологическими условиями до 20-30 г/л в мелкоземных почвогрунтах. Как в нашей стране, так и за рубежом достаточно широко практикуется применение слабоминерализованных подземных и дренажных вод для промывок засоленных земель и полива сельскохозяйственных культур. В работах И.С.Зонна (1972), Р.Гхоша и О.П.Кумры (1976), И.С.Рабочева (1973), Ш.Ю.Юнусова (1979), А.Шуравилина (1982), В.В.Егорова (1974) М.Ф.Челиканова и П.Б.Аракелова (1974), Н.Г.Минашиной (1972), А.К.Бехбудова (1973) и других авторов приводятся результаты применения слабоминерализованных вод в сельском хозяйстве. Однако следует отметить, что несмотря на положительные результаты, полученные исследованиями при использовании минерализованной воды, в этой проблеме есть много нерешенных вопросов. Дальнейшие исследования должны показать, что будет с почвами при многолетнем взаимодействии с минерализованными водами, возможно ли не только сохранение, но и повышение плодородия почв, как и какие растения при этом лучше всего культивировать и ряд других факторов, характеризующих взаимодействие цепочки: минерализованная вода - почва - растения.

Во многих районах нашей страны проходит опытно-производст-

венную проверку метод омагничивания минерализованной воды с последующим использованием ее на промывные поливы и орошение сельскохозяйственных культур. Исследования показали высокую эффективность этого метода. Омагниченная вода способствует ускоренной промывке земель от вредных для сельскохозяйственных растений солей, создает благоприятные условия для роста растений, увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур.

В среднеазиатских республиках засоленные в разной степени земли занимают около 60 % орошаемых площадей, что значительно снижает урожаи сельскохозяйственных культур. По имеющимся подсчетам, на слабо- и среднезасоленных землях урожайность основной культуры - хлопчатника - снижается на 30-35 % по сравнению с незасоленными массивами. Отсюда видно, какое огромное значение в орошаемом земледелии имеют методы рассоления почв.

Для разных регионов и объектов разработан ряд классификаций почв по степени засоления, которые совершенствовались по мере разработки теории о засолении почв и получения фактических материалов о солеустойчивости сельскохозяйственных растений (Н.А.Димо, К.К.Гедройц, Б.В.Федоров, В.А.Ковда, И.С.Рабочев, В.В.Егоров, Н.Г.Минашина и другие). Приведем классификацию почв по степени засоления, разработанную Н.Г.Минашиной (1978), наиболее полно отражающую зависимость урожая хлопка-сырца от содержания токсичных солей в почвенных растворах, что равнозначно зависимости плодородия орошаемых земель от тех же факторов.

Методы рассоления почвогрунтов в наше время базируются с основном на промывках, которые растворяют и вытесняют содержащиеся в почвах соли. Следует отметить, что земледельцы издавна пользуются этим приемом, опираясь на многовековой опыт борьбы с засолением почв. Однако еще в древние времена было замечено, что промывные поливы не всегда и не везде дают желаемые результаты. После промывок верхний слой почвы опресняется до оптимального содержания солей, земледельцы получают хорошие всходы сельскохозяйственных культур. Но на отдельных массивах спустя некоторое время, а иногда сразу же после первого вегетационного полива наступала гибель почти всех растений. Долгое время причина такого явления оставалась неизвестной. И только теоретические работы и практика последних десятилетий показали, что причиной быстрой реставрации за-

I. Классификация орошаемых почв
по степени засоления (по Минашиной Н.Г.)

Степень засоления почв	Хлоридно-сульфатные			Хлоридные		
	соли по водной вытяжке, % на сухую почву		концентрация солей в почвенном растворе, г/л	соли по водной вытяжке, % на сухую почву		концентрация солей в почвенном растворе, г/л
	сутлинистую	сутлин. и тонкопесчаную		сутлинистую	сутлин. и тонкопесчаную	
Незасоленные	0,08	0,05	4	0,06	0,04	3
Слабозасоленные	0,09–0,20	0,06–0,15	4–10	0,07–0,14	0,05–0,10	3–7
Среднезасоленные	0,21–0,40	0,16 0,30	10–20	0,15–0,30	0,11–0,24	7–15
Сильнозасоленные	0,41–0,80	0,31–0,60	20–40	0,31–0,60	0,25–0,45	15–30
Очень сильно засоленные	>0,80	>0,60	>40	>0,60	>0,45	>30

соления орошаемых земель после промывок являются высокоминерализованные грунтовые воды при близком залегании их уровня к дневной поверхности. Физика этого явления выглядит следующим образом: промывные поливы растворяют соли, находящиеся в почве, и вмывают их в грунтовые воды, повышая минерализацию последних. В условиях наличия подземного оттока грунтовые воды вместе с содержащимися в них солями отводятся за пределы орошаемых земель. В условиях отсутствия подземного оттока уровень высокоминерализованных грунтовых вод после промывных поливов резко повышается. При интенсивном испарении, которое характерно для всех орошаемых районов аридной зоны, минерализованные грунтовые воды становятся опасным источником засоления почв.

До недавнего времени с этим явлением пробовали бороться разными способами и приемами.

Один из них предусматривает небольшой коэффициент земельного использования (КЗИ), что возможно только в условиях, когда не все земли вовлечены в сельскохозяйственный оборот.

Под неиспользуемыми землями уровень грунтовых вод всегда ниже, чем на орошаемых участках, поэтому фильтрационные бугры, образовавшиеся под влиянием промывных и вегетационных поливов под орошаемыми полями, в силу гидростатического выравнивания уровней перетекают на неорошаемые участки.

Глубина залегания грунтовых вод на них под влиянием испарения уменьшается, а минерализация увеличивается. Такие неорошаемые участки получили название "сухого дренажа". Стягивая к себе вымываемые с орошаемых полей соли, неорошаемые массивы со временем превращаются в трудноосваиваемые солончаки.

Разумеется, такой прием борьбы с засоленностью почв не может быть рекомендован сельскохозяйственному производству. Таким образом, в целях борьбы с засолением земель и предупреждением вторичного засоления в условиях отсутствия подземного оттока необходимо отводить грунтовые воды искусственным путем при помощи дренажных систем различного типа.

До недавнего времени строительство дренажа на орошаемых землях сдерживалось по различным причинам. Основная из них сводилась к попытке подменить дренаж различными мероприятиями профилактического характера. Предлагалось, например, упорядочить водопользование, облицевать все оросительные каналы водонепроницаемой "одеждой", поливать строго заданными нормами воды, которые полностью использовались бы растениями и не подпитывали грунтовые воды (В.А.Шаумян, 1948). Авторы такого предположения забывали об одном: даже при таких идеальных условиях засоление почв было бы неизбежно, а, значит, и неизбежно проведение промывных поливов.

Объясняется это тем, что растения потребляют в основном чистую воду, а в любой оросительной воде, даже самого высокого качества, содержится определенное количество солей. Например, вода в реке Амударье имеет 0,5-0,8 г/л солей, реки Мургаб и Теджен - 0,8-2,5, Сырдарьи - от 1,0 до 2,0 г/л. Каждый гектар орошаемой площади должен получить до 10,0 тыс.м^3 оросительной воды в год. Следовательно, ежегодно в верхних слоях почвы будет откладываться от 5 до 25 т/га солей, что со временем приведет к засолению.

Опыты, проведенные В.А.Духовным (1979) в новой зоне орошения Голодной и Каршинской степей, показали, что повышение кпд оросительных систем до 0,78–0,82 в сочетании с самой совершенной техникой полива не предотвращает подъем грунтовых вод. Добавим к этому, что при освоении новых засоленных земель в движение приводятся все новые и новые запасы солей.

Все это приведет к опасности вторичного засоления земель, если не будут приняты радикальные меры по удалению солей за пределы культурных земель и понижению на оптимальную глубину уровня грунтовых вод.

В 1964 г. в Ташкенте на Всесоюзной конференции по мелиорации почв была подтверждена необходимость строительства дренажа на орошаемых землях в целях предупреждения вторичного засоления и борьбы с засолением почв.

1.2. Существующий дренаж орошаемых земель

Мировой практике известно много типов естественного и искусственного дренажа, которые успешно применяются при мелиорации сельскохозяйственных земель в аридной зоне. Естественный дренаж – это способность почвогрунтов хорошо пропускать через себя грунтовую и инфильтрационную воду в горизонтальном и вертикальном направлениях при наличии достаточных уклонов местности.

Реки и водотоки в предгорных и горных районах перехватывают и отводят грунтовые воды, следовательно, и они также служат естественным дренажем.

Известно, каким мощным фактором дренирования земель является отток воды из почвы под влиянием испарения. Ежегодно в условиях аридного климата каждый гектар орошаемого поля испаряет более 10 тыс.м^3 грунтовой и поливной воды. Однако благоприятные мелиоративные условия территории может создать только такой естественный дренаж, который отводит воду вместе с растворенными в ней солями.

Испарение с поверхности почвы значительно влияет на уровень грунтовых вод, однако при этом в почвогрунтах накапливается большое количество солей, что приводит к вторичному засолению почв.

Особую значимость имеют гидротехнические виды искусственного

дренажа. Это открытый и закрытый горизонтальный, комбинированный (горизонтальные дрены с усилителями), вертикальный дренажи. Сюда также относится биологический дренаж: древесные влаголюбивые насаждения, посевы трав с большой транспирационной способностью и другая растительность с мощной корневой системой.

I.2.I. Открытий горизонтальный дренаж

Открытый горизонтальный дренаж представляет собой разветвленную сеть больших и малых земляных каналов, дно которых вскрывает уровень грунтовых вод. Малые каналы располагаются в направлении гидроизогипс и выполняют функцию дрен. Большие каналы (водоприемники) располагаются в низинах по уклону местности. Большие каналы выполняют двойную роль: они не только отводят поступающую из дрен воду, но и сами дренируют прилегающие массивы.

В настоящее время открытый горизонтальный дренаж является основным видом в республиках Среднеазиатского региона, Азербайджане и Казахстане.

Следует отметить, что строительство открытой сети было вызвано необходимостью в короткие сроки улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель и повысить урожайность всех сельскохозяйственных культур и особенно хлопчатника. Сейчас можно сказать, что с поставленной задачей открытый дренаж справился успешно. Плодородие почв на фоне открытой коллекторно-дренажной сети значительно улучшилось за счет отвода за пределы культурных земель большого объема минерализованной воды. В тех регионах, где коллекторно-дренажная сеть работает не один десяток лет, с каждого гектара орошаемой площади отведено большое количество вредных для сельскохозяйственных растений солей.

Начало строительства КДС в Туркменской ССР относится к первой половине 50-х гг. Но особенно большой размах оно приобрело после майского (I966 г.) Пленума ЦК КПСС.

По состоянию на I января I98I г. протяженность коллекторно-дренажной сети составляла в Туркменистане I7 I7I км.

В зависимости от природно-хозяйственных условий удельная насыщенность коллекторно-дренажной сети должна быть различной в оро-

шаемых зонах Туркменской ССР. В Ташаузской области она должна быть не менее 40-45 м/га, Чарджоуской, Марыйской и Ашхабадской областях - соответственно 30-35 и 55-60 м/га.

Развитие коллекторно-дренажной сети в орошаемых оазисах республики проходило неодинаково. Первоначально дренаж стали строить в Чарджоуском и Ташаузском оазисах. И только в середине 60-х гг. он начал применяться в Марыйской и Ашхабадской областях (табл.2).

Строительству производственного дренажа в Чарджоуской области предшествовали большие работы по исследованию эффективности его действия. Эти исследования проводились И.С.Рабочевым (1964) на полях Чарджоуской сельскохозяйственной станции (1943 г.), а также в колхозах Дейнауского (1940 г.) и Чарджоуского (1944-1945 гг.) районов.

До строительства коллекторно-дренажной сети коэффициент земельного использования (КЗИ) в оазисах не превышал 0,35. Но даже и при таком незначительном КЗИ орошаемые поля были подвержены засолению и заболачиванию. Особенно неблагополучно было с массивами, которые имели низкие отметки. Промывные поливы верхних земель вызывали заболачивание низин, что отодвигало сроки посева хлопчатника на май, а иногда и на июнь. Земли засолялись, выходили из строя. В этих условиях было принято решение приступить к строительству комплексной мелиоративной системы, которая позволила бы улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель, повысить урожайность сельскохозяйственных культур.

Проектом предусматривалось в первую очередь дренировать земли Чарджоуской группы районов, а затем интенсивно продвигаться вверх по течению р.Амударьи и мелиорировать земли Керкинской группы районов. В 1953 г. было начато строительство Главного Левобережного коллектора (ГЛК), трасса которого проходила по границе культурного оазиса с пустыней Каракумы. Общая протяженность ГЛК составляет 210 км. На территории Дейнауского района построено подпорное гидротехническое сооружение, которое дало возможность наполнять дренажными водами озера Катта-Шор. Эти озера и по сей день являются базой промышленного отлова рыбы.

Главный Левобережный коллектор обслуживает Дейнауский, Чарджоуский, Сакарский, Саятский и Карабекаульский административные районы. Одновременно с ГЛК строили межхозяйственную и внутрихо-

2. Общая и удельная протяженность дренажной сети в Туркменской ССР

Область	Год	Орошаемая площадь, тыс.га	Протяженность КДС, км		Удельная протяженность, м/га	Проектная протяженность, м/га
			всего	в том числе закрытая		
Ашхабадская	1965	119,5	-	-	-	55-60
	1971	176,1	816	147	4,6	
	1976	228,5	1871	334	8,2	
	1980	232,6	2298	1009	9,9	
Марийская	1965	153,6	886	-	5,8	55-60
	1971	230,8	2825	257	12,2	
	1976	305,0	4266	822	14,0	
	1980	311,6	4855	1503	15,6	
Чарджоуская	1965	120,0	1726	-	14,4	30-35
	1971	141,8	3317	-	23,4	
	1976	169,2	3782	5	22,4	
	1980	177,4	4228	284	23,8	
Ташаузская	1965	128,2	2065	-	16,1	40-45
	1971	146,3	4269	7	29,2	
	1976	179,2	5120	80	28,6	
	1980	209,9	5790	271	27,6	
В с е г о	1965	521,3	4677	-	9,0	
	1971	695,0	11215	411	16,1	
	1976	882,0	15028	1241	17,0	
	1980	931,5	17171	3067	18,4	

зяйственную коллекторно-дренажную сеть. В первые же годы после строительства коллекторы завоевали популярность у земледельцев. В зоне их действия урожайность основной культуры - хлопчатника - выгодно отличалась от бездренажных условий.

Позднее коллекторно-дренажная сеть была построена и в других районах.

Коллекторно-дренажная сеть, несмотря на свои отдельные конструктивные недостатки, принесла определенную пользу сельскому хозяйству области. На ее фоне было улучшено плодородие орошаемых земель, освоены новые массивы (табл.3).

3. Мелиоративная характеристика земель Чарджоуского оазиса

Год	Общая площадь орошаемых земель, га	Площадь засоленных земель, га			
		Всего	слабого засоления	среднего засоления	сильного засоления
1966	117816	105645	40055	44027	21563
1974	163843	126472	63347	44507	18618

За период с 1966 по 1974 г. в оазисе освоено и введено в сельхозоборот около 46,0 тыс.га новых земель. Заметно увеличились площади незасоленных и слабозасоленных массивов.

Сток дренажных вод в оазисе находится в прямой зависимости от удельной протяженности дренажной сети и водоподачи на орошение (табл.4).

Всего за пределы культурных земель Чарджоуского оазиса за весь период работы открытого горизонтального дренажа отведено свыше 90,0 млн.т солей, что в пересчете на 1 гектар орошаемой площади составляет более 500 т.

Такая работа дренажа по выносу солей оказала благоприятное воздействие на улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель и позволила освоить большие массивы новых земель. Заметно повысилась и урожайность хлопчатника - с 18,8 ц/га в 1953 г. до 30,0 ц/га в 1980 г.

Однако платить за это приходится дорогой ценой: около 50 %

4. Зависимость дренажного стока от водоподачи
(Чарджоуский оазис)

Год	Подано воды на орошение, млн.м³	Сток дренажных вод, млн.м³	Минерализация дренажных вод, г/л	Сток солей, тыс.т	Отношение дренажного стока к общей водоподаче, %
1953	1441	1	12,0	12	0,07
1954	1571	6	12,0	72	0,38
1955	1827	20	12,5	248	1,09
1956	1902	36	12,0	430	1,89
1957	2114	55	10,5	572	2,60
1958	2151	55	8,9	485	2,56
1959	1976	62	8,8	580	3,14
1960	2372	100	8,9	890	4,21
1961	2309	100	9,0	895	4,33
1962	2354	136	8,5	1125	5,77
1963	2412	149	8,5	1260	6,18
1964	2454	181	8,7	1570	7,38
1965	2654	264	8,2	2150	9,95
1966	2853	614	4,6	2809	21,52
1967	2899	756	4,5	3398	26,07
1968	3114	889	4,0	3562	28,55
1969	2647	973	3,6	3535	36,76
1970	3316	1122	3,8	4218	33,84
1971	3449	1195	3,7	4446	34,65
1972	3380	1384	3,8	5312	40,95
1973	3714	1511	3,6	5486	40,68
1974	4039	1604	3,3	5299	39,71
1975	4089	1808	3,1	5605	44,22
1976	4363	2157	3,0	6471	49,44
1977	3933	1948	2,9	5650	49,53
1978	4726	2457	3,1	7617	51,99
1979	5057	2396	3,1	7429	47,40
1980	5327	2600	2,7	7019	48,81

воды, забираемой на орошение, пропускается через почвогрунты и сбрасывается в дренажную сеть. При этом оптимальная величина водоотведения в гидрогеологических условиях Чарджоуского оазиса составляет 30 %. Таким образом, почти половина дренажного стока - это бесполезная переработка ирригационных вод в дренажные.

Коллекторно-дренажная сеть Ташауэского оазиса представлена открытыми каналами межхозяйственного и внутрихозяйственного назначения. Межхозяйственные впадают в Дарьялыкский и Озерный межреспубликанского значения коллекторы, которые отводят весь дренажный сток в Сарыкамышскую впадину.

Анализ динамики роста коллекторно-дренажной сети и орошаемой площади показал большую экономическую эффективность проводимых мелиоративных мероприятий (табл.5). Вместе с ростом протяженности коллекторно-дренажной сети увеличилась и орошаемая площадь.

Однако следует отметить, что в Ташауэской области не все еще делается для быстрой окупаемости капитальных вложений в мелиоративное строительство. Если за первые десять лет (1956-1966 гг.) после начала внедрения коллекторно-дренажной сети урожайность ведущей культуры - хлопчатника - повысилась почти на 10 ц/га, то в последующем в этом вопросе не наблюдается особого прогресса (табл.6).

Анализ мелиоративной обстановки в области показывает, что при существующем положении на дальнейшее повышение урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе хлопчатника, рассчитывать нельзя. Рассмотрим некоторые элементы водного и солевого баланса оазиса, оказывающие влияние на мелиоративное состояние земель (табл.7).

Как видим, ежегодно происходит наращивание выноса солей с орошаемых полей. Только за последние 10 лет за пределы культурных земель отведено 32 931 тыс.т солей, то есть 155 т с каждого гектара поливной площади.

Однако, несмотря на большое количество отведенных солей и сравнительно низкий КЗИ (37,5 %), общая площадь засоленных орошаемых земель в оазисе остается все еще высокой.

В 1979 г., по данным института "Туркменгипрозем", в Ташауэской области из 174,0 тыс.га обследованных земель около

5. Динамика роста орошаемых площадей и протяженности коллекторно-дренажной сети (Ташаузский оазис)

Год	Орошаемая площадь, тыс.га	КЗИ, %	Протяженность КДС, км				Удельная протяженность, м/га
			всего	межреспубликанская	межхозяйственная	внутрихозяйственная	
I965	I28,2	22,9	2065	6I2	683	770	I6,I
I966	I24,2	22,2	2422	669	927	826	I9,5
I967	I29,2	23,I	2863	669	95I	I243	22,2
I968	I3I,2	23,4	3I22	669	II06	I347	23,8
I969	I33,9	23,9	3295	669	II20	I506	24,6
I970	I40,0	25,0	3672	669	II95	I808	26,2
I97I	I46,3	26,I	4262	669	I250	2343	29,I
I972	I5I,5	27,0	4549	669	I294	2586	30,0
I973	I54,0	27,5	4697	669	I33I	2697	30,5
I974	I7I,8	30,7	4837	669	I33I	2837	28,2
I975	I74,4	3I,I	4945	669	I35I	2925	28,4
I976	I79,2	32,0	5200	669	I375	3I56	29,0
I977	I98,4	35,4	53I9	669	I398	3252	26,8
I978	200,2	35,8	5498	669	I448	338I	27,5
I979	205,8	36,8	58I0	669	I5I6	3625	28,2
I980	209,9	37,5	606I	739	I635	3687	28,9

80,0 тыс.га, или 45 %, имели среднюю и сильную засоленность и нуждались в дополнительных мелиоративных мероприятиях.

По степени засоления обследованные земли распределялись следующим образом: слабого засоления - 96,0 тыс.га, среднего - 58,0 и сильного засоления - около 20,0 тыс.га.

Если учесть, что даже на землях слабого засоления урожайность хлопчатника снижается на I0-I5 %, то становится понятным тот большой ущерб, который наносят сельскому хозяйству засоленные массивы. "Сухой дренаж" и существующая в оазисе протяженность открытых дрен

6. Урожайность хлопчатника в Ташаузском оазисе за период с 1966 по 1980 г.

Год	Площадь под хлопчатником, тыс.га	Валовой сбор хлопка-сырца, тыс.т	Урожайность, ц/га
1966	68,8	216,00	31,40
1967	69,2	227,00	32,80
1968	69,5	242,04	34,90
1969	72,3	182,54	25,30
1970	80,0	258,82	32,33
1971	92,0	286,67	31,10
1972	90,5	279,27	30,94
1973	91,5	310,06	33,90
1974	108,0	349,91	32,40
1975	109,2	354,27	32,40
1976	110,0	339,90	30,90
1977	120,4	390,10	32,20
1978	120,5	331,98	31,70
1979	120,0	375,60	31,30
1980	122,0	385,52	31,60

и коллекторов не в состоянии активно влиять на мелиорацию орошаемых земель. При этом следует отметить, что "сухой дренаж" (неорошаемые земли) создает у отдельных специалистов видимость мелиоративного благополучия и притормаживает развитие искусственных дренажных систем.

Практика орошаемого земледелия давно показала, что неполивные земли аккумулируют соли и служат затем постоянным источником засоления прилегающих к ним орошаемых участков. К этому следует добавить, что чем больше времени тот или иной участок выполнял роль "сухого дренажа", тем больше труда и средств придется вложить в него при освоении.

Для улучшения мелиоративного состояния староорошаемых земель и освоения новых массивов в Ташаузском оазисе необходимо продолжать форсированное строительство коллекторно-дренажной сети и до-

7. Водозабор и дренажный сток Ташаузского оазиса за период с 1966 по 1980 г.

Год	Водозабор, млн.м³	Дренажный сток, млн.м³	Минерализация дренажного стока, г/л	Сток солей, тыс.т	% дренажного стока к водозабору
1966	3528	386	5,8	2251	11,0
1967	3380	342	4,9	1685	10,1
1968	3875	503	5,0	2479	13,0
1969	3550	597	4,2	2526	16,8
1970	3861	663	4,9	3274	17,2
1971	4299	614	5,2	3218	14,2
1972	4527	680	4,2	2875	15,0
1973	4780	776	4,0	3133	16,2
1974	4490	733	3,6	2662	16,3
1975	5279	773	3,9	2996	14,6
1976	5040	997	3,3	3252	19,8
1977	5332	785	5,5	4354	14,7
1978	5190	1290	3,0	3944	24,8
1979	5769	1146	2,9	3360	20,0
1980	6156	1013	3,2	3236	16,4

вести удельную протяженность дренажа до проектной величины. В первую очередь это должно быть сделано за счет строительства закрытого горизонтального дренажа непосредственно на поливных участках. Необходимо также в целях улучшения качества поливной воды прекратить сброс высокоминерализованных дренажных вод в р.Амударью с территорий Узбекистана и Туркменской ССР.

После завершения строительства первой очереди Каракумского канала в Мургабском оазисе были освоены большие массивы опустыненных земель, а также повышена водообеспеченность старорошаемых. Оросительная норма поднялась с 14,0 до 19,0 тыс.м³/га. Уровень грунтовых вод в бездренажных условиях стал неуклонно подниматься, вызывая засоление почв и снижая урожайность сельскохозяйственных культур.

В целях улучшения мелиоративной обстановки в 1960 г. было

начато строительство открытого горизонтального дренажа на основных массивах, обслуживаемых Каракумским каналом им.В.И.Ленина. Однако темпы строительства дренажа были невысокими и отставали от потребностей орошаемого земледелия (табл.8).

8. Динамика роста орошаемых площадей и протяженности коллекторно-дренажной сети в зоне Каракумского канала им.В.И.Ленина (Марыйская область)

Год	Поливная площадь, тыс.га	Протяженность коллекторно-дренажной сети, км	Удельная протяженность дренажа, м/га
1960	121,3	70	0,6
1961	143,4	110	0,8
1962	140,5	243	1,7
1963	155,9	548	3,5
1964	153,1	642	4,2
1965	153,9	889	5,8
1966	155,3	1207	7,8
1967	174,7	1466	8,4
1968	171,6	1863	10,8
1969	178,6	2267	12,7
1970	228,7	2462	10,8
1971	230,8	3082	13,3
1972	238,4	3452	14,5
1973	251,5	4188	16,7
1974	294,0	4594	15,6
1975	300,1	4826	16,1
1976	305,0	5088	16,7
1977	306,5	5320	17,3
1978	307,6	5592	18,5
1979	310,1	5953	19,2
1980	315,5	6358	20,4

С нарастанием удельной протяженности коллекторно-дренажной сети, как правило, отмечается повышение плодородия почв, что обычно фиксируется повышением урожайности сельскохозяйственных культур (табл.9).

9. Динамика урожайности хлопчатника в Марыйской области (включая Хаузханский массив)

Год	Урожайность	Год	Урожайность
I966	I8,6	I974	I7,9
I967	I9,8	I975	I6,8
I968	I9,3	I976	I5,7
I969	20,4	I977	I8,2
I970	I8,7	I978	I8,5
I97I	I7,0	I979	I9,7
I972	I8,0	I980	20,6
I973	2I,5		

Снижение урожайности в начале 70-х гг. объясняется малой удельной протяженностью дренажа, высоким стоянием уровня минерализованных вод, нарушением техники полива и несоблюдением режима орошения.

Общая низкая урожайность хлопчатника и других сельскохозяйственных культур обусловлена как неблагополучным мелиоративным состоянием орошаемых земель, так и недостаточной культурой земледелия в этом оазисе.

В целях коренного улучшения ведения сельского хозяйства в Марыйской области необходимо прежде всего повысить удельную протяженность горизонтального дренажа, доведя ее до 60-65 м/га, качественно проводить промывные поливы засоленных земель, повысить общую культуру земледелия.

В Марыйской области допущен ряд ошибок при расширении орошаемых земель в связи с приходом амударьинской воды. Было нарушено принципиальное положение проектирования оросительных систем и освоения новых земель для возделывания сельскохозяйственных культур, которое предусматривает обязательное строительство дренажной сети на массивах с затрудненным естественным оттоком грунтовых вод (Н.Г.Минашина, I974).

Однако в первых проектах освоения земель с использованием амударьинской воды о дренаже не было упоминания. С расширени-

ем площадей орошаемых земель на бездренажном фоне уровень грунтовых вод стал катастрофически быстро подниматься, что обусловило перераспределение солей в толще почвогрунтов и засоление активного слоя почвы.

С приходом воды первой очереди Каракумского канала ежегодно осваивалось и вводилось в сельхозоборот до 10,0 тыс.га. По состоянию на I января 1981 г. в Марыйской области орошалось уже 315,5 тыс.га.

Однако не все земли обеспечены дренажем. Неблагополучно в этом отношении на Хаузханском массиве, где в связи с освоением земель без инженерного обоснования и дренажной сети около 100,0 тыс.га находятся в тяжелом мелиоративном состоянии.

В 1965 г. в Ашхабадской области 119,5 тыс.га орошались без искусственного дренажа. Строительство его было начато после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС. К I января 1981 г. протяженность дренажа составляла 3307 км, в том числе закрытого типа - 1109 км (табл.10).

10. Развитие коллекторно-дренажной сети в Ашхабадской области

Год	Протяженность дренажа, км	Год	Протяженность дренажа, км
1966	208,1	1974	1857,3
1967	208,7	1975	2066,9
1968	510,7	1976	2204,7
1969	608,2	1977	2404,7
1970	706,6	1978	2611,3
1971	963,4	1979	2822,7
1972	1115,2	1980	3307,3
1973	1313,5		

Удельная протяженность коллекторно-дренажной сети по состоянию на I января 1981 г. составляла 14,0 м на гектар орошаемой площади при норме 60-65 м/га. К этому следует добавить, что в области имеется более 200 дренажных скважин, которые по своей мелиора-

тивной эффективности заменяют около 400 км горизонтального дренажа.

Недостаточный отвод высокоминерализованных грунтовых вод за пределы культурных земель обусловливает неблагоприятные мелиоративные условия основных орошаемых массивов Тедженского оазиса и подгорной равнины Копетдага.

Рассмотрим урожайность хлопчатника в увязке с некоторыми элементами водного баланса и гидрогеологическими условиями орошаемых земель Ашхабадской области (табл.II).

II. Зависимость плодородия земель от мелиоративной эффективности коллекторно-дренажной сети

Год	Орошаемая площадь, тыс.га	Водозабор, млн.м³	Удельная протяженность дренажа, м/га	Отвод дренажных вод, млн.м³	% отвода от водоподачи	Минерализация дренажных вод	Сток солей, тыс.т	Урожайность хлопчатника, ц/га
1971	176,1	2458	5,5	56	2	34,5	1951	21,1
1976	228,5	3803	9,6	208	5	29,2	6065	14,9
1979	227,6	3857	12,4	344	9	20,2	6950	16,6

В 1971 г., когда дренаж был построен на ограниченной площади и практически не оказывал существенного влияния на мелиоративную обстановку в орошаемой зоне, урожайность хлопчатника составляла 21,1 ц/га.

Объяснить это можно тем, что грунтовые воды в то время залегали на большой глубине и не оказывали заметного влияния на засоление пахотного горизонта почв. В дальнейшем происходило расширение клина орошаемых земель без достаточного подкрепления дренажной сетью. Уровень грунтовых вод поднялся, что и обусловило увеличение засоленности орошаемых земель и снижение плодородия почв.

В целях оздоровления орошаемых земель, повышения их плодородия необходимо в ближайшее время провести комплекс мероприятий мелиоративного и агротехнического порядка и в первую очередь форсировать строительство дренажных систем.

В Узбекской ССР до Октябрьской революции существовала примитивная коллекторно-дренажная сеть. Отсутствие естественных и искусственных водоприемников обусловило бессистемную работу мелких дрен (зауров), подтопление их устьев.

В 1930 г. ("Ирригация Узбекистана", 1975-1979) в целях мелиорации орошаемых земель на всей территории республики начались работы по строительству коллекторно-дренажной сети. В Ферганской долине были построены коллекторы Сарыджуга, Найнова, Файзыабад, Сох-Исфаринский, Северо-Багдадский и другие. Коллекторы упорядочили сброс дренажных вод с орошаемых полей, что способствовало частичной ликвидации заболоченности земель, повышению плодородия почв. В конце 40-х гг. вошла в строй действующих крупная межхозяйственная сеть коллекторов: Северный, Киргизабад, Ганды-Булак, Кара-Кум, Агроном, Кизил-Тюбинский, Южный и другие.

В 1970 г. было завершено строительство Ачикульской системы, объединившей большое количество коллекторов; отвод дренажной воды за пределы орошаемых земель улучшился. Всего с территории Ферганской долины отводится ежегодно более 7,0 км^3 воды. Однако в этом объеме наряду с дренажными имеются селевые и сбросные воды. Их доля в общем стоке составляет 20-27 %. Минерализация воды, отводимой коллекторно-дренажной сетью, различна в зависимости от мелиоративного состояния земель и колеблется от 2,0 до 11,0 г/л.

Большие объемы дренажной воды отводятся в р.Сырдарью и негативно влияют на качество оросительной воды, что в недалеком будущем окажет отрицательное воздействие на мелиоративное состояние орошаемых земель.

В целях улучшения качества воды в р.Сырдарье, повышения плодородия земель, орошаемых этими водами в дельте, необходимо найти возможность сооружения отдельного водоприемника для дренажных вод. Таким водоприемником мог бы стать самостоятельный сбросной тракт, проходящий вдоль реки и впадающий в Аральское море.

Межхозяйственные коллекторы Ферганской долины имеют значительную глубину: от 3,5 м в начале и до 6,0 м ближе к устьям. Большая глубина коллекторов обусловливает хорошую дренированность орошаемых земель. Внутрихозяйственная сеть долины в основном представлена открытыми дренами глубиной 1,5-2,5 м. Техническое состояние открытых дрен мало чем отличается от других оазисов: откосы опли-

вают, дно поднимается, в результате сброса оросительной воды происходит зарление дрен.

В Голодной степи при освоении новых земель строительству коллекторно-дренажной сети придавалось первостепенное значение. Межхозяйственные коллекторы (табл.I2) построены со значительной глубиной - от 5 до 7 м, заложение откосов - I,75-2,00.

I2. Характеристика крупных коллекторов Голодной степи

Коллектор	Протяженность, км	Обслуживаемая площадь (валовая), тыс.га	Средняя глубина, м	Пропускная способность в устье, $м^3/с$
I7-К-7	I2,7	8,0	5,5	2,5
ЦК-6	I5,9	32,4	5,5	I5,I
ЦК-7	42,2	54,3	7,0	42,2
ЦК-9	22,4	I7,8	6,5	II,4
ЦК-I0	20,8	I8,7	6,5	8,0
ЦК-II	22,6	I2,4	6,5	4,8
ЦК-I	I5,7	6,I	6,0	2,0
ЦК-2	8,3	3,5	6,0	2,I
ЦК-6	40,4	24,I	6,0	6,9
Пограничный	25,8	I8,3	6,0	5,I
Акбулакский	43,7	29,7	5,5	25,I
АРК-I	I3,2	7,I	6,0	3,9
АРК-2	24,5	8,6	6,0	5,4
Токурсай	I9,4	22,0	-	20,0

Внутрихозяйственные коллекторы несколько меньшей глубины (4,5-5,5 м) впадают в межхозяйственные, а в них,в свою очередь, - закрытый горизонтальный дренаж. Расстояние между коллекторами внутрихозяйственного порядка находится в пределах 800-I000 м.

В зоне старого орошения Голодной степи основными являются Шурузякский, Главный пойменный, Сардобинский, Балутский, Восточный, Западный, Кызылкумский, Арнасайский, Джетысайский, Южный

коллекторы. Глубина их колеблется от 1,5 до 9,0 м. Водоприемниками коллекторов служат реки Сырдарья и Арнасай и Арнасайская впадина. Общая протяженность этих коллекторов составляет 284,7 км, площадь обслуживания - 224,6 тыс.га. Минерализация дренажных вод невысокая - от 2,0 до 3,0 г/л.

Большую проблему, как и в других регионах, здесь представляет оплывание откосов открытых коллекторов и дрен (в основном происходит на участках с легкими грунтами). В результате этого отдельные участки коллекторов не имеют проектной глубины, коллекторы отводят недостаточные объемы дренажной воды, слабо влияют на улучшение мелиоративного состояния земель.

В Ташкентском оазисе орошаемые земли на площади около 180 тыс.га обеспечены естественным оттоком грунтовых вод. Дренажем охвачена площадь около 160 тыс.га. Крупные межхозяйственные коллекторы: Кара-Камыш, Ачисай, Тентяксай, Шуралисай - расположены на правом берегу р.Чирчик. На левом ее берегу расположены коллекторы Шорсу 1 и 2, Верхний Аккурганский, Суашкан, Геджиген, Чилисай и другие.

Внутрихозяйственная коллекторно-дренажная сеть представляет собой открытые земляные каналы и закрытые трубчатые дрены. Минерализация воды в коллекторах колеблется от 1,0 до 5,0 г/л по плотному остатку. Дренажная и сбросная вода в маловодные годы широко используется для полива сельскохозяйственных культур.

В бассейне р.Сурхандарьи (Сурхандарьинская область) коллекторно-дренажная сеть развита на землях старого и нового орошения. В районах нового орошения коллекторно-дренажная сеть представляет собой инженерные системы и состоит из коллекторов, открытых и закрытых дрен. Удельная протяженность коллекторно-дренажной сети по административным районам колеблется от 15 до 60 м.

Отдельные хозяйства имеют незначительную удельную протяженность дренажа, но,несмотря на это,получают высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Например, совхоз "Хазарбаг" при постоянно орошаемой площади в 4835 га имеет только 60 км коллекторно-дренажной сети, или немноги больше чем 12,0 п.м/га. При этом совхоз получает ежегодно по 40,0 ц/га хлопка-сырца, много другой сельскохозяйственной продукции.

Большая урожайность сельскохозяйственных культур, высокое

плодородие земель обусловлены как природными, так и организационными факторами. Грунтовые воды орошаемых земель залегают на глубине I,5–5,0 м. Хороший уклон местности и удовлетворительная водопроницаемость грунтов создают благоприятные условия для оттока воды и дренированности почвогрунтов.

Примерно такое же положение в колхозе "Коммунизм" Сарыйского района. Совхоз им.Н.Мурадова Шерабадского района отличается своими природными особенностями. Земли его расположены на пролювиальной равнине. Преобладают здесь такырные и пустынно-серозем-ные почвы. Грунтовые воды отличаются сильной минерализацией (5–40 г/л). Глубина залегания их различна – от I,0 до 30,0 м.

В целях мелиорации земель с близким залеганием грунтовых вод на отдельных массивах построена коллекторно-дренажная сеть глубиной 4–5 м. Закрытые дрены глубиной 3–4 м построены из гончарных труб диаметром I50–250 мм.

Кашкадарьинская область в гидрогеологическом отношении приурочена к Амударьинскому артезианскому бассейну. Питание подземных вод здесь происходит за счет инфильтрации из ирригационных каналов и водохранилищ, а также потерь воды с полей орошения. В пополнении грунтовых вод участвует и подземный сток со стороны отрогов Зерафшанского и Гиссарского хребтов и их предгорий.

Площади с неглубоким залеганием грунтовых вод находятся на землях первой очереди освоения Каршинской степи, а также в поймах, на низких террасах (О.Д.Мурадов и др., I982).

Коллекторно-дренажная сеть в Кашкадарьинской области начала строиться в верхней и средней частях бассейна р.Кашкадарьи. Коллекторы и дрены прокладывались в основном на пониженных участках. При этом межхозяйственная сеть составляла примерно 50 % всей протяженности коллекторно-дренажной сети. Дренажная вода с мелиорируемых земель отводится здесь коллекторами Клы, Шакарбулак, К-29 и другими. Почти все дренажные воды направляются в р.Кашкадарью и только отдельные коллекторы сбрасывают их в Южный коллектор Каршинской степи.

В I974 г. началось освоение Каршинской степи. Строители вели борьбу с засолением земель, улучшали их мелиоративное состояние. Природные условия Каршинской степи таковы, что естественный отток грунтовых вод здесь затруднен. Интенсивное орошение обусловливает быстрый подъем их уровня, заболачивание и засоление земель.

Коллекторная сеть в Каршинской степи состоит из главных межхозяйственных и внутрихозяйственных открытых каналов. Строительство I-й очереди начато еще в 1965 г. Позднее (к 1973 г.) вступили в строй действующих Южный и большая часть других запроектированных для I-й очереди освоения земель коллекторов.

Внутрихозяйственные коллекторы строятся в Каршинской степи с некоторым опережением по отношению к освоению новых земель. Здесь правильно соблюдается принцип первоочередности проведения мелиоративных мероприятий.

На отдельных массивах коллекторы прорезают пласты легких грунтов (супеси, пески), что приводит к неустойчивости их русл, оплыванию откосов. В этих условиях внутрихозяйственные коллекторы строятся закрытыми с использованием керамических или железобетонных труб. В Каршинской степи было проведено пробное строительство коллекторов с применением взрывов на выброс. Испытания прошли успешно. Технология строительства коллекторов с применением взрывчатых веществ была рекомендована в производство.

В Кашкадарьинской области удельная протяженность дренажа (с учетом закрытого) составляет 20,3 п.м/га, что явно недостаточно для коренной мелиорации почв и грунтовых вод (О.Д.Мурадов, 1982). Отмечается также недостаточная мелиоративная эффективность имеющейся КДС в Каршинской степи ввиду ее малой глубины. В целях мелиоративного улучшения орошаемых земель в Кашкадарьинской области намечено выполнить большие работы по строительству, реконструкции и очистке существующей коллекторно-дренажной сети, удельная протяженность которой будет доведена до 30 п.м/га.

В Самаркандской области неблагополучные в мелиоративном отношении земли занимают не более 30 % всей орошаемой площади. Расположены они в основном в западных районах. Грунтовые воды залегают в этих районах на глубине 1,0-2,0 м. Построенная коллекторно-дренажная сеть имеет глубину 2,5-3,5 м. Минерализация дренажных вод, за небольшим исключением, не превышает 1,0 г/л. До 30 % дренажных вод используется на орошение. Водоприемниками коллекторов служат оросительные каналы и р.Зерафшан.

В Бухарском оазисе строительство коллекторно-дренажной сети началось с 1930 г. Уже в 1937 г. на левом берегу Зерафшана появи-

лись такие крупные коллекторы, как Куран, Богоутдин, Зерабад, Курджан, им.Саковича, Тараб, Эмиртимур, Джойхун, Харгуш, Шурарык, Чакмак, Хумин, Хумданак. Позднее, к 1940 г., на правом берегу Зерафшана были построены новые и реконструированы старые коллекторы: Эски Эмиртимур, Сарайдейчи, Накиб и другие. Все коллекторы на лево- и правобережье Зерафшана в связи с отсутствием надежных водоприемников не в полной мере отвечали своему назначению - своевременному отводу дренажных вод.

В начале 50-х гг. продолжались реконструкция и строительство новых коллекторов, одновременно решался вопрос о транзитном отводе дренажных вод в низины, впадины с большой емкостью (Пайкентская, Каракырская низины, Денгизкульская впадина и др.).

В 1961 г. проектным институтом Узгипроводхоз была разработана схема мелиоративных мероприятий, в которой большое внимание уделялось перспективному плану строительства коллекторно-дренажной сети.

К началу 70-х гг. почти вся запланированная сеть была построена, сооружены были также сбросные каналы и надежные водоприемники. Все это способствовало ликвидации заболоченности, улучшению мелиоративного состояния земель. Общая протяженность коллекторно-дренажной сети в 1975 г. составляла 4126 км, в том числе 1908 км межхозяйственных коллекторов и сбросных трактов. Дренажная и коллекторная сеть в Бухарском оазисе в основном открытого типа. Закрытый дренаж построен на локальных участках.

Коллекторно-дренажная сеть сыграла определенную роль в повышении плодородия орошаемых земель, что не замедлило сказаться на урожайности сельскохозяйственных культур и особенно хлопчатника, повысившейся более чем на 10 ц/га по сравнению с исходной.

Хорезмская область находится в северо-западной части Узбекской ССР. Здесь в недалеком прошлом под сельское хозяйство использовались небольшие площади. Наличие обширных пустующих земель, выполняющих роль "сухого дренажа", успешно решало вопросы борьбы с засолением. Оросительные каналы в то время были заглублены, вода из них подавалась на поля при помощи чигирей. Грунтовые воды при этом залегали относительно глубоко и не оказывали отрицательного влияния на почвы. Однако после того, как орошение земель было пе-

реведено на самотек, а площади под посевы сельскохозяйственных культур стали возрастать быстрыми темпами, уровень грунтовых вод поднялся, что вызвало вторичное засоление и заболачивание земель. В целях улучшения мелиоративной обстановки на орошаемых землях в Хорезмской области уже в 1941 г. приступили к строительству межхозяйственных коллекторов.

К концу 1945 г. был построен 71 коллектор, общая протяженность которых составила 565 км. Дренажные воды предполагалось сбрасывать в озера, расположенные на окраинах культурных земель, а оптимальный уровень воды в озерах поддерживать за счет испарительных процессов. Однако практика опровергла такие расчеты. Озера оказались ненадежными водоприемниками, орошаемые земли начали выпадать из сельскохозяйственного оборота. С 1953 г. в Хорезмской области были начаты подготовительные работы по строительству крупных сбросных трактов - Дивankульского, Шават-Андреевского, Дарьялыкского, Озерно-Уравнительного. Наряду с мелиорацией земель там проводились большие работы по переустройству межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительной сети (Д.А.Аташев, А.А.Рачинский, 1966; У.К.Мухамадиев, 1982).

Были построены крупные для того времени гидротехнические сооружения на оросительных каналах Ургенарна, Кличниязбай, Октябрьарна, армированы головные водозаборы многих межхозяйственных распределителей.

В 60-х гг. была создана система магистральных коллекторов, введен в эксплуатацию Большой Озерный коллектор "Дружба", который отводит основной объем дренажных вод Хорезмской области в Сарыкамышскую впадину (табл.13).

Удельная протяженность коллекторно-дренажной сети в 1980 г. составила 34,5 м/га.

Минерализация дренажных вод, отводимых отдельными мелиоративными системами, не превышает 3,0 г/л. Такая вода повторно используется, особенно в маловодные годы.

Все проведенные водохозяйственные и мелиоративные мероприятия обеспечили значительное повышение плодородия орошаемых земель. Урожайность хлопчатника в целом по области в 1980 г. составила 41,8, а в отдельных хозяйствах - до 50,0 ц/га.

I3. Развитие коллекторно-дренажной сети в Хорезмской области Узбекской ССР

Год	Общая протяженность всей сети, км	Межхозяйственная	Внутрихозяйственная	Удельная протяженность, м/га
I940	600	600	-	4,5
I950	2000	I050	900	I4,5
I960	2998	I525	I373	I9,8
I965	3227	I889	I338	2I,3
I970	4572	2342	2300	30,I
I980	6969	3097	3472	34,5

В гидрогеологических условиях, подобных Хорезмскому оазису, мелиоративный эффект был обеспечен относительно мелким дренажем. Однако в целях повышения эффективности мелиоративных мероприятий намечено провести коренную реконструкцию магистральных и межхозяйственных коллекторов. Реконструкцией предусматривается спрямление трасс коллекторов, заглубление их до 2,5-4,0 м, осуществление мероприятий по борьбе с оплыванием откосов, армирование необходимыми постами, аппаратурой телемеханики и автоматики, создание необходимых условий для службы эксплуатации. Необходима реконструкция внутрихозяйственных коллекторов и полевых дрен (только закрытого типа).

В Каракалпакской АССР мелиорация земель проводится на фоне открытой коллекторно-дренажной сети. В I975 г. протяженность межхозяйственных коллекторов составила I328 км, а внутрихозяйственных - 555I км. Удельная протяженность коллекторно-дренажной сети была доведена до 27,2 м/га. Основным водоприемником дренажной воды, отводимой магистральными коллекторами, является Аральское море. Частично дренажные воды отводятся в Сарыкамышское озеро (Амударьинский район). Следует отметить, что в низовьях р. Амударьи, как и в среднем ее течении, оросительная норма брутто довольно большая - 25...27 тыс. $м^3$/га.

В Джизакской области в 1978 г. имелось 1618 км коллекторов, в том числе 703 км закрытого типа. Дренажной сети открытого типа только 141 км. Дрены здесь в основном выполняются в закрытом варианте.

В Таджикской ССР коллекторно-дренажная сеть имеется не во всех орошаемых районах. Отдельные массивы по своим природным условиям обладают естественной дренированностью и не нуждаются в искусственном дренаже.

Основной орошаемый район республики расположен в Вахшской долине. Здесь орошается более 200,0 тыс.га земель, в том числе самотеком более 120,0 тыс.га. Вахшскую долину обслуживают четыре оросительные системы: Вахшская, Шуроабадская, Пянджская и Гармская. Протяженность коллекторно-дренажной сети в 1975 г. составляла 1427 км, в том числе межхозяйственной - 900 км (А.М. Волынов, В.А. Забелин, А.К. Кияткин, 1980).

Дренажная вода из коллекторов сбрасывается в р. Вахш. В последние годы отдельные хозяйства ведут работы по переустройству открытой внутрихозяйственной сети в закрытую. На некоторых массивах строятся скважины вертикального дренажа.

На землях, обслуживаемых Кулябской оросительной системой (бассейн р. Пяндж), коллекторно-дренажная сеть имеет протяженность 458 км, в том числе межхозяйственная - 94 км.

В бассейне р. Кафирниган наиболее крупная - система Большого Гиссарского канала, на территории которой открытые коллекторы и дрены имеют длину 158 км, из них межхозяйственные коллекторы - 54 км. В Гиссарской долине благодаря оптимальным природным условиям большая часть орошаемой площади не нуждается в дренаже. Коллекторно-дренажная сеть здесь построена только на площади 11,0 тыс.га (общая площадь орошения - 81,0 тыс.га). Удельная протяженность коллекторно-дренажной сети составляет 40 м/га, а общая длина всех дрен и коллекторов - 435 км.

В Нижне-Кафирниганской долине орошаемая площадь составляет (1975 г.) 32,4 тыс.га. Однако дренажная сеть здесь построена только на площади 16,3 тыс.га, на остальных землях имеется естественная дренированность. Всего в Нижне-Кафирниганской долине построе-

но 450 км коллекторно-дренажной сети, что составляет 28 м на каждый гектар площади.

На севере Таджикской ССР расположен Сырдарьинский водохозяйственный район. В него входят западная часть Ферганской долины, восточная часть Дальверзинской степи, восточная часть Голодной степи и оросительные системы с водозабором из рек Шахристанской котловины.

Все земли Ферганской долины нуждаются в проведении мелиоративных мероприятий. Всего здесь построено 1556 км (1975 г.) коллекторно-дренажной сети, в том числе межхозяйственной 187 км, внутрихозяйственной - 1369 км. В состав внутрихозяйственной сети входят закрытые дрены (297 км).

На землях, обслуживаемых Дальверзинской оросительной системой, коллекторная сеть имеет протяженность 84 км.

В южной части Голодной степи на территории Таджикской ССР функционируют горизонтальные и вертикальные дрены. На правом берегу р.Сырдарьи, восточнее г.Ленинабада, орошается 9,0 тыс.га, которые дренированы коллекторно-дренажной сетью протяженностью 44 км.

Под влиянием хорошо работающей коллекторно-дренажной сети в отдельных оазисах Таджикистана произошло заметное уменьшение солевых запасов в почвогрунтах, что привело к повышению плодородия почв (Э.Г.Ваксман и Г.Г.Земан, 1971).

Однако имеющийся дренаж еще не полностью обеспечивает орошаемые земли необходимым отводом грунтовых вод. По данным С.И.Джураева (1971), для создания оптимальных условий необходим дренаж с удельной протяженностью 30-33 м/га. Э.Г.Ваксман (1980), анализируя качество промывных поливов в зависимости от работы дренажа, также пришел к выводу о необходимости увеличения его удельной протяженности за счет строительства временных открытых глубоких дрен.

В Киргизской ССР пригодных к орошению земель насчитывается около 1600 тыс.га (1975 г.), в том числе фактически орошаемых 911 тыс.га (А.М.Волынов и др., 1980). На основной части орошаемых земель засоления почв не наблюдается благодаря наличию хорошей естественной дренированности. Засоление и частичное заболачивание характерно для орошаемых земель Чуйской долины. Площадь орошения здесь составляет 285,0 тыс.га (1975 г.), или около 40 % всех орошаемых земель республики. Коллекторно-дренажная сеть на землях

Чуйской долины имеет протяженность 3451 км, или 22 %, 779 км из них составляет закрытый дренаж. Исследования М.И.Каплинского и М.А.Сабитова (1972) по изучению эффективности работы различного вида дренажных систем позволили районировать орошаемые земли Чуйской впадины по условиям дренажа различного вида. В результате районирования было установлено, что вертикальный дренаж может найти применение на площади 44,7 тыс.га, комбинированный и горизонтальный - соответственно на площади 77,9 и 181,6 тыс.га.

В Азербайджанской ССР наибольший интерес в мелиоративном отношении представляет Кура-Араксинская низменность. Большая часть ее территории засолена в различной степени, естественная дренированность почти отсутствует, грунтовые воды разной минерализации залегают близко к дневной поверхности.

Кура-Араксинская низменность имеет пригодную к орошению площадь 1,29 млн.га, орошалось в 1978 г., по данным А.К.Бехбудова и Х.Ф.Джафарова (1980), 745,0 тыс.га.

В состав Кура-Араксинской низменности входят такие крупные массивы, как Ширванская степь, Юго-Восточная Ширвань, Сальянская степь, Северная Мугань, Центральная Мугань, Южная Мугань, Мильская степь, Карабахская степь. Изысканиями установлено, что более 80 % всей территории Кура-Араксинской низменности нуждается в дренаже.

Ширванская зона занимает 730 тыс.га, около 270 тыс.га из них требуют проведения больших мелиоративных работ. В 1978 г. коллекторно-дренажная сеть была построена на площади 25,0 тыс.га. Глубина коллекторов составляет 3,5-5,0 м, расстояние между дренами - 200-400 м. Общая протяженность КДС составляет 961 км, то есть на каждом гектаре орошаемой площади построено около 40 м дренажа. Все коллекторно-дренажные системы впадают в Нижнеширванский коллектор, который, в свою очередь, сбрасывает дренажный сток в Ширванский, а последний отводит воды в Каспийское море.

Почвогрунты и грунтовые воды Юго-Восточной Ширвани имеют сульфатно-хлоридный и хлоридный тип засоления. Глубина залегания грунтовых вод здесь находится в пределах 1-3 м, минерализация ее - от 1,5 до 50 г/л. Почвогрунты разного механического состава с коэффициентом фильтрации от 0,3 до 10,0 м/сут. Удельная протяженность

построенного дренажа составляет 19,6 м/га. Дренажные воды сбрасываются в Центральный, Южный, Северный нижний и Северный верхний коллекторы, а затем в Сейданский сброс и Главный Ширванский коллектор.

В Сальянской степи почвогрунты и грунтовые воды представлены сульфатно-хлоридным типом засоления. Минерализация грунтовых вод местами достигает 100 г/л с преобладанием 25-30 г/л. Глубина залегания их около 2 м от поверхности земли. Открытая коллекторно-дренажная сеть в Сальянской степи построена на площади более 45,0 тыс.га. Глубина залегания дрен 3,0-3,5 м, средняя удельная протяженность дренажа составляет 17,7 м/га. Отвод всех дренажных вод производится Мугано-Сальянским сбросом.

На Северной Мугани дренаж построен на площади более 53,0 тыс.га. Почвогрунты здесь имеют засоленность от 0,25 до 3,2%, минерализация грунтовых вод 10-25 г/л с глубиной залегания от 1 до 5 м. Удельная протяженность дренажа 23 м/га, глубина заложения дрен 3,0-4,5 м. Вся дренажная вода с дренируемой территории отводится в Мугано-Сальянский сброс.

Засоленность почвогрунтов левого берега р.Куры (часть Сабирабадского района) составляет 0,2-3,2 %. Минерализация грунтовых вод довольно пестрая - от 1 до 50 г/л с преобладанием до 25-30 г/л. Залегают грунтовые воды на глубине от 1 до 3 м.

Почвогрунты представлены глинами, суглинками, супесями и песками со средним коэффициентом фильтрации 3,5 м/сут. Дренаж построен на площади свыше 11,0 тыс.га с удельной протяженностью 25,8 м/га. Глубина заложения дрен 3,0-3,5 м. Дренажные воды сбрасываются в Главный Ширванский коллектор.

На Южной Мугани освоение земель начато в 1909-1914 гг., когда там была построена оросительная система (А.К.Бехбудов, 1977). В первые же годы после орошения грунтовые воды поднялись выше критического уровня и, имея довольно большую минерализацию (до 180 г/л), выводили из строя земли, засоляя их. В целях мелиорации почв в 1934 г. на Южной Мугани начали строить коллекторно-водосбросную сеть. Однако вскоре это строительство было прекращено. Существующий в настоящее время Азизбековский коллектор с довольно редкой водосбросной сетью небольшой глубины, как показали исследования, не отвечал своему назначению мелиоратора земель. В связи

с этим в 1938 г. был организован опытно-дренажный участок, на котором Н.А.Беседнов и другие ученые проводили детальные работы. В 1961 г. исследования по дренажу и промывкам были продолжены под руководством Х.Ф.Джафарова (1964).

Для проведения опытов на участке площадью 200 га были построены открытые горизонтальные дрены глубиной 3–3,5 м с междренным расстоянием 100, 200 и 300 м. Исследования показали эффективность дренажа в мелиорации почв Южной Мугани. Строительство производственного дренажа начато на Южной Мугани в 1976 г.

Площадь дренирования в Мильской степи составляет около 42,0 тыс.га. Средняя глубина заложения дрен не превышает 3,2 м, а расстояния между дренами – от 200 до 2750 м. Удельная протяженность открытых дрен в Мильской степи составляет 16,5 м/га. Дренажные воды сбрасываются в Мильско-Карабахский коллектор.

Почвогрунты Карабахской степи характеризуются хлоридно-сульфатным и кальциево-натриевым засолением. Грунтовые воды залегают на глубине от 1–2 до 2–3 м, в отдельных местах – до 10 м. Минерализация их колеблется от 1 до 50 г/л. Почвогрунты представлены разным механическим составом – глинами, суглинками, песками и супесями. Площадь дренирования составляет более 50,0 тыс.га. Удельная протяженность дренажа 21,1 м/га. Глубина заложения дрен составляет 3,2 м, междренные расстояния – от 400 до 800 м. Сброс дренажных вод производится в Мильско-Карабахский коллектор.

Бехбудов А.К. (1977), оценивая проводимые в Кура-Араксинской низменности мелиоративные мероприятия, считает, что они сыграли определенную роль в успешном решении некоторых задач сельского хозяйства. Однако для повышения эффективности орошаемых земель необходимо широко применять наиболее прогрессивные и технически усовершенствованные типы дренажа.

В Казахской ССР мелиоративные работы в основном проводились в южной части, где засоление почв выводит из сельхозоборота орошаемые земли, затрудняет освоение новых площадей. Засоление земель обусловлено неправильным использованием воды, проведением агротехнических мероприятий на низком уровне, слабым естественным оттоком минерализованных грунтовых вод (Ю.М.Попов и В.М.Стародубцев, 1980).

В 1975 г. общая протяженность дренажно-сбросной сети в облас-

тях Южного Казахстана составляла только 4243 км. Этого явно недостаточно для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель. При малой удельной протяженности дренажа солевой баланс орошаемых массивов остается положительным, что ухудшает плодородие почв. Так, например, удельное соленакопление в 1974–1975 гг. в почвах Кызылкумского массива составило 9,4 т/га в год.

При освоении Арысь-Туркестанского массива были допущены просчеты в оценке естественной дренированности толщи галечников, что в дальнейшем привело к тяжелым последствиям. И только осуществление ряда мер по улучшению водно-солевого режима почв с помощью дренажа и агротехнических мероприятий позволило оздоровить мелиоративную обстановку на данном массиве.

Неудовлетворительная эксплуатация коллекторной сети на Акдалинском массиве привела к тому, что заросшие сорной растительностью и заплывшие обвалившимся грунтом мелиоративные артерии вышли из строя и стали способствовать вторичному засолению земель. Для восстановления их работоспособности необходима очистка от зарастания и оплывшего грунта, постоянное поддержание глубины на проектной отметке.

Приведенные данные указывают на большую мелиоративную эффективность открытых дрен и коллекторов во всех орошаемых оазисах Среднеазиатского региона, а также в Казахской и Азербайджанской ССР. Однако их недостатки (зарастание, заплывание и заиление, низкий коэффициент земельного использования и другие) заставляют мелиораторов искать им замену другими, более совершенными видами дренажа.

И если необходимость замены открытых дрен на закрытые (или другие виды дренажа) ни у кого не вызывает сомнений, то с открытыми коллекторами, особенно больших сечений, этот вопрос остается еще открытым. Сложность изготовления труб большого диаметра, неотработанная технология их укладки в глубокие выемки в различных гидрогеологических условиях, большие капиталовложения, видимо, долго еще будут сдерживать строительство закрытых коллекторов для отвода больших объемов дренажных вод.

Таким образом, несмотря на все имеющиеся недостатки, открытые коллекторы будут еще долго служить водоприемниками для дрен низшего порядка. Исходя из этого, необходимо разработать и осуще-

ствить на практике ряд мероприятий, способствующих интенсификации работы открытых коллекторов: предотвращение зарастания открытых коллекторов растительностью или своевременная очистка от нее; предотвращение оплывания откосов коллекторов, выпора дна; своевременная очистка от заиления и оплывания, прочистка трубчатых переездов, мостов.

Борьба с зарастанием открытых коллекторов в настоящее время ведется несколькими способами: механическим, химическим, термическим и биологическим.

Механический способ очистки открытых коллекторов от зарастания применяется наиболее широко (У.Ю.Пулатов, 1977). Этот способ может быть совмещенным или раздельным. При совмещенном способе вместе с растительностью удаляется и грунт, что приводит довольно часто к ненужному увеличению поперечных сечений коллекторов. Раздельный способ ("Справочник по механизации мелиоративных работ", 1974) предусматривает удаление только растительности.

Следует отметить, что наибольшее распространение получил совмещенный способ. И не потому, что он является наиболее оптимальным, а более всего по той причине, что для удаления растительности в "чистом виде" у нас нет пока надежных и удобных механизмов. В гумидной зоне, где дрены имеют небольшую глубину и постоянное, правильной геометрической формы поперечное сечение, применяются косилки различных модификаций. В условиях аридного климата при относительно большой глубине дрен и коллекторов и неустойчивости откосов сечения каналов имеют неправильную форму. Таким образом, те орудия производства, которые применяются в гумидной зоне для очистки каналов от зарастания растительностью, не могут быть перенесены механически в аридную зону без конструктивных изменений.

Химический способ борьбы с растительностью в коллекторно-дренажной сети в начальный период своего применения обещал быть высокоэффективным и дешевым (Т.В.Хрипко, 1976). Так оно и было бы на самом деле, если бы не побочное действие гербицидов, вызывающее гибель планктона, ухудшение качества воды, замор рыбы и других живых организмов водоемов.

Охранные мероприятия окружающей среды, которым в последнее время придается все большее значение, не могут позволить применять в настоящее время гербициды в целях борьбы с зарастанием

дрен и коллекторов. Задача химиков в этом направлении должна заключаться в том, чтобы выработать такие препараты, которые исключали бы вредность последних для окружающей среды и живых организмов с одновременным воздействием на сорную растительность в водоемах.

Термический способ уничтожения растительности основан на их выжигании (В.М.Зубец, 1963). Сжигание сорной растительности производится специальной установкой в два приема. Сначала массу растений доводят до увядания, а через 1,5-2 недели полностью выжигают. При этом корневая система остается непораженной, и в дальнейшем растения продолжают вегетативное развитие. Термический способ борьбы с зарастанием коллекторно-дренажной сети не может найти широкого распространения.

Биологический способ уничтожения сорной растительности применяется с древних времен. Наибольший эффект, как показали исследования Г.В.Никольского, Д.С.Алиева и Ю.Е.Мильованского (1979) и многолетняя практика, может быть получен от применения рыб-фитофагов. Уничтожая растительность (основная задача), рыбы-фитофаги перерабатывают ее в полезный для человека продукт – это белый амур, пестрый и обыкновенный толстолобики.

Впервые в Туркменской ССР эффективность белого амура как рыбы-мелиоратора была испытана на дренажной сети открытого типа экспериментального хозяйства Чарджоуской опытно-мелиоративной станции ТуркменНИИГиМ в 1966 г.

Коллектор длиной 800 м был разделен при помощи заградительной сетки на три участка. Первый и третий очистили от растительности и грунта механическим путем (экскаватором), а второй оставили заросшим (до 100 стеблей тростника и рогоза на 1 $м^2$).

На первый и второй участки коллектора был запущен белый амур, вес каждой особи составлял около 200 г. Третий участок остался в естественном состоянии (незарыбленным). Наблюдения показали, что на зарыбленном участке растительность не появлялась все то время, пока там находился и "работал" белый амур (1966-1968 гг.).

На втором участке растительность значительно поредела – остались только жесткие стебли тростника и рогоза. На третьем – контрольном участке русло коллектора уже на второй год после очистки заросло растительностью и требовало новых очистных работ.

Таким образом, опыты показали, что белый амур может успешно выполнять роль мелиоратора и поддерживать коллекторно-дренажную сеть в исправном состоянии. В последующем белый амур и толстолобик успешно применялись в производственных условиях. Однако из этого не следует, что биологический метод - панацея от всех бед при эксплуатации коллекторов и дрен. Этот способ применим только в таких каналах, где глубина воды составляет не менее 0,4-0,5 м.

Во многих внутрихозяйственных коллекторах глубина воды не превышает 0,2 м. В таких условиях жизнедеятельность белого амура и толстолобика становится невозможной. Межхозяйственная коллекторная сеть, как правило, имеет глубину воды выше 0,5 м. Но и здесь рыба уничтожает растительность только в водной зоне, а на откосах она остается и там необходимо применять другие способы.

В дренах и небольших внутрихозяйственных коллекторах, а также на откосах крупных коллекторов растительность может быть уничтожена только механическим путем. Однако тот способ, который применяется в настоящее время, не может быть приемлемым: вместе с растительностью из коллекторов удаляется и грунт, сечение каналов непомерно увеличивается, растительность перемешивается с грунтом и становится непригодной для использования. В ТуркменНИИГиМе и других НИИ ведутся поиски технологического процесса удаления растительности при помощи специальной косилки. Технология должна предусматривать проведение следующих операций: скашивание растительности с откосов и берегов каналов, сгребание растительности и погрузка ее в транспорт. Такая технология дает возможность утилизировать растительность и использовать ее в дальнейшем на корм скоту или в качестве строительного материала. Здесь следует отметить, что применение указанной технологии возможно только при правильной форме каналов. Однако в условиях орошения и неоднородности механического состава грунтов каналы коллекторной сети имеют неустойчивые откосы, что обусловливает их оползание, заиление русла и неправильную форму сечения (Ю.А.Соболевский, 1975).

Таким образом, в целях сохранения правильной геометрической формы поперечных сечений открытых коллекторов необходимо в первую очередь создать устойчивые откосы. Здесь можно указать на два основных способа решения этой проблемы: биологический и инженерный.

Биологический способ закрепления откосов открытых коллекто-

ров заключается в креплении грунта корневой системой растений, которая армирует грунт, делает его прочным. Интересный результат получен Д.С.Алиевым (Г.В.Никольский и др., 1979) на одном из коллекторов Чарджоуского оазиса, в котором крепление откосов корневищами растений сочеталось с уничтожением растительности в русле канала, в подводной его части, при помощи рыбы-мелиоратора - белого амура. Коллектор был проложен в плывунных грунтах. Интенсивное зарастание и оплывание его русла обусловливало частую очистку, что приводило к постоянному уширению сечения.

После одной из очисток русла землесосом УПМ-I (длина стрелы экскаватора-драглайна была недостаточна для выполнения этой работы) в коллектор запустили белого амура. Откосы при этом остались нетронутыми и надежно предохранялись от обрушения корневой системой растений, оставшихся на них. Наблюдения за состоянием коллектора, которые велись более I0 лет, показали, что этот совмещенный способ борьбы с обрушением откосов в слабых грунтах перспективен. Подобный эксперимент с положительным результатом был проведен также в Ташаузском и Мургабском оазисах (рис.I)*.

В настоящее время в ТуркменНИИГиМ разрабатывается новая конструкция ковша и технология, которые позволят выполнять очистку только русла коллектора, не трогая откосы.

При строительстве новых коллекторов для закрепления откосов необходимо производить гидропосев растительности. Учитывая, что русла коллекторов прокладываются, как правило, в засоленных грунтах, растительность должна подбираться солеустойчивой. Здесь можно рекомендовать тростник и рогоз, которые имеют мощную разветвленную корневую систему, могут вегетировать при относительно высокой минерализации грунтовых вод.

Инженерный способ закрепления откосов предусматривает снижение градиентов напора на выходе кривой депрессии в коллектор. Для этого в грунт откосов закладываются специальные фильтры из различных материалов, продольные и поперечные дрены, усилители из труб небольшого диаметра. Их назначение - гасить напор грунтового потока и предотвращать вымыв частиц грунта.

В 1948 г. примерно такой способ закрепления откосов дрен при-

---

* Тоновые рисунки см. в приложении к монографии.

менялся Чарджоуской опытно-сельскохозяйственной станцией (И.С.Рабочев, 1964). Технология работ при этом была следующая: на откосы дрен перпендикулярно к их оси укладывались снопы камыша и забрасывались грунтом, взятым со дна дрены. Снопы камыша хорошо дренировали, снижали градиент напора грунтовых вод, делали откосы устойчивыми.

В настоящее время ведутся поисковые работы по закреплению откосов при помощи других, более эффективных мероприятий. Большую помеху работе открытой коллекторной сети оказывают глухие перемычки, которые иногда устраивают землепользователи по собственной инициативе, и трубчатые переезды-мосты.

Практика показала, что такие трубы-мосты довольно быстро забиваются грунтом, создают подпоры, снижают мелиоративную эффективность дренажа.

I.2.2. Закрытый горизонтальный дренаж

Закрытый горизонтальный дренаж для осушения территорий городов известен миру более 7 тысяч лет. В России закрытый дренаж применяется с XI века (Н.Я.Шерстобаев, 1976). Строился он из камня, дерева, хвороста. Известен закрытый дренаж в Англии, Шотландии, Германии. Широкое распространение трубчатый дренаж получил после того, как в Англии в 1840 г. был изобретен пресс для изготовления гончарных дренажных труб (Р.Эгтельсманн, 1978). В сельском хозяйстве закрытый трубчатый дренаж стал в основном применяться только со второй половины XIX века. После Всемирной выставки в Лондоне (1851 г.) горизонтальный трубчатый дренаж стал применяться для осушения сельскохозяйственных угодий во всех развитых странах мира.

В условиях орошаемого земледелия на территории нашей страны закрытый трубчатый дренаж впервые был применен в 1915 г. на землях нынешнего Байрам-Алийского района Туркменской ССР. В 1928-1930 гг. на территории ныне существующей Центральной опытно-мелиоративной станции была построена система закрытого горизонтального дренажа на солончаковом массиве площадью 150 га. Промывные поливы большими нормами на фоне глубокого закрытого дренажа позволили рас-

солить почвогрунты до уровня заложения дрен (В.С.Малыгин, 1939). При этом до 80 % запаса солей вмывалось в грунтовые воды, а 20 % удалялось дренами за пределы дренированного массива.

В 1928-1931 гг. на территории Муганской опытно-мелиоративной станции был заложен горизонтальный дренаж на площади 700 га (А.К.Бехбутов, Х.Ф.Джафаров, 1980). Закрытые дрены были уложены из бетонных и гончарных труб диаметром 15, 20 и 22,5 см с зазором 25 мм. В целях предохранения от заиления зазоры перекрывались муфтами, заделывались войлоком и обсыпались щебнем. За многолетнюю эксплуатацию разрушение закрытых дрен и их заиление не наблюдалось. Однако смотровые колодцы засорялись, что снижало мелиоративную эффективность дрен. После очистки колодцев работоспособность дренажа восстанавливалась. Все закрытые дрены были уложены в грунты с достаточно высоким (14-15 м/сут) коэффициентом фильтрации. Это обстоятельство и хорошее качество строительства обусловили высокую мелиоративную эффективность дрен: средний максимальный расход их на 1 км длины составляет 30 л/с. Промывные поливы, промывной режим орошения на фоне интенсивно действующего дренажа предопределяли постоянное, устойчивое во времени, уменьшение минерализации дренажных вод. Она снизилась по отдельным дренам от 17,0-50,0 до 3,0-12,0 г/л. Верхний слой грунтовых вод при этом опреснился, и в настоящее время его минерализация не превышает 1,5 г/л. Засоление почвогрунтов дренируемой территории также значительно уменьшилось.

Все это убедительно указывает на большую мелиоративную эффективность закрытого дренажа. Такое же положительное влияние на мелиорацию почвогрунтов и грунтовых вод оказали закрытые дрены, построенные на территории Чарджоуской ОМС в Туркменистане (В.А.Калантаев, О.Д.Базарова, 1967).

Положительные результаты, полученные на опытных участках, а также научные исследования мелиоративной эффективности закрытых дрен, проводимые различными институтами в зоне орошаемого земледелия, обусловили широкое производственное внедрение закрытого дренажа в нашей стране. Первым объектом такого внедрения была новая зона Голодной степи, расположенная в бессточной долине р.Сырдарьи. Здесь мелиоративная обстановка была крайне неблагоприятной. Грунтовые воды, обладая частичной напорностью, имели минерализа-

цию до 60 г/л. Коэффициент фильтрации почвогрунтов не превышал 0,5 м/сут.

Как в любом большом деле, не обошлось и здесь без отдельных ошибок и упущений. Первые проекты строительства дренажа в Голодной степи предусматривали междренные расстояния в пределах 500-1000 м. Однако это был слишком разреженный дренаж (Б.А.Духовный, 1979), не оказавший существенного влияния на мелиорацию земель. В последующем расстояния между дренами были приняты 150-200 м. В настоящее время в Голодной степи закрытый горизонтальный дренаж построен на большой площади. Глубина его заложения 3,0-3,5 м. Расчеты и наблюдения за работой закрытого дренажа показали, что такая глубина является оптимальной для условий Голодной степи.

Капитальные затраты на строительство закрытого дренажа почти в 2 раза выше, чем на открытую сеть, - 780 руб/га против 420 руб/га. Однако учитывая его положительные стороны (увеличение КЗИ до 20 %, улучшение условий работы сельскохозяйственной техники, повышение культуры земледелия) и почти вдвое меньшие затраты на эксплуатацию (25 р. вместо 42), - закрытый горизонтальный дренаж выгодно отличается от открытого и соответствует современным требованиям сельского хозяйства. Расчеты сотрудников САНИИРИ показали, что затраты на строительство закрытого горизонтального дренажа окупаются в течение 9 лет.

Закрытый дренаж в Голодной степи построен из гончарных раструбных труб, а также из пластмассовых, асбестоцементных труб диаметром 100 и 200 мм. Фильтром дрен служит песчано-гравийная смесь круговой обсыпки. Длина каждой дрены 400-500 м.

Следует отметить, как положительное, строительство в Голодной степи внутрихозяйственных коллекторов закрытого типа. Строятся они из керамических и асбоцементных труб диаметром 250-400 мм. Сделаны первые и успешные попытки строительства закрытых коллекторов из железобетонных труб диаметром до 1,0 м.

Преимущество закрытых коллекторов трудно переоценить. Первое и самое главное - отпадает необходимость борьбы с оплыванием откосов, выпором дна, растительностью. Второй, не менее важный фактор, - улучшение дисциплины водопользования. Известно, что открытая сеть отводит не только дренажные воды, но и оросительные, которые иногда сбрасываются в коллекторы.

Устья закрытых дрен сопрягаются с закрытыми коллекторами (собирателями) с помощью смотровых колодцев, а с открытыми – при помощи устьевых сооружений.

Фильтром для закрытых дрен служит песчано-гравийная смесь.

Вопросы подбора фильтра должны быть всегда главными при определении надежности закрытого дренажа. В этом отношении поучителен опыт строителей, ученых, проектировщиков в Голодной степи. Первые километры дренажа здесь были построены из коротких (33 см) гончарных и асбестоцементных труб диаметром 150 мм. Фильтром дрен служила однослойная обсыпка из мелкого гравия. Такой дренаж оказался недолговечным. Мелкие частицы грунта проникали сквозь гравийный фильтр и заиляли полость труб. Была предпринята попытка создать более надежный фильтр с одновременным удешевлением его стоимости. В этих целях дренажные трубы засыпались только на 2/3 диаметра, а сверху укладывалась полиэтиленовая пленка. Но и такая конструкция фильтра была ненадежной. В дальнейшем учеными был разработан фильтр, состоящий из многослойной песчаной обсыпки с определенными фракциями. Но такая конструкция оказалась также неприемлемой: высокая стоимость и сама проблема устройства такого фильтра при огромных масштабах строительства дренажа в Голодной степи. Для поддержания высоких темпов строителям нужен был надежный, но и достаточно простой фильтр.

Наука в то время не была готова к ответу на многие вопросы, которые постоянно возникали при строительстве закрытого дренажа. В определенной мере здесь сказалась антидренная политика, проводимая ведущими НИИ мелиорации страны вплоть до Всесоюзной конференции по вопросам борьбы с засолением почв (Ташкент, 1964).

Первостроители закрытых дрен в Голодной степи столкнулись с трудностями и другого порядка. Применяемые ими короткие дренажные трубы с гладкими торцами оказались ненадежными, так как в силу различных причин смещались относительно друг друга, вызывая заиление дренажа и полный выход его из строя.

Ученые ВНИИГиМ, МГМИ, САНИИРИ и других НИИ в короткие сроки смогли на основе лабораторных и полевых исследований разработать оптимальную для условий Голодной степи конструкцию дрен с однослойным круговым фильтром. Было предложено укладывать закрытые дрены из гончарных раструбных труб. Строители совместно с учены-

ми нашли и разрабстали новые карьеры, фильтровый материал которых по своему составу отвечал расчетному.

После проведения большой научно-исследовательской и организаторской работы строительство закрытого дренажа продолжалось высокими темпами и с достаточной степенью надежности.

Сейчас в Голодной степи созданы мощные строительные подразделения по укладке закрытых дрен. Протяженность дренажа сейчас превышает I5,0 тыс.км.

Опыт строителей Голодной степи переняли и другие Среднеазиатские республики. В настоящее время ведутся большие работы по строительству закрытого горизонтального дренажа в Таджикской, Туркменской, Азербайджанской, Киргизской и Казахской ССР.

В Голодной степи (Е.Д.Томин, I980, I982) была применена существенно новая технология строительства закрытого дренажа - бестраншейная. С помощью бестраншейного дреноукладчика БДМ-30IА в условиях близкого залегания уровня грунтовых вод был постpон дренаж из полиэтиленовых труб с внутренним диаметром 63-75 мм. Стоимость дренажа, построенного новым способом, в 3-4 раза меньше, чем уложенного методом "полки". Бестраншейный способ строительства дренажа разработан ВНИИГиМом совместно с Голодностепстроем. Пластмассовый дренаж, уложенный с помощью дреноукладчика БДМ-30IА, обеспечивает хорошие мелиоративные показатели (Л.В.Кирейчева, Л.М.Рекс, Н.М.Решеткина, I974; Л.В.Кирейчева, I977).

В Каршинской степи Узбекской ССР закрытый горизонтальный дренаж строился так же, как и в Голодной степи: из керамических и канализационных труб. Глубина закладки дрен 3,0-3,5 м, диаметр труб I00-250 мм. В качестве фильтра применялась местная песчаная смесь.

Строители отмечали некоторые трудности, возникшие при укладке закрытого дренажа в специфических условиях Каршинской степи. При глубоком залегании уровня грунтовых вод дренаж укладывался при помощи дреноукладчиков различной конструкции. Однако на отдельных участках встречались грунты с такими плотными прослойками, которые траншейные экскаваторы не могли разработать. В этих условиях отрывалась трапецеидальная траншея нужной глубины, на дно которой укладывался фильтр и дренажные трубки.

При близком залегании грунтовых вод применялся традиционный метод "полки" - метод трудоемкий и малоэффективный.

В Каршинской степи также была применена технология строительства закрытого дренажа при помощи бестраншейного дреноукладчика БДМ-30IА.

В Хорезмской области закрытый дренаж построен на небольшой площади. Проведенные САНИИРИ исследования на опытно-производственном участке показали его высокую эффективность. Площадь опытно-производственного участка (колхоз "Правда" Янгиарыкского района) составляет 303,7 га. Удельная протяженность закрытых дрен - 30 м/га. Дрены уложены из асбоцементных, керамических и пескобетонных труб. Фильтром их служит джумуртауский щебень (местные материалы). Глубина дрен 2-3 м. Дренажные трубы уложены в покровных суглинках (начало дрен) а в подстилающих их песках. Мощность песков - I5 м.

Промывные поливы и промывной режим орошения (оросительные нормы I7-I8 тыс.м^3/га) на фоне закрытого дренажа способствовали коренному улучшению мелиоративного состояния земель. Закрытый дренаж эффективно отводит дренажные воды, что обусловливает поддержание уровня грунтовых вод на оптимальной глубине. Глубина грунтовых вод на опытно-производственном участке даже в период проведения промывных поливов не превышала I,0 м от поверхности земли. В вегетационный период уровень грунтовых вод находился на глубине I,5-2,0 м, оптимальной для данных гидрогеологических условий. Дренаж в комплексе с другими агротехническими и мелиоративными мероприятиями способствовал рассолению грунтовых вод, минерализация которых за 4 года работы дренажа снизилась более чем на 5 г/л и составляла 3,2 г/л. Эффективная работа дренажа, другие мероприятия, проводимые на опытно-производственном участке, обусловили повышение плодородия земель и роста урожайности хлопчатника. Если до строительства закрытого дренажа на данном участке получали только по I0,0 ц/га, то через 4 года - около 40,0 ц/га. Расчеты показали, что капитальные вложения в строительство закрытого дренажа окупаются в течение 5 лет.

В Ферганской долине Узбекской ССР закрытый дренаж еще не получил должного развития. Однако там, где он построен, исследователи отмечают высокую эффективность дренажа. Так, например, в колхозе "Большевик" Алтыарыкского района закрытый дренаж построен на площади 762 га. Многолетние (с I960 г.) исследования А.Рустамова

(1975) показали, что при общей удельной протяженности 36,5 м/га (в том числе закрытого – 24,2 м/га) достигнута высокая мелиоративная эффективность.

Произошло значительное опреснение 3-метровой толщи почвогрунтов (с 1,53 до 0,90 % по плотному остатку и с 0,03 до 0,005-0,008% по хлор-иону). Изменилась и минерализация грунтовых вод: с 9,03 г/л она снизилась за 12 лет до 5,80 г/л. Урожайность хлопчатника на фоне закрытого горизонтального дренажа возросла с 10,3 до 24,7 ц/га, а на отдельных участках до 32,0 ц/га.

Инженерно-мелиоративное районирование и технико-экономические проработки, выполненные САНИИРИ, показали, что закрытый дренаж в Ферганской долине может быть внедрен на площади 475 тыс.га.

В Джизакской области в 1978 г. было 5712 км закрытых дрен, в том числе 289 км построено бестраншейным способом.

В Туркменской ССР протяженность закрытого горизонтального дренажа составляет более 3,0 тыс.км. Построен он в Прикопетдагском, Мургабском, Тедженском, Ташаузском и Чарджоуском оазисах.

В Чарджоуском оазисе закрытый горизонтальный дренаж построен из гончарных,асбестоцементных и полиэтиленовых труб. Длина и диаметр гончарных труб равны соответственно 0,5 и 0,1 м, а асбестоцементных – 4,0 и 0,141 м. Полиэтиленовые трубы диаметром 100 мм сваривались между собой в единую плеть и укладывались в подготовленные траншеи.

Величина зазора в стыках гончарных труб – от 1 до 3 мм, перфорация асбоцементных и полиэтиленовых труб выполнена в виде круглых отверстий диаметром 6 мм. Расстояния между дренами в системах различные – 100, 200 и 300 м. Уклоны собирателей всех систем – 0,001, а уклоны дрен – 0,002.

Многолетние наблюдения за работой закрытых дрен проводились автором на опытно-производственном участке Чарджоуской опытно-мелиоративной станции. Площадь участка – 100 га. Здесь в 1960 г. были построены закрытые горизонтальные дрены из гончарных и асбоцементных труб диаметром 100 и 141 мм.

Построено всего 3 дренажные системы с самостоятельными собирателями, которые впадают в закрытый коллектор. Междренные расстояния в первой, второй и третьей системах составляют соответственно 60, 80 и 100 м. Уклоны собирателей – 0,001, дрен – 0,002, за-

крытого коллектора - 0,0005. Средняя глубина заложения дрен во всех системах - I,5 м от поверхности земли. Дренажные трубы уложены в траншеи с гравийной засыпкой, коэффициент фильтрации которой составляет 30 м/сут. Устья собирателей систем впадают в закрытый (рис.2) коллектор.

Плановое расположение систем закрытого горизонтального дренажа показано на рис.3. Грунты опытно-производственного дренажного участка идентичны грунтам основных массивов Чарджоуского оазиса (рис.4). Коэффициент фильтрации верхнего слоя (мелкоземы) равен I,0 м/сут., а подстилающих песков разной крупности - от 5,0 до 25 м/сут. Режим грунтовых вод дренированного участка, как и всего Чарджоуского оазиса, зависит от динамики колебания уровня воды в р.Амударье, подачи воды на поля и фильтрационных потерь из оросительных каналов (табл.I4).

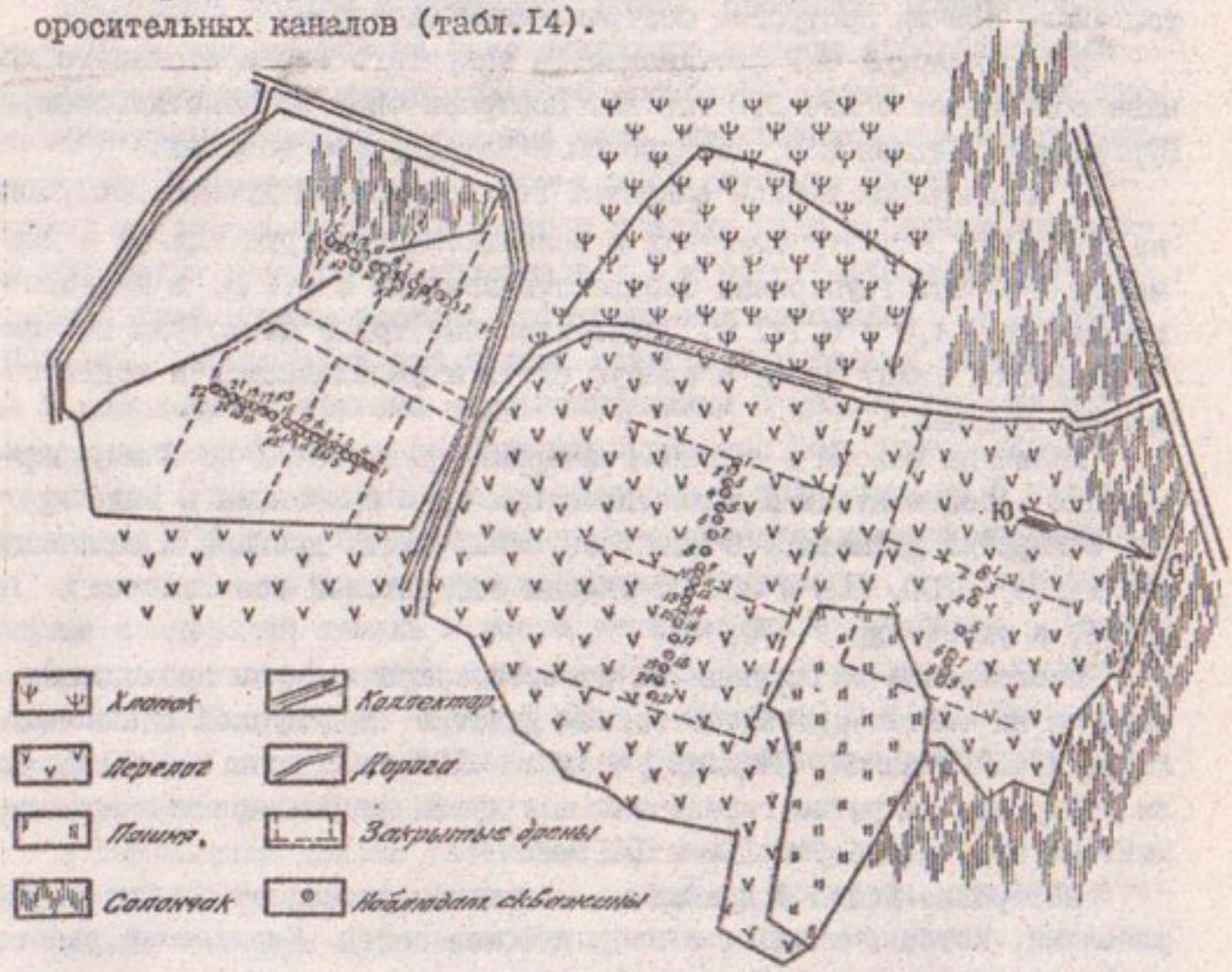


Рис.3. Плановое расположение закрытых горизонтальных дрен, впадающих в закрытый коллектор (Чарджоуская ОМС).

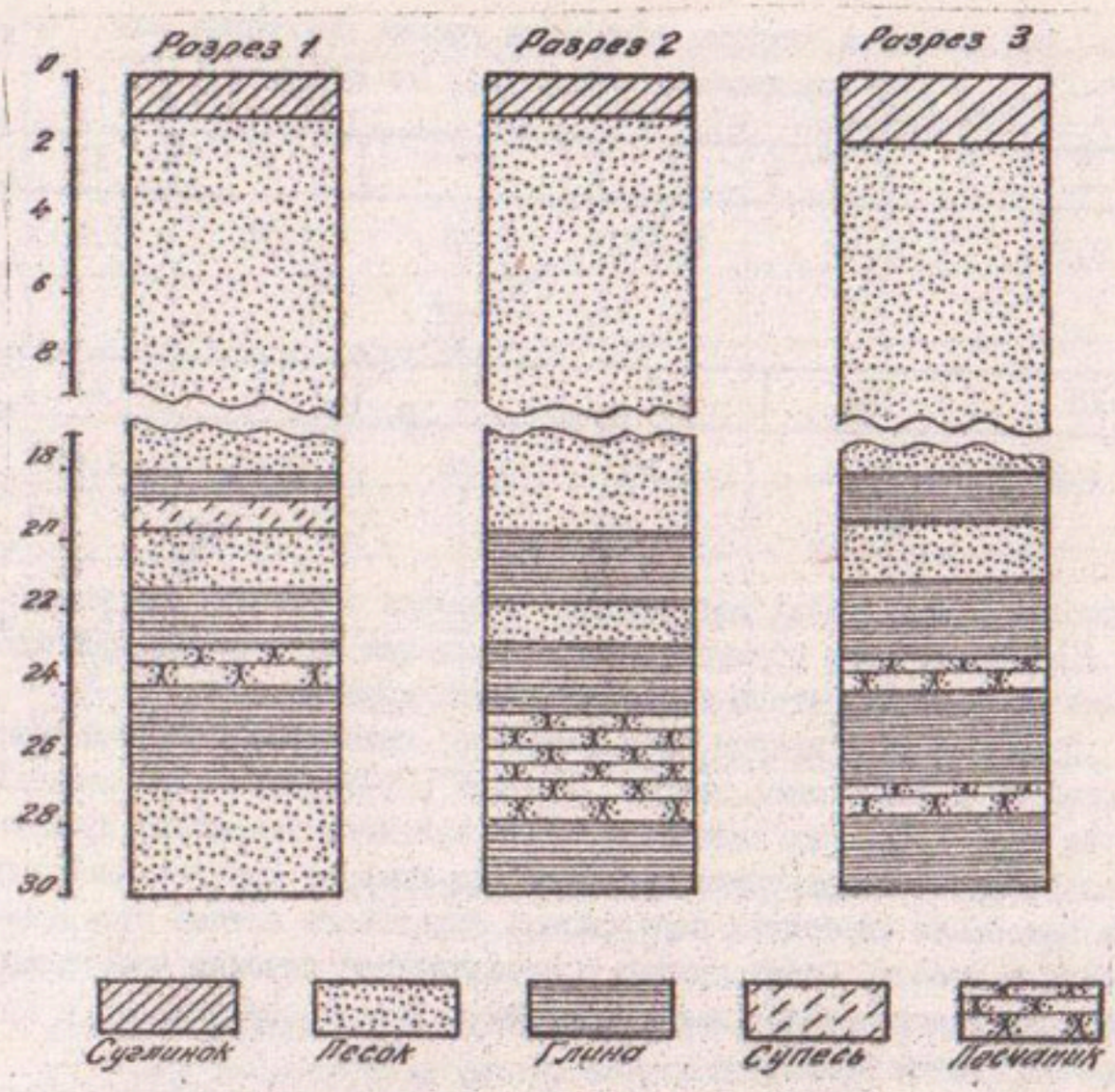


Рис.4. Литологический разрез грунтов опытно-производственного участка.

Объемный и удельный веса почвогрунтов участка в метровом слое составляют соответственно I,63 и 2,63 т/м^3. Общая скважность - 40 %, активная скважность (водоотдача) - I5 %. По механическому составу верхний слой почвогрунтов (мелкозем) относится к легким суглинкам и супесям.

Как уже показывалось, закрытая дренажная сеть построена на участке в I960 г. В период работы дренажа проводились исследования по определению притока грунтовых вод к дренам в зависимости

I4. Динамика глубины залегания уровня грунтовых вод от поверхности земли (м), по месяцам

I	II	III	IУ	У	УI
2,I0	I,80	0,80	I,20	I,I5	I,20

УII	УIII	IX	X	XI	XII
I,20	I,20	I,40	I,50	2,30	I,80

от напора и междренных расстояний, динамики засоления почвогрунтов и минерализации грунтовых вод, повышения плодородия орошаемых земель на фоне закрытого горизонтального дренажа.

Приток воды к дренам, как известно, находится в прямой зависимости от действующего напора. В целях определения этой зависимости на всех дренажных системах горизонтального закрытого дренажа установлены наблюдательные скважины, по которым определялась глубина залегания свободной поверхности грунтового потока при движении его к дренам. Одновременно с определением глубины залегания грунтовых вод измерялся и расход воды в устьях собирателей и дрен закрытых систем (рис.5).

Одним из основных показателей, характеризующих работу дренажных систем, является модуль дренажного стока. Фактический модуль дренажного стока, как известно, зависит от коэффициента фильтрации грунта, действующего напора, величины инфильтрационного питания, площади дренирования.

Средняя величина дренажного модуля за весь период работы закрытых дренажных систем равна 0,29 л/с/га, а максимальная среднемесячная - I,03 л/с/га. Такой сравнительно высокий модуль дренажного стока получен благодаря хорошим гидрогеологическим и литологическим условиям дренируемого массива.

За 20 лет работы закрытый горизонтальный дренаж отвел за пределы дренированного массива около I00 тыс.$м^3$/га грунтовой воды, что составляет 40 % суммарной водоподачи. Вместе с дренажной во-

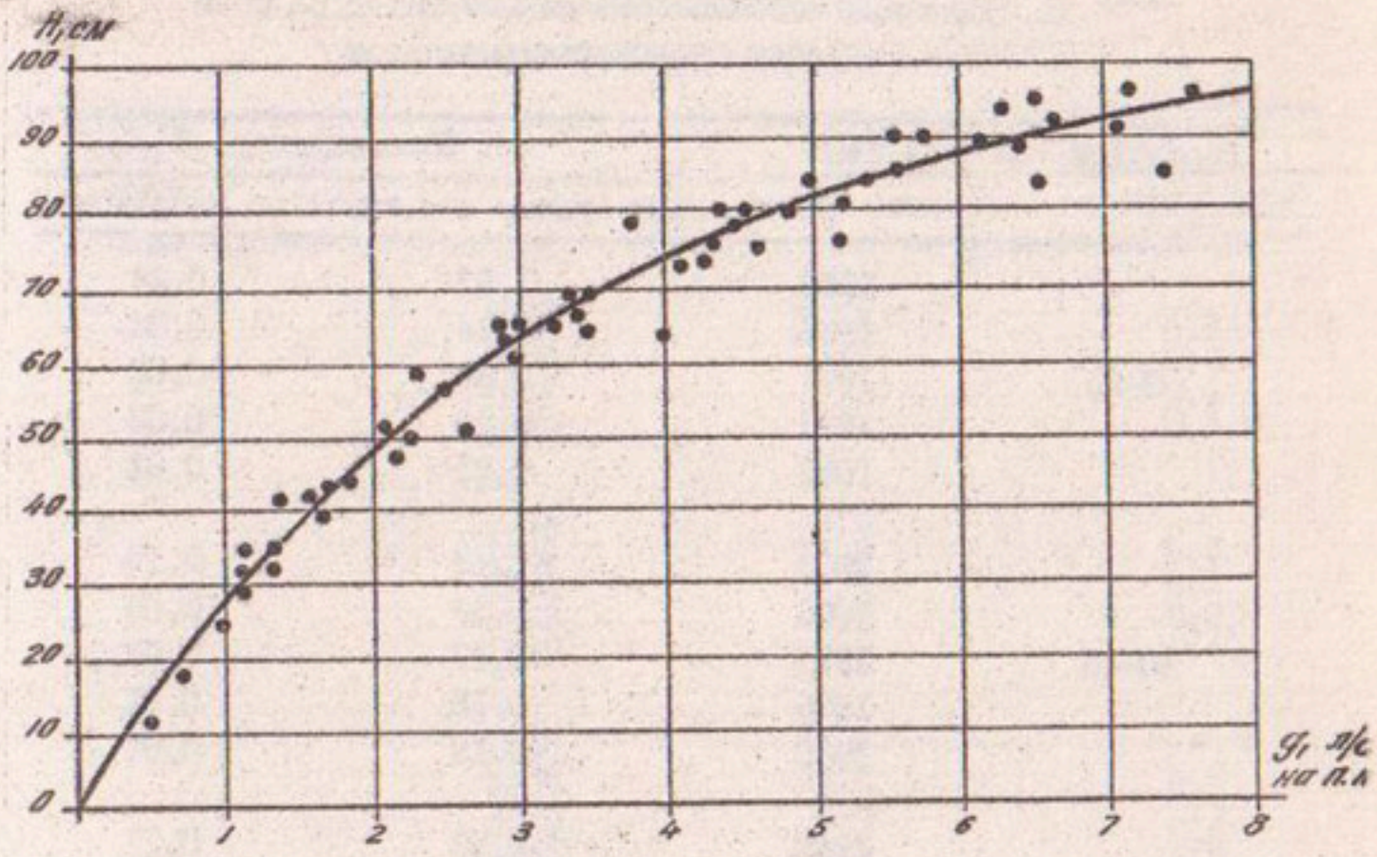


Рис.5. Динамика притока грунтовых вод к дренам.

дой было отведено по 300-500 т солей с каждого гектара. Удаление из толщи почвогрунтов такого количества солей благоприятно сказалось на мелиоративном состоянии орошаемых земель. Засоленность почвогрунтов и минерализация грунтовых вод дренированного массива значительно уменьшились (табл.I5 и I6). Интересно отметить закономерность быстрого мелиоративного эффекта, полученного при рассолении почвогрунтов, и замедленного, а в первые годы даже отрицательного воздействия промывок на грунтовые воды. Из табл.I5 видно, что уже за 4 года метровый слой почвы был рассолен до оптимального для развития растений содержания солей.

Грунтовые воды (табл.I6) в 4-метровой толще после промывных поливов были обогащены вымытыми из грунта солями. Их минерализация повысилась на глубине 2 м с I2,4 до 23,4 г/л, а на глубинах 3 и 4 м - соответственно с 8,0 до 20,2 и с 8,2 до II,3 г/л.

I5. Динамика засоленности почвогрунтов на фоне закрытых горизонтальных дрен

Горизонты, см	Год	Засоленность, %	
		по сухому остатку	по хлор-иону
0-20	I962	I,57	0,24
	I966	0,24	0,04
	I97I	0,30	0,02
	I975	0,20	0,02
	I980	0,2I	0,0I
20-40	I962	I,42	0,I9
	I966	0,39	0,06
	I97I	0,I7	0,0I
	I975	0,I8	0,0I
	I980	0,I8	0,0I
40-60	I962	0,92	0,II
	I966	0,32	0,03
	I97I	0,I8	0,02
	I975	0,20	0,0I
	I980	0,20	0,0I
60-80	I962	I,02	0,24
	I966	0,30	0,04
	I97I	0,I9	0,0I
	I975	0,I9	0,0I
	I980	0,28	0,22
80-I00	I962	0,46	0,I3
	I966	0,I4	0,03
	I97I	0,I7	0,0I
	I975	0,20	0,02
	I980	0,I7	0,0I

I6. Динамика минерализации грунтовых вод на фоне закрытого горизонтального дренажа

Глубина отбора проб, м	Год	Минерализация, г/л	
		по сухому остатку	по хлор-иону
2	I964	I2,4	–
	I966	23,4	6,7
	I970	2,6	0,4
	I975	I,7	0,4
	I980	I,8	0,4
3	I964	8,0	–
	I966	20,2	5,6
	I970	2,3	0,3
	I975	I,7	0,3
	I980	I,9	0,4
4	I964	8,2	–
	I966	II,3	2,7
	I970	2,9	0,4
	I975	I,4	0,2
	I980	I,5	0,3
6	I964	8,2	–
	I966	8,0	I,9
	I970	2,8	0,5
	I975	I,7	0,3
	I980	I,9	0,4
I0	I964	9,8	–
	I966	8,5	I,7
	I970	2,9	0,5
	I975	I,8	0,6
	I980	I,8	0,5
20	I964	I4,4	–
	I966	I2,I	3,6
	I970	I3,5	4,3
	I975	I0,2	4,0
	I980	I2,0	3,4

И только последующие промывные поливы и промывной режим орошения на фоне интенсивно действующего дренажа позволили через 6 лет мелиорировать грунтовые воды. Их минерализация в 10-метровой толще была значительно снижена и не превышала 2,0 г/л.

Следует отметить, что и этот сравнительно небольшой мелиоративный период работы дренажных систем можно значительно сократить. В этих целях необходимо найти возможность перехватывать соли, вытесняемые промывкой или поливной водой, и не давать им повышать минерализацию грунтовых вод.

В Ташаузском оазисе протяженность закрытых дрен по состоянию на I января 1981 г. составляла 271 км. Первые закрытые дрены были построены в колхозе "Коммунизм" Тахтинского района в 1967 г. Дренаж был оборудован гравийным фильтром, а также фильтром из минеральной ваты.

Закрытый горизонтальный дренаж оказал влияние на мелиоративную обстановку дренируемых земель. За период работы на фоне дренажа толща почвогрунтов мощностью до 2 м рассолена до оптимального содержания солей. Мелиорированы также и грунтовые воды. Примерно такое же положение в Ильялинском, Тельманском, Куня-Ургенчском и Калининском районах.

В Марийской области построено около 1500 км закрытых дрен. Дренаж построен из асбоцементных, полиэтиленовых и гончарных труб. Большая часть дрен построена из гончарных труб с гравийным фильтром. Имеются дрены с фильтром из минеральной ваты и барханного песка. Глубина дрен колеблется от 1,8 до 4,1 м. Расстояния между дренами различное. На участках с тяжелыми по механическому составу грунтами дрены расположены в 100 м друг от друга. На участках с более легкими грунтами расстояние между ними составляет 150-450 м.

Большинство дрен самостоятельно впадают в водоприемник (открытый коллектор). Некоторые дрены объединяются закрытыми собирателями. Почти над всеми дренами имеются полосы отчуждения, ширина которых колеблется от 6 до 15 м. Назначение наддренных полос - обеспечить естественное уплотнение грунта обратной засыпки. Такое уплотнение происходит через 3-4 года эксплуатации закрытых дрен. Следует отметить, что не все полосы выполнили до конца свою роль. Из-за неудовлетворительного ухода за валиками произошло

затопление отдельных полос водой при поливах прилегающих к ним орошаемых площадей. Это приводило к заилению фильтра и полостей дрен, сдвигу дренажных трубок. Повреждению закрытых дрен способствовали также и смотровые колодцы, которые почти везде устанавливаются с большими дефектами. Деформируются также устья дрен и собирателей, сопрягающихся с открытыми коллекторами.

Приведенные примеры показывают, что качество строительства закрытого дренажа, его эксплуатация не везде отвечают требованиям сегодняшнего дня.

Особое место в Марыйской области можно отвести Хаузханскому массиву, где первоначальное освоение земель велось при отсутствии инженерных оросительных и коллекторно-дренажных сетей. Большие поливные нормы, отсутствие естественной дренированности и искусственного дренажа обусловили быстрый подъем уровня грунтовых вод, который в настоящее время местами залегает на глубине 1,0 м от дневной поверхности. При высокой минерализации (30-50 г/л) грунтовые воды постоянно обогащают почву солями и ставят под угрозу вывода из сельхозоборота все новые и новые массивы. Для повышения плодородия почв необходимо изыскать современные действенные средства и в возможно короткие сроки улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель Хаузханского массива.

В настоящее время ведутся работы по прокладке открытых коллекторов и закрытых дрен, строятся оросительные каналы в бетонной одежде, идет планировка полей. Однако темпы ведения работ и качество их не отвечают современным требованиям и должны быть значительно улучшены.

В 1980 г. на Хаузханском массиве имелось 580 км открытых коллекторов и 260 км закрытых дрен. Расчеты показывают, что для коренного перелома в мелиоративной обстановке массива нужно построить около 6000 км коллекторно-дренажной сети. В настоящее время на Хаузхане проектируется и строится дренаж глубокого заложения, что отвечает требованиям мелиоративной науки. Однако при этом не всегда принимаются во внимание природные условия, способы строительства дренажа и его работоспособность при дальнейшей эксплуатации.

Следует иметь в виду то обстоятельство, что на Хаузханском массиве верхний 4-5-метровый слой грунта сложен слоистыми песча-

но-суглинистыми отложениями. Такие грунты при водонасыщении приобретают свойство плывунов и теряют устойчивость. Построить и поддерживать в хорошем состоянии глубокие открытые коллекторы в подобных условиях сложно, а иногда и просто невозможно. Обследование состояния построенного в последние годы закрытого горизонтального дренажа на Хаузханском массиве показало, что устья некоторых дрен подтоплены, расходы их не соответствуют проектным. Следовательно, для улучшения работы коллекторно-дренажной сети необходима коренная реконструкция водоприемников.

В Ашхабадской области по состоянию на I января 1981 г. было построено 1009 км закрытых дрен, в том числе в Теджепском оазисе - 157 км. Закрытый дренаж построен из гончарных, асбоцементных и полиэтиленовых труб.

Фильтром дрен служит гравийная масса из различных карьеров республики, а также минеральная вата, выпускаемая Безмеинским комбинатом строительных материалов, и стеклоткань различных марок.

Следует отметить низкое качество строительства отдельных систем закрытого горизонтального дренажа и особенно устьев дрен, сопряжений дрен с собирателями, смотровых колодцев. Неудовлетворительная работа закрытого дренажа обусловлена также недостаточным количеством переходов через железную дорогу и Каракумский канал.

I.2.2.I. Строительство и эксплуатация горизонтального закрытого дренажа

В настоящее время в мировой практике применяются закрытые дрены из трубок различного материала. Гончарные, бетонные или асбестоцементные дренажные трубки стандартной длины (33-50 см) укладывают на спланированное под уклон дно траншеи впритык друг к другу с небольшими зазорами в стыках.

В длинномерных асбестоцементных или полимерных трубах делают круглую или щелевую перфорацию. Поступление грунтовой воды в закрытые дрены из таких трубок происходит через стыковые зазоры или через перфорационные отверстия.

В грунтах с мелкими фракциями стыки между трубками и перфо-

рационные отверстия предохраняют от заиления специальными фильтрами. В последние десятилетия для строительства дренажных линий стали применять трубофильтры из пористого бетона. Трубофильтры изготавливают с достаточной водопроницаемостью и прочностью их стенок. Связующим здесь служат различные смолы, цемент, а заполнителем - базальтовый щебень, гравий, керамзит и другие материалы. При агрессивных водах применяется специальный цемент.

Казиев Б.М. (1975) проводил исследования по изучению эффективности работы закрытых дрен, построенных из пористых керамзитобетонных трубофильтров. Опытный участок находился в Канибадамском районе Таджикской ССР. Трубофильтры имели длину 850 мм, соединялись между собой эластичными полиэтиленовыми муфтами, при укладке обсыпались фильтром из крупнозернистого песка. Исследования показали, что закрытый горизонтальный дренаж из трубофильтров оказывает эффективное воздействие на мелиорацию земель. Такие же исследования проведены на опытно-производственном участке в колхозе им. К.Маркса Геокчайского района Азербайджанской ССР. Трубофильтры из керамзитобетона укладывались здесь на дно траншеи без песчано-гравийного фильтра. Трехлетние испытания показали, что трубофильтры из керамзитобетона хорошо сохранились в условиях сульфатно-хлоридного засоления, эффективно влияли на мелиорацию почв (А.М.Горностаев, 1978).

Бехбудов А.К. и др. (1980) проводили исследования в хозяйствах им.К.Маркса и им.В.И.Ленина Геокчайского района Азербайджана. Дрены, уложенные из пористых керамзитобетонных трубофильтров, в характерных для Ширванской степи гидрогеологических условиях работают удовлетворительно. Авторы рекомендуют предохранять стыки между трубофильтрами от заиления при помощи полиэтиленовых муфт или обертывать их стеклохолстом.

Таким образом, все исследователи пришли к выводу, что закрытые дрены из трубофильтров работают нормально. Видимо, необходимо более широко применять их в практике при мелиорации земель. Следует отметить, что длительность срока службы закрытого горизонтального дренажа зависит как от качества выполнения работ при строительстве, так и от последующей эксплуатации. Schulz H, (1958) приводит данные, что закрытый горизонтальный дренаж из гончарных труб может функционировать более 100 лет. Срок службы (расчетный)

для дренажа из полимерных труб - около 50 лет (В.А.Духовный и др., 1979).

Долговечность дренажа обусловлена также и такими факторами, как величина зазоров фильтрационных отверстий, качество фильтра и многими другими.

Особое внимание должно быть уделено величине зазоров в стыках труб и размерам перфорационных отверстий и щелей. Многочисленными опытами (H.Dutz, 1950; А.И.Мурашко, В.Г.Климков, 1969) установлено, что оптимальная величина зазора при укладке дренажных труб колеблется от 3,1 до 6,2 мм в устойчивых грунтах. В пылеватых и плывунных грунтах величина зазора между трубками (или щелей в стенках труб) не должна превышать 0,1 мм. Максимальный диаметр отверстий, при котором грунт не проникает в дрены, в два раза больше допустимого зазора между трубками (F.Engelund, 1953).

Известно, что вода в дрену поступает по всему омоченному периметру по линиям токов, направления которых нормальны к поверхностям равного напора. Существует мнение, что защитные меры по предупреждению заиления закрытого горизонтального дренажа нужно осуществлять прежде всего в нижней части дренажной трубы. Однако наблюдения за работой закрытых дрен показали, что над последними почти всегда имеются участки нависания.

Величина нависания над дренами тем больше, чем выше интенсивность инфильтрационного питания. Б.Джонс (Дж.Н.Лютин, 1964) при исследовании влияния ширины зазора между гончарными трубками на процесс их заиления установил, что появление участка "нависания" непосредственно над дреной увеличивает суффозию грунта на 30-100 %.

Приведенные примеры показывают, что защищать от заиления нужно весь периметр дрены, а не только его нижнюю часть. И.Ржига (1968), Р.Эггельсманн (1978), В.А.Духовный (1979), А.Н.Костяков (1960) показали, что в мировой практике для защиты дрен от заиления применяют гравий, шлак, солому, опилки, мешковину, дерн, песок разной крупности, материалы из базальтового и стеклянного волокна.

Многолетняя практика и теоретические расчеты показали, что материалы для фильтров горизонтального дренажа должны отвечать следующим требованиям:

– быть более водопроницаемыми, чем грунт, в котором заложен дренаж;

– гранулометрический состав фильтровой обсыпки должен обуславливать такой диаметр пор, который был бы несуффозионным по отношению к дренируемому грунту;

– быть устойчивым к агрессивным грунтовым водам.

Перечисленные требования четко зафиксированы в инструкции (1975).

Всем этим условиям, как показала практика строительства закрытого горизонтального дренажа, может отвечать или природная, или отсортированная по расчетным фракциям гравийная смесь.

Как из литературных источников (В.А.Духовный и др., 1979; Дж.Н.Лютин, 1964), инструкции (1975), так и из практики известно, что в случае неудачного подбора фильтра грунт частично вымывается через него в дрену. Потери напора при этом на границе раздела грунта и фильтровой засыпки уменьшаются в связи с увеличением размеров пор в грунте.

В работе Дж.Н.Лютина критерий устойчивости рекомендуется определять по следующим зависимостям:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} = 4,1 \quad \text{или} \quad \frac{D_{50}}{d_{50}} = 5,3 \qquad (1)$$

где D_{15} и D_{50} – соответственно 15 и 50% диаметр частиц фильтра; d_{85} и d_{50} – 85 и 50 % диаметр дренируемого грунта.

При незначительных градиентах напора можно допускать использование карьерных смесей при коэффициентах однородности, отвечающих величинам $5 \leq \frac{D_{60}}{D_{10}} \leq 3,5$ при дренировании слабосвязанного грунта и $5 \leq \frac{D_{60}}{D_{10}} \leq 50$ в случае суглинков (В.А.Духовный, 1979).

Инструкция (1975) определяет, что при дренировании связных грунтов должно быть выполнено условие $k_ф/k_г \geq 10$, а для несвязных – $k_ф/k_г \geq 5$

Здесь $k_ф$ – коэффициент фильтрации обсыпки; $k_г$ – коэффициент фильтрации грунта.

Толщина фильтра должна удовлетворять зависимости $T_ф \geq 7D_{85}$

Надо отметить, что способы производства работ, применяемые в настоящее время, обусловливают выполнение приведенной выше зависимости.

На примере закрытого горизонтального дренажа (В.А.Калантаев, О.Д.Базарова, 1967), построенного в Чарджоуском оазисе, можно увидеть, что предложенный Дж.Н.Лютиным критерий нашел свое подтверждение (табл.17, 18).

17. Гранулометрический состав почвогрунтов

Содержание фракций в обычной форме выражения		Содержание фракций по их совокупности	
Диаметр частиц, мм	Содержание, %	Наибольший диаметр частиц в сумме фракций, мм	Суммарный процент
0,005-0,001	2,3	0,005	2,3
0,001-0,01	8,0	0,01	10,3
0,01-0,05	65,5	0,05	75,8
0,05-0,10	19,9	0,10	95,7
0,10-0,25	2,7	0,25	98,4
0,25-1,00	1,6	1,00	100,0

18. Гранулометрический состав гравийного фильтра

Диаметр частиц,мм	% содержания	Диаметр частиц,мм	% содержания
10	17,6	3-2	19,7
10-7	7,2	2-0,5	29,7
7-5	8,1	0,5-0,25	12,9
5-3	-	0,25-0,10	4,8

Из табл.17 и 18 находим, что 15 % диаметр фракций фильтра равен 0,3 мм, а 85 % диаметр фракций грунта - 0,075 мм. Подставляя эти данные в зависимость (1), определяющую критерий устойчивости фильтра, найдем: $\frac{D_{15}}{d_{85}} = \frac{0,3}{0,075} = 4,0$,

то есть примененный фильтр является устойчивым. Раскопки дренажа после 5 и 20 лет его работы показали на незначительное заиление трубок. Как видно на рис.6, трубки всасывающих дрен после 5 лет эксплуатации заились всего лишь на 5-10 мм. Заиление трубок собирателя не превышало 3-5 мм. По истечении 20 лет заиление трубок всасывающих дрен и собирателей не увеличилось. Учитывая, что наиболее интенсивно дренаж заиляется в первые два-три года, когда формируется надежный фильтр, можно подтвердить вывод о том (H.Schulz,1958), что гончарный трубчатый дренаж закрытого типа может служить достаточно долго.

Осмотр показал также, что гончарные трубы, пролежавшие в минерализованной воде 20 лет, не потеряли своей прочности.

По-другому ведут себя по отношению к минерализованным водам асбестоцементные трубы. Их прочностные свойства через 15-16 лет резко снижаются, трубы под влиянием давления грунта ломаются, дренажные системы выходят из строя. Такое явление можно было наблюдать на одной из дренажных систем, собиратель которой был построен из асбестоцементных труб диаметром 141 мм. Грунтовые воды в год строительства имели минерализацию 5-10 г/л и относились к хлоридно-сульфатному типу засоления. Спустя 15 лет после строительства по трассе собирателя стали появляться воронки обрушения (рис.7), которые образовывались в результате суффозии части грунта в полость труб собирателя.

На другой дренажной системе, находящейся на соседнем участке, такого явления не наблюдалось и через 20 лет после строительства. Собиратель этой системы был уложен из таких же труб, но грунтовые воды здесь в период строительства были слабоминерализованы (2-3 г/л) и не оказывали разрушающего воздействия на материал асбестоцемента. Отсюда видно, что асбестоцементные трубы могут находить применение в условиях, где нет агрессивных грунтовых вод.

Обсыпка из песчано-гравийных смесей, коэффициент неоднородности которых удовлетворяет приведенным в работе В.А.Духовного (1979) зависимостям, надежно защищает закрытые дрены (Г.Е.Батурин, 1975). Раскопки их после 4-6 лет эксплуатации показали, что фракционный состав фильтров существенно не изменился. Песчано-гравийная смесь с недопустимо высоким коэффициентом неоднородности (Чиназский карьер) не может служить надежным фильтром для дрен. После 1-2 лет ра-

боты механическая и химическая кольматация фильтра превращает его в слабопроницаемый глинобетон.

В последнее время для фильтров дрен все более настойчиво предлагается применять минеральные и полимерные волокнистые материалы (А.И.Мурашко и В.Г.Климков, 1969; Р.Эггельсманн, 1978; В.А.Духовный, 1979; Н.Г.Пивовар и др., 1980). Экспериментальные исследования и полупроизводственные опыты по применению минеральных и полимерных материалов были начаты в нашей стране в 1952 г., когда В.М.Гаврилко (1958, 1962) предложил использовать стеклоткань для фильтров наблюдательных скважин. В конце 50-х и начале 60-х гг. в нашей стране и за рубежом стеклянное волокно стали применять в качестве фильтров закрытых горизонтальных дрен.

Рекомендации применять материалы химической промышленности для фильтра дрен диктуются соображениями экономического характера и желанием максимально механизировать строительные процессы при укладке закрытого горизонтального дренажа, а также недостатком инертных материалов определенного фракционного состава.

Технология изготовления искусственных фильтров для дренажа в настоящее время разработана достаточно хорошо, хотя имеется еще ряд вопросов, требующих дополнительных исследований. В Советском Союзе сейчас выпускаются искусственное волокно из базальта, различные ткани, производным которых является стекло.

Исследования, проведенные в Туркменистане, показали,что фильтры из искусственных волокнистых материалов могут длительное время "работать" в условиях высокоминерализованных грунтовых вод без заметного изменения своей прочности и фильтрационной способности. В Азербайджане А.К.Бехбудов и др. (1977) в лабораторных и полевых условиях исследовали базальтовое волокно, стекловолокно, стеклохолст и стеклосетку. Полевые исследования проводились на землях колхоза им.26 Бакинских комиссаров Уджарского района, где были построены закрытые дрены с фильтром из стеклохолста и из базальтового волокна. Опыты показали, что применение материалов химической промышленности в качестве фильтра дрен уменьшает стоимость строительства дренажа без заметного снижения мелиоративной эффективности.

Исследования Н.Г.Пивовара и Н.Г.Бугая (1967), Н.Г.Пивовара (1971) также показали, что горизонтальный трубчатый дренаж с филь-

тром из минерального и полимерного материалов может успешно работать на мелиорацию земель. Однако имеются сведения (Р.Эггельсманн, 1978), что синтетические дренажные фильтры постепенно "устают" и требуют периодической замены.

При технико-экономическом сравнении различных фильтров следует помнить, что фильтры сыпучих инертных материалов (гравий, крупный песок) как бы увеличивают диаметр дрены и она пропускает значительно больше воды, чем дрена с фильтром из химического волокна. Сравнение интенсивности заиления трубок в лабораторных условиях и в натуре показало, что при небольших уклонах чаще подвергаются заилению трубы больших диаметров. Эти обстоятельства показывают, что дрены с гравийным и песчаным фильтрами можно укладывать с меньшими уклонами, что особенно важно для условий орошаемых районов с незначительными уклонами местности.

Таким образом, в районах с богатыми природными запасами гравия или крупнозернистого песка фильтры закрытых горизонтальных дрен необходимо устраивать из этих материалов и только там, где завоз их обходится дорого, переходить на фильтры из продуктов химической промышленности.

Все приведенные данные по величине зазоров в стыках между трубками и перфорационных отверстий должны быть увязаны с гранулометрическим составом (если фильтр гравийный) или фильтрационными и прочностными характеристиками минераловолокнистых материалов, применяемых в качестве фильтра дрен.

Правильный подбор ширины стыка или величины перфорационных отверстий и материала для фильтра должен способствовать устранению явления суффозии грунта в дренажные трубы и увеличению срока службы закрытых горизонтальных дрен. Фильтр закрытого горизонтального дренажа имеет большое значение для его нормальной работы, отвода расчетного объема воды в определяемые агротехникой сроки, в выполняемой дренами роли мелиораторов орошаемых земель.

Надежная работа горизонтального закрытого дренажа (Н.И.Хрисанов и В.А.Камбуров, 1978; В.А.Духовный, 1979) в основном обеспечивается качественным выполнением всех видов работ при проектировании, строительстве и эксплуатации. На этапе проектирования надежность закрытого горизонтального дренажа закладывается при изысканиях. Правильное определение гидрогеологических, геологических,

почвенно-мелиоративных, климатических условий дает возможность запроектировать оптимальные параметры дренажа (расстояния между дренами, глубина дрен, тип фильтра, уклон и другие). Большое значение для надежности имеет качество материалов, из которых строятся дрены.

В первую очередь это можно отнести к дренажным трубкам. Проверки, проведенные СевНИИГиМ в 1972 г. на заводах по выпуску дренажных труб в Вологде, Ленинграде и Цесисе (Латвийская ССР) и ТуркменНИИГиМ в 1980 г. в Чарджоу и Байрам-Али (Туркменская ССР), показали, что качество дренажных трубок не отвечает ГОСТам, регламентирующим выпуск продукции для закрытого дренажа. Отклонения от перпендикулярности торца (перекос), наличие заусениц на торцах, неравномерная толщина стенок, эллипсовидность и другие дефекты составляли более 30 %. Примерно такие же показатели брака керамических труб получены в МГМИ (И.Г.Юрченко, 1971).

Большое значение в повышении надежности закрытого дренажа имеет качественное строительство дренажных линий.

Особое внимание необходимо уделять величине зазоров в стыках между трубками, качественному устройству фильтра дрен, недопустимости смещения трубок относительно друг друга при засыпке, соблюдению заданного уклона и другим показателям. Несоблюдение технологии строительства закрытого горизонтального дренажа в совхозе "40 лет ВЛКСМ" Кировского района Туркменской ССР привело к тому, что 10-12 % дрен вышло из строя (Ф.Ш.Доктор, Г.Г.Гурбанов, 1977). В.А.Духовный (1979) на основе анализа работы коллекторно-дренажной сети показал, что в новой зоне Голодной степи выход из строя закрытых дрен в первые два года после строительства составляет 7%, а в последующие – 5 %. Примерно такое же соотношение наблюдается и в Туркменской ССР.

Долговременная надежность закрытого горизонтального дренажа во многом зависит от выполнения соответствующих эксплуатационных мероприятий. К ним относятся капитальный, текущий и аварийный ремонт, поддержание в рабочем состоянии дренажных линий и всех сооружения на них. Для постоянного контроля за работой закрытого дренажа и его очистки в случае заиления на дренажных линиях ставятся смотровые колодцы. Однако при строительстве колодцев часто допускаются технологические дефекты: стыки между железобетонными

кольцами не заделываются или заделываются неудовлетворительно. При проведении промывных или вегетационных поливов грунт через стыки вмывается в колодец, заиляя его и полость дрен.

Смотровые колодцы зачастую устанавливаются на орошаемых массивах, мешают механизации сельскохозяйственных работ, зарастают сорной растительностью.

В целях повышения надежности закрытого дренажа считаем целесообразным отказаться от размещения смотровых колодцев непосредственно на орошаемых площадях. При необходимости проведения ремонтных работ (промывка дрен от заиления) можно вскрыть дренажную линию в нужном месте (что делается иногда и при наличии смотровых колодцев), пользуясь специальными переносными колодцами многоразового пользования. При этом трассы закрытых дрен должны быть обозначены на местности четкими ориентирами, не создающими помех для работающих на полях механизмов.

Смотровые колодцы следует строить потайными из асбестоцементных цельных труб диаметром не менее 0,8 м. В целях быстрого определения их местонахождения предлагается иметь схему размещения колодцев и применять специальное оборудование (Р.Фатрахманов, 1976).

Большой ущерб дренажным системам наносит нерешенность вопроса уплотнения обратной засыпки закрытых дрен. Имеется множество способов уплотнения, но все они пока не дают должного эффекта.Так, в Узбекистане (В.А.Духовный и др., 1979) был изготовлен прицепной каток, диаметр барабана которого составлял 0,87 м, а ширина его - 0,5 м, то есть каток по своим размерам вписывается в габариты дренажной траншеи. Уплотнение таким катком дает эффект только при толщине слоя грунта не более 15 см. Если учесть, что средняя толщина уплотнения должна быть не менее 1,0 м, то становится понятно, почему каток не нашел широкого применения.

Был предложен метод замочки грунта обратной засыпки дренажной траншеи как с дневной поверхности, так и через полость дрены.

Однако, как выяснилось, этот метод требует большой доработки, так как малейшая несогласованность в подаче воды "снизу" и "сверху" может привести к заилению фильтра и полости дрены и, следовательно, к выходу ее из строя.

В САНИИРИ (В.А.Духовный и др., 1979), проверяется в производственных условиях метод оструктуривания грунта обратной за-

сыпки при помощи раствора полимера К-4. Обрабатывается только слой грунта 0,5-метровой толщины, прилегающий непосредственно к фильтру дрены. В результате обработки грунт становится прочным, не размывается и не заиляет фильтр.

Имеется еще несколько предложений по механическому уплотнению грунта обратной засыпки, но все они также малоэффективны и также не нашли широкого применения.

Из приведенных данных видно, что для уплотнения грунта обратной засыпки в дренажных траншеях пока еще не найдено эффективного решения.

Именно поэтому пришлось и ученым, и проектировщикам, и строителям надеяться на самоуплотнение грунта.

Известно, что рыхлый грунт со временем самоуплотняется под действием собственного веса, атмосферных осадков и других природных факторов.

В настоящее время в орошаемой зоне в основном и применяется этот метод. Заключается он в том, что наддренная полоса с небольшим запасом (общая ширина полосы 5-10 м) ограждается валиками, не засевается и не поливается в течение 3-4 лет. Метод имеет два существенных недостатка. Во-первых, он не совсем надежен. Валики повреждаются машинами и грызунами. При поливах соседних полей вода через эти разрушения попадает на наддренную полосу, вымывает рыхлый грунт в фильтр и полость дрены. Во-вторых, такой метод на несколько лет выводит из сельскохозяйственного оборота орошаемые земли (площадь их на 1 км дрен составляет от 0,5 до 1,0 га), находящиеся в наиболее благоприятных, с точки зрения мелиорации, условиях.

При частичном зарастании или заилении горизонтального дренажа закрытого типа возникают дополнительные гидравлические сопротивления, что со временем приводит к полной закупорке полостей дренажных систем.

Зарастание дренажных линий в основном обусловлено тем, что сорная растительность развивается в непосредственной близости от дрен, так как именно там растения могут найти в избытке и влагу и питательные вещества, которые поступают в полость дренажных систем при поливах окружающих земель. Однако наибольшую опасность для дрен представляют корни древесных насаждений, особенно тополя, ивы и некоторых других, а также кустарников.

В целях предохранения дрен от зарастания древесные и кустарниковые насаждения необходимо высаживать на оптимальном расстоянии от дренажных линий. Это расстояние для различных пород древесных насаждений различно. И.Ржига (1968) рекомендует придерживаться следующих расстояний: для фруктовых деревьев и кустарников – 4–5 м, для дикорастущих кустарников – 8–15, для тополя и ивы – до 20 м.

При необходимости строительства закрытого дренажа вблизи деревьев или в саду рекомендуются следующие профилактические мероприятия: покрытие стыков дрен дегтем, карболовой кислотой с последующей обработкой полосками рубероида. Практика показала эффективность указанных мероприятий, однако они кратковременные : через 10–20 лет дренаж подвергается зарастанию. Поэтому наряду с указанными профилактическими мерами необходимо регулярно, через 2–3 года, вводить в полость дрен антисептические средства (промывка дрен фенолом, дегтем и др.). Успешно можно применять также гербициды общего или избирательного действия. Но здесь нужно проявлять максимум осторожности, так как многие гербициды имеют высокую токсичность, губительно действуют на живые организмы.

Исследования показали, что наиболее интенсивно дренаж заиляется в первые 2–3 года после начала эксплуатации, а затем интенсивность заиления падает, так как вокруг стыков (или перфорации) труб образуются надежные фильтры, препятствующие проникновению грунта в полость дрен. Заилению дренажа способствуют также смотровые колодцы, при строительстве которых допущены технологические дефекты.

В последнее время в целях предупреждения заиления закрытого дренажа предлагается (Р.Эггельсманн, 1978; В.А.Духовный, 1979) своеобразная защита в виде досок, раструбов, муфт различного типа, вкладышей, фильтрационных шайб из пористого материала. Нельзя сказать, что предлагаемые конструкции с энтузиазмом принимаются строителями. И это понятно. В наше время закрытый дренаж должен строиться на больших площадях и ускоренными темпами. А это возможно только при полной механизации всех работ. Механизировать же легче укладку простых дренажных трубок без замысловатой конфигурации.

Заслуживает внимания строительство закрытого дренажа из длин-

номерных, особенно полиэтиленовых труб (А.А.Граудыньш и др., 1977).

Известно, что уложенные в плывунных и просадочных грунтах закрытые дрены из стандартной длины трубок (33 и 50 см) довольно неустойчивы. Дренажные линии в таких условиях могут смещаться в любых направлениях, что способствует заилению полостей дрен и полному выходу дренажа из строя. Дрены из длинномерных труб даже при частичном сдвиге их линий продолжают выполнять работу по мелиорации сельскохозяйственных угодий.

Строительство закрытого горизонтального дренажа в зоне орошаемого земледелия осуществляется пока что в основном полумеханизированным, так называемым способом "полки". Причем механизация заключается только в отрывке траншей и засыпке их после укладки дренажных линий. Устройство полки, укладка дренажных трубок, устройство фильтра и частичная засыпка дренажной линии грунтом производятся вручную. Это тяжелый, малопроизводительный труд. Так, например, Л.П.Тюрин (1977) показал, что при укладке дренажа методом "полки" в колхозе "Октябрь" Марийского района, по данным хронометража, бригада из 6 человек имела среднюю производительность 2,0-3,0 м в час.

В последнее время при строительстве дренажа стали применять комплексную механизацию, но делается это пока робко, недостаточными темпами. Комплексная механизация при строительстве закрытого дренажа осуществляется при помощи траншейных дреноукладчиков: ЭД-3,0, Д-251, Д-658, Д-659А, Д-301, Д-659Б, ЭТЦ-406.

Глубина укладки дренажа указанными дреноукладчиками колеблется в пределах 2,5-4,0 м. Отличительной характеристикой траншейных дреноукладчиков является то, что они могут быть использованы только в условиях устойчивых грунтов и при глубоком залегании уровня грунтовых вод.

Там, где грунты неустойчивы, а уровень грунтовых вод находится близко к дневной поверхности, строительство закрытого горизонтального дренажа траншейными экскаваторами становится затруднительным, а во многих случаях и невозможным.

При отрывке траншей в подобных условиях стенки их обрушаются, зажимают бункер дреноукладчика, дальнейшее продвижение его прекращается.

Имеется несколько предложений по совершенствованию строительства горизонтального дренажа в условиях неустойчивых грунтов и близкого залегания уровня грунтовых вод. Так, ТуркменНИИГиМом была предложена новая конструкция бункера дреноукладчика Д-251. Передняя часть бункера длиной 0,5 м была оставлена прямоугольной формы, а остальной придана форма трапеции с уклоном боковых стенок, равной 0,05.

Такая конструкция бункера позволила снизить давление обрушающегося грунта и улучшить работу дреноукладчика. Однако это предложение лишь частично решает проблему строительства дренажа.

Бестраншейный способ в СССР разработан Е.Д.Томиным (1982) и проверен в Голодной степи. Отличается большой скоростью укладки дренажных труб, более полной механизацией всего процесса строительства. После испытания ряда конструкций производству был предложен бестраншейный дреноукладчик БДМ-3011А. Основным недостатком дреноукладчика является то, что он имеет большие тяговые сопротивления. В связи с неоднородностью механического состава грунта по длине дрены обусловливается разная глубина ее заложения. Образованные в результате этого "карманы" снижают мелиоративную эффективность дрен, способствуют их заилению.

Несомненно то, что бестраншейный способ строительства закрытого дренажа имеет большое будущее. Однако существующие конструкции дреноукладчиков нуждаются в доработке, особенно при строительстве глубокого дренажа.

В ФРГ (А.В.Алексанкин, 1982) для строительства дренажа бестраншейным способом выпускаются дреноукладчики "Титан". Производительность их составляет 3 км в смену при глубине укладки дрен 1,7-1,9 м.

Способ понижения уровня грунтовых вод при помощи иглофильтров по трассе дрен при их укладке разработан и предложен институтом ТуркменНИИГиМ (Л.П.Тюрин и др., 1977). Однако из-за трудоемкости такой технологии строительства дренажа и дополнительных затрат на установку и последующее извлечение иглофильтров способ не нашел широкого применения.

Все приведенные примеры показывают, что технология строительства глубокого закрытого горизонтального дренажа при высоком уров-

не стояния грунтовых вод и неустойчивых грунтах нуждается в существенном усовершенствовании. Наряду с бестраншейным способом необходимо развивать и траншейный, особо обратив внимание на узкотраншейные конструкции дреноукладчика.

Выше отмечалось, что независимо от качества строительства наступает такой период, когда дрены частично или полностью перестают отводить воду в связи с заилением их полости. При хорошей эксплуатации это происходит через несколько десятков лет, а при неудовлетворительной - через 2-3 года, а иногда в первый же год после строительства. Для очистки дрен от заиления отечественная и зарубежная промышленность (В.А.Духовный, 1979; Р.Эггельсманн, 1978) выпускает промывные приспособления нескольких видов. Один из них - промывщик дренажных труб ПДТ-125, смонтированный на базе двух тракторов ДТ-75. В комплект входят насосы С-245, ЗМС-10х34х184, барабан на тележке для рукавов и цистерна для воды.

Очистка дренажных линий производится при помощи большого напора воды, которая подается насосом ЗМС. Образовавшаяся при этом пульпа откачивается насосом С-245. Производительность промывщика ПДТ-125 составляет 30-35 м в час при диаметре труб дрены 150 мм. Стоимость промывки приблизительно равна 0,5 руб. за 1 м дрены. Наибольшую эффективность промывщик дает при частичном заилении полости дрены.

В ФРГ серийно выпускают специальное устройство Diema для промывки дренажных труб. Состоит Diema из трехцилиндрового насоса с рабочим давлением до 10 кгс/см^2, двухтактного двигателя мощностью 2,6 л/с, всасывающего и промывочного шлангов, барабана для их намотки, двух сопел и резиновых дисков. Максимальная зона действия устройства с одной позиции - до 100 м.

В ФРГ (Р.Эггельсманн, 1978) применяются также способы промывки дренажа с помощью цистерны при небольшом (до 2 кгс/см^2) и высоком (более 5 кгс/см^2) давлениях. В первом случае устье дрены закрывается резиновой пробкой, наполняют дрену водой при помощи шланга, давление в цистерне создают путем нагнетания воздуха.

Во втором случае шланг с наконечником и щеткой вводится в полость дрены. При давлении более 5 кгс/см^2 подается вода, которая сильными струями из наконечника промывает наилок и продвигает шланг в дрене вперед. Подобное устройство позволяет промывать дрены длиной 100-200 м.

Имеется еще много устройств, выпускаемых в различных странах мира. К наиболее совершенным можно отнести машину RCO-11, сконструированную в ГДР, отечественное промывное устройство Д-910 и другие.

Помимо гидравлических способов очистки закрытых дрен от заиления имеются и механические. Так, например, дрены больших диаметров можно очищать специальными тросопротягивающими устройствами со щетками. При небольшом заилении можно пользоваться стальной проволокой, концы которой должны быть загнуты, и т.п.

При заилении железистыми соединениями требуется проводить специальные профилактические и ремонтные работы. Профилактические мероприятия по защите дрен от заохривания назначаются в зависимости от почвенно-гидрогеологических условий дренированной площади. При этом в дренажные траншеи одновременно с засыпкой следует вносить различные ингибиторы (известь, фосфоритную муку, смесь гипса с известью).

Ремонтные работы заключаются в том, что полость дрен заполняют двуокисью серы (SO_2), а затем промывают водой. Следует отметить, что заохривание закрытых дрен в условиях орошения - явление довольно редкое.

Многолетний опыт борьбы с засолением орошаемых земель при помощи закрытого горизонтального дренажа показал, что долговечность дрен зависит от уровня эксплуатационных работ. В качестве примера можно привести работу дренажа на Муганской, Акалтынской, Чарджоуской и других опытно-мелиоративных станциях нашей страны. На этих станциях эксплуатация закрытого дренажа находится в руках ученых. А ученому необходим работоспособный дренаж для проведения исследований и получения достоверных данных. Закрытый дренаж на опытных станциях надежно работает от 20 до 50 лет и более благодаря хорошей эксплуатации.

На такой же высокий уровень нужно вывести эксплуатационную службу в производственных условиях. Необхрдимо постоянно проводить разъяснительную работу среди сотрудников эксплуатационной службы о доминирующем влиянии дренажа на плодородие почв, повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Каждый работник эксплуатации должен проникнуться сознанием того, что производству обязательно нужен работоспособный дренаж для получения стабиль-

ных и высоких урожаев сельхозкультур. Тогда дренаж будет работать надежно, будет долговечным, затраты на его эксплуатацию резко сократятся.

I.2.3. Комбинированный дренаж

Комбинированный дренаж известен давно. Родоначальником его, видимо, следует считать фермера Элкингтона из США, который в I764 г. случайно пробил ломом глинистое дно дренажной канавы и вызвал самоизлив в нее напорных грунтовых вод.

Позднее колодцы-усилители стали армировать деревянными коробками или обсаживать трубами из различных материалов.

В Туркменистане работа комбинированного дренажа впервые стала изучаться в I960 г. В.С.Седовым (I969) в колхозе "Коммунизм" Тахтинского района Ташаузской области. Колодцы-усилители были расположены на откосах открытых дрен. Исследования проводились на двух опытно-производственных участках общей площадью I82 га.

На первом участке покровный слой имел мощность от 8 до II м. Представлен он переслаивающимися супесями, суглинками и глинами. Средний коэффициент фильтрации покровных отложений равен 0,6 м/сут. Подстилаются они мелкозернистыми песками, коэффициент фильтрации которых составляет 7-9 м/сут. Мощность песчаного слоя - 30-45 м. Минерализация грунтовых вод - до 40 г/л.

Мощность покровных отложений второго участка - 2,5-I0 м при среднем коэффициенте фильтрации 0,3-0,4 м/сут. Подстилающими грунтами являлись также пески, мощность их слоя примерно такая же, как и на первом участке. Минерализация грунтовых вод достигала довольно большой величины - 74,0 г/л. Глубина усилителей на опытно-производственных участках составляла I5 м, диаметр фильтра и длина его соответственно II4 мм и 5,5-7,8 м. Расстояния между усилителями - I00 м.

Вода из усилителей в горизонтальную дрену поступала самоизливом. В результате работы колодцев-усилителей гидрогеологическая обстановка дренированного массива существенно изменилась. Если до работы усилителей скорость понижения уровня грунтовых вод за месяц составляла в среднем 45 см, то после ввода в действие колод-

цев скорость спада увеличилась в 2 раза. При этом дебит каждого усилителя был равен 1,5–3,2 л/с при напоре грунтовых вод 1,3–2,5 м. Исследования показали, что расстояния между горизонтальными дренами с колодцами-усилителями могут быть в 2 раза больше, чем без них. Расчеты исследователей показали, что внедрение в производство комбинированного дренажа даст экономический эффект около 100 р. на каждый гектар дренированной площади.

Следует отметить, что наибольший эффект комбинированный дренаж может дать в условиях двухслойности, когда тяжелые грунты подстилаются более легкими. В таких условиях под дренами всегда имеется напор грунтовых вод, превышающий уровень воды в дренах на 1,5–3,0 м.

Сапаров Б.С., В.В.Лондарев, В.С.Седов (1975) предложили новую конструкцию дренажной системы с колодцами-усилителями. Состоит она из глухого трубопровода, к которому подключаются усилители. Многолетние исследования показали, что дренажная система предложенной конструкции обладает высокой мелиоративной эффективностью. Удельный расход воды на единицу водоприемной площади усилителя в 10 с лишним раз выше, чем у обычной закрытой горизонтальной дрены. Дебит одного усилителя приближался к 1,0 л/с. Данная система внедрена в производство с экономическим эффектом 110–140 руб/га.

Исследования эффективности комбинированного дренажа проводились позднее на орошаемых массивах 1-й очереди освоения Каршинской степи (М.К.Громатович, Ф.В.Серебренников, А.В.Толстунов, 1977).

Опытные участки были расположены на территории колхозов "Аврора", "Москва". В колхозе "Аврора" было построено три скважины усилителя, которые объединялись общим водоводом глубиной 2,0 м. Почвогрунты опытного участка имели сильную степень засоления. Мощность покровных отложений достигала 27 м. Состояла она из переслаивающихся суглинков и супесей. Первый слой песка имел мощность 2,0–2,5 м, коэффициент фильтрации его – 10–12 м/сут. Ниже располагались опять тяжелые грунты, только на глубине 40 м бурением был обнаружен еще один слой песка мощностью 5–12 м с таким же коэффициентом фильтрации. Фильтры усилителей были расположены в толще песков, то есть на глубине 27 и 40 м. Мелиоративная обстановка на опытном участке была сложная. Грунтовые воды, минерализация которых доходила местами до 30 г/л, находились близко к дневной поверхности. Пье-

зометрический уровень субнапорных подземных вод превышал уровень грунтовых на I,2-2,0 м. В этих условиях усилители работали постоянно, несмотря на глубину залегания грунтовых вод (иногда уровень грунтовых вод залегал ниже линии водовода). Дебит скважин усилителей колебался от I,6 до 3,2 л/с. Комбинированный дренаж по мелиоративной и по экономической эффективности имеет большие преимущества перед обычным горизонтальным дренажем.

В колхозе "Москва" усилители были построены на откосах открытой горизонтальной дрены. Покровные отложения опытного участка представлены средними и тяжелыми суглинками мощностью 5-8 м. Подстилающим слоем являются пески с коэффициентом фильтрации II,2 м/сут.

Скважины-усилители были представлены двумя конструкциями. В первом случае полиэтиленовые трубы опускались в пробуренные скважины. Диаметр труб и скважин соответственно были равны I00 и 2I9 мм. Полиэтиленовые трубы имели перфорацию на глубине 8-II м. Затрубные пространства заполнялись песчано-гравийной смесью.

Второй вариант конструкции усилителей отличался только диаметром скважин (d = I68 мм) и фильтром, который был изготовлен из стекловаты.

Исследования показали, что скважины-усилители в том и в другом случае работали одинаково. Дебит их составлял 0,6-2,8 л/с. Радиус влияния горизонтальной дрены при подключении усилителей резко возрос и стал равен 250-380 м вместо I80-230 м. Седов В.С. и П.Д.Умаров (I977), анализируя гидрогеолого-литологическую особенность и основываясь на собственных исследованиях, пришли к выводу, что в условиях Каршинской степи наиболее эффективным видом дренажа является комбинированный. Духовный В.А., П.Д.Умаров, Р.Г.Любар (I980), используя материал по проектированию и строительству комбинированного дренажа в Каракалпакской АССР и Каршинской степи, рассмотрели две схемы строительства усилителей - площадную и линейную. Сравнение показателей приведенных затрат и расчеты показали, что линейная схема строительства комбинированного дренажа экономичней, чем площадная.

Таким образом, исследования в разных регионах орошаемого земледелия показали, что скважины-усилители повышают мелиоративную эффективность горизонтального дренажа с одновременным снижением удельных капиталовложений.

В определенных гидрогеологических условиях орошаемого земледелия нашей страны и за рубежом наряду с горизонтальным большое распространение получил дренаж вертикальный.

В целях мелиорации засоленных земель он применяется в США, Алжире, Австралии, Индии и других странах (Дж.Н.Лютин, 1964; В.А.Духовный, 1976; Н.М.Решеткина, Х.И.Якубов, 1978; А.К.Бехбудов, Х.Ф.Джафаров, 1980). В Советском Союзе вертикальный дренаж впервые был применен на территории Узбекистана в 1928-1930 гг. В 1947-1954 гг. вертикальные дрены проходили испытания в Голодной степи Узбекистана, в Таджикской, Армянской и Азербайджанской ССР.

Скважины вертикального дренажа состоят из фильтра, фильтрового каркаса, насосно-силового оборудования, расположенного на земле (рис.8). Основное условие, которое необходимо соблюдать при проектировании вертикального дренажа - это обеспечение максимально возможного дебита при минимальном понижении динамического уровня в скважине. Главную роль в выполнении этого условия играет водоприемная часть, которая и должна подбираться соответствующим образом. Водоприемная часть представляет собой перфорированную трубу из различного материала, защищенную искусственным фильтром.

В целях уменьшения входного сопротивления при работе скважин вертикального дренажа очень важно найти правильное взаимодействие перфорации каркаса стренера (трубы) с фильтром, а фильтра с грунтом водоносного пласта. Правильно подобранные параметры перфорации и фракционный состав фильтра во многом определяют нормальную работу вертикального дренажа, предотвращают суффозионные процессы, увеличивают срок службы.

Гавриленко В.М., В.С.Алексеев (1976) показали, что фильтры скважин вертикального дренажа в зависимости от конструктивных особенностей могут собираться на поверхности земли (опускные фильтры) и формироваться непосредственно в толще водоносного грунта.

Фильтры с гравийной оболочкой

Основу таких фильтров составляют асбестоцементные трубы с круглой перфорацией. Поверхность труб покрывается антикоррозийным

слоем из полиамидных смол. По особой технологии вокруг трубы создается гравийная обсыпка толщиной 23 мм. Фильтры с гравийной оболочкой выпускают фирмы "Хагуста" и "Нольд" в ФРГ.

Фильтры кожуховые с гравийным заполнением

К таким фильтрам относятся кожуховые и корзинчатые. Корзинчатые фильтры не нашли широкого применения из-за сложности изготовления и плохой работы.

Фильтры кожуховые применяются за рубежом и в нашей стране. Основой для кожухового фильтра служат трубчатые или стержневые опорные каркасы. Гравийная обсыпка в фильтрах такой конструкции удерживается при помощи кожухов, изготовленных из сеток. Толщина гравийного слоя в кожухе может достигать 70 мм.

Имеется много и других конструкций фильтров, собираемых на поверхности земли. К ним относятся фильтры блочного типа. Как выяснилось в процессе строительства и эксплуатации, у таких фильтров имеются существенные недостатки. В нашей стране такие фильтры в настоящее время не применяются.

Там, где каптируемая толща почвогрунтов представлена песками различной крупности, находят применение фильтры с трубчатыми или стержневыми каркасами, обтянутые сетками, изготовленными из меди, латуни, стали, из пластических масс, капрона, из стеклянного волокна и других материалов.

Практика строительства и эксплуатации вертикального дренажа показала, что наиболее эффективны гравийные фильтры, создаваемые непосредственно в толще водоносного грунта.

Мы не будем останавливаться на гравийных фильтрах, которые формируются в естественных условиях за счет крупных фракций грунта каптируемого горизонта. Такие условия в природе встречаются редко. Особый интерес представляют фильтры, создаваемые искусственно, засыпкой гравия в забой. В зависимости от зернистости грунта каптируемого пласта гравийный фильтр может состоять из одного или нескольких слоев (Н.М.Решеткина, Х.И.Якубов, 1978).

Следует отметить, что применение многослойных обсыпок и сложно, и дорого, однако оно обеспечивает надежную эксплуатацию верти-

кальных дрен, повышает их мелиоративную и экономическую эффективность.

Как и любой другой, гравийный фильтр имеет свои преимущества и недостатки. К недостаткам можно отнести сложность формирования фильтра на забое скважин, неравномерность фракционной укладки гравия по глубине фильтра, что приводит к пескованию, увеличению расхода гравийной массы. К положительным свойствам гравийных фильтров относится повышение дебита вертикальных дрен, снижение сопротивлений на стыке грунт – фильтр.

Не менее важное значение для получения максимально возможного дебита вертикальных дрен должно отводиться конструкции фильтрового каркаса, его скважности. Вопросы оптимальной скважности фильтров вертикального дренажа давно находятся в центре внимания исследователей. Абрамов С.К. (В.М.Гаврилко, С.К.Абрамов, 1954) предлагает принимать скважность от 20 до 25 %. Гаврилко В.М. (1962) пришел к выводу, что идеальным следовало бы считать фильтр со скважностью 100 %, однако создать такой фильтр пока что невозможно.

Практика работы вертикального дренажа, лабораторные исследования, расчеты показали, что чем больше скважность фильтра, тем меньше гидравлические сопротивления при входе грунтового потока в скважину, тем больше ее дебит. Однако при назначении скважности необходимо учитывать прочностные свойства материала труб.

Аналитические основы теории дренирования скважинами вертикального дренажа были разработаны в конце прошлого и начале нашего столетия учеными России, Франции, Германии, США, которые работали независимо друг от друга.

Этим актуальным вопросам посвятили свои исследования Н.Е.Жуковский (1949), Л.С.Лейбензон (1947), Н.Н.Павловский (1956), А.Я.Полубаринова-Кочина (1942, 1977), И.А.Чарный (1951, 1956); C.Dupuit (1863); P.Forchheimer (1930) и многие другие.

Первую половину XIX столетия можно считать периодом уточнения некоторых положений в теории о притоке грунтовых вод к вертикальным дренам. Помимо теоретических разработок было проведено множество экспериментов как на физических и электрических моделях, так и непосредственно в полевых условиях. В Советском Союзе скважины вертикального дренажа для дренирования орошаемых земель широко при-

меняются в различных оазисах Средней Азии, а также на Украине, в Белоруссии и других союзных республиках.

Надежная эксплуатация вертикального дренажа во многом зависит от правильно проведенных строительных откачек и подбора оптимального по своим параметрам насосно-силового оборудования.

Опыт эксплуатации скважин вертикального дренажа в Голодной степи Узбекской ССР (Н.М.Решеткина, Х.И.Якубов, 1978) и в Туркменской ССР показал, что наиболее удобными являются скважинные насосы с погружными электродвигателями типа ЭЦВ (табл.19).

19. Техническая характеристика насосов типа ЭЦВ

Марка насоса	Рабочий напор, м	Подача воды, $м^3/ч$	Мощность электродвигателя, квт	Минимальный диаметр рабочей колонны скважины, мм
ЭЦВ 8-40-65	43-80	26-57	II	200
ЭЦВ 10-63-40 г	30-48	40-80	II	250
I ЭЦВ 10-63-65	56-72	50-75	22	250
ЭЦВ 10-120-40 г	31-46	85-150	22	250
I ЭЦВ 10-120-60	50-69	90-150	32	250
ЭЦВ 10-160-15	14-18	120-175	II	250
ЭЦВ 10-160-35 м	28-40	120-175	22	250
ЭЦВ 10-160-65	53-75	120-200	45	250
ЭЦВ 12-210-25	21-37	140-250	22	301
ЭЦВ 12-210-65	44-66	160-250	45	301
ЭЦВ 12-255-30 м	22-33	230-330	32	301
2 ЭЦВ 12-255-30 г	27-34	220-285	32	301
ЭЦВ 12-375-30	28-34	320-410	45	301
ЭЦВ 16-500-45	50-62	270-500	90	400

Однако эти насосы имеют существенные недостатки при работе в условиях Средиеазиатского региона, когда они откачивают минерализованную воду.

Срок службы их не превышает 2300-2800 час, что в 1,5 раза меньше проектного ресурса. Частый выход насосов из строя обуслов-

ливает низкий КПР (коэффициент полезной работы) скважин, снижает их мелиоративную эффективность.

В Туркменистане вертикальный дренаж построен на небольших площадях во всех орошаемых оазисах, но применение его не вышло еще за рамки опытно-производственных участков. Всего в республике построено 300 скважин вертикального дренажа, в том числе в Марыйской области - 34, Чарджоуской - 14, Ташаузской - 9, Ашхабадской - 243.

В Чарджоуском оазисе скважины вертикального дренажа впервые были построены в колхозе "Туркменистан" Сакарского района в 1964 г. (О.Д.Базарова, 1971). Общая площадь хозяйства составляет 1699 га, из которых орошается 1200 га. Почвообразующими породами орошаемых массивов являются аллювиальные отложения р.Амударьи, которые сложены легкими и средними по механическому составу грунтами (табл.20).

В строительстве дренажных скважин, как известно, завершающим этапом являются строительные откачки, которые проводятся с целью формирования фильтра и улучшения фильтрационных свойств водоносной толщи. Строительные откачки из скважин проводились воздушными водоподъемниками (эрлифтами).

Строительная откачка считалась законченной, когда в дренажной воде полностью отсутствовали взвеси грунтов и в скважине устанавливались стабильными динамический уровень воды и дебит. Следует отметить неудовлетворительное качество проводимых строительных откачек в упомянутых скважинах. В колхозе "Туркменистан" при производстве строительных откачек эрлифтом дебит скважин имел диапазон от 4 до 20 л/с.

Такие сравнительно небольшие дебиты обусловили длительность проведения строительных откачек - от 2 до 5 месяцев и некачественное формирование фильтров скважин.

После проведения строительных откачек во всех скважинах были установлены артезианские центробежные насосы типа АТН-10. Эксплуатационные откачки при помощи этих насосов показали, что дебит отдельных скважин составлял 15-45 л/с. Такое резкое увеличение расходов вертикального дренажа в эксплуатационный период вызвало интенсивный вынос песка в скважины, что приводило к поломкам насосов и вторичной замене их на эрлифты. Вынос песка в отдельных случаях достигал 1-5 % (го весу) дебита скважин.

20. Конструктивные особенности скважин вертикального дренажа в колхозе "Туркменистан" Сакарского р-на

Номер скважины	Длина, м			Общая глубина скважин, м	Перфорация стренера	Вид фильтра	Скважность перфорационной части фильтра, %
	глухой надфильтровой части	фильтровой части	отстойника				
I	I0,9	II,5	5,7	28,I	щелевая	гравийный	I3,5
2	I0,0	II.0	5,0	26,0	"	"	I4,2
3	3,0	I7,8	5,6	26,4	"	"	I3,7
4	5,I	I7,5	6,0	28,6	"	"	I4,2
5	5,I	24,0	6,I	35,2	круглая	кожухово-гравийный	I2,8
6	I2,3	I6,4	5,3	35,0	"	"	I4,6
7	9,5	23,I	9,0	4I,6	"	"	I3,4
8	9,0	I2,0	5,6	26,6	щелевая	гравийный	I2,5
9	I3,6	I6,4	5,0	35,0	круглая	"	I4,I
I0	4,5	I7,3	5,6	27,4	щелевая	"	I4,0
II	9,7	II,6	6,5	27,8	"	"	I3,6
I2	5,5	20,0	7,0	32,5	"	"	I4,2
I3	I2,0	I8,0	5,0	35,0	"	"	I3,8
I4	5,0	I2,I	5,I	22,2	"	"	I2,5

Исследования показали, что в целях сокращения периода строительных откачек и качественного формирования фильтра необходимо выполнять следующие условия:

- дебиты при строительных откачках должны на I0-20 % превышать дебиты скважин при их эксплуатации;
- строительные откачки необходимо проводить при большем числе понижений, начиная с минимальных.

Литологические разрезы, составленные на основе отбора проб почвогрунтов при бурении эксплуатационных скважин и пьезометрических кустов в колхозе "Туркменистан", показали, что на глубине 20-

25 м под слоем крупно- и среднезернистых песков залегает пласт глины мощностью от 0,5 до 3,0 м. Под таким пластом находятся тонкозернистые пески желтоватого цвета (неогеновые отложения). Коэффициент фильтрации крупно- и среднезернистых песков, по данным гидрогеологов, составляет 20-25 м/сут., а неогеновых отложений - до 5 м/сут.

Учитывая трудность формирования гравийного фильтра под слоем глины и небольшую величину коэффициента фильтрации неогеновых отложений, были даны рекомендации не опускать фильтровую часть дрены ниже пласта глины. Одна из скважин (№ I), построенная с учетом этих рекомендаций, после сформирования фильтра и установки насоса АТН-IO стала давать 40-45 л/с воды при понижении динамического уровня на 6-7 м. Таким образом, удельный дебит скважины составляет около 7,0 л/с/м.

Многочисленными опытами в условиях колхоза "Туркменистан" установлено, что зависимость между дебитом и понижением динамического уровня в скважинах с кожухово-гравийными фильтрами значительно отличается от аналогичной зависимости в скважинах с гравийными фильтрами.

Табл.2I показывает, что сопротивления, возникающие при входе воды в скважину с гравийным фильтром (скв.№ I) значительно меньше сопротивлений, создаваемых кожухово-гравийными фильтрами (скв.№ 5, 6, 7). Отсюда становится ясным, почему дебит скв. № I при одинаковых понижениях больше дебитов скв.№ 5, 6, 7.

2I. Дебиты и понижения в скважинах с различной конструкцией фильтров

Номер скважины	Вид фильтра	Дебит скважины, л/с	Понижение динамического уровня воды, м	Удельный дебит, л/с/м
I	гравийный	37,0	5,7	6,5
5	кожухово-гравийный	I7,7	7,0	2,5
6	"	20,4	6,0	3,4
7	"	I5,0	7,4	2,0

Остановимся кратко на существе процессов, происходящих в фильтрах скважин в результате откачек и способствующих уменьшению или увеличению расхода вертикальных дрен.

I. Суффозия грунта, при которой происходит вынос мелких частиц, а крупные скелетные частицы остаются на месте.

Суффозия способствует увеличению пористости и проницаемости прифильтровой зоны и проявляется обычно только в начальный период работы дренажа.

2. Контактный выпор (вынос) грунта, при котором возникает разрушение скелета грунта и "засасывание" его в фильтр и в полость скважины. Контактный выпор грунта приводит к кольматации фильтра и уменьшению дебита скважины.

Наблюдения за работой вертикального дренажа в колхозе "Туркменистан" показали, что прогрессирующее влияние оказывают суффозионные процессы, причем для различных фильтров действие их неодинаково.

В скважинах с гравийными фильтрами процессы суффозии способствовали увеличению проницаемости прифильтровой зоны, а в скважинах с кожухово-гравийными фильтрами - кольматации фильтровой засыпки и уменьшению дебитов скважин.

Следует отметить высокую мелиоративную эффективность скважин вертикального дренажа в гидрологических условиях Чарджоуского оазиса. Урожайность хлопчатника до мелиоративных мероприятий в колхозе "Туркменистан" не превышала 20-22 ц/га, а после строительства вертикальных дрен значительно повысилась и стала составлять 30-32 ц/га.

В 1976 г. 5 скважин вертикального дренажа с небольшими дебитами в колхозе "Туркменистан" Сакарского района были заменены на высокодебитные скважины, бурение которых проводилось методом обратной промывки забоя чистой водой.

Преимущество этого способа заключается в следующем: бурение скважин ведется без обсадных труб и без глинистого раствора. Это обусловливает исключение трудоемких операций, стенки скважины не кольматируются глинистым раствором, скорость бурения возрастает. Проведенные исследования показали, что скважины вертикального дренажа, пробуренные роторным станком с обратной промывкой забоя чис-

той водой, имеют меньшие гидравлические сопротивления и, следовательно, больший дебит по сравнению со скважинами, бурение которых велось другими способами.

Определенный интерес представляют проведенные Г.И.Рабочевым (1968) исследования в совхозе "Карадамак", территория которого расположена на предгорной равнине Копетдага на периферии Ашхабадского конуса выноса. Общая площадь совхоза составляет 3430 га, под посевы используется около 2000 га. Грунты участка представляют собой эолово-пролювиальные отложения четвертичного возраста, которые на глубине 300 м подстилаются алевролитами Кешинынбаирской свиты неогена со слабой водопроницаемостью. Четвертичные отложения местами переслаиваются супесями, суглинками, глинами и тонкозернистыми песками. Водовмещающая толща сложена супесчано-суглинистыми отложениями.

При строительстве скважин вертикального дренажа в таких условиях применялись два типа фильтров: керамические и гравийные. Исследования показали малую эффективность керамических фильтров, которые довольно быстро теряли свое свойство из-за кольматации.

Скважины с гравийными фильтрами оказались более эффективными и в дальнейшем вертикальные дрены оборудовались только таким типом фильтра.

Скважины давали сравнительно высокий дебит, но обладали также существенным недостатком: на формирование фильтра одной дрены требовалось до 400 м^3 гравия. В поисках оптимального варианта для фильтра скважин был предложен мытый гравий со средним диаметром зерен 12 мм. Строительные, а затем и эксплуатационные откачки показали высокую эффективность этого варианта. Дебит скважин возрос до 45 л/с, а расход гравия сократился до 100 м^3 на одну дрену.

На фоне вертикального дренажа проводились исследования по промывке засоленных земель слабоминерализованными дренажными водами. Исходное содержание солей по сухому остатку в метровом слое почвы составляло 1,41 %. Почти все соли верхнего горизонта были удалены с дренированного участка. Особенно интенсивному выщелачиванию подвергались соли $NaCl$. Так, промывная норма 5,4 тыс.м^3/га позволила вытеснить из полуметровой толщи почв до 85 % $NaCl$, 53 % Na_2SO_4, 42 % $MgSO_4$. Исследования показали также, что чем больше

промывная норма, тем большую толщу почвогрунтов она опресняет. На фоне дренажа в совхозе "Карадамак" был проведен еще один интересный опыт: посев риса и полив его минерализованной водой из скважин. За все время вегетации на рис было подано 55 тыс.м^3/га воды. Подача такой большой нормы вызвала коренное изменение солевого состава в 15-метровой толще грунтов и грунтовых вод. Содержание солей в метровом и 5-10-15-метровых слоях грунта уменьшилось соответственно в 6,4, 2,8, 2,6 и 2,4 раза.

Фенологические наблюдения показали, что растения риса не испытывали угнетения. Урожайность его составила 28-30 ц/га. Автор исследований (Г.И.Рабочев) рассматривает два периода при использовании слабоминерализованных вод на промывные поливы - мелиоративный и эксплуатационный.

Мелиоративный период подразделяется на два этапа. Первый - погружение солевых масс в толщу грунтов мощностью 10-15 м. Соли, вымытые из верхних слоев почвогрунтов, погружаются в грунтовые воды, постепенно увеличивая их минерализацию. При относительно небольшой минерализации дренажная вода, откачиваемая скважинами, используется для промывок. Как только минерализация грунтовых вод достигает 10 г/л и более, наступает второй этап мелиоративного периода, когда дренажные воды удаляются за пределы орошаемого массива. На промывку при втором этапе используется вода из ирригационных каналов.

Эксплуатационный период наступает после опреснения активной зоны солеобмена, которая, по данным Г.И.Рабочева, составляет 30-50 м. В эксплуатационный период дренажные воды вновь могут быть использованы на промывные и на вегетационные поливы.

Эксплуатация вертикального дренажа в различных оазисах Туркменистана показала, что в определенных гидрогеологических условиях он может успешно применяться. Особенно широко вертикальный дренаж может и должен применяться в городах и поселках в целях борьбы с подтоплением. Сейчас вертикальный дренаж построен и надежно предохраняет от подтопления Ашхабад, Теджен, Мары и Чарджоу.

В Узбекской ССР в 1958-1967 гг. на опытно-производственных участках с тяжелыми мелиоративными условиями были построены несколько вертикальных дрен, за работой которых велись специальные

научные наблюдения (Н.М.Решеткина, Х.И.Якубов, 1978). Первый участок (г.Гулистан) имел площадь 1000 га. Дренировался он 24 скважинами вертикального дренажа. Литология участка представляет собой толщу тяжелых лессовидных суглинков, которые на глубине 30 м подстилались мелкозернистыми песками. Пески, в свою очередь, подстилаются слоем глины мощностью до 8 м. Мелиоративная эффективность скважин вертикального дренажа сказалась через 2-3 года после их строительства.

Второй опытно-производственный участок был выбран в Шурузякском понижении. Площадь его - 3,0 тыс.га. Здесь в 1929-1930 гг. была организована Центральная опытно-мелиоративная станция. Почти вся территория опытно-производственного участка представляла собой неосвоенные лугово-солончаковые почвы и солончаки. Уровень грунтовых вод находился на глубине около 2,0 м с минерализацией 15-25 г/л. Пьезометрическая сеть, построенная на участке, показывала, что грунтовые воды имели напорное питание. Грунты сверху и до глубины 18-25 м представляют лессовидные суглинки, затем до глубины 30-50 м идут мелкозернистые плывунные пески, а с 50-70 м - крупнозернистые пески с гравием. Все это подстилается буровато-желтыми суглинками, ниже которых залегают водоносные мелкозернистые пески с напорными пресными водами.

Вся площадь опытно-производственного участка обслуживалась 28 скважинами вертикального дренажа.

Работа вертикального дренажа существенно изменила режим уровня грунтовых вод. Дренажный модуль в зоне влияния вертикального дренажа составлял 0,1-0,37 л/с/га. Промывные поливы засоленных земель в этих условиях позволили мелиорировать их, повысить плодородие почв и получать хорошие урожаи хлопчатника. Если в 1966 г. урожайность этой ценной культуры не превышала 20 ц/га, то в 1970 г. она достигла 33,0 ц/га.

Третий опытно-производственный участок находился в совхозе "Пахтаарал". На площади 10 500 га было установлено 72 вертикальные дрены. Первые 33 скважины вертикального дренажа начали эксплуатировать в 1964 г.

Литология Пахтааральского опытно-производственного участка представляет собой двухслойную систему: лессовидные суглинки и супеси мощностью 20-25 м, затем мелкозернистые пески с включени-

ем отложений гравия. Суглинки и супеси обладают свойствами плывунов. Грунтовые воды имеют напорность. Общий восходящий фильтрационный ток составил около 1000 м^3/га. Совхоз "Пахтаарал" - хозяйство с высокой культурой земледелия, хорошей системой ведения всех агротехнических мероприятий. Пестрота в урожайности, которая раньше имела место (отделения совхоза получали от 10,0 до 30,0 ц/га хлопка-сырца) - это результат неблагополучного мелиоративного фона, который был обусловлен напорными минерализованными грунтовыми водами.

Скважины вертикального дренажа не только понизили уровень грунтовых вод, но и в значительной степени снизили их напорность. Средний дренажный модуль при работе скважин вертикального дренажа в совхозе "Пахтаарал" был равен 0,26-0,28 л/с/га. Были созданы условия для нисходящей фильтрации грунтовых вод. Промывные поливы в условиях нисходящих токов воды позволили рассолить ранее бесплодные сильнозасоленные участки. И если раньше совхоз на таких массивах не получал никаких урожаев, то после мелиоративных мероприятий на фоне вертикального дренажа было получено хлопка-сырца - 32,0 ц/га, кукурузы на силос - 160, люцерны - 180 ц/га.

Таким образом, исследования на опытно-производственных участках показали высокую мелиоративную эффективность скважин вертикального дренажа в условиях Голодной степи. Все это предопределило широкое внедрение в производство вертикальных дрен. В 1964 г. был составлен проект строительства вертикального дренажа на площади 210,8 тыс.га (Шурузякский, Сардобинский, Балутский, Пойменный массивы).

В Ферганской долине вертикальный дренаж применяется как в равнинных условиях Центральной Ферганы, так и в зоне выклинивания подземных вод. Здесь сложились довольно специфичные условия по формированию пресных подземных вод за счет притока их из горной области, инфильтрации атмосферных и поверхностных вод.

По расчетам САНИИРИ, скважины вертикального дренажа дадут возможность использовать для орошения до 40,0 м^3/с пресных подземных вод. Первые же скважины вертикального дренажа, построенные в Ферганской долине, показали, что они эффективно влияют на мелиорацию орошаемых земель. Дебит их колебался от 40 до 90 л/с, площадь дренирования каждой скважины составляет от 135 до 580 га.

Исследования показали, что засоленность почвогрунтов и минерализация грунтовых вод на фоне вертикального дренажа постоянно снижаются. При этом выявлена интересная особенность в рассолении почвогрунтов. В первой 3-метровой толще рассоление не зависело от расстояния участка от скважины - оно было более или менее равномерное. Солевые съемки, проведенные на глубинах более 3 м, показали, что чем ближе к скважине находится обследуемый участок, тем с большей интенсивностью рассоляются почвогрунты.

Значительному рассолению подверглись и грунтовые воды. Только за период с марта по октябрь минерализация их снизилась на 20% по плотному остатку и на 40-45 % по хлор-иону. Все это способствовало улучшению мелиоративного состояния земель, повышению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Так, например, до строительства закрытого дренажа урожайность хлопчатника на одном из массивов не превышала 20,0 ц/га, на второй год после ввода в действие вертикальных дрен она поднялась до 25,6, а на третий - до 31,3 ц/га.

Вертикальный дренаж нашел свое применение в южной части Ташкентского оазиса на территории Кокаральской и Дальварзинской степей. На одних массивах скважины равномерно распределены по площади (систематический дренаж), а на других - в виде линейных рядов (линейный дренаж). Средняя глубина скважин - 50 м, диаметр фильтровой колонны - 14 дюймов. Дебит составляет 50-60 л/с. Минерализация дренажных вод не превышает 1-3 г/л, они широко используются на орошение.

Несколько вертикальных скважин построено на территории Каршинской степи. Технико-экономические расчеты показали, что вертикальный дренаж может быть успешно применен в тех условиях, где водоносная толща грунтов имеет проводимость не менее 100 $м^2$ в сутки.

Исследования показали, что дебит скважин в условиях Каршинской степи составляет 25-45 л/с. Площадь дренирования - 50-300 га.

Определенное развитие вертикальный дренаж получил в Бухарской области. Еще в 1958 г. был составлен проект опытного участка вертикального дренажа на площади 2,8 тыс.га. На участке разместили 17 скважин, которые оказали существенное влияние на мелиоративную обстановку дренированной площади.

На основе данных, полученных на опытном участке, и гидрогеоло-

гических исследований были сделаны выводы о целесообразности строительства вертикального дренажа в благоприятных условиях. Грунты в зоне развития вертикального дренажа имеют следующее сложение: верхний мелкоземный слой имеет мощность 6–8 м, подстилаются мелкоземы гравийно-песчаным слоем мощностью 5–40 м. Коэффициент фильтрации верхнего слоя достаточно высок (I–4 м/сут), а подстилающего – еще выше (до 20 м/сут).

В I977 г. вертикальный дренаж был построен на площади около 70,0 тыс.га. Районирование, проведенное САНИИРИ, показало,что вертикальный дренаж может быть построен еще на площади 78,0 тыс.га.

Исследованиями установлено, что дебит каждой скважины вертикального дренажа составляет 20–40 л/с. Скважины оказывают большое влияние на режим грунтовых вод, их минерализацию, способствует повышению плодородия почв. Как пример, приводится совхоз "Каган". Здесь на фоне вертикального дренажа урожайность за 5 лет повысилась с I8 до 29 ц/га.

В Хорезмской области вертикальный дренаж еще не построен. Однако проработки Средазгипроводхлопка и Узгипроводхоза показали,что скважины вертикального дренажа могут успешно применяться в целях мелиорации засоленных земель Хорезмского оазиса.

По эффективности применения вертикальных дрен выделяют две категории земель.

I. Переслаивающиеся супеси, суглинки и глины (покровные мелкоземы) подстилаются мелкозернистыми песками, которые лежат на песчаниках неогена. Расположены земли I-й категории в центральной части оазиса.

2. Мощная толща суглинков и песков с вкрапленными линзами супесей и песков. Подстилаются песчаниками, глинами, алевролитами. Эта категория земель расположена по периферии оазиса.

Расчеты (опытные данные отсутствуют) показали, что в подобных условиях дебит скважин вертикального дренажа будет составлять 25–30 л/с.

В Азербайджанской ССР (А.К.Бехбудов, Х.Ф.Джафаров, I980) опытно-производственные участки по изучению мелиоративной эффективности вертикального дренажа были построены на территориях Северной Мугани, в Карабахской и Мильской степях.

Литология опытного участка на Мугани имеет следующую харак-

теристику: тяжелые грунты (физическая глина 50-60 %) залегают с поверхности и до глубины 10 м. Ниже идут более легкие грунты (физическая глина 5-20 %) мощностью 14 м. Затем до глубины 60 м грунты вновь обретают тяжелый механический состав.

Химические анализы показали, что содержание солей в почвогрунтах с глубиной уменьшается. При этом была выявлена следующая закономерность: в тяжелых по механическому составу грунтах больше содержится хлоридных солей, а в легких - сульфатных. Грунтовые воды залегают на глубине 0,5 м весной и 1,5 м - осенью. Минерализация их в пределах 16-18 г/л.

На опытно-производственном участке была построена одна скважина вертикального дренажа глубиной 60 м, диаметром 500 мм. Конструктивно эта скважина состояла из фильтровой колонны длиной 60 м и диаметром 300 мм. По длине 45 м стренер был перфорирован круглыми отверстиями диаметром 9,6 мм. Скважность фильтра - 17,3 %. После спуска фильтровой колонны в пробуренную скважину была произведена обсыпка гравием. Откачка воды из скважины производилась насосом 12 НАХЗ.

При понижении динамического уровня воды в скважине на 12 м дебит ее составил 17 л/с. Исследователи пришли к выводу о неэффективности вертикального дренажа в условиях Северной Мугани.

В Карабахской степи на опытно-производственном участке имелись пьезометры и наблюдательные скважины для режимных наблюдений. Почвы участка луговые, сильнозасоленные. Верхняя толща почвогрунтов мощностью 5 м состоит из тяжелых глин с включением песков. Исходная глубина залегания грунтовых вод периодически меняла свою величину. Временами грунтовые воды выходили к поверхность, а иногда опускались на 1,5 м ниже дневной поверхности. Минерализация грунтовых вод колебалась от 5 до 75 г/л, местами, в понижениях, доходила до 130 г/л. Засоленность почвогрунтов в метровом слое составляла от 2-3 до 4-5 % по плотному остатку. Коэффициент фильтрации водоносной толщи опытно-производственного участка имеет большой диапазон - от 0,43 до 40,8 м/сут. Замеры уровней воды в пьезометрах показали, что подземные воды обладают некоторой напорностью. Это обстоятельство обусловило слабую гидравлическую связь между отдельными водоносными слоями. Эксплуатационные от-

качки, которые проводили при помощи погружных насосов, показали, что в гидрогеологических условиях Карабахской степи дебит скважин имеет незначительную величину - от 2 до I4 л/с. Таким образом, результаты исследований показали, что скважины вертикального дренажа в гидрогеологических условиях Карабахской степи имеют недостаточную мелиоративную эффективность. Однако они в совместной работе с горизонтальными дренами могут способствовать снижению напорности подземных вод, понижению уровня грунтовых вод и повышению плодородия почв.

В Мильской степи начиная с I973 г. также проводились исследования эффективности вертикального дренажа, его способности улучшать мелиоративную обстановку в данных конкретных условиях. Опытно-производственный участок с вертикальным дренажем занимал площадь II24 га, на его территории было построено I6 скважин. Глубина их достигает 70 м. Опытный участок был оборудован наблюдательными скважинами и пьезометрами.

Засоленность почвогрунтов довольно пестрая - от 0,0I до 3 %. Покровные мелкоземы состоят из современных глинисто-суглинистых отложений р.Аракс. Мощность их меняется от I,5 до I4 м. Ниже залегают галечники. Их мощность около I5-25 м. Первый напорный водоносный горизонт находится на глубине 45-64 м. Напорность здесь на I-3 м выше уровня грунтовых вод, который местами достигает поверхности земли. Максимальная глубина его залегания не превышает I,0 м. Минерализация грунтовых вод на участке находилась в пределах I,4-I3,3 г/л.

Минерализация воды напорного горизонта составляет 0,7-I,I г/л, то есть пригодна для использования на орошение.

Откачки показали, что дебит каждой скважины вертикального дренажа был равен 60 л/с при динамическом уровне воды I0 м. Таким образом, удельный дебит составлял 6 л/с/м. Это хороший показатель. Дальнейшие наблюдения за снижением напорности в покровных отложениях, понижением уровня грунтовых вод показали высокую мелиоративную эффективность вертикального дренажа в рассматриваемых условиях.

В Таджикской ССР на участке площадью 370 га в Вахшской долине были построены 3 скважины вертикального дренажа. Почвы участка перед освоением имели сильное засоление, а местами были представ-

лены солончаками. Грунтовые воды сильной минерализации (20-50 г/л) залегали близко к дневной поверхности. Дебит каждой скважины, как показали эксплуатационные откачки, был равен 100-130 л/с. Такой высокий дебит обусловлен хорошими гидрогеологическими условиями: 6-11-метровая толща мелкоземов на опытно-производственном участке подстилается песчано-галечниковыми отложениями мощностью более 400 м (А.М.Расулов, 1976).

Продолжительная работа скважин вертикального дренажа привела к тому, что уровень грунтовых вод опустился ниже кровли галечника, на всем участке сформировался нисходящий ток воды.

Все приведенные примеры показывают, что в определенных гидрогеологических условиях вертикальный дренаж может находить широкое применение в целях мелиорации орошаемых земель. В настоящее время он успешно работает во всех Среднеазиатских республиках, Азербайджанской и Казахской ССР.

Подводя итоги применения дренажных систем, можно отметить, что основным его типом в Узбекистане, Туркменистане, Таджикистане, Киргизии, Азербайджане и Казахстане является открытый горизонтальный дренаж. Строительство открытых коллекторов и дрен было вызвано необходимостью в короткие сроки с относительно минимальными капиталовложениями улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель, повысить урожайность сельскохозяйственных культур, особенно хлопчатника. В выборе типа дренажа в то время сказался также недостаток дренажных трубок для закрытых дрен, нерешенность вопроса комплексной механизации их строительства.

Исследования и опыт применения открытой коллекторно-дренажной сети показали, что она принесла несомненную пользу сельскому хозяйству орошаемого земледелия. Однако на современном этапе технического прогресса открытая сеть из-за своих общеизвестных недостатков не отвечает требованиям экономики и культуры земледелия и должна быть заменена на более совершенные типы дренажа. Здесь следует заметить, что наиболее крупные коллекторы открытого типа еще долго будут служить в качестве водоприемников внутрихозяйственных дренажных систем. В целях придания надежности их работе необходимо предусмотреть комплекс мероприятий, обеспечивающий устойчивость откосов, чистоту русла канала, бесперебойный отвод дренажной воды за пределы орошаемых земель.

Закрытый горизонтальный дренаж особенно широко стал приме-

няться в условиях орошения после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС. Сейчас многие заводы выпускают гончарные и полиэтиленовые трубы, разработаны новые конструкции дреноукладчиков траншейного и бестраншейного типов, разработаны и применяются новые конструкции фильтра дрен из минераловолокнистых тканых и нетканых материалов. Все это привело к повышению темпов строительства горизонтального закрытого дренажа, качественно улучшило его работу. Однако до сих пор не решен вопрос механизации строительства закрытого дренажа в условиях высокого стояния уровня грунтовых вод. Дренаж в этих условиях в основном укладывается методом полки, что снижает качество, удлиняет сроки строительства.

Стабильное, надежное действие закрытого дренажа, как показал многолетний опыт, зависит от уровня проведения эксплуатационных работ. Эксплуатационная дренажная служба в мелиорации пока что работает слабо. Необходимо обобщить опыт эксплуатации закрытого дренажа, накопленный на опытно-мелиоративных станциях страны за десятки лет.

Комбинированный дренаж в последние годы находит все более широкое применение. В определенных условиях он может успешно конкурировать с другими видами дренажных систем.

Вертикальный дренаж, как показал опыт его применения, должен строиться дифференцированно, в зависимости от ландшафтно-зональных и природно-мелиоративных условий.

При напорных водах, большой мощности покровных отложений тяжелого механического состава, подстилаемых легкими грунтами, преимущество вертикального дренажа неоспоримо. На массивах с пресными подземными водами, которые могут быть использованы для полива сельскохозяйственных культур, скважины вертикального дренажа также имеют преимущество перед другими видами дренажа.

Однако не везде применение вертикальных дрен оправдывается экономически. В аридной зоне иногда верхние слои грунтовых вод имеют относительно небольшую минерализацию, а нижние, более глубокие, - до 30-50 г/л. В этих условиях применение вертикального дренажа нецелесообразно.

К недостаткам вертикального дренажа следует отнести неравномерность осушения по площади дренирования, постоянные затраты на

отвод грунтовой воды в связи с откачкой ее из водоносной толщи грунтов, высокую стоимость дренирования единицы площади.

В целях снижения удельных капитальных и эксплуатационных затрат открытого и закрытого горизонтального, комбинированного и вертикального дренажа необходимо изыскать возможность их интенсификации путем усовершенствования конструкций, обусловливающих повышение дебита системы и связанную с ним площадь дренирования.

I.3. Проблемы интенсификации дренажа

Взяв курс на повышение эффективности орошаемого земледелия, наше государство выделяет большие средства на мелиорацию земель, составной частью которой являются дренажные системы различного типа.

Однако эти средства не всегда рационально используются в связи со слабой работой отдельных дренажных систем, преждевременным выходом их из строя. Одна из причин неудовлетворительной работы дренажа - недостаточно обоснованные проекты. Известно, что при неудачном проекте ни высококачественное строительство, ни безукоризненная эксплуатация не дадут необходимого эффекта - дренажная система не сможет выполнять свои функции мелиоратора орошаемых земель. Технически грамотный проект и нормальная эксплуатация дренажной системы также не обеспечат надежной работы ее, если строительство выполнено небрежно. И, наконец, удачно запроектированный и хорошо построенный дренаж без соответствующей эксплуатации не даст ожидаемого эффекта. Таким образом, в целях повышения надежности и эффективности дренажа на орошаемых землях необходимо, чтобы все элементы цепочки "проектирование - строительство - эксплуатация" выполнялись на должном уровне.

В условиях орошения мелиоративная эффективность дренажа любого типа определяется, как известно, не только тем объемом воды, который он может отводить, но и способностью надежно и в оптимальные сроки рассолять почвогрунты, создавать отрицательный солевой баланс для какого-либо конкретного массива. На практике нередко бывает так, что горизонтальным дренажем отводятся большие объемы воды (до 15,0 тыс.$м^3$/га) со слабой минерализацией (Чарджоуский оазис,

низовья р.Амударьи) без особого воздействия на солевой режим почв. Таким образом, в данном конкретном случае наряду с бесполезной переработкой ирригационных вод в дренажные возникает дополнительная проблема – утилизация и складирование их. В аридной зоне иногда встречаются и такие условия, когда верхние слои грунтовых вод имеют относительно небольшую минерализацию, а глубокие – повышенную (до 30-50 г/л). Высокоминерализованная грунтовая вода, находясь на большой глубине, не оказывает отрицательного влияния на плодородие почв. Однако при строительстве вертикального дренажа грунтовая вода отводится именно с этой глубины. Следовательно, и здесь дренаж, создавая сложности с утилизацией высокоминерализованной воды, не может дать должного мелиоративного эффекта.

Отсюда видно, что в каждом конкретном случае, каждому конкретному массиву нужно дать такой тип дренажа, который мог бы наиболее эффективно воздействовать на мелиорацию орошаемых земель с учетом их гидрогеологических, литологических и хозяйственных особенностей.

"Хороший дренаж, обильное удобрение и хорошее хозяйствование вместе с увеличением применения труда... дадут чудные результаты как в отношении улучшения почвы, так и в отношении увеличения производства" (К.Маркс и Ф.Энгельс. Соч., т.25, ч.2). В понятии сегодняшнего дня "хороший дренаж" – это дренаж, который наряду с эффективным воздействием на мелиорацию почв является и водосберегающим. Именно это обстоятельство в наше время имеет огромное народнохозяйственное значение.

В республиках Средней Азии оросительные системы в основном представлены каналами в земляных руслах. Кпд таких систем редко превышает 0,50, а это означает, что нагрузка на дренаж в подобных условиях достигает своего максимума. Дренаж начинает "перерабатывать" ирригационные воды в дренажные, способствуя при этом повышенному расходу оросительной воды на единицу площади.

Практика показала, что там, где каналы одеты в антифильтрационную одежду, а регулирующая сеть проходит в лотках и трубках, кпд оросительных систем становятся равными 0,75-0,80. На долю дренажного стока остается только часть фильтрационных потерь из системы каналов и полей, которые отмечаются даже при самых совершенных гидромелиоративных системах. Следовательно, в целях уменьшения нагрузки на дренаж и сокращения затрат на его строительство

необходимо планомерно проводить работы по переустройству оросительных систем. А.А.Рачинский (1975) показал, что особое внимание при этом нужно уделять внутрихозяйственным каналам и использованию воды на полях. Н.Г.Лактаев (1980) своими опытами подтвердил, что реконструкция ирригационных систем резко снижает питание грунтовых вод и нагрузку на дренаж, приводит к большой экономии оросительной воды.

Приведенные примеры показывают, что в целях повышения эффективности мелиоративных мероприятий, рационального использования водных ресурсов, а также охраны природы необходимо разработать такие способы дренажа орошаемых земель, которые наряду с выполнением перечисленных задач могли бы активно влиять на повышение плодородия почв, отдачи поливного гектара.

Мы считаем, что основой такой разработки может служить метод интенсификации дренажа. При этом в понятие "интенсификация" должен быть вложен определенный смысл.

1. Дренаж, являясь составной частью технически совершенных оросительных систем, должен при минимальных объемах сработки воды, обусловленных водным балансом (нагрузка на дренаж) отводить такое количество солей, которое обеспечивает постоянный отрицательный солевой баланс дренированного массива.

2. Конструкции дренажа должны обладать такими эксплуатационными характеристиками, которые давали бы ему возможность гибко перестраиваться от одного режима работы - нормального, до другого - форсированного

3. Дренаж, являясь ускорителем освоения и введения в сельхозоборот новых земель, а также средством поддержания оптимальных мелиоративных условий на орошаемых землях, должен быть природо- и водосберегающим.

Можно отметить, что между интенсификацией дренажа и интенсификацией сельского хозяйства имеется много общего. Интенсификация сельского хозяйства предусматривает прежде всего процесс "роста затрат капитала на единицу земельной площади в виде скота, машин, улучшенных семян, улучшенных приемов культуры и т.д." (В.И.Ленин, ПСС, т.27). Интенсификацию производства в сельском хозяйстве В.И.Ленин отождествлял с научно-техническим прогрессом, с улучше-

нием технологических процессов в земледелии. Аналогичное определение можно дать интенсификации дренажа. Рост капиталовложений в дренажную систему новой, более совершенной конструкции должно сопровождаться повышенным отводом солей при умеренном водоотведении.

В качестве примера можно привести два типа дренажа - горизонтальный и комбинированный. В Ташаузской области Туркменской ССР расстояния между горизонтальными дренами в целях оптимального регулирования водно-солевого режима почв составляет 200-250 м. Стоимость каждого п.м. дрены - 15-20 р. При переходе на комбинированный дренаж затраты на каждый метр дрен возросли на 10-15 р. в связи с дополнительной стоимостью скважин-усилителей. В то же время, как показали исследования В.С.Седова (1969), несмотря на увеличение капитальных вложений на единицу длины дренажа экономический эффект в расчете на 1 га дренированной площади составил около 100 р. Комбинированный дренаж за счет своих конструктивных особенностей почти в 2 раза увеличил модуль дренажного стока, а отвод солей при этом возрос в 3-4 раза. Это и привело в конечном счете к общему сокращению капиталовложений на единицу дренированной площади, значительно сократило время рассоления почв.

Для того, чтобы оценить развитие какого-либо вопроса, "надо бросить хотя бы беглый исторический взгляд на то..., как известное явление проходило, и с точки зрения этого его развития смотреть, чем данная вещь стала теперь" (В.И.Ленин, ПСС, т.39).

2. МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДРЕНАЖА

2.I. Основные направления интенсификации

Осушительное и рассолякщее действие дренажа в основном зависят от коэффициента фильтрации грунта, водоприемной поверхности дренажных фильтров, величины действующего напора и некоторых других факторов.

Коэффициент фильтрации почвогрунтов не всегда поддается изменению. Однако действующий напор и водоприемную поверхность фильтра дрен мы можем изменять в широких пределах. Например, напор над горизонтальными дренами можно повысить, увеличив глубину их заложения. Вопрос повышения напора над вертикальными дренами решается еще проще - нужно понизить динамический уровень воды в скважине.

Однако и в первом и во втором случаях необходимо к решению задачи повышения интенсификации дренажа подходить не только с точки зрения мелиоративной, но и экономической эффективности. Так, чрезмерное заглубление горизонтальных дрен не только увеличит затраты на их строительство, но и может привести к тому, что самотеком они уже не смогут работать. Понадобится механическая откачка дренажных вод.

Понижение динамического уровня воды в скважине вертикального дренажа сразу же обусловит увеличение затрат энергии на подъем воды насосом.

Увеличение водоприемной поверхности фильтра в дренажных системах также не беспредельно. Это можно сделать при помощи применения труб большего диаметра, различных дополнительных придатков к дренажу, способствующих увеличению контакта поверхности фильтра с грунтом и т.п. Однако и здесь необходимы экономические расчеты вариантов и выбор наиболее оптимальных из них. Все это указывает на

то, что в каждом отдельном случае нужна технико-экономическая проработка в увязке с мелиоративной эффективностью, окупаемостью и надежностью горизонтального или вертикального дренажа.

Водозахватную способность фильтра дрен можно увеличить путем создания вакуума в их полости. На этой основе нами в период с 1965 по 1983 г. разработан ряд новых конструкций дренажных систем с повышенной водозахватной способностью: вакуумная горизонтальная система, вакуумная система вертикальных дрен, дренажная система "большой колодец", мобильный дренаж, скважина вертикального дренажа с сифонными усилителями.

2.2. Вакуумный дренаж

Научный и практический интерес к проблеме повышения водозахватной способности дренажа при помощи вакуума из года в год возрастает. Решены некоторые теоретические вопросы, исследовано действие вакуумных дрен в различных гидрогеологических условиях, различных фильтрационных режимах. Дегтярев Б.М. (1961), А.И.Климко (1964), В.А.Калантаев (1965, 1969, 1971, 1975, 1976, 1981), В.А.Калантаев, Л.И.Каргашилов (1973, 1974), В.И.Бобченко, Г.А.Булаева (1975), Б.М.Дегтярев, В.А.Калантаев (1976), H.Matschak (1961), D.Hertei (1973); G.Rewier, H.A.Schecic (1977) и другие своими исследованиями показали, что технический прогресс наших дней дает широкую возможность создавать вакуум в полости дренажных систем различными технологическими способами и получать соответствующий эффект. А.И.Климко (1964) проводил опыты на участках с тяжелосуглинистыми и супесчаными почвогрунтами. На первом и втором участках вакуумную установку подключали к обычным дренам из гончарных труб, уложенных ранее здесь на глубину 0,9 м. Общая площадь участка с тяжелыми грунтами составляла 1,43 га, с легкими - 1,8 га. Длина дрен и расстояния между ними соответственно равны 80-100 и 22 м. Неудовлетворительная герметичность соединения устьев дрен с коллектором не позволила создать в полости дренажных систем большого вакуума - его величина не превышала 0,002 МПа. Однако и при этой относительно незначительной величине вакуума дренажный сток возрос почти в 2 раза. При этом исследователи отметили, что эф-

фект от создания вакуума в дренах был больше на участке с тяжелым по механическому составу грунтом.

В целях определения влияния вакуума большей величины на дренажный сток были построены специальные дрены из пластмассовых труб на опытной площадке с тяжелосуглинистыми грунтами. Глубина дрен – 0,8 м, длина их – по 10 м, расстояние между дренами – 8 м, площадь перфорации – 5 $см^2$ на 1 пог.м дрены.

В одной из дрен величина вакуума доходила до 0,055 МПа. Модуль дренажного стока при этом увеличился почти в 300 раз и стал равен 15 л/с/га. Исследователи пришли к выводу, что эффективность применения вакуума тем выше, чем меньше исходный модуль дренажного стока.

В 1963–1966 гг. в Голодной степи В.И.Бобченко и Г.А.Булаева (1975) проверяли способ капитальных промывок почв при помощи пластмассового горизонтального дренажа, в полости труб которого создавался вакуум. Первые опытные вакуумные дрены построены из полиэтиленовых труб методом бестраншейной укладки дреноукладчиком УДМ-150. Расстояния между дренами составляли 15–30 м, глубина заложения – 1,2 м. Вакуум в дренах создавался при помощи сифонов. Однако такой способ оказался ненадежным, вакуум часто срывался.

Механическое вакуумирование проводилось в лизиметрах высотой от 0,8 до 1,8 м, заполненных сильнозасоленными почвогрунтами с низкой водопроницаемостью. Исследования показали, что скорость фильтрации за счет дополнительного градиента напора при создании вакуума значительно возрастает. Модуль дренажного стока увеличивается более чем на 50 %.

В Азербайджанской ССР проводились испытания вакуумного дренажа сифонного действия. Дренажная линия при этом имела обратный уклон для предупреждения скопления воздуха в полости труб. Сифон-дрена, как их называл исследователь, состояла из перфорированных труб. Фильтром для них служили гравий и щебень. Устье каждой дрены заканчивалось сифоном (Ф.С.Салахов, 1974).

Для пуска дрен в работу необходимо было удалить из их полости воздух. Для этих целей разработали специальное устройство, состоящее из металлического бака, присоединеного при помощи патрубка к сифону. В баке находится шар, выполненный из материала, удель-

ный вес которого меньше воды. Назначение шара – открытие и закрытие патрубка.

При проведении промывных поливов система сифон-дрена освобождается от воздуха и автоматически включается в работу. Отвод дренажной воды производится до тех пор, пока уровень грунтовых вод не сравняется с отметками дрен. Эти и другие исследования показали большую эффективность применения вакуума в полости дренажных линий.

Известно, что в вакуумированной среде давление меньше атмосферного, поэтому создать вакуум можно в полости, изолированной от атмосферы (рис.9). При обычной работе дренажа грунтовая вода в дрену поступает под влиянием разности напоров H . Причем $H = Z_1 - Z_2$ (2)

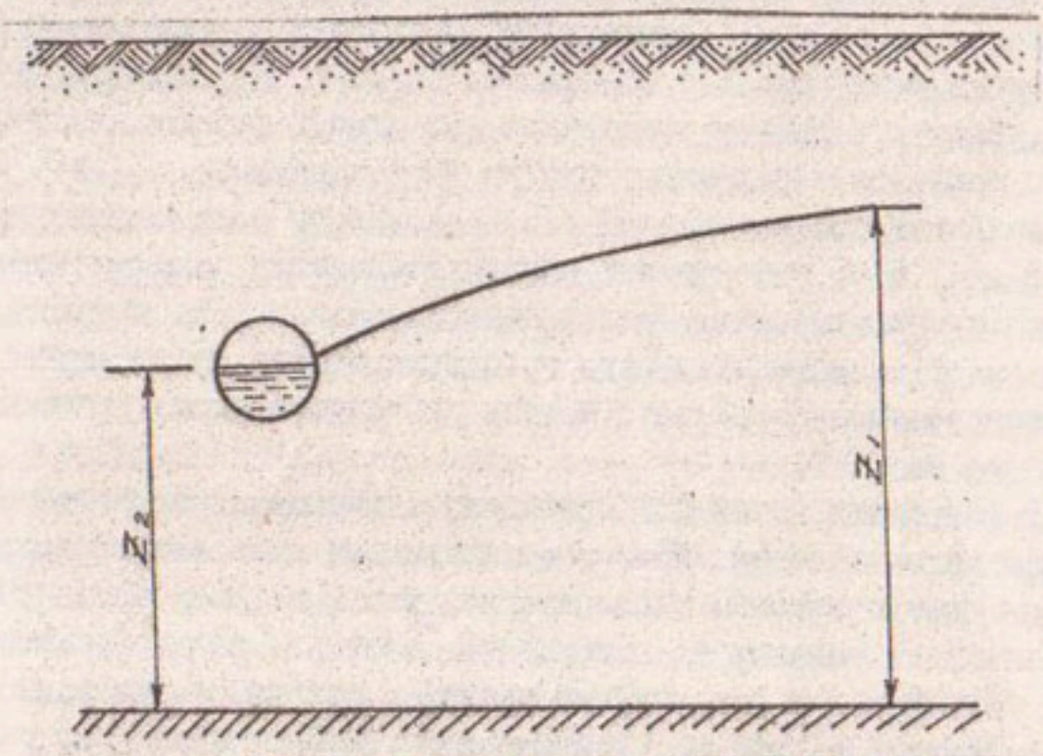


Рис.9. Схема понижения уровня грунтовых вод при работе дренажа.

При содержании вакуума в полости дрены (Б.М.Дегтярев, 1976) действующий напор увеличивается и становится равным

$$H_в = (z_1 - z_2) + \frac{p_a - p_A}{\gamma}, \qquad (3)$$

где z_1 и z_2 – расстояния между уровнями воды в грунтовом потоке и в дрене от произвольной плоскости отсчета; p_a – атмосферное давление; p_A – абсолютное давление в дрене; γ – удельный вес воды.

При этом $p_в = p_a - p_A$, когда $p_A < p_a$, где $p_в$ – вакуум в дрене.

Наличие вакуума в дрене обусловливает вакуумирование грунта в непосредственной близости от нее.

Как известно, выше уровня грунтовых вод расположена капиллярная зона, где также отмечается отрицательное давление. При работе вакуумной горизонтальной дрены зоны вакуумированного грунта и капиллярной каймы могут сливаться в одну зону с отрицательными давлениями.

При большом понижении уровня грунтовых вод грунт над вакуумной дреной обезвоживается и начинает пропускать воздух в полость дрены, что уменьшает приток воды к ней. Как уже отмечалось выше, над уровнем грунтовых вод всегда имеется так называемая капиллярная "кайма". Нижняя часть этой "каймы" обладает свойством не пропускать воздух. Вода, находящаяся в капиллярах этой зоны, в отличие от грунтовой воды находится под отрицательным давлением.

Атмосферный воздух будет поступать в вакуумную дрену в том случае, когда $h_{кр} < p_в$, где $h_{кр}$ – высота капиллярной зоны, полностью насыщенная водой. Таким образом, капиллярная кайма может экранизировать вакуумную дрену только до определенной величины вакуума в ее полости. Экспериментальные значения критического вакуума получены Б.М.Дегтяревым (табл.22).

Когда вакуум в грунте превышает указанные величины, атмосферное давление пробивает естественный экран, воздух попадает в полость дрен и срывает вакуум в них. Для поддержания эффекта вакуумирования в подобных условиях необходима откачка воздуха специальными насосами.

В полости дрен (горизонтальных закрытых или вертикальных) ва-

22. Критические значения вакуума
для различных грунтов

Грунт	Критический вакуум, МПа
Суглинок легкий	0,01-0,015
-"- средний	0,015-0,025
-"- тяжелый	0.025-0,050

куум может быть создан в основном тремя технологическими приемами: раздельной откачкой воздуха и воды, откачкой только воды и при помощи сифона.

Вакуумные дренажные системы по принципу действия можно подразделить на системы вакуумирования грунтов и системы вакуумного водоотбора. Все горизонтальные системы при создании в их полости вакуума являются системами вакуумирования грунтов, а вертикальные - в основном системами вакуумного водоотбора. Следует отметить при этом, что вакуумирование грунтов - явление, сопутствующее вакуумному водоотбору, и имеет место только при работе горизонтальных систем.

Первые опыты по применению вакуума в целях мелиорации земель были проведены нами в 1961 г. на модели вакуумной дренажной системы (табл.23).

23. Расходы дренажных вод с вакуумом и без него,
полученные на модели вакуумной системы

Напор, м	Вакуум, МПа	Суммарный напор, м	Расход без вакуума, л/с	Расход с вакуумом, л/с	Коэффициент увеличения	
					напора	расхода
0,20	0,0079	0,90	0,0088	0,0490	5,05	5,67
0,24	0,0158	1,82	0,0073	0,0505	7,45	6,92
0,25	0,0053	0,78	0,0064	0,0229	3,09	3,58

Табл.23 показывает, насколько эффективно влияет вакуум, созданный в полости дрен, на приток воды.

В 1964 г. на полях колхоза им.Ильича Чарджоуского района Туркменской ССР была построена опытно-производственная вакуумная система горизонтальных дрен. В геологическом отношении (рис.10) опытно-производственный участок представлен аллювиальными отложениями, состоящими из средне- и мелкозернистых песков мощностью до 25 м, которые подстилаются глинами. Верхняя часть аллювия представляет собой переслаивающиеся суглинки и супеси общей мощностью до 2 м. Коэффициент фильтрации мелкоземов - около 1,0 м/сут, а подстилающих песков - до 20 м/сут (табл.24).

Для наблюдения за формированием режима грунтовых вод на опытно-производственном участке был построен створ наблюдательных скважин и пьезометров (рис.11). В каждом пьезометрическом кусте устанавливалось по семь пьезометрических трубок, глубина заложения которых составляла 2, 3, 4, 6, 10, 20, 30 м от поверхности земли.

Вакуумный горизонтальный дренаж (рис.12) состоит из следующих основных элементов. Глухой собиратель 1 из асбестоцементных труб впадает в вакуумный герметически закрытый колодец 2, к которому присоединены два насоса: центробежный водяной 4 - для откачки воды и вакуумный 3 - для откачки воздуха. Колодец сообщается с водоприемником 6 при помощи трубы 5, на конце которой установлена задвижка 7. Вакуум в колодце и дренажной системе регулировался вентилем 8 и замерялся вакуумметром 9. В закрытый собиратель, выполненный из труб диаметром 141 мм, на расстоянии 100 м друг от друга впадают три всасывающие дрены 10, выполненные из асбестоцементных труб диаметром 100 мм. Перфорация всасывающих дрен в целях защиты от поступления в их полость воздуха выполнена только в нижней части трубы.

Длина каждой всасывающей дрены 100 м, уклон их - 0,001. Уклон собирателя - 0,0005. Фильтрующая засыпка дрен выполнена из гравия с коэффициентом фильтрации около 30 м/сут. Стыки между трубами в собирателе и в дренах перекрыты муфтами с резиновыми кольцами и загерметизированы специальной мастикой. В начале, середине и конце средней дрены, а также на колодце были установлены вакуумметры для определения величины вакуума в их полостях.

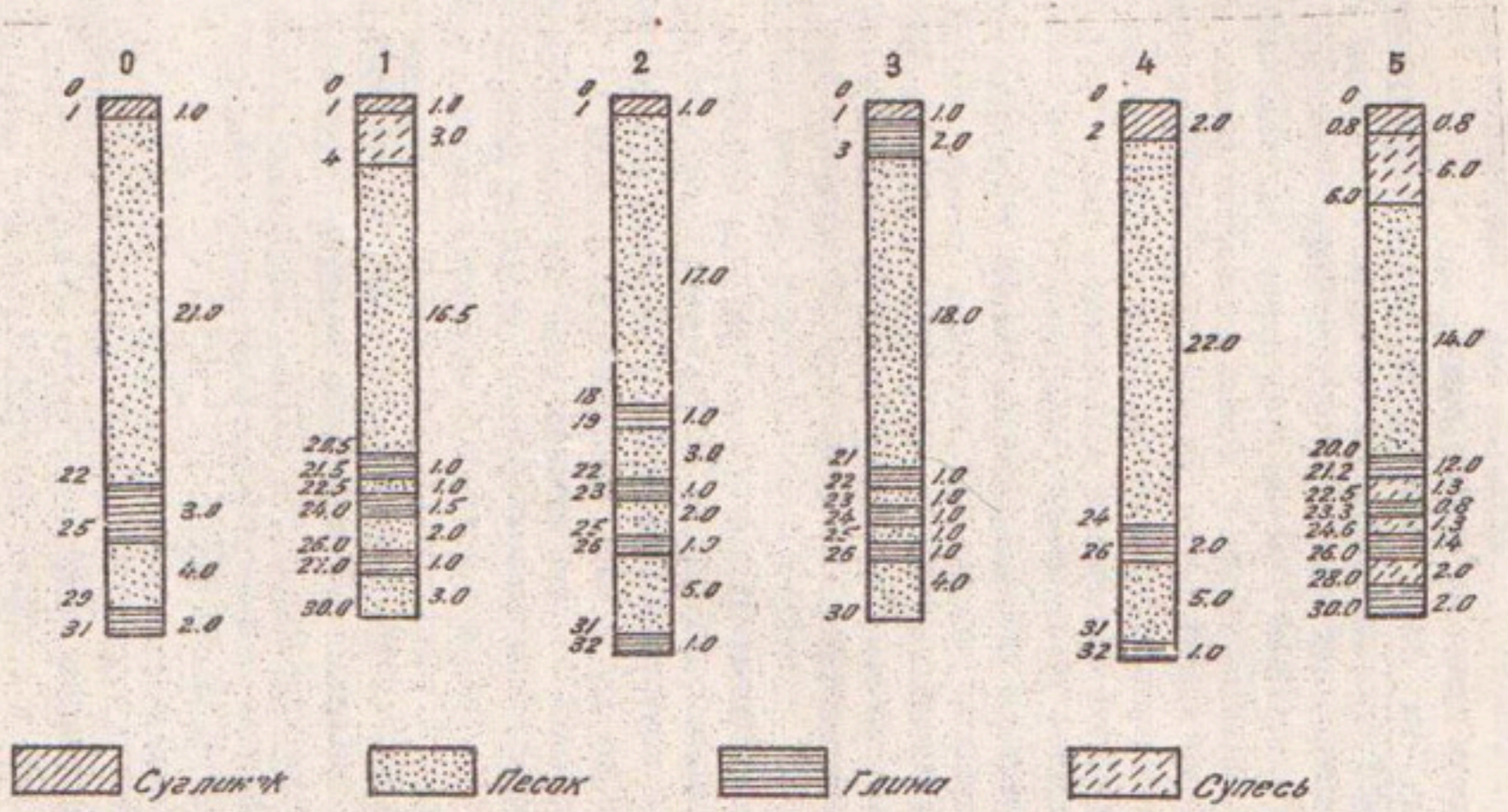


Рис.10. Геолого-литологический разрез опытного участка вакуумного горизонтального дренажа.

24. Гранулометрический состав грунта

Диаметр частиц, мм	Содержание, %	Диаметр частиц, мм	Содержание, %
0,005	2,3	0,05-0,10	19,9
0,005-0,01	8,0	0,10-0,25	2,7
0,01-0,05	65,5	0,25-1,00	1,6

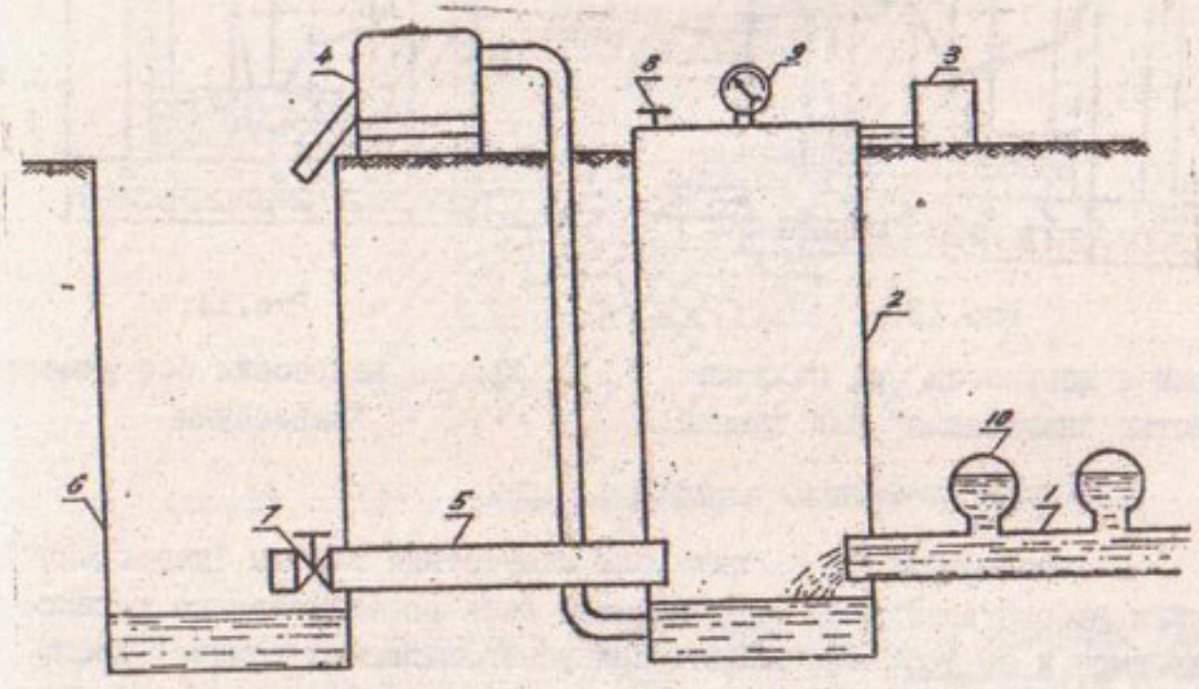


Рис.12. Вакуумный горизонтальный дренаж.

При работе закрытых горизонтальных дрен с вакуумом в их полости можно выделить два характерных момента:

1) когда над дренами имеется участок "нависания" и ветви кривой депрессии сомкнуты выше дрен (рис.13);

2) когда над дренами нет участка "нависания" и ветви кривой депрессии не имеют общей точки смыкания, а пересекаются или с боковыми стенками, или с дном дрены (рис.14).

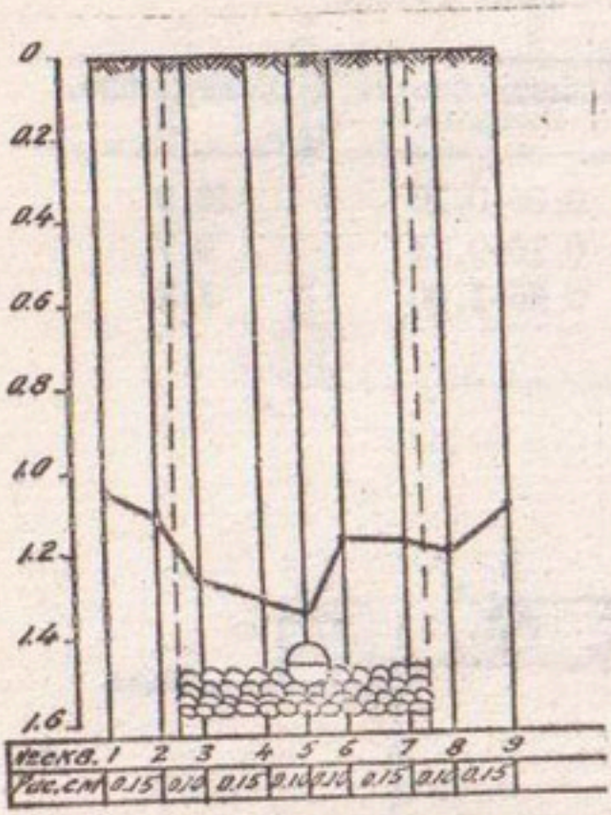


Рис.I3.

Кривая депрессии при наличии участка "нависания" над дреной.

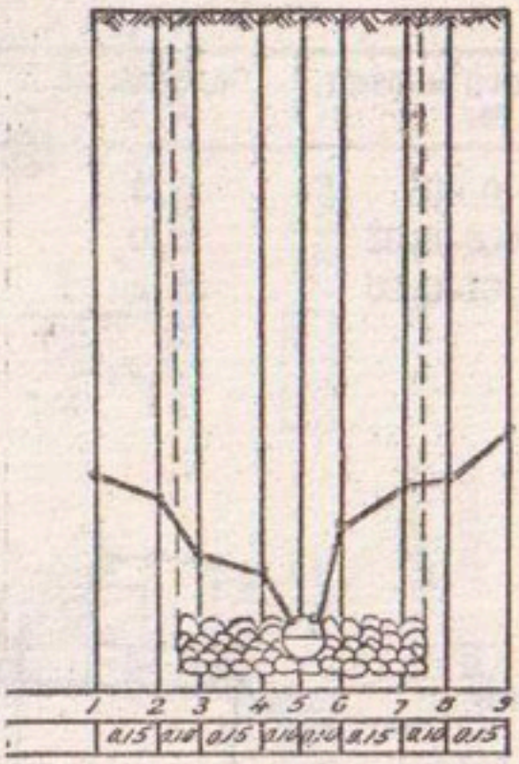


Рис.I4.

Кривая депрессии без участка "нависания".

В зависимости от наличия или отсутствия высоты "нависания" режим работы вакуумных систем может быть соответственно установившимся и не установившимся. При установившемся режиме дрены отводят только грунтовые воды.

При отсутствии высоты "нависания" в условиях легких грунтов атмосферное давление легко пробивает небольшой столб воды около дрены и в ее полость начинает интенсивно поступать воздух. Дрены в этих условиях работают в неустановившемся режиме и отводят смесь жидкости и воздуха.

Опыты показали, что поступление воздуха в дренажные системы можно уменьшить при помощи устройства воздухопроницаемого экрана из полиэтиленовой пленки (рис.I5).

Опыты показали также, что в тяжелых грунтах воздух не проникает в полость дрен даже при условии опускания уровня воды ниже

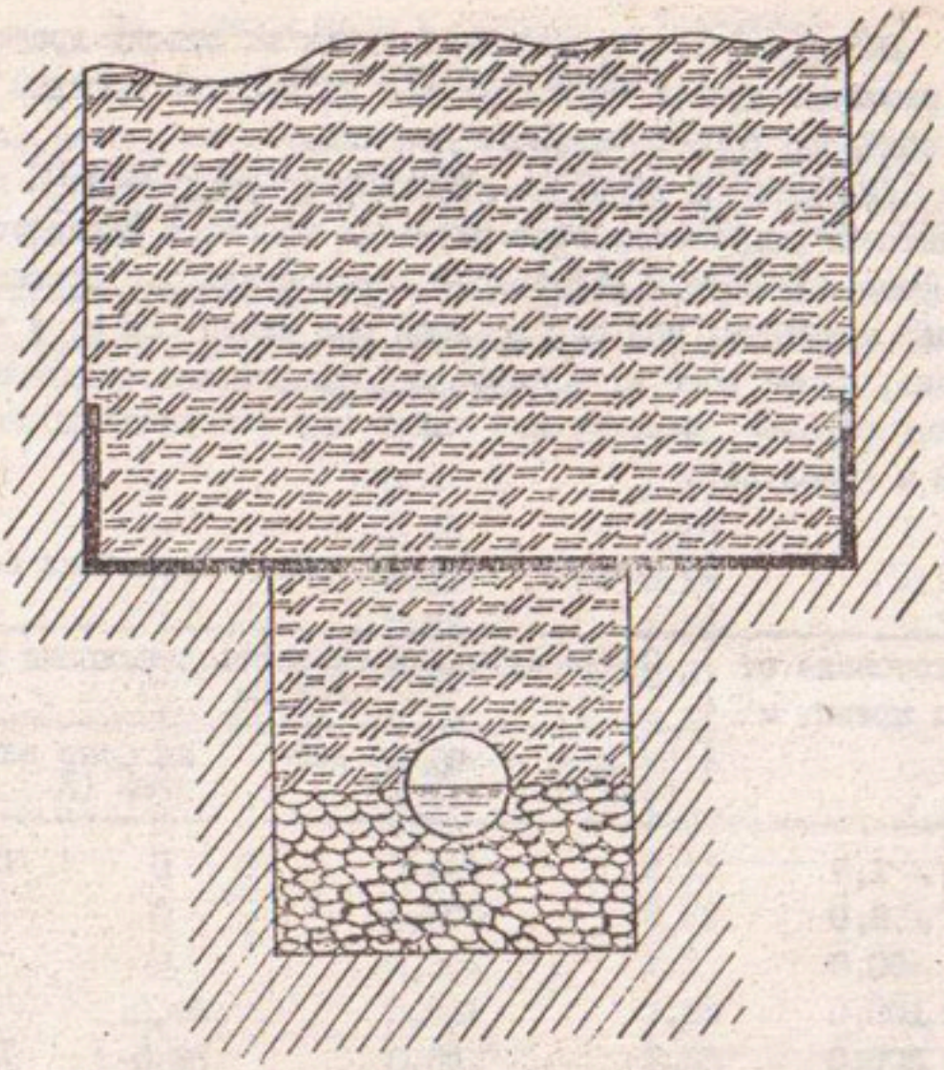


Рис.I5. Защита дрены воздухонепроницаемым экраном.

глубины заложения дренажных линий. Роль экрана в условиях тяжелых грунтов выполняет капиллярная зона. Однако, когда вакуум в грунте превышает $\rho_{кр}$, атмосферное давление пробивает естественный экран и начинается неустановившийся режим работы вакуумного дренажа. Следовательно, искусственный экран необходим при любом механическом составе почвогрунтов.

На опытно-производственном участке вакуумного горизонтального дренажа проводились наблюдения за расходами, уровнями грунтовых вод и их минерализацией. Исследования выполнялись при создании вакуума в полости всех дрен (290 м) и в полости только одной дрены (I00 м).

Вакуумный горизонтальный дренаж по отводу дренажной воды, по снижению уровня грунтовых вод во времени выгодно отличается от обычного горизонтального дренажа.

Для примера приводим величины среднесуточного спада уровня грунтовых вод в гидрогеологических условиях Чарджоуского оазиса на фоне обычного и вакуумного горизонтального дренажа. При этом напор грунтовых вод над дренами был равен 0,5 м, а в вакуумной дрене, кроме того, поддерживалось разрежение, эквивалентное 0,7 м. Таким образом, действующий напор над вакуумной дреной был равен I,2 м (табл.25).

25. Скорость спада уровня грунтовых вод

Расстояние от оси дрены, м	Среднесуточная скорость понижения грунтовых вод, см	
	на фоне обычного дренажа (H = 0,5 м)	на фоне вакуумного дренажа (H = I,2 м)
I,5	4	I2
8,0	3	8
50,0	2	8
I00,0	I	4
200,0	0,5	I,5

Средняя скорость снижения грунтовых вод на фоне вакуумного горизонтального дренажа в 3-4 раза выше, чем при обычном дренаже. Все это еще раз подтверждает теоретические выводы о том, что с увеличением напора возрастает способность дренажа увеличивать водоотведение и снижать уровень грунтовых вод.

Табл.26 и рис.I6 показывают, что при создании вакуума в полости дрен увеличиваются не только напор, но и водоприемная поверхность дренажа.

Горизонтальные дрены с вакуумом в их полости в условиях легких грунтов работают в основном в неустановившемся режиме. В целях придания стабильности работе вакуумных систем в установившемся режиме в I97I г. нами была предложена новая конструкция дренаж-

26. Приток воды к обычным и вакуумным горизонтальным дренам

Напор (Н), м	Вакуум в полости дрены, м.вод.ст.	Суммарный напор (Н+Р), м	Расход дренажных вод в устье собирателя, л/с	Модуль дренажного стока, л/с/га
I	2	3	4	5
		3 дрены (290 м)		
0,28	0	0,28	I,34	0,33
0,27	0	0,27	I,35	0,33
I,I0	0	I,I0	5,28	I,32
I,II	0	I,II	5,I8	I,29
0,23	0	0,23	I,I5	0,29
0,22	0	0,22	I,07	0,27
0,78	0	0,78	3,82	0,95
0,63	0	0,68	3,I2	0,78
0,8I	0	0,8I	3,98	I,00
0,45	0	0,45	2,I3	0,53
0,57	0	0,57	2,89	0,72
0,39	0	0,39	I,88	0,47
0,28	0,40	0,68	3,95	0,99
0,26	0,36	0,64	3,62	0,90
0,8I	0,49	I,30	7,40	I,85
I,I0	0,58	I,68	8,2I	2,06
I,07	0,22	I,29	6,20	I,55
0,90	0,45	I,35	6,98	I,75
0,78	0,32	I,I0	5,32	I,32
0,68	0,30	0,98	4,83	I,2I
0,53	0,50	I,08	5,8I	I,45
0,23	0,I6	0,39	2,I5	0,54
0,22	0,32	0,54	3,08	0,77
0,2I	0,28	0,49	2,87	0,72
0,22	0,33	0,55	3,08	0,77
0,I9	0,23	0,42	2,36	0,59
0,I8	0,23	0,4I	2,30	0,58
0,I6	0,23	0,39	2,32	0,58

I	2	3	4	5
0,I6	0,25	0,4I	2,36	0,59
0,I6	0,29	0,45	2,52	0,63
0,I8	0,24	0,42	2,4I	0,60
0,I5	0,52	0,67	3,8I	0,95
0,I0	0,48	0,58	3,38	0,85
0,05	0,39	0,44	2,46	0,6I
		I дрена (I00 м)		
0,7I	0	0,7I	I,I9	I,I9
0,34	0	0,34	0,60	0,60
0,32	0	0,32	0,52	0,52
0,4I	0	0,4I	0,74	0,74
0,63	0	0,63	I,07	I,07
0,60	0	0,60	0,94	0,94
0,39	0	0,39	0,66	0,66
0,38	0	0,38	0,6I	0,6I
0,35	0	0,35	0,53	0,53
I,09	0	I,09	I,87	I,87
0,57	0	0,57	0,97	0,97
0,7I	I,I5	I,86	3,68	3,68
0,68	I,3I	I,99	4,00	4,00
0,34	I,II	I,45	2,82	2,82
0,27	0,73	I,00	2,02	2,02
0,43	0,90	I,33	2,68	2,68
0,45	0,94	I,39	2,78	2,78
0,52	0,33	0,85	I,65	I,65
0,33	I,34	I,67	3,38	3,38
0,23	0,54	0,77	I,46	I,46
0,75	0,60	I,35	2,62	2,62
0,75	0,53	I,28	2,2I	2,2I
0,73	0,57	I,30	2,28	2,28
0,7I	0,83	I,54	2,98	2,98
0,57	0,76	I,33	2,68	2,68
0,55	0,85	I,40	2,78	2,78

I	2	3	4	5
0,5I	0,88	I,39	2,68	2,68
0,50	0,69	I,I9	2,42	2,42
0,37	0,52	0,89	I,70	I,70
0,29	0,23	0,52	I,02	I,02
0,24	0,64	0,88	I,75	I,75
0,I8	0,58	0,76	I,73	I,73
0,I5	0,89	I,04	2,II	2,II
0,I0	0,84	0,94	I,88	I,88
0,07	0,59	0,66	I,35	I,35

ной системы - вакуумная система вертикальных дрен с регулируемым дебитом.

Состоит она (рис.I7) из следующих элементов: глухой собиратель I, на устье которого смонтирована задвижка 3, впадает в водоприемник 2. К собирателю подключены вертикальные дрены 4. Как собиратель, так и вертикальные дрены могут быть выполнены из труб любого материала, но предпочтение следует отдавать полиэтиленовым трубам, так как они более удобны в работе и менее восприимчивы к воздействию минерализованных грунтовых вод. Длина собирателя зависит как от глубины его заложения, так и от уклона рельефа местности.

Следует иметь в виду, что глубина заложения собирателя должна отвечать требованиям работы системы самотеком, то есть его устье должно быть выше уровня воды 9 в водоприемнике 2. Собиратели вакуумных систем могут укладываться с нулевым уклоном. Это объясняется тем, что скорости движения воды в собирателях вакуумных систем зависят не от уклона дренажных линий, а от разности давлений в начале и устье собирателя. Длина вертикальных дрен может быть различной в зависимости от механического состава грунта и диаметра труб. В нижней части дрены по длине, определенной расчетом, наносится щелевая или круглая перфорация, а верхняя остается глухой. Скважность перфорированной части должна быть не менее 3 %. Перфорированная часть трубы обматывается сеткой галунно-

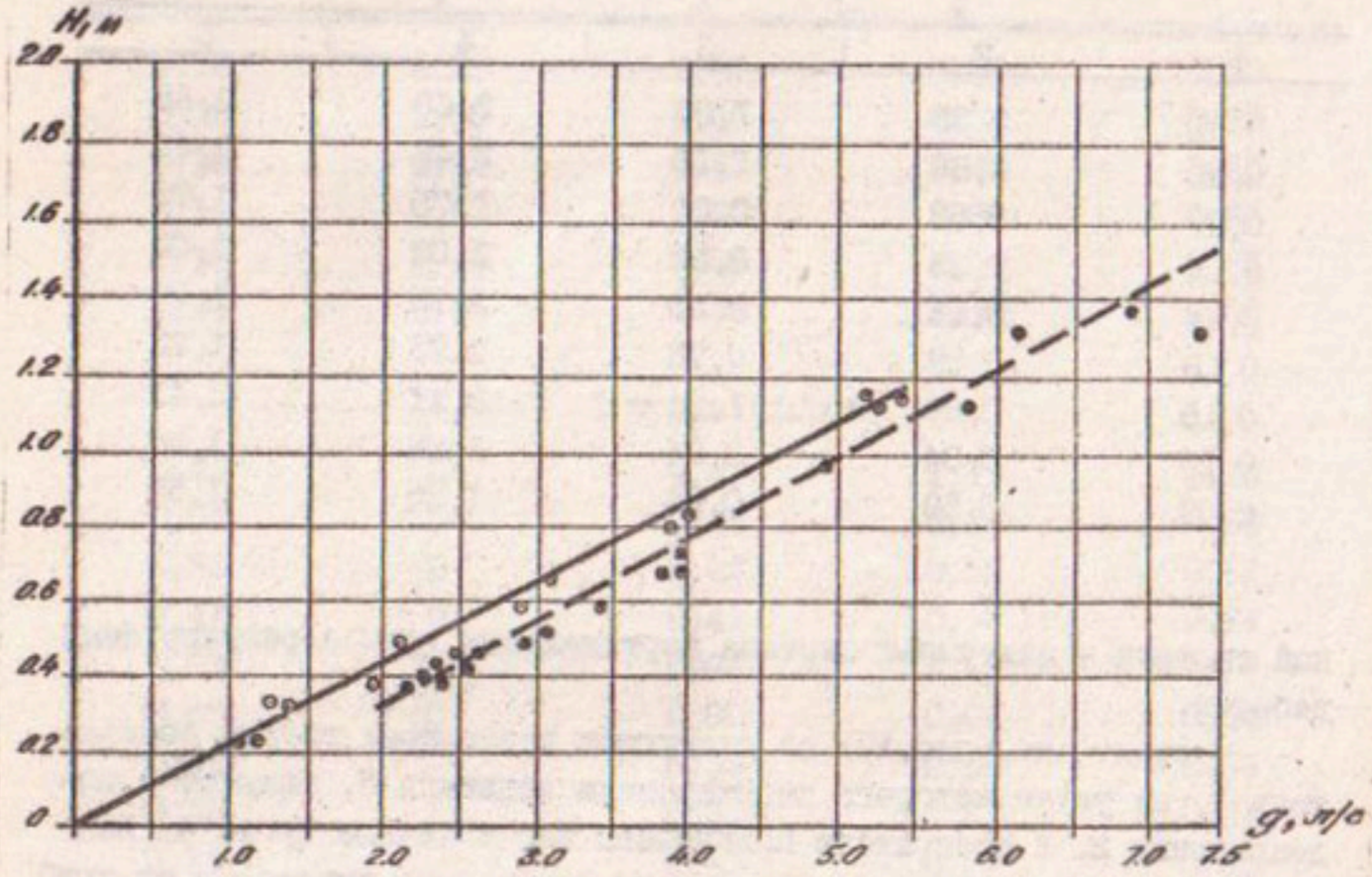


Рис.16. График зависимости q от H
(обычный и вакуумный дренаж).

го плетения. Сетка может быть латунной, стальной или капроновой. Количество вертикальных дрен в системе зависит как от коэффициента фильтрации, так и от расчетной величины модуля дренажного стока. Собиратель I вакуумной системы рядом с задвижкой 3 соединяется с самовсасывающим насосом 5, который через напорный трубопровод 6 перекачивает воду в водоприемник 2.

Вакуумные системы как горизонтальных, так и вертикальных дрен отличаются от остальных видов дренажа тем, что они могут работать как самотеком, так и с принудительной откачкой воды. Следует отметить, что вакуумную систему вертикальных дрен можно рас-

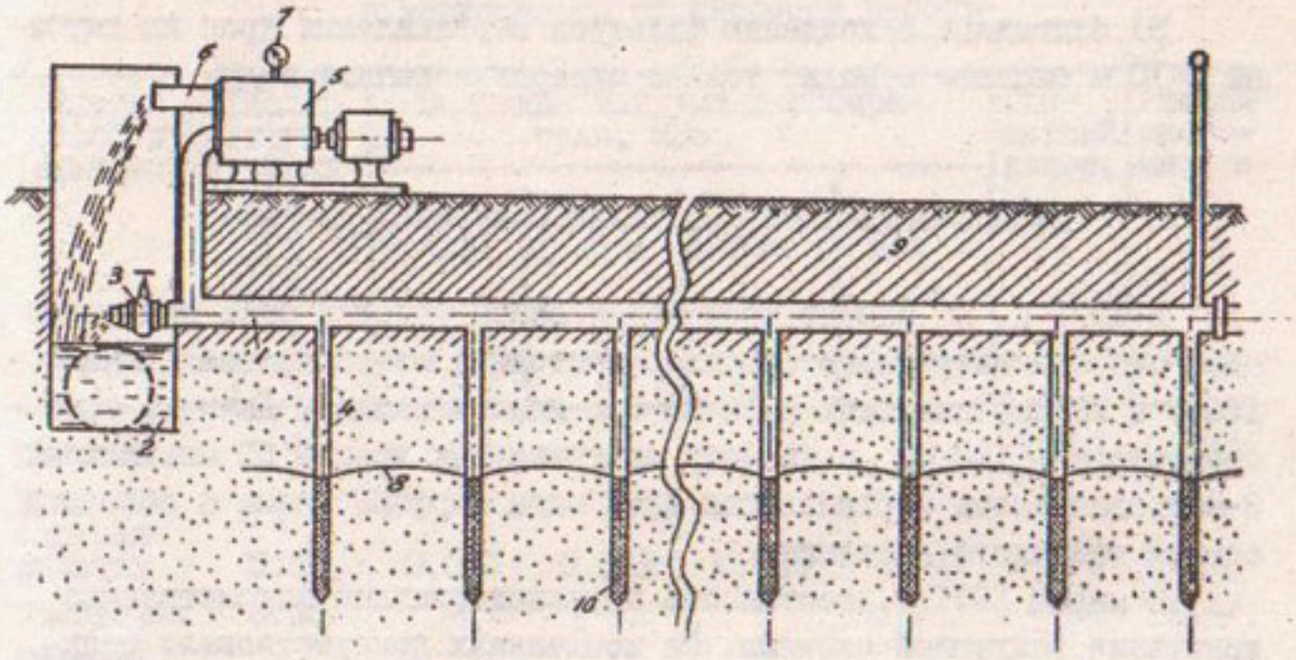


Рис.I7. Вакуумная система вертикальных дрен.

сматривать как улучшенную конструкцию вакуумного горизонтального дренажа. Вакуумные системы вертикальных дрен отличаются тем, что в полости их собирателей можно создавать большое разрежение. Уровень грунтовых вод при этом может опускаться на значительную глубину без опасности прорыва атмосферного воздуха в систему.

Вакуумная система вертикальных дрен удачно сочетает в себе действие двух типов дренажа - горизонтального, когда задвижка на устье собирателя открыта и система работает самотеком (рис.I8), и вертикального, когда задвижка закрыта, а система работает с принудительной откачкой воды (рис.I9).

Вакуумная система вертикальных дрен имеет еще целый ряд преимуществ, отличающих ее от вертикального и закрытого горизонтального дренажа:

I) насос устанавливается на поверхности земли, что делает его доступным для обслуживания, профилактических осмотров и ремонта;

2) при строительстве вакуумных систем вертикальных дрен отпадает потребность в материалах для фильтров (гравий, песок, стекловата и др.);

3) благодаря нахождению фильтров вертикальных дрен на глубине 8–10 м система отводит только минерализованную воду.

Производственные испытания вакуумной системы

В 1971 г. на опытно-производственном участке была построена одна система вакуумного дренажа, состоящая из собирателя длиной 100 м и 19 вертикальных дрен по 6 м длиной каждая. Диаметр труб собирателя – 150 мм, а диаметр вертикальных дрен – 50 мм. Нижняя 3-метровая часть вертикальных дрен была перфорирована и обтянута сеткой галунного плетения.

В марте 1971 г. состоялось производственное ведомственное испытание вакуумной системы. На испытаниях присутствовали ведущие специалисты Министерства мелиорации и водного хозяйства Туркменской ССР, которые детально ознакомились с системой и дали ей высокую оценку. В первые часы испытания вакуумная система работала самотеком и отводила 1,8 л/с воды. После включения насоса и создания вакуума в полости системы дебит последней стал равен 28,3 л/с, то есть увеличился более чем в 15 раз.

Вакуумметры, установленные около устья собирателя, в середине и начале его, показали, что разрежение в этих сечениях соответственно составляло 0,043; 0,041 и 0,039 МПа. Таким образом, потери вакуума на 100 м длины собирателя составили 0,004 МПа.

В связи с проведением промывных поливов опытных полей система вертикальных дрен после периодической смены способов работы (самотеком и с принудительной откачкой) стала работать только с принудительной откачкой воды. После окончания промывных поливов система вновь была переведена на самотечный режим работы, который продолжался до конца вегетационного периода (табл.27).

Наиболее важный показатель мелиоративной эффективности любой дренажной системы – модуль дренажного стока, который зависит от расхода системы и обслуживаемой площади орошаемых земель. Радиус влияния, а, следовательно, и площадь дренирования вакуумной системы вертикальных дрен определялись по створу наблюдательных скважин и пьезометров, установленному перпендикулярно продольной оси собирателя.

27. Расходы вакуумной системы вертикальных дрен в зависимости от способов работы

Способ работы системы	Напор грунтовых вод над собирателем, м	Величина вакуума в собирателе, МПа				Суммарный напор, м	Расход системы, л/с
		в начале	в середине	в конце	средняя		
1	2	3	4	5	6	7	8
Самотеком	0,50	-	-	-	-	0,50	I,80
Принудительная откачка	0,50	0,043	0,04I	0,039	0,04I	4,60	28,30
Самотеком	0,45	-	-	-	-	0,45	I,47
Принудительная откачка	0,45	0,043	0,04I	0,040	0,04I	4,57	29,07
Самотеком	0,62	-	-	-	-	0,62	2,I6
Принудительная откачка	0,62	0,043	0,040	0,039	0,04I	4,70	29,72
"	0,67	0,042	0,04I	0,039	0,04I	4,75	29,48
"	0,75	0,042	0,040	0,039	0,040	4,78	29,53
"	0,80	0,042	0,040	0,038	0,040	4,79	29,8I
"	0,80	0,042	0,040	0,039	0,040	4,80	30,00
"	0,82	0,04I	0,039	0,038	0,040	4,77	29,30
"	0,78	0,042	0,040	0,039	0,040	4,78	29,58
"	0,72	0,042	0,040	0,040	0,04I	4,79	28,94
"	0,70	0,042	0,04I	0,040	0,04I	4,8I	29,60
"	0,65	0,042	0,04I	0,040	0,04I	4,75	29,62
"	0,60	0,044	0,042	0,04I	0,042	4,79	29,03
"	0,62	0,043	0,042	0,040	0,042	4,79	29,96
"	0,56	0,043	0,042	0,040	0,042	4,76	29,09
"	0,5I	0,043	0,042	0,04I	0,042	4,70	29,3I
"	0,45	0,044	0,042	0,04I	0,042	4,68	28,08
"	0,46	0,044	0,042	0,039	0,042	4,64	27,80
Самотеком	0,54	-	-	-	-	0,54	I,69

I	2	3	4	5	6	7	8
Самотеком	0,44	-	-	-	-	0,44	I,28
"	0,37	-	-	-	-	0,37	I,34
"	0,53	-	-	-	-	0,53	I,79
"	0,28	-	-	-	-	0,28	0,37

Замеры уровней воды в створе скважин и пьезометров показали, что радиус действия системы при работе насоса распространяется на 470-500 м (рис.20).

В ноябре уровень грунтовых вод на участке, после закрытия оросительных систем, опустился ниже глубины заложения собирателя и система вертикальных дрен самотеком не работала. В целях проверки работоспособности системы в условиях низкого залегания уровня грунтовых вод задвижку на устье собирателя закрыли, а насос включили в работу.

В это время уровень грунтовых вод находился ниже собирателя вакуумной системы на 73 см. После I0 минут холостой работы насосного хозяйства (вода не откачивалась) в собирателе создался вакуум до 2,5 м вод.ст., что позволило грунтовой воде подняться до уровня насоса, который стал отводить ее в водоприемник.

Средний вакуум в полости собирателя при этом был равен 4,80 м вод.ст., а расход системы составлял 26,8 л/с. После 3 суток работы насос был отключен и система прекратила свою работу. В течение всех 3 суток вакуум в полости собирателя и расход системы оставались стабильными. Таким образом, проведенный эксперимент показал, что вакуумная система вертикальных дрен может работать при любом положении уровня грунтовых вод по отношению к собирателю.

Из табл.27 видно, что между величиной вакуума в собирателе и действующим напором грунтовых вод существует определенная зависимость: чем меньше действующий напор над собирателем, тем большая величина вакуума создается в последнем. Зависимость эта имеет свою закономерность, так как схема "вертикальные дрены - собиратель - насос" является единой гидравлической системой, которая

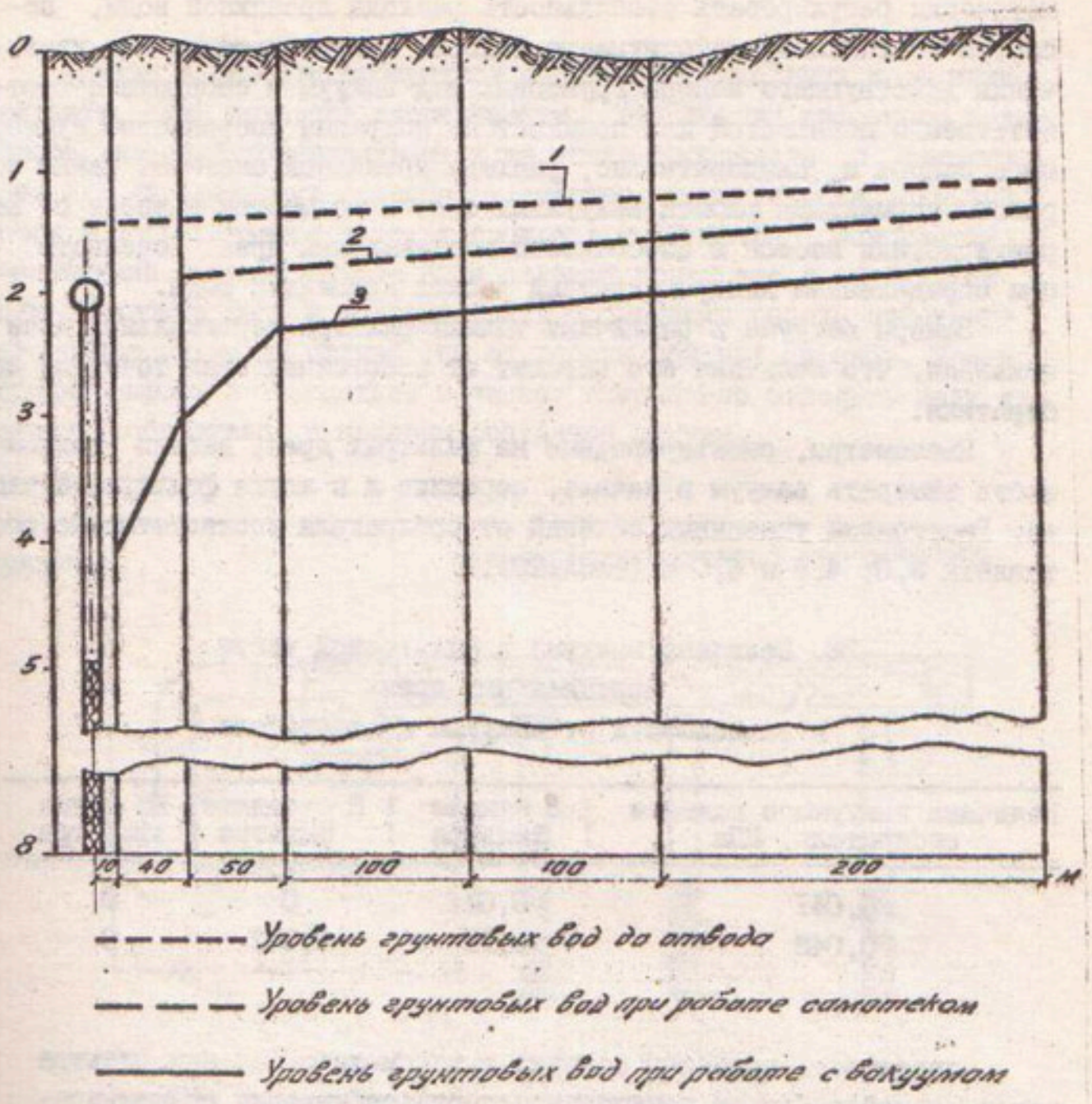


Рис.20. Зона влияния вакуумной системы.

действует как насосный агрегат, откачивающий грунтовые воды. А из теории насосов известно, что при равных прочих сопротивлениях вакуум во всасывающей линии должен быть тем больше, чем на большую высоту нужно поднять откачиваемую жидкость.

Следует отметить, что благодаря этой закономерности, вакуумная система вертикальных дрен может в определенных пределах авто-

матически регулировать стабильность расхода дренажной воды, несмотря на динамику действующего напора. При уменьшении или увеличении действующего напора грунтовых вод вакуум в собирателе соответственно повышается или понижается, сохраняя постоянство суммарного напора и, следовательно, расхода дренажной системы. Таким образом, нормальная работа вакуумных систем во многом зависит от характеристики насоса и способности вертикальных дрен "всасывать" при определенном напоре заданный расход дренажной воды.

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

Пьезометры, смонтированные на фильтрах дрен, давали возможность замерять вакуум в начале, середине и в конце фильтровой части. Расстояния указанных сечений от собирателя соответственно составляли 3,0; 4,5 и 6,0 м (табл.28).

28. Величина вакуума в фильтровой части вертикальных дрен в зависимости от вакуума в собирателе

Величина вакуума в полости собирателя, МПа	В начале фильтра	В середине фильтра	На конце фильтра
0,041	0,011	0	0
0,048	0,18	0,002	0

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

$$p_{ф} = p_{0} - h\gamma, \qquad (4)$$

где $p_{ф}$ – вакуум в фильтре дрены, МПа; p_{0} – вакуум в полости собирателя, МПА; h – глубина залегания сечения фильтра, м (считая от горизонтальной оси собирателя).

Из табл.28 видно, что при работе насоса под вакуумом находится не весь фильтр вертикальной дрены, а только около 1/3 его длины (около 1,0 м).

Вакуум в полости собирателя системы вертикальных дрен можно получить, как показали эксперименты, при помощи сифонного водосброса, который устанавливается на устье собирателя и состоит (рис.2I) из следующих основных элементов: герметически закрытый бачок I приваривается к устью собирателя. В бачок I опускается всасывающий конец 2 сифона 3, а сливной конец его 4 опускается ниже горизонта воды в водоприемнике 5. Принцип работы сифонного водосброса ничем не отличается от работы обычных сифонов. После зарядки сифона 3 последний начинает интенсивно отводить воду из полости собирателя, в котором создается вакуум.

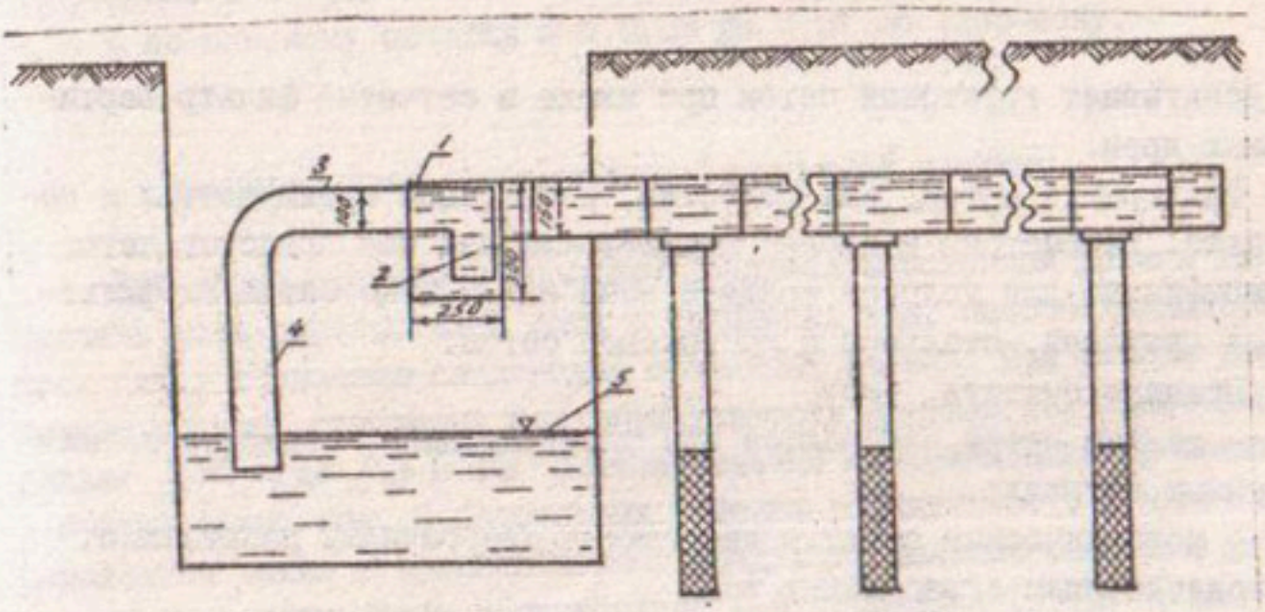


Рис.2I. Вакуумная система с сифонным водосбросом.

Величина вакуума составляет 0,5-0,6 величины H (расстояние между уровнями воды в дрене и водоприемнике). Расход системы вертикальных дрен при работе сифонного водосброса в несколько раз превышает расход при работе самотеком (табл.29). Вакуумирование при помощи сифонного водосброса дает наибольший относительный эффект при малых напорах грунтовых вод над собирателем.

Объяснить это явление можно большими сопротивлениями, кото-

29. Увеличение расхода системы при помощи сифонного водосброса

Напор грунтовых вод, м	Вакуум в полости собирателя, МПа	Суммарный напор, м	Расход системы, л/с
0,10	-	0,10	0,20
0,10	0,0040	0,50	2,00
0,50	-	0,50	1,75
0,50	0,0040	0,90	4,12
0,28	-	0,28	0,43
0,28	0,0045	0,73	3,07

рые испытывает грунтовый поток при входе в сетчатый фильтр вертикальных дрен.

Фильтры из сеток, как известно, имеют свои преимущества и недостатки. Рассмотрим наиболее характерные, как нам представляется, и специфичные для условий аридной зоны недостатки сетчатых фильтров из латунной, стальной и капроновой сеток.

Принято считать, что

- мелкие сетки забиваются при эксплуатации в тонкозернистых плывунных грунтах;

- металлические сетки подвергаются энергичному разрушению под воздействием агрессивных вод.

В целях проверки указанных положений через десять лет эксплуатации была извлечена полиэтиленовая вертикальная дрена, фильтром которой служила латунная сетка. Несмотря на относительно длительную эксплуатацию фильтров в песках разной крупности проходные отверстия в сетке не были забиты. Латунная сетка в процессе эксплуатации не подвергалась разрушающему действию высокоминерализованных грунтовых вод, несмотря на содержание в последних большого количества сульфатов. Объясняется это обстоятельство, видимо, тем, что разрушение латунных сеток обычно происходит под влиянием электрохимической коррозии, когда они контактируют с разноименным металлом (например, со стальными трубами). В нашем случае латунная сетка контактировала с полиэтиленовой трубой и электрохимической коррозии быть не могло.

В 1971 г. в связи с общим недостатком оросительной воды в каналах промывные поливы дренированной площади проводились в конце марта. С 26 марта по 16 апреля на участок было подано 5150 $м^3$/га оросительной воды.

Вакуумная система вертикальных дрен, работая с принудительной откачкой, отвела за пределы дренированного участка по 2170 $м^3$ дренажной воды с каждого гектара, что составляет 42 % промывной нормы. Минерализация дренажной воды за промывной период в среднем составляла 8,9 г/л по плотному остатку и 2,4 г/л по хлор-иону.

С каждого гектара дренированной площади было отведено по 19,3 т солей, в том числе по 5,2 т хлора. После промывных поливов засоленность метрового слоя почвогрунтов уменьшилась с 0,96 до 0,35 % по плотному остатку и с 0,03 до 0,01 по хлор-иону.

Мелиоративная эффективность вакуумной системы

Дренажные системы в орошаемых оазисах в основном должны выполнять роль опреснителей почв и грунтовых вод, способствовать сохранению и повышению плодородия орошаемых земель. При отводе расчетных объемов грунтовых вод эффективность дренажа тем выше, чем больше $\frac{C_{др}}{C_{о}}$, где $C_{др}$ и $C_{о}$ соответственно минерализация дренажных и оросительных вод. В бесточных районах эффективность дренажа определяется также его способностью создавать большие скорости фильтрации в горизонтальном направлении. Э.А.Соколенко (1972) показал, что засоление почв и грунтовых вод не происходит при больших горизонтальных скоростях фильтрации. Эта гипотеза находит практическое подтверждение на примерах дренажных систем Среднеазиатского региона. На фоне частых горизонтальных дрен и на фоне вертикального дренажа, где скорости движения грунтового потока в горизонтальном направлении достаточно большие, засоленность почвогрунтов и минерализация грунтовых вод находятся в оптимальных размерах.

На фоне вакуумной системы на опытно-производственном участке идет прогрессирующий во времени рассоляющий процесс почвогрунтов (табл.30 и 31).

Как видно, и засоленность почвогрунтов, и минерализация грунтовых вод на фоне вакуумного дренажа значительно снизились. Прои-

30. Динамика засоленности почвогрунтов на фоне вакуумного дренажа за период с 1971 по 1980 г.

Горизонт, см	Год	Засоленность									
		по плотному остатку, %	HCO_3		Cl		SO_4		Mg	Ca	$Na+k$
			%	м/экв.	%	м/экв.	%	м/экв.	м/экв.	м/экв.	м/экв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-20	1971	1,31	0,02	0,40	0,06	1,58	0,72	14,99	2,84	10,68	3,45
	1974	0,20	0,03	0,53	0,01	0,38	0,07	1,49	0,49	0,88	1,13
	1980	0,21	0,02	0,35	0,01	0,19	0,10	1,99	0,09	0,29	2,19
20-40	1971	1,15	0,02	0,40	0,02	0,65	0,60	12,49	2,84	8,62	2,08
	1974	0,32	0,02	0,39	0,01	0,38	0,19	3,99	0,49	3,03	1,34
	1980	0,18	0,02	0,41	0,01	0,28	0,07	1,49	0,09	0,58	1,51
40-60	1971	0,90	0,02	0,40	0,02	0,65	0,41	8,49	1,86	6,76	0,92
	1974	0,69	0,02	0,29	0,01	0,19	0,38	7,99	1,66	5,09	1,72
	1980	0,20	0,03	0,45	0,01	0,38	0,10	1,99	0,39	0,78	1,65
60-80	1971	0,88	0,02	0,40	0,01	0,37	0,50	10,49	3,53	4,31	3,42
	1974	1,07	0,02	0,25	0,01	0,28	0,67	13,99	0,78	7,64	6,01
	1980	0,28	0,03	0,41	0,02	0,47	0,10	1,99	0,29	1,07	1,57

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
	I97I	0,54	0,03	0,56	0,02	0,65	0,I4	2,99	0,88	I,27	I,95
80-I00	I974	0,67	0,02	0,33	0,0I	0,28	0,29	5,99	0,I9	4,60	I,72
	I980	0,I7	0,02	0,37	0,0I	0,38	0,07	I,49	0,49	0,78	0,98
	I97I	0,42	0,04	0,66	0,02	0,55	0,I2	2,49	0,69	0,49	2,52
I00-I20	I974	0,I9	0,02	0,35	0,0I	0,38	0,I0	I,99	0,49	I,56	0,77
	I980	0,I9	0,02	0,35	0,0I	0,I9	0,I0	I,99	0,09	0,39	2,05
	I97I	0,36	0,03	0,50	0,05	I,48	0,I0	I,99	0,49	0,79	2,69
I20-I40	I974	0,22	0,02	0,37	0,0I	0,28	0,07	I,49	0,I9	0,88	I,07
	I980	0,I6	0,02	0,33	0,0I	0,28	0,07	I,49	0,09	0,49	I,52
	I97I	0,25	0,04	0,59	0,0I	0,37	0,I0	I,99	0,49	0,59	I,87
I40-I60	I974	0,2I	0,02	0,35	0,0I	0,28	0,I0	I,99	0,I9	0,88	I,55
	I980	0,I8	0,02	0,35	0,0I	0,28	0,I0	I,99	0,09	0,39	2,I4
	I97I	0,I8	0,03	0,46	0,0I	0,I8	0,I0	I,99	0,29	0,39	I,95
I60-I80	I974	0,29	0,02	0,37	0,0I	0,28	0,I0	I,99	0,09	I,07	I,48
	I980	0,I9	0,I9	0,36	0,0I	0,35	0,I0	I,99	0,49	I,52	0,79

3I. Динамика минерализации грунтовых вод на фоне вакуумного дренажа

Глубина отбора проб, м	Год	Минерализация									
		по плотному остатку, %	HCO_3		Cl		SO_4		Mg	Ca	$Na+K$
			г/л	м./экв.	г/л	м./экв.	г/л	м./экв.	м./экв.	м./экв.	м./экв.
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
	I97I	3,53	0,23	3,8	0,48	I3,4	I,39	27,8	I6,5	8,4	20,2
2	I974	2,22	0,22	3,5	0,48	I3,4	0,72	I4,4	6,3	0,8	24,3
	I980	2,I2	0,22	3,7	0,43	I2,0	0,77	I5,4	II,8	I,8	I7,4
	I97I	3,67	0,I6	0,6	0,59	I6,6	I,44	28,8	I3,I	8,6	26,2
3	I974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I980	0,74	0,II	I,8	0,32	9,I	0,05	I,0	2,4	I,2	8,4
	I97I	5,80	0,30	4,8	0,8I	22,6	2,30	46,I	22,9	I2,2	38,4
4	I974	I,33	0,03	0,5	0,46	I2,9	0,53	I0,6	0,8	6,5	I6,7
	I980	0,80	0,I5	2,1	0,22	6,2	0,I4	2,9	I,2	I,0	9,3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
	I97I	5,48	0,27	4,4	0,97	27,2	I,97	39,4	I9,4	I4,3	37,2
6	I974	I,32	0,04	0,7	0,40	II,5	0,38	7,7	I,6	2,4	I5,9
	I980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I97I	3,36	0,09	I,5	0,74	20,8	I,06	2I,I	I0,8	5,9	26,7
I0	I974	3,22	0,04	0,7	I,07	30,2	I,06	2I,I	3,9	4,7	43,4
	I980	I,3I	0,I6	2,5	0,55	I5,3	0,I4	2,9	2,7	I,6	I6,4
	I972	I6,I0	0,02	0,3	5,06	I69,8	3,07	6I,7	49,4	26,8	I55,6
20	I974	I2,5I	0,02	0,3	4,67	I30,7	2,26	45,I	I9,2	28,8	I0,5
	I980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I97I	26,89	0,04	0,7	7,94	222,2	3,02	60,5	45,I	25,I	2I3,3
30	I974	I7,I4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I980	II,62	0,I8	3,0	5,0I	I40,0	I,92	38,4	23,I	9,0	I49,3

Примечание. Прочерк означает отсутствие данных.

зошло это благодаря хорошей работе вакуумного дренажа. За десять лет (1971-1980 гг.) вакуумной системой отведено с каждого гектара дренированной площади по 33,0 тыс.м^3 дренажной воды и по 236 т солей. Дренажный сток по отношению к водоподаче за этот же период составил 31 %.

Следует отметить, что большая часть объема дренажной воды отведена системой при работе с насосом, который включался в период проведения промывных поливов. При работе с насосом отведено 19,4 тыс.м^{3}га воды, или 59 % общего дренажного стока. Если учесть, что с принудительной откачкой за этот период система работала 450, а самотеком - 2000 суток, то становится ясной та большая роль вакуума, которую играет последний в интенсификации притока воды к дренажной системе. Проведенными исследованиями доказано, что при создании вакуума система начинает отводить воду с бо́льшей глубины, чем при работе самотеком. Причем глубина, с которой грунтовая вода поступает в систему при принудительной откачке, возрастает во времени (табл.32).

32. Динамика минерализации дренажных вод в зависимости от способа работы системы

Дата отбора проб воды	Способ работы системы	Минерализация дренажных вод, г/л
I	2	3
29.03.1971 г.	Принудительная откачка	8,89
02.05.	"	8,91
09.04.	"	8,97
15.04.	"	8,83
16.04.	"	9,16
23.04.	Самотеком	7,76
14.05.	"	7,64
21.05.	"	7,69
28.05.	"	7,69
04.06.	"	7,22
02.07.	"	7,27
01.12.	Принудительная откачка	8,42
02.03.1972 г.	"	6,45

I	2	3
03.03.1972 г.	Принудительная откачка	6,85
09.03.	"	8,30
16.03.	"	8,46
27.03.	"	8,10
03.04.	"	8,06
11.04.	Самотеком	5,47
10.07.	"	4,11
20.07.	"	4,04
28.07.	"	3,94
03.08.	"	4,83
13.09.	"	4,77
27.02.1973 г.	Принудительная откачка	6,62
28.02.	Самотеком	3,31
02.03.	Принудительная откачка	7,52
04.09.	Самотеком	4,58
04.02.1974 г.	Принудительная откачка	6,44
28.02.	"	7,16
19.03.1977 г.	Самотеком	2,23
18.06.1980 г.	"	1,67
20.06.	Принудительная откачка	1,76

Промывные поливы и промывной режим орошения на фоне вакуумного дренажа оказали большое рассоляющее воздействие на грунтовые воды. Выравнивание минерализации дренажных вод при работе с вакуумом и самотеком показывает, что грунтовые воды орошаемой территории опреснились на глубину до 15 м.

Урожайность хлопчатника на фоне вакуумной системы возрастает из года в год, что говорит о неуклонном повышении плодородия земель за счет создания оптимального водно-солевого режима. Так, до строительства вакуумного дренажа урожайность хлопчатника не превышала 20 ц/га, а в 1974 г. она уже составляла 31 ц/га.

В 1981 г. урожайность поднялась до 35 ц/га. Все это свидетельствует о том, что вакуумные дренажные системы обладают высо-

кой мелиоративной эффективностью и могут успешно применяться для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель.

Анализы снятых характеристик при работе вакуумной системы на опытно-производственном участке самотеком и с принудительной откачкой позволили выбрать оптимальную схему расположения дрен предлагаемой конструкции. Эта схема имеет следующий вид: собиратели вакуумных систем вертикальных дрен впадают в открытые или закрытые коллекторы. Собиратели и вертикальные дрены могут быть выполнены из труб любого материала, но предпочтение следует отдавать полиэтиленовым трубам, так как они менее восприимчивы к воздействию минерализованных грунтовых вод. Диаметры собирателя и вертикальных дрен могут быть различными в зависимости от гидрогеологических особенностей дренируемых массивов, но не менее 100 и 50 мм соответственно.

В условиях двухслойной среды фильтры вертикальных дрен должны устанавливаться в грунте, имеющем больший коэффициент фильтрации. Глубина заложения вертикальных дрен с учетом этого обстоятельства зависит от мощности мелкоземного слоя и механического состава грунта.

Например, для условий легких грунтов, как показали исследования, оптимальной для вертикальных дрен является глубина 6,0-10,0 м от оси горизонтального собирателя. Фильтр вертикальной дрены представляет собой нижнюю часть трубы с круглой или щелевой перфорацией, обтянутой сеткой галунного плетения. Сетка может быть латунной, стальной или капроновой. Номер сетки - от 16/100 до 6/70. Скважность перфорированной части дрены должна быть не менее 3 %, а длина фильтра - не менее 3,0 м. Количество вертикальных дрен в системе зависит от коэффициента фильтрации грунтов, расчетной величины модуля дренажного стока и определяется расчетным путем.

Расстояния между вертикальными дренами зависят от действующего напора грунтовых вод при работе самотеком и от величины вакуума в собирателе при работе насоса. Уже эта двойная зависимость показывает, что расстояния между вертикальными дренами должны быть различными при различных способах отвода воды.

Задача эта была решена автором (В.А.Калантаев, 1976) после разработки новой конструкции дренажной системы - вакуумной систе-

мы вертикальных дрен с регулируемым дебитом и автоматически изменяющимися расстояниями между вертикальными дренами.

Автоматическое изменение расстояний между вертикальными дренами достигается при помощи армирования расчетных скважин шаровыми клапанами, удельный вес которых больше удельного веса воды в I,5-2,0 раза (рис.22).

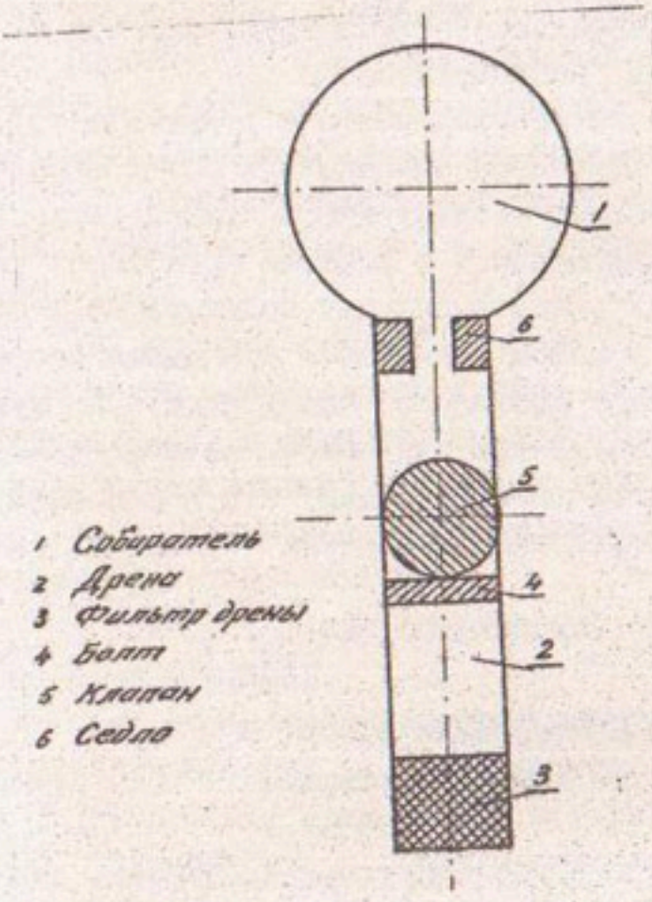


Рис.22.

Скважина вертикальной дрены, армированная шаровым клапаном.

Устройство состоит из следующих основных элементов: клапан I удерживается в своем нижнем положении болтом 2, концы которого прошивают стенки скважины 3. В верхней части вертикальной дрены установлено седло 4. При самотечном способе работы системы клапан находится в своем нижнем положении и не мешает поступлению воды в собиратель. При включении насоса в системе создается вакуум, под действием которого клапан I прижимается к седлу 3 и прекращает подачу воды из скважины, которая не должна работать. После отключения насоса клапан под влиянием своего веса падает вниз и система продолжает работать самотеком.

Принцип работы вакуумных систем

Вакуумные системы вертикальных дрен могут работать и самотеком, и с принудительной откачкой дренажных вод.

В мелиоративный период или в период проведения промывных по-

ливов засоленных земель задвижка на устье собирателя закрывается, и в работу включается насос. Насос создает и поддерживает вакуум в собирателе и в дренах, что способствует значительному увеличению дебита системы.

В эксплуатационный период, после опреснения почвогрунтов и грунтовых вод, насос отключается и система работает самотеком при открытой задвижке, отводя небольшие объемы грунтовых вод и обеспечивая солевую "вентиляцию" почвогрунтов.

В засушливые весны возникает необходимость в повышении влажности верхних слоев почвы для получения полноценных всходов сельскохозяйственных растений, особенно хлопчатника. В такой период задвижка на устье собирателя закрывается и система прекращает работу по отводу грунтовых вод. Уровень последних поднимается и повышает влажность почвы. Таким образом, вакуумная дренажная система представляет собой управляемое инженерное сооружение. В нужный момент можно искусственно увеличить или сократить водоотведение и тем самым управлять потоком грунтовых вод, что в конечном счете сводится к управлению процессами рассоления орошаемых земель.

Организация и механизация работ при строительстве вакуумных систем

В комплекс работ по строительству вакуумных дренажных систем, как и любого дренажа, входят подготовительные и строительные работы.

К подготовительным относятся все земляные работы по засыпке ям и каналов, пересекающих трассы собирателя, общая планировка поверхности всего дренируемого массива и наиболее тщательная по линии трасс собирателей.

Кроме земляных, к подготовительным относятся также следующие работы:

- перенос проекта в натуру (трассировка линий под собиратели);

- доставка на место строительства полиэтиленовых труб для

собирателей, готовых вертикальных дрен, а также всех механизмов и оборудования, необходимых для строительства вакуумных систем.

Предполагается, что в дальнейшем вакуумные системы различных модификаций будут выпускаться промышленностью так же, например, как в настоящее время выпускаются иглофильтровые установки для водопонижения при ведении строительных работ.

В комплект должны входить трубы для собирателя, готовые вертикальные дрены, тройники, задвижки, центробежный насос и будка для насосного и силового оборудования. Однако в настоящее время вакуумные системы промышленностью не выпускаются, поэтому при их строительстве необходимы подготовительные работы:

а) изготовление в условиях мастерских тройников для соединения вертикальных дрен с собирателем и заглушек для дна вертикальных дрен;

б) нарезка щелевой перфорации для вертикальных дрен (щелевая перфорация полиэтиленовых труб нарезается при помощи простого приспособления, состоящего из электромотора, на валу которого закреплена фреза толщиной 0,5–I,0 м (рис.23);

в) обтягивание перфорированных частей полиэтиленовых труб сеткой галунного плетения;

г) изготовление сборных металлических конструкций для будки насосной станции.

Работы по строительству вакуумных дренажных систем, в основном, складываются из двух этапов:

I) отрывка траншей для собирателей (под проектный уклон);

2) установка и сборка отдельных элементов вакуумного дренажа.

Отрывку траншей производят траншейным экскаватором. В состав второго этапа строительства входят следующие работы:

а) раскладка вертикальных дрен и полиэтиленовых труб для собирателя вдоль разработанной траншеи;

б) сварка полиэтиленовых труб в единую плеть (сварка производится специальным аппаратом) (рис.24);

в) погружение в грунт вертикальных дрен на проектную глубину.

Погружение производится способом гидроразмыва грунта при помощи специального приспособления (рис.25). Для этого используются обсадная труба, цистерна для воды, насос и автокран. Вертикальная

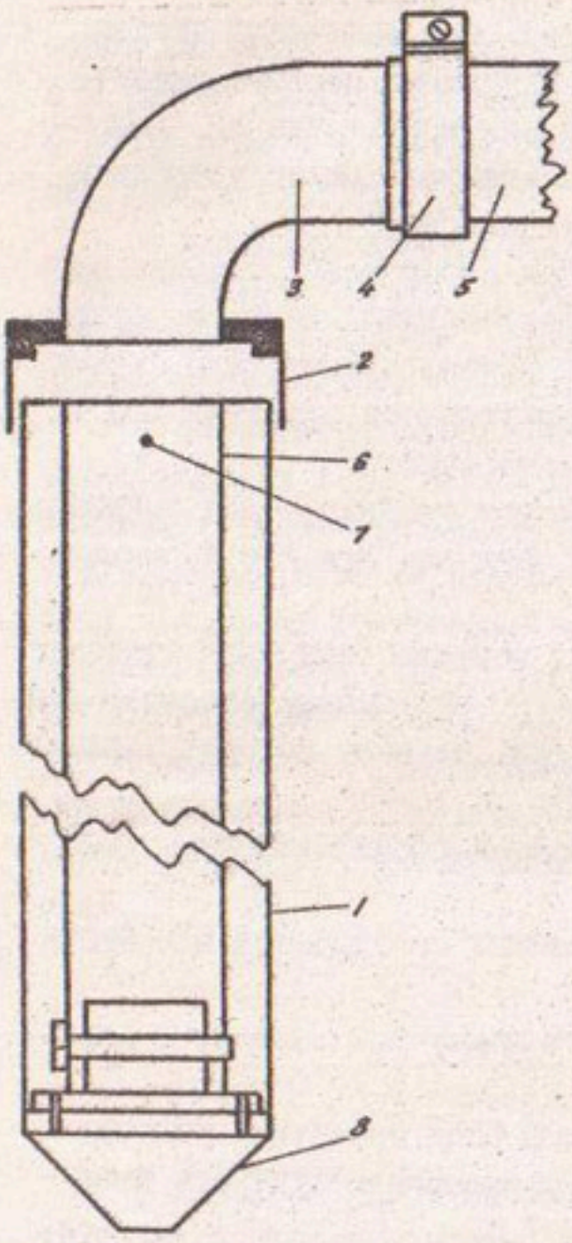


Рис.25.

Приспособление для погружения вертикальных дрен.

дрена из полиэтиленовых труб помещается в обсадную металлическую, которая предохраняет сетчатый фильтр дрены от механических повреждений. Верхний конец обсадной трубы соединяется с напорным шлангом. Автокран поддерживает "заряженную" обсадную трубу в вертикальном положении, а насос закачивает в нее воду из цистерны. После погружения до проектной отметки насос прекращает подавать воду, обсадная труба извлекается, а вертикальная дрена остается в грунте. В случае тяжелых по механическому составу грунтов способ гидроразмыва может оказаться неэффективным. В таких условиях вначале необходимо пробурить скважину до проектной отметки (или до пласта легких грунтов) механическим буром, а затем применять способ гидроразмыва.

Следует отметить, что в условиях легких грунтов на весь процесс погружения вертикальной дрены и извлечения обсадной трубы уходит 10-15 мин. Одной цистерны воды емкостью 3,0 м^3 хватает на погружение 3-4 вертикальных дрен (рис.26);

г) укладка собирателя на дно траншеи;

д) соединение вертикальных дрен с собирателем (рис.27). Полиэтиленовая труба собирателя перерезается ножовкой против вертикальной дрены. Горизонтальные концы тройника надеваются на концы

труб собирателя, а перпендикулярный к горизонтальной плоскости патрубок - на конец вертикальной дрены. Узел соединения вертикальной дрены с собирателем показан на рис.28;

е) заделка стыковых соединений воздухонепроницаемой мастикой. Для герметизации стыковых соединений можно применять резинобитумную и полиизобутиленовую мастики, а также тиоколовые и силиконовые составы;

ж) строительство устьевой части вакуумной системы (бетонная площадка для насоса, монтаж задвижки и насоса, сборка будки из готовых металлических конструкций).

При оформлении устьевой части вакуумной системы нужно особенно внимательно подходить к расположению бетонной площадки для насоса в высотном отношении. В целях создания оптимальной величины вакуума в системе насос должен располагаться как можно ниже, но в то же время он не должен подтапливаться максимальным горизонтом воды в водоприемнике. На устье системы устанавливается задвижка, а выше ее собиратель соединяется с самовсасывающим насосом. Все оборудование устьевой части находится в будке, которая собирается на месте из сборных металлических конструкций облегченного типа;

з) проверка системы на герметичность. Для проверки на герметичность задвижка на устье собирателя закрывается, а насос включается в работу. Проверка и прослушивание стыковых соединений дает возможность определить надежность их герметичности. Если какие-либо стыковые соединения пропускают воздух, то принимаются меры к дополнительной заделке их мастикой, после чего траншея засыпается грунтом. При засыпке мест соединений вертикальных дрен с собирателем следует проявлять максимум осторожности в целях предупреждения нарушения стыковых соединений. Такие места рекомендуется сначала засыпать вручную слоем грунта 30-40 см, а затем бульдозером.

Эксплуатация систем вакуумного дренажа

Основной задачей правильной эксплуатации вакуумной дренажной системы является поддержание ее в работоспособном состоянии и соз-

дание с ее помощью условий для возделывания сельскохозяйственных культур.

В эксплуатации вакуумных систем следует различать эксплуатацию устьевой части (задвижка, насос, электроприборы), линий передач с КТП и эксплуатацию орошаемых площадей с собирателями и вертикальными дренами на них.

Как уже отмечалось, режим работы вакуумной системы зависит от степени засоленности почвогрунтов и минерализации грунтовых вод. Чем больше степень засоления, тем выше промывная норма, следовательно, тем длительнее период работы системы с принудительной откачкой.

Следует особо подчеркнуть, что насос, который устанавливается в устье системы, должен быть передвижным. После завершения промывных поливов и перевода дренажной системы на самотечный режим работы насос может быть использован на другом участке, где проводится или намечено проводить промывку почв. Таким образом, один насос может и должен обслуживать несколько вакуумных дренажных систем. Отсюда следует, что при составлении графика проведения промывных поливов засоленных почв эксплуатационники должны учитывать мобильность насоса и проводить поливы таким образом, чтобы один насос мог обслуживать как можно больше дренажных систем.

Выше отмечалось, что основной задачей эксплуатации вакуумной дренажной системы является создание оптимальных условий для возделывания сельхозкультур. Следовательно, эксплуатация вакуумной системы должна быть неразрывно связана с эксплуатацией всего дренированного массива в целом.

Таким образом, эксплуатационники должны обращать внимание не только на безаварийную работу вакуумного дренажа, но и на тот эффект, который дают дренажные системы в результате своей работы – в рассолении почвогрунтов и грунтовых вод. Но, как известно, рассоление почвогрунтов даже и на фоне дренажа достигается только хорошей планировкой полей, соответствующими нормами промывных поливов и комплексом агротехнических мероприятий.

Оценкой всех перечисленных работ, в том числе и работы вакуумной дренажной системы, является урожайность сельскохозяйственных культур. Следовательно, в обязанности эксплуатационного штата должны входить не только работы по безаварийной эксплуатации

вакуумных систем, но и контроль за качеством планировочных работ, промывных поливов и других мероприятий, проводимых на дренированных массивах.

Неудовлетворительная работа отдельных узлов вакуумного дренажа может быть результатом низкого качества строительства. Основными помехами в работе вакуумного дренажа могут быть

а) нарушение сетки фильтра на вертикальной дрене;

б) неплотности в стыковых соединениях вертикальных дрен с собирателем;

в) неплотности в задвижке;

г) неудовлетворительная работа насоса.

При нарушении сетки фильтра на какой-либо вертикальной дрене система начинает песковать, что может привести к полному выходу ее из строя. В случае пескования системы необходимо сразу же остановить насос и устранить повреждение. Пескование вакуумного дренажа, как правило, сопровождается формированием воронки обрушения на поверхности поля, к место повреждения системы обнаруживается довольно легко. Для устранения неисправности необходимо осторожно откопать, а затем извлечь вертикальную дрену, заменить ее фильтр и поставить на место.

При неплотностях в стыковых соединениях или в задвижке насос начинает откачивать воду рывками, что указывает на поступление воздуха в систему. В первую очередь, в таких случаях необходимо проверить задвижку и устранить имеющиеся неплотности.

Следует отметить, что качественное строительство вакуумных систем, и это подтвердили многолетние исследования, полностью исключают возможность притока воздуха в полость дрен и собирателя.

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

Подбор насосов для вакуумных систем

При подборе насосов для работы вакуумных дренажных систем с принудительной откачкой необходимо руководствоваться следующими показателями:

- насос должен быть самовсасывающим;

- производительность насоса должна соответствовать максимальному расчетному притоку грунтовых вод к дренажной системе;

- высота всасывания у насоса должна быть не менее 6,0 м.

Нами испытаны следующие марки насосов: С-245, НЦС-I и насосный агрегат от иглофильтровой установки ЛИУ-6А. Исследования показали, что все эти насосы могут быть успешно применены на вакуумных системах для создания вакуума и откачки дренажных вод.

Однако следует отметить, что если насосный агрегат ЛИУ-6А способен закачать воду даже и в случае залегания ее уровня ниже собирателя, то насосы С-245 и НЦС-I не могут этого сделать в силу своих конструктивных особенностей. Различие в конструкциях насосов С-245 и НЦС-I и насосного агрегата ЛИУ-6А заключается в том, что у последнего на одном валу смонтированы центробежный и вакуумный насосы. Благодаря вакуумному насосу агрегат ЛИУ-6А может за сравнительно короткое время откачать часть воздуха из собирателя и тем самым понизить давление в последнем. Грунтовая вода под влиянием вакуума заполняет собиратель и отводится насосом. С-245 и НЦС-I не в состоянии понизить давление в собирателе большой длины, заполненном воздухом. Поэтому эти насосы не могут закачать воду, если ее первоначальный уровень залегает ниже глубины заложения собирателя. При таком уровне грунтовых вод и нет необходимости в отводе их дренажными системами.

Когда собиратель заполнен водой, то насосы С-245 и НЦС-I довольно легко начинают отводить ее в водоприемник. Понижение уровня грунтовых вод около собирателя в процессе откачки даже на 2,0-2,5 м ниже глубины его заложения не влияет на производительность насоса и не срывает вакуум в последнем. Насосы С-245 и НЦС-I довольно просты в эксплуатации, и их включение в работу, и остановка могут быть легко автоматизированы. В этом отношении они более предпочтительны, чем насосный агрегат ЛИУ-6А.

2.3. Новые конструкции вертикального дренажа

Исследования по определению эффективности скважин вертикального дренажа обычного типа показали, что они не полностью отвечают требованиям сельскохозяйственного производства, имеют повышен-

ные гидравлические сопротивления, обусловливающие небольшой дебит. Автором настоящей работы с 1970 г. велись поисковые работы с целью интенсификации дрен вертикального типа. При этом разрабатывались такие конструкции, которые имели бы небольшие гидравлические сопротивления, высокий дебит, обслуживали большую площадь, обладали повышенной надежностью и малыми удельными строительными и эксплуатационными затратами.

Первая серия лабораторных опытов проводилась с фильтрами из полиэтиленовых труб разного диаметра и с различной скважностью. Опыты показали, что увеличение скважности фильтра обусловливает возрастание дебита скважин.

Возрастание дебита скважин происходит не пропорционально увеличению количества отверстий, а по принципу затухающей кривой. Видимо, может наступить такой момент, когда дальнейшее увеличение скважности фильтра не будет сказываться на дебите вертикальной дрены. Объясняется это явление интерференцией, когда перфорированные отверстия влияют друг на друга, уменьшая приток воды к каждому.

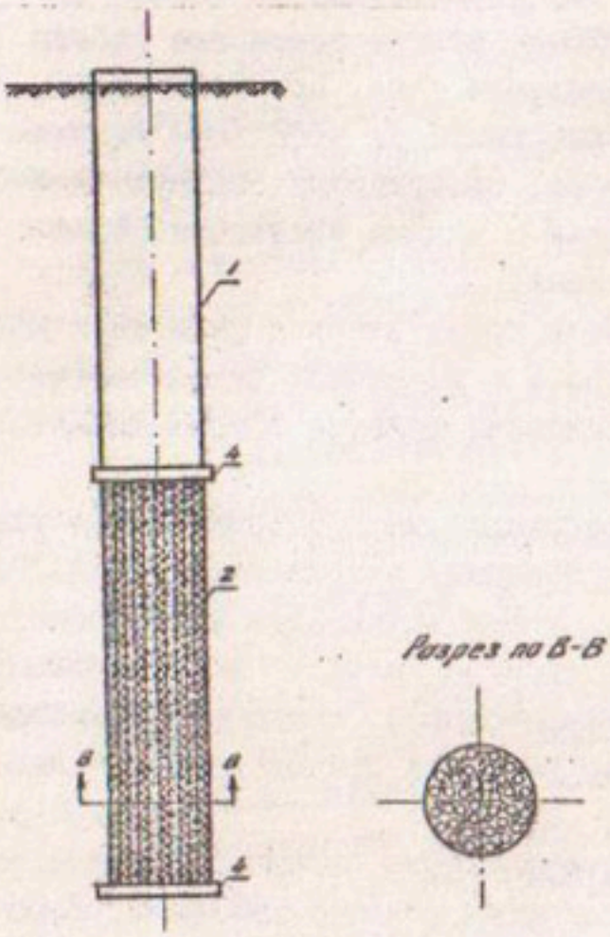
В целях ослабления эффекта интерференции отверстий была предложена и испытана в лабораторных условиях конструкция фильтра батарейного типа, представляющего собой множество перфорированных трубок, диаметр каждой из которых во много раз меньше диаметра стренера. Трубки равномерно располагаются по всей площади круга основной колонны. Диаметры трубок в батарее подбирались такими, чтобы их суммарная боковая поверхность превышала поверхность рабочей колонны скважины в 3-4 раза.

Скважина с водоприемной частью батарейного типа (рис.29) состоит из стренера I, водоприемных труб 2, защитного каркаса 3. Каркас необходим для защиты батареи труб при опускании их на проектную глубину. Соединение батареи труб малого диаметра с основной рабочей колонной производится при помощи муфты 4. Перфорация каждой трубки батарейного фильтра защищается сеткой, а межтрубное пространство заполняется материалом с повышенным по отношению к грунту коэффициентом фильтрации. При батарейном фильтре влияние взаимодействия отверстия на уменьшение притока воды к каждому отверстию было не так ярко выражено, как в обычном фильтре.

Однако здесь обнаружилось другое отрицательное явление - эф-

Рис.29.

Скважина вертикального дренажа с водоприемной поверхностью батарейного типа.



фект интерференции микродрен (каждую трубку в батарейном фильтре можно рассматривать как отдельную микродрену).

Для уменьшения гидравлических сопротивлений при входе грунтового потока в фильтр вертикальной дрены необходимо было разработать такую конструкцию, которая максимально устранила бы вредные последствия эффекта интерференции отверстий и трубок небольшого диаметра, которые применялись в батарейном фильтре.

В качестве таких конструкций были разработаны, прошли лабораторные испытания и внедрены в производство дренажная система "большой колодец" и вертикальная дрена с сифонными усилителями.

2.4. Дренажная система "большой колодец"

Конструкция системы "большой колодец" создана на базе вакуумной системы вертикальных дрен и отличается от последней тем, что собиратель ее имеет форму окружности и закольцован (рис.30). Состоит он из следующих основных элементов: глухой, закольцованный собиратель I соединен с горизонтальным трубопроводом 2, устье которого впадает в водоприемник 3. К закольцованному собирателю подключены вертикальные дрены 4. Собиратель, горизонтальный трубопровод и вертикальные дрены выполняются из полиэтиленовых труб высокой плотности.

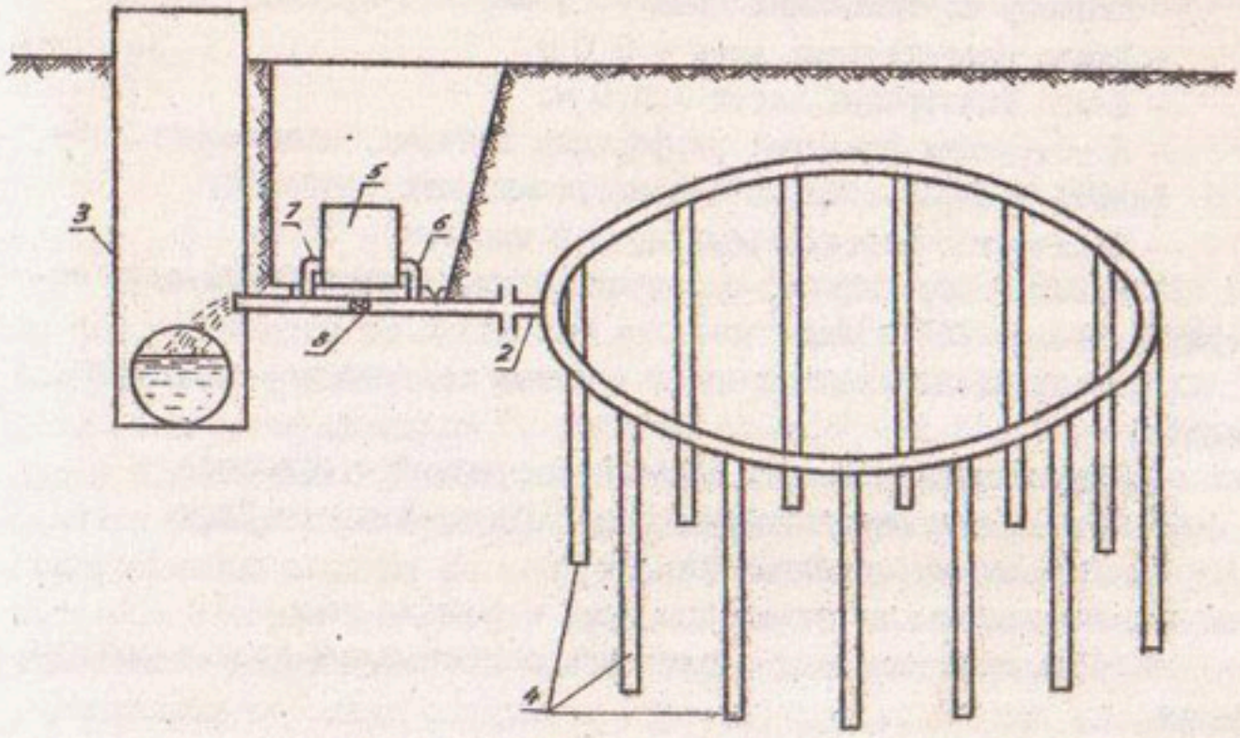


Рис.30. Дренажная система "большой колодец".

Рядом с собирателем устанавливается центробежный насос 5. Всасывающий 6 и напорный 7 трубопроводы соединяются с горизонтальным трубопроводом 2. Выше напорного трубопровода устанавливается задвижка 8. В период проведения промывных поливов задвижка закрывается, а насос включается в работу. В системе создается вакуум, который способствует притоку грунтовых вод к дренам. Вокруг них образуется пониженный уровень, а поверхность грунтовой воды приобретает форму воронки. В связи с тем, что вертикальные дрены расположены близко друг к другу, их воронки сливаются в одну большую и система по принципу работы становится идентичной скважине с диаметром, равным диаметру закольцованного собирателя.

Первая система "большой колодец" построена и испытана на полях Чарджоуской опытно-мелиоративной станции и имеет следующие характеристики.

- Глубина заложения собирателя - 2,0 м.
- Материал труб собирателя и дрен - полиэтилен.
- Диаметр круга, по которому расположены дрены - 10,0 м.
- Диаметр труб собирателя - 160 мм.

- Диаметр вертикальных дрен - 50 мм.
- Длина вертикальных дрен - 5,0 м.
- Длина фильтровой части - 3,0 м.
- Конструкция фильтра: перфорация щелевая, скважность 3,5-4 %, фильтр защищен стальной сеткой галунного плетения.
- Количество вертикальных дрен в системе - 30 шт.
- Насос центробежный, самовсасывающий, марки С-569 с производительностью 250 $м^3$/час.

При строительстве дренажной системы выполнялись следующие работы.

1. Отрывка кольцевой и отводящей траншей с откосами.
2. Установка вертикальных дрен на проектную глубину.
3. Сварка труб собирателя.
4. Соединение вертикальных дрен с собирателем.
5. Герметизация мест соединения вертикальных дрен с собирателем.
6. Установка насоса и монтаж задвижки.
7. Укладка горизонтального трубопровода, соединение его с собирателем.
8. Пробная откачка и прослушивание стыковых соединений.
9. Засыпка круговой и отводящей траншей.

Система "большой колодец" имеет хороший дебит и может успешно использоваться в дренировании орошаемых земель. При исследовании выявилась конструктивная недоработка дренажной системы. При откачке (дебит составлял более 50 л/с) уровень грунтовых вод около дрен интенсивно понижался, через фильтры прорывался воздух, "большой колодец" начинал работать в неустановившемся режиме. В целях стабильной работы системы в установившемся режиме верхняя часть фильтров вертикальных дрен, как показали расчеты, должна быть опущена ниже собирателя не менее чем на 5,0 м.

Следует отметить, что дренажная система "большой колодец" обладает некоторыми преимуществами по отношению к скважинам вертикального дренажа обычного типа.

1. Система может быть построена целиком из полимерных труб малого диаметра.
2. Насосное оборудование расположено на поверхности земли, что делает удобным его ремонт и профилактику.

3. Способность системы работать самотеком и с принудительной откачкой.

2.5. Вертикальная дрена с сифонными усилителями

Конструктивно вертикальная дрена с сифонными усилителями мало чем отличается от дренажной системы "большой колодец". Основное различие заключается в том, что в центре "большого колодца" устанавливается скважина, с которой соединяются все вертикальные дрены при помощи сифонных линий. Модель вертикальной дрены с сифонными усилителями (рис.3I), на которой проводились испытания, конструктивно состоит из центральной скважины, вертикальных усилителей, которые при помощи сифонных линий соединяются со сливным концом центральной скважины. Вертикальная дрена с сифонными усилителями работает следующим образом: при включении насоса уровень воды в центральной скважине понижается. Грунтовая вода через фильтры вертикальных усилителей по сифонным линиям поступает в центральную скважину, значительно увеличивая ее дебит. В грунте вокруг центральной скважины и вертикальных усилителей создается понижение уровня грунтовых вод. Вся конструкция осушительной системы начинает работать как скважина вертикального дренажа с диаметром, равным диаметру круга, по которому расположены вертикальные усилители.

Модель вертикальной дрены с сифонными усилителями прошла проверку в лотке физического моделирования и показала свою работоспособность. Дебит ее был в 2-2,5 раза выше, чем дебит обыкновенной скважины при прочих равных условиях.

При откачке воды из пористой среды скважиной вертикального дренажа с сифонными усилителями нужно рассматривать два характерных случая:

I. Уровень грунтовой воды перед откачкой находится выше глубины заложения верхних элементов сифонной системы (собиратели, коллекторы, верхняя часть сливного конца).

2. Уровень грунтовой воды находится ниже заложения сифонной системы.

В первом случае вся полость сифона заполнена водой, для его пуска в работу нет никаких сложностей.

При пуске насоса, как известно, уровень в центральной скважине понижается. А так как вертикальные дрены, собиратели, коллекторы, сливной конец сифона и полость центральной скважины представляют собой единую гидравлическую систему, то в силу условия неразрывности потока грунтовая вода из пористой среды через усилители поступает в скважину и насосом отводится в водоприемник.

Когда же уровень грунтовых вод перед пуском насоса залегает ниже, чем расположены собиратели и коллекторы сифонной системы, то в полости последних воды нет. Для того чтобы правильно оценить возможность зарядки сифонной системы в таких условиях, разберем пример перекачки жидкости из одного сосуда в другой при помощи обыкновенного трубчатого сифона постоянного диаметра. Пусть уровни воды в сосудах в первоначальный момент будут одинаковыми.

Как известно, в какой-либо конечной емкости $P \cdot V = const$ где P - давление, V - объем. Так как у нас труба постоянного сечения, то для расчета вместо объема берем длину трубопровода. Предполагаем, что вся полость сифонного трубопровода выше уровня воды в сосудах заполнена воздухом с атмосферным давлением $P_1 = P_a$; $V = \mathcal{L}$ где $\mathcal{L}$ - длина трубопровода, полость которого заполнена воздухом с атмосферным давлением. При понижении уровня воды в одном из сосудов на H м в сливном конце сифона уровень воды также опускается на какую-то величину. Пусть эта величина равна $(H - h)$ м.

В полости трубопровода, заполненной воздухом, появляется разрежение, которое удерживает воду в сливном конце высотой столба h м. На такую же высоту (h м) поднимается вода во втором конце трубопровода.

Таким образом, объем полости трубопровода, заполненный воздухом, изменится и будет равен

$$V = \mathcal{L} + H - 2h. \qquad (5)$$

Давление внутри полости также изменится и составит

$$P_2 = (P_1 - h). \qquad (6)$$

На основе классического закона физики о постоянстве произведения объема и давления в какой-либо замкнутой среде будем иметь

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \quad \text{или} \quad P_1 \mathcal{L} = (P_1 - h) \cdot (\mathcal{L} + H - 2h); \qquad (7)$$

окончательно получаем

$$2h^2 - h(2p_1 + \ell + H) + p_1 \cdot H = 0. \qquad (8)$$

Мы получили уравнение, решая которое, можно определить величину столба воды в сливном и всасывающем концах, а, следовательно, и величину разрежения в полости трубопровода, заполненной воздухом.

Уравнение показывает, что чем больше величина H при постоянном исходном объеме (V_1), тем больший вакуум образуется в воздушной полости трубопровода. Решая уравнение для различных понижений H при $V_1 = const$ = 10 м, получаем зависимость величины вакуума от соотношения H/V_1 (табл.33).

33. Зависимость величины вакуума от соотношения $\frac{H}{V_1}$

Объем воздушной полости в сифоне, м	Понижение уровня воды в одном из сосудов, м	$\frac{H}{V_1}$	Величина разрежения, м.вод.ст.
10	1	0,1	0,33
10	2	0,2	0,65
10	3	0,3	0,97
10	4	0,4	1.27
10	5	0,5	1,57
10	6	0,6	1,86
10	7	0,7	2,14
10	8	0,8	2,41
10	9	0,9	2,67
10	10	1,0	3,00

График (рис.32), вычерченный по данным табл.33, показывает, что функция $h = f(\frac{H}{V_1})$ представляет собой прямую линию. Уравнение этой линии $x = 3y$, где x – вакуум в полости трубопровода, y – отношение понижения уровня воды в сосуде (H) к общей длине трубопровода, полость которой заполнена воздухом.

Пользуясь графиком, можно быстро определить необходимую величину понижения для получения заданной величины вакуума.

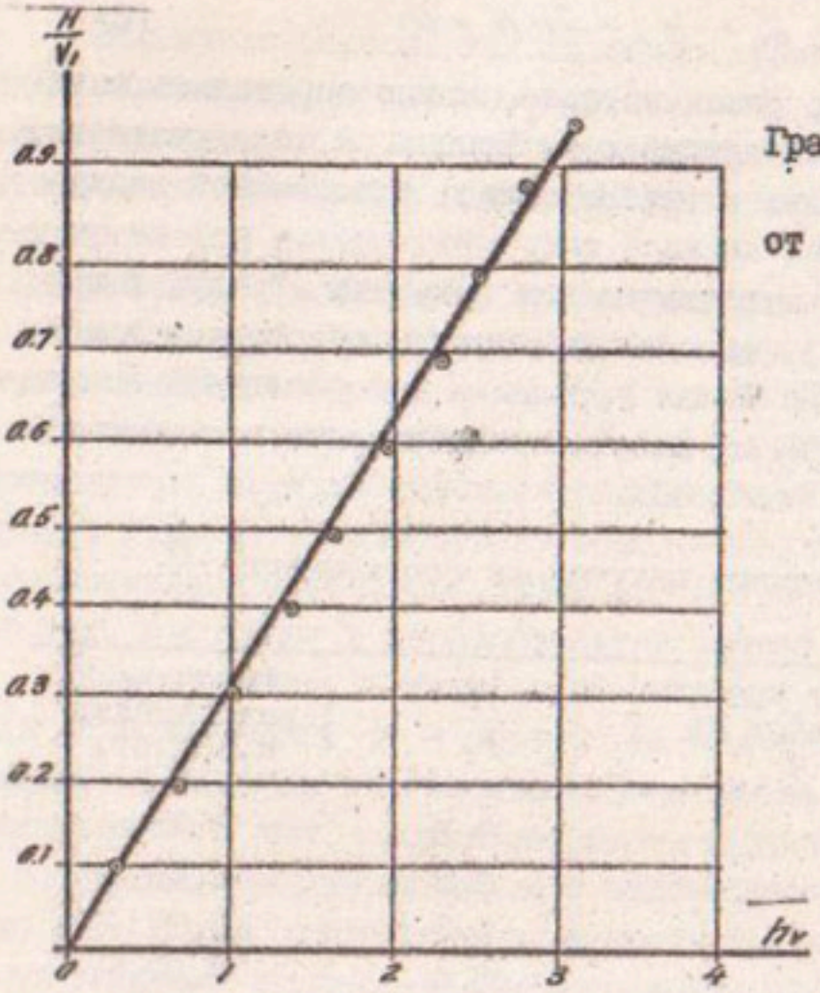


Рис.32.

График зависимости величины вакуума (h_v) от соотношения $\frac{H}{V_1}$.

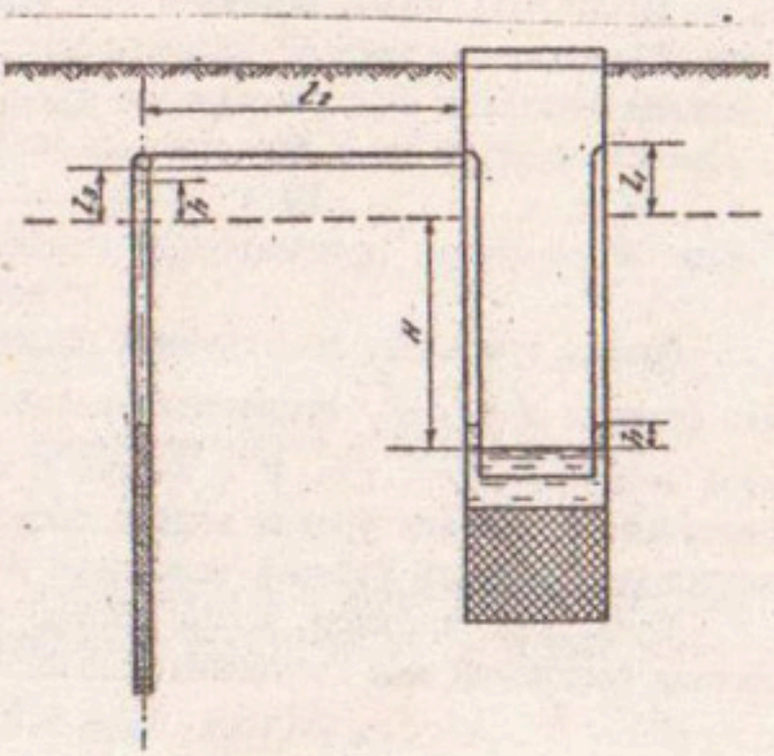


Рис.33.

Схема для расчета зарядки сифонной линии.

Для применения приведенных выкладок к скважине с сифонными усилителями нужно учитывать, что площади сечения трубопроводов всасывающего конца, горизонтальной части и сливного конца сифонной линии неодинаковы.

Пусть они равны соответственно ω_1, ω_2 и ω_3 (рис.33). С учетом этого можно записать

$$V_1 = l_1 \omega_1 + l_2 \omega_2 + l_3 \omega_3,$$

где l_1, l_2 и l_3 – длины трубопроводов усилителей, горизонтальной части и сливного конца, заполненных воздухом. При понижении уровня воды в центральной скважине на величину $H_м$ этот объем станет равным $V_2 = V_1 + H\omega_3 - h\omega_1 - h\omega_3$

Составляем уравнение равновесия:

$$(l_1 \cdot \omega_1 + l_2 \omega_2 + l_3 \omega_3) \cdot p_1 = (l_1 \cdot \omega_1 + l_2 \omega_2 - l_3 \omega_3 + H\omega_3 - h\omega_1 - h\omega_2) \cdot p_2 \qquad (9)$$

Учитывая, что $p_2 = p_1 - h$ и приводя уравнение в удобный для решения вид, получим:

$$(\omega_1 + \omega_3) \cdot h^2 - (l_1\omega_1 + l_2 \cdot \omega_2 + l_3 \cdot \omega_3 + H \cdot \omega_3 + p_1\omega_1 + p_1\omega_3) \cdot h + H \cdot p_1 \cdot \omega_3 = 0 . \qquad (10)$$

Нетрудно заметить, что если принять $\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = \omega$, то после сокращения на ω получим следующее уравнение:

$$2h^2 - (2p_1 + l + H) \cdot h + p_1 H = 0,$$

то есть уравнение для сифонной линии с постоянным сечением трубопровода.

Приведем пример расчета для скважины вертикального дренажа с сифонными усилителями. Исходные данные: l_1 = 1,0 м; l_2 = 60 м: l_3 = 1,0 м; ω_1 = 0,06 м^2; ω_2 = 0,014 м^2; ω_3 = 0,09 м^2; $p_1 = p$ = 0,1 МПа; H = 9,0 м.

Подставляя данные в уравнение и решая его, получим h = 2,81 м. Полученная величина вакуума показывает, что сифон будет заряжен автоматически при глубине залегания грунтовых вод не ниже, чем на 2,5-2,6 м от горизонтальной части сифона.

Проверка полученного уравнения на действующей скважине с сифонными усилителями показала хорошую сходимость расчета с фактически полученными данными.

2.6. Мобильный дренаж

В настоящее время в аридной зоне сложилась такая практика мелиорации орошаемых земель, когда поверхностные слои, находящиеся в почвогрунтах, вмываются промывными поливами на большую глубину, а затем постепенно отводятся дренажными системами различного типа за пределы культурного оазиса.

Такой метод значительно удлиняет мелиоративный период и способствует обогащению грунтовых вод солями, что усложняет освоение новых земель.

В целях устранения постоянной опасности возникновения вторичного засоления, капитальные промывки вновь осваиваемых земель должны проводиться более эффективно. Для этого необходим такой дренаж, который мог бы перехватывать солевой поток сверху во время промывок и сразу же отводить его за пределы культурного оазиса. Такую задачу мелиорации можно решить на фоне двухъярусного дренажа. Вторым ярусом может служить закрытый горизонтальный дренаж, который строится на орошаемых землях в расчете на эксплуатационный период. Первый ярус – это мобильный дренаж, который должен монтироваться на поверхности какого-либо участка только на период проведения капитальных промывок и демонтироваться после отвода солей из верхней 1,5-2,0-метровой толщи грунтов.

За конструктивную основу мобильного дренажа принята вакуумная система вертикальных дрен. Мобильный дренаж состоит из собирателя, вертикальных дрен и самовсасывающего насоса. В зависимости от вида собирателя (объемный или линейный) расположение вертикальных дрен может быть линейным или кольцевым (рис.34).

Состоит она из глухого собирателя 1, начальный конец которого армирован клапаном 2, а устьевой соединен с самовсасывающим насосом 3. К собирателю подключены вертикальные дрены 4, верхняя часть которых оборудована шаровыми клапанами 5. Вертикальные дрены устанавливаются при помощи гидроразмыва грунта в специальной обсадной трубе. Собиратель и вертикальные дрены изготавливаются из полиэтиленовых труб, диаметры которых соответственно равны 160 и 50 мм. Длина вертикальных дрен зависит от гидрогеологических условий участка, но не должна быть меньше 3 метров. Нижняя часть дрен (2-3 м) имеет щелевую перфорацию и обтянута сеткой галучного плетения.

Следует отметить, что при работе с водой болтовые соединения как труб собирателя между собой, так и вертикальных дрен с собирателем довольно неэффективны.

Коррозия, влияние мокрого грунта делают болтовые соединения трудноразъемными и не могут быть рекомендованы для систем мобильного дренажа, эксплуатация которого связана с многократной сборкой и разборкой основных узлов. Исходя из этого, все соединения в мобильной дренажной системе сделаны быстроразъемными и не содержат болтов. В качестве уплотняющей силы в этих соединениях используется отрицательное давление (вакуум) в трубопроводах, которое возникает при откачке воды насосом.

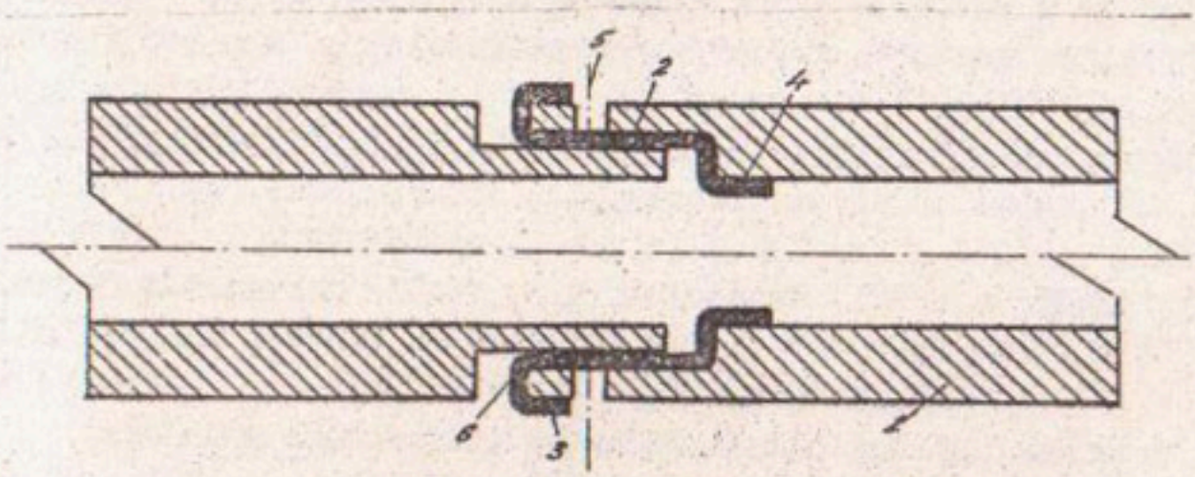


Рис.35. Конструкция вакуумного соединения труб.

Конструкция вакуумного соединения труб (рис.35) имеет следующие отличительные свойства: конец трубопровода I имеет мягкую оболочку круговой формы 2 из гибкой воздухонепроницаемой ткани. Один конец мягкой оболочки 3 наглухо прикрепляется к наружному, а другой - 4, к внутреннему периметрам трубопровода. В стенках трубопровода I между закрепленными концами мягкой оболочки 2 имеются сквозные отверстия 5. Стыковка трубопроводов при помощи вакуумных соединений производится следующим образом: концы 6 трубопроводов без особых усилий вставляются в трубопроводы I, и вся система заполняется водой. После включения насоса в работу в

полости трубопроводов создается вакуум. Воздух (или жидкость) под влиянием разности атмосферного и отрицательного давлений через отверстия надувает мягкую оболочку и прижимает ее к стенкам трубопровода 6, создавая герметичный стык. При этом отмечается, что чем больше величина вакуума в трубопроводе, тем выше надежность герметизации стыков. После остановки насоса и прекращения откачки вакуум в полости трубопроводов исчезает и стыки легко разбираются.

3. РАСЧЕТ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

3.I. Основные положения расчета дренажа

При расчете дренажных систем следует находить оптимальные параметры, которые обеспечивали бы высокую мелиоративную эффективность дренажа при наименьших затратах средств на его сооружение.

В настоящее время имеется много различных методов расчета дренажных систем, разработанных как у нас в СССР, так и за рубежом. Большой вклад в разработку методики расчета дренажа различного типа внесли А.Н.Костяков (I960), С.Ф.Аверьянов (I978), В.И.Аравин и С.Н.Нумеров (I955), И.А.Чарный (I95I, I956), П.Я.Полубаринова-Кочина, (I942, I956, I977), В.В.Ведерников (I939, I948), Н.Н.Веригин (I949), Н.Е.Жуковский (I949), Л.С.Лейбензон (I947), М.Маскет (I949), А.Н.Мятиев (I947), Н.Н.Павловский (I956), Э.Чайлдс (I973), В.М.Шестаков (I956), J.Dupuit (I863), P.Forchheimer (I930), S.B.Hooghoudt (I952), U.Dargy (I856) и многие другие.

Основными параметрами горизонтального дренажа являются глубина заложения, диаметр дрен, расстояния между дренами, модуль дренажного стока.

Вертикальный дренаж имеет свои особенности и его расчет отличается от расчета горизонтальных дрен. Независимо от типа дренажа для его расчета необходимо иметь ряд данных, характеризующих природные и хозяйственно-ирригационные особенности подлежащего дренированию массива. Сюда относятся гидрогеологические условия; водно-физические свойства почвогрунтов; глубина заложения водоупора; коэффициент фильтрации водонасыщенной толщи почвогрунтов; минерализация грунтовых вод по глубине до залегания водоупора; кпд ирригационных каналов, фильтрация из которых оказывает влияние на режим грунтовых вод массива, подлежащего дренированию; режим орошения сельскохозяйственных культур; режим грунтовых вод до строительства дренажа; исходная засоленность почвогрунтов в зоне аэрации; суммарное испарение по характерным периодам года.

Имея такие данные и определив, какой режим почвообразования должен быть после дренирования того или иного массива, назначают проектный водный баланс и соответствующий ему солевой режим почв и модуль дренажного стока.

Известно, что и проектный водный баланс и модуль дренажного стока должны быть различными в мелиоративном и эксплуатационном периодах работы дренажных систем.

В мелиоративный период, когда на орошаемые земли должны подаваться большие промывные нормы воды для рассоления почвогрунтов и грунтовых вод, дренажный модуль будет иметь максимальное значение.

В эксплуатационный период дренаж должен отводить такой объем воды, в котором содержалось бы примерно столько же солей, сколько поступает их на поля с оросительной водой.

Все это показывает, что расстояния между дренами не могут быть одинаковыми для мелиоративного и эксплуатационного периодов. На практике поступают следующим образом: постоянный дренаж, если срок службы его превышает 20 лет, проектируют на эксплуатационный период. В период же проведения промывных поливов или промывного режима орошения действие постоянного дренажа дополняется временным.

Для определения параметров дренажа необходимо знать нагрузку на него. Она может быть определена при помощи уравнений водного баланса. Общий баланс дренированной территории можно подразделить на баланс поверхностных, почвенных и грунтовых вод. Уравнения баланса (С.Ф.Аверьянов, 1978) имеют следующий вид:

- для поверхностных и почвенных вод на орошаемом массиве:

$$\Delta W_1 + \Delta W_2 = O_p + O_c - \Sigma U + (1-\alpha)\Phi_k - E \pm g; \qquad (11)$$

- для грунтовых вод:

$$\Delta W_{гр} = \pm g + П - O + \alpha \Phi_k - D \pm P. \qquad (12)$$

Общий водный баланс орошаемого поля:

$$\Delta W_3 = O_p + \Phi_k + O_c - \Sigma U + (П - O) - E - D \pm P \qquad (13)$$

В этих формулах ΔW_1, ΔW_2, $\Delta W_{гр}$, ΔW_3 – изменение соответственно поверхностных, почвенных, грунтовых и общих запасов

воды за определенный промежуток времени; O_p – водоподача с учетом кпд системы; O_c – атмосферные осадки; ΣU – суммарное испарение; Φ_k – потери на фильтрацию из оросительной сети; α – доля фильтрационных потерь Φ_k, пополняющая грунтовые воды; C – поверхностные сбросы с полей; β – водообмен между почвенными и грунтовыми водами; Π – подземный приток грунтовых вод; O – подземный отток грунтовых вод; D – дренажный сток; β – вертикальный водообмен между грунтовыми и подземными водами.

Знание всех составляющих водного баланса и принятие изменения запасов влаги, равного нулю, дает возможность по представленным уравнениям определить нагрузку на дренаж.

В работе С.Ф.Аверьянова (1973) показано, что параметры дренажа, найденные по условиям его среднегодовой нагрузки, необходимо проверять по солевому режиму почвогрунтов зоны аэрации.

В последнее время определенное внимание уделяется вопросам оптимизации параметров дренажа с учетом водно-солевого режима и на основе технико-экономических расчетов. Л.М.Рекс и Л.Б.Кирейчева (1976) предлагают по общепринятой методике устанавливать параметры дренажа по нагрузке, которая определяется уравнениями водного баланса. Затем, зная основные параметры, прогнозируют водный режим и режим орошения. Прогноз режима зоны аэрации можно дать, используя программу „*VAIGA*" для ЭВМ "Минск-32". Программа разработана лабораторией дренажа ВНИИГиМ.

Оптимальный водный режим – это поддержание влажности в корнеобитаемом слое, которое создавало бы нормальные условия для развития растений, способствовало получению наибольших урожаев на данных почвах в данных конкретных условиях.

Режим влажности зоны аэрации обусловлен многими факторами, но основными из них являются глубина залегания уровня грунтовых вод и режим орошения. Режим орошения назначается таким, чтобы в корнеобитаемом слое почвогрунтов содержание солей не превышало допустимого. Прогноз солевого режима можно выполнить по программе „*SALTI*" на ЭВМ "Минск-32" с использованием формулы Л.М.Рекса. Для окончательного выбора оптимальных параметров дренажа выполняется технико-экономический расчет.

На основе многовариантных решений методом последовательных приближений находятся оптимальные параметры дренажа.

3.2. Расчет горизонтального дренажа

Расчет осушительного (водопонизительного) действия горизонтального дренажа в обычных условиях сводится к определению междренных расстояний при других известных (назначенных) параметрах.

Нами разработана методика определения междренных расстояний, основанная на исследованиях закономерности движения грунтовых вод к дренам (В.А.Калантаев, 1972).

Аверьянов С.Ф. (1978), В.И.Аравин и С.Н.Нумеров (1955), В.В.Ведерников (1939), Дж.Н.Лютин (1964) и другие показали, что при установившемся движении грунтового потока к горизонтальным дренам и постоянной инфильтрации линии токов воды в различных сечениях грунтового потока имеют различный угол наклона к горизонту.

В середине между дренами линии токов воды всегда направлены вниз, в непосредственной близости от дрен - вверх. Следовательно, в каком-то сечении потока линии токов воды имеют горизонтальное направление.

Наблюдения за работой горизонтального дренажа и анализ многочисленных опытов, поставленных как отечественными, так и зарубежными исследователями, показали, что направления линий токов воды к дренам при постоянной инфильтрации и установившемся движении подчинены определенному закону. В целях формулировки этого закона разберем схему движения грунтовых вод к дренам. При отводе грунтовых вод с помощью дренажа в пористой среде, как известно, образуется свободная поверхность жидкости. Возьмем плоскость сравнения на уровне воды в дренах и перпендикулярно продольным осям дрен сделаем разрез. В разрезе получим свободную поверхность в виде кривой (кривая депрессии), а плоскость сравнения в виде прямой линии (рис.36).

Давление столба воды в каком-либо сечении на плоскость сравнения сверху равно h. Величина h меняется от H в середине между дренами до нуля около дрен (при условии малой величины нависания).

Если поставить пьезометр в каком-либо сечении грунтового потока, то можно увидеть, что при движении последнего к дренам уровень воды в пьезометрах будет всегда выше уровня свободной поверхности, за исключением сечения в междренье, где уровни воды в пье-

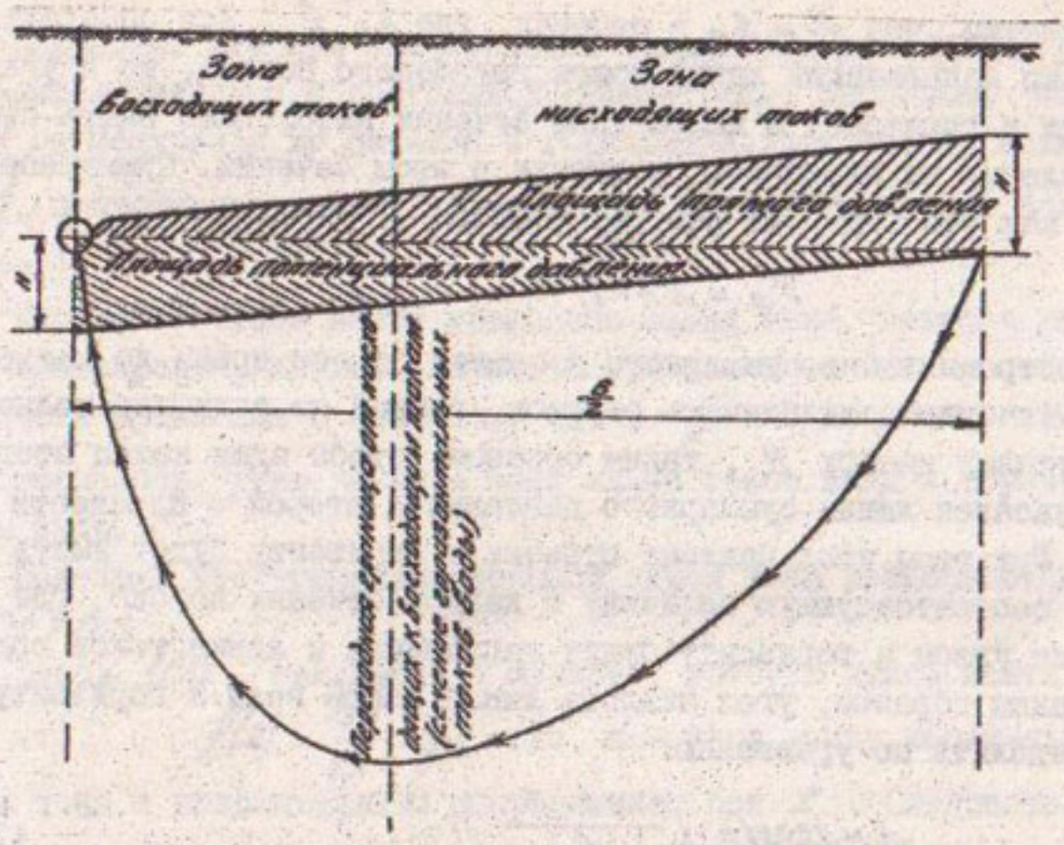


Рис.36. Схема движения грунтовых вод к дренам.

зомеграх и на свободной поверхности будут одинаковы. Таким образом, на плоскость сравнения давление действует и снизу.

Назовем это давление обратным. Такое давление равно нулю в междренье и величине H около дрены. В любом сечении грунтового потока при движении его к дренам оно определяется по уравнению $p = H - h$, где H – действующий напор в середине между двумя дренами; h – столб воды над плоскостью сравнения в данном сечении.

Анализы работы горизонтального дренажа показали, что для определения направления грунтового потока в каком-либо сечении при движении его к горизонтальным дренам (при постоянной инфильтрации, установившемся движении и малой величине участка нависания) можно пользоваться правилом разности прямого (p_1) и обратного (p_0) давлений на плоскость сравнения, которая берется на уровне воды в дренах.

При этом имеют место нисходящие токи воды, когда $p_1 > p_0$; восходящие токи воды, когда $p_1 < p_0$; горизонтальные токи воды, когда $p_1 = p_0$.

Заметим, что $p_1 = p_0$ в сечении, где $h = \frac{H}{2}$. Для определения не только направлений линий токов грунтового потока, но и угла наклона их к горизонту в каком-либо сечении необходимо знать суммарное давление на плоскость сравнения в этом сечении. Суммарное давление, как это видно из рис.36, равно:

$$p_s = 2h - H.$$

Построив линию суммарного давления от оси дрены до междренья (рис.37), будем откладывать отрезок, равный по величине полному действующему напору H, таким образом, чтобы один конец этого отрезка касался линии суммарного давления, а второй - плоскости сравнения. При этом угол наклона отрезка к горизонту будет иметь какую-то соответствующую величину в каждом сечении потока, где под таким же углом к горизонту будут направлены и линии токов воды.

Таким образом, угол наклона линий токов воды к горизонту можно определить по уравнению:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{2h - H}{H}\right). \qquad (14)$$

Физически действующий напор H представляет собой силу, а зависимость $\sin\alpha = \frac{2h - H}{H}$ показывает, что эта сила в различных сечениях потока направлена под каким-то углом α к горизонту. Физический смысл зависимости $\sin\alpha = \frac{2h - H}{H}$ легко понять из рис.37.

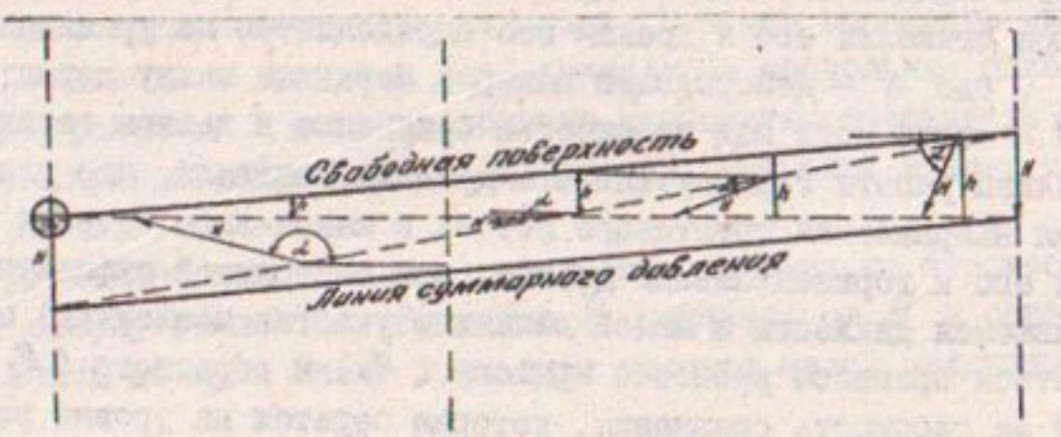


Рис.37. Графическое представление линии суммарного давления.

Допустим, что при значительных междренных расстояниях, установившемся движении и постоянной инфильтрации свободная поверхность от междренья до сечения с горизонтальными токами воды, где $h=\frac{H}{2}$, представляет собой прямую линию (дугу окружности большого радиуса).

Для того чтобы найти уравнение линии тока, которая начинается в междренье, возьмем начало координат в точке пересечения плоскости сравнения с сечением, где $h=\frac{H}{2}$. В этом сечении, как уже отмечалось, угли наклона всех линий токов воды к горизонту равны нулю.

Положим, что уравнение искомой линии тока записывается в виде $y=f(x)$.

Здесь $f(x)$ - неизвестная функция, которую нужно найти. Заметим, что $f(x)=\frac{dy}{dx}=tg\alpha$, где α - угол между касательной к линии тока и положительным направлением оси x. Следовательно,

$$\frac{dy}{dx}=tg\alpha=\frac{\frac{2h-H}{H}}{\sqrt{1-\left(\frac{2h-H}{H}\right)^2}}. \qquad (15)$$

Мы получили дифференциальное уравнение линии тока. В целях упрощения этого уравнения выразим h через x. При допущении, что свободная поверхность от междренья до сечения с $h=\frac{H}{2}$ есть прямая линия, получим

$$h=\frac{Hx}{2B}+\frac{H}{2}. \qquad (16)$$

Здесь B - расстояние от сечения с $h=\frac{H}{2}$ до междренья.

Дифференциальное уравнение линии тока после упрощения примет вид:

$$\frac{dy}{dx}=\frac{\frac{x}{B}}{\sqrt{1-\left(\frac{x}{B}\right)^2}}. \qquad (17)$$

Разделяя переменные и полагая, что $\frac{x}{b}=\sin z$, $x=b\cdot\sin z$, $dx=b\cdot\cos z\cdot dz$, получим:

$$dy=-\frac{\sin z}{\sqrt{1-\sin^2 z}}\cdot b\cos z\cdot dz. \qquad (18)$$

После интегрирования получим:

$$y=b\cdot\sqrt{1-\left(\frac{x}{b}\right)^2}+C. \qquad (19)$$

Постоянную интегрирования C находим по граничному условию: при $x=b$, $y=0$. Тогда $y=b\cdot\sqrt{1-\left(\frac{b}{b}\right)^2}+C=0$. Следовательно, $C=0$. Таким образом, уравнение искомой линии тока будет выглядеть:

$$y=b^2-x^2 \qquad \text{или} \qquad y^2+x^2=b^2. \qquad (20)$$

Это уравнение окружности с радиусом b. Центр окружности, как отмечалось выше, находится в точке пересечения плоскости сравнения с сечением, в котором $h=\frac{H}{2}$.

Все линии токов воды в каком-либо сечении грунтового потока составляют с горизонтальной осью одинаковый угол. Следовательно, все линии токов в промежутке от междренья до сечения $h=\frac{H}{2}$ будут являться дугами окружности одного и того же радиуса b. Центр окружности находится на вертикальной прямой в сечении $h=\frac{H}{2}$, но меняется по высоте. На рис.38 показано, что наибольшая глубина, на которую опускается инфильтрационная вода, равна радиусу окружности b и имеет максимум в сечении, где $h=\frac{H}{2}$. По распределению дуг окружности (линий токов) можно найти распределение скоростей фильтрации в вертикальном сечении, где линии токов имеют горизонтальное направление. Скорости фильтрации в этом сечении зависят от соотношения расстояний между соседними линиями токов по осям x и y. В середине между дренами по оси x эти расстояния меньше, чем в нижней части рассматриваемого сечения по оси y. Следовательно, и скорости внизу по вертикали меньше скоростей инфильтрации q. По мере приближения от междренья к сечению с $h=\frac{H}{2}$ расстояния меж-

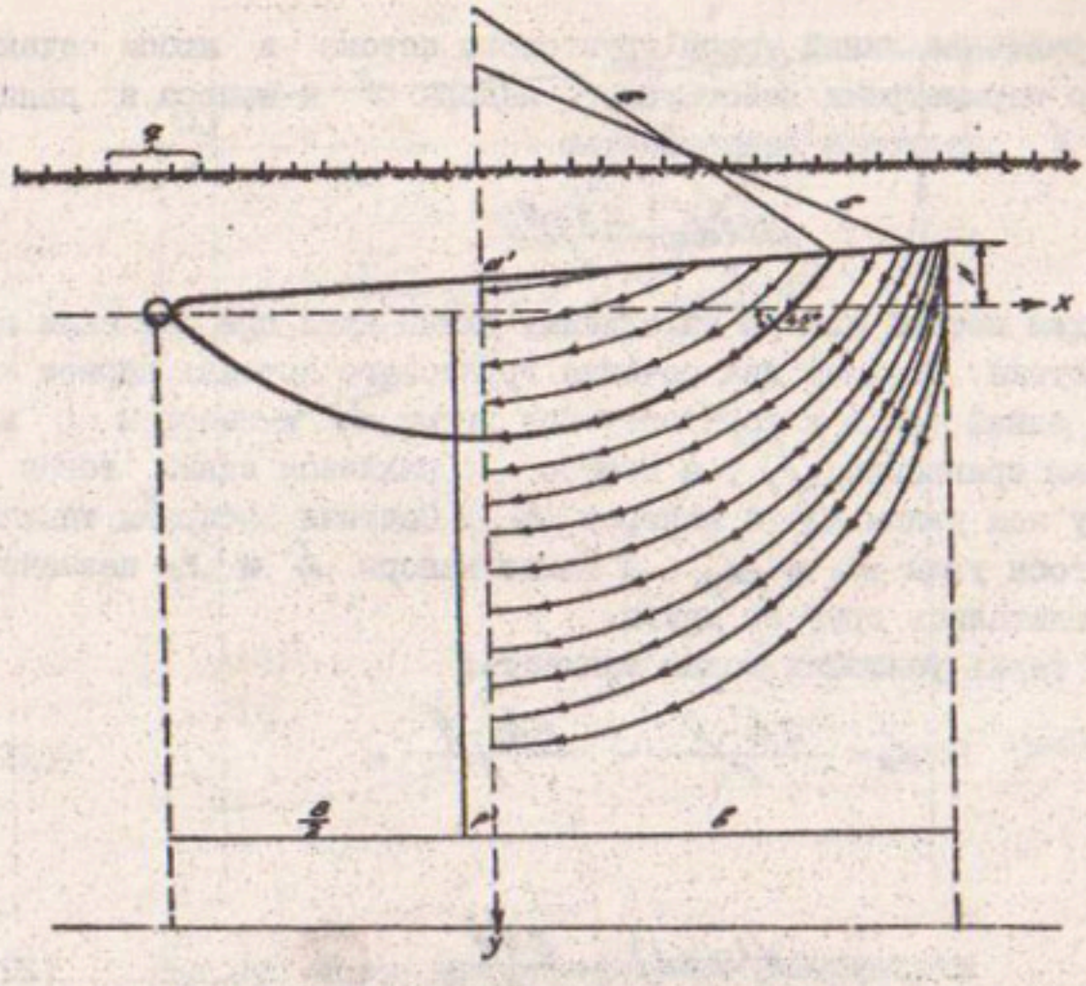


Рис.38. Схема отвода грунтовых вод горизонтальным дренажем при постоянной инфильтрации.

ду соседними линиями токов по горизонтали увеличиваются, а по вертикали - уменьшаются. Скорость фильтрации в сечении, где линии токов имеют горизонтальное направление, увеличиваются по мере приближения к свободной поверхности. Максимальная скорость фильтрации при этом будет иметь место непосредственно на свободной поверхности. Особый интерес представляет собой линия тока, составляющая в своем начале с горизонтальной осью угол в 45°, и ближайшие к ней линии токов. Расстояния между указанными линиями токов по горизонтальной оси x и по вертикальной оси y равны между собой. Скорости фильтрации в точках пересечения этими линиями токов оси y в сечении с $h=\frac{H}{2}$ равны по величине скорости инфильтрации q.

Направление линий токов грунтового потока в любом сечении связано с параметрами действующего напора H и напора в данном сечении h следующей зависимостью

$$\sin\alpha = \frac{2h - H}{H}.$$

Найдем потери напора на единицу длины пути при движении грунтового потока. Возьмем два сечения грунтового потока: первое – с наклоном линий токов к горизонту под углом α_1 и напором h над плоскостью сравнения h_1, а второе – с наклоном линий токов к горизонту под углом α_2 и напором h_2. Сечения выбираем таким образом, чтобы углы α_1 и α_2, а также напоры h_1 и h_2 незначительно отличались друг от друга.

При таких условиях можно записать:

$$\sin\alpha_1 - \sin\alpha_2 = \frac{2h_1 - H}{H} - \frac{2h_2 - H}{H}, \qquad (21)$$

или

$$d(\sin\alpha) = \frac{2dh}{H}, \qquad (22)$$

откуда

$$dH = \frac{H \cdot d(\sin\alpha)}{2}. \qquad (23)$$

Для определения зависимости между параметрами K, H, q и b выделим в грунтовом потоке полоску, которая начинается от свободной поверхности и доходит до сечения с горизонтальным направлением движения потока. На рис.39 эта полоска потока образована линией тока C и линией тока C_1, которые проходят соответственно через точки A и A_1. Поперечное сечение полоски потока, очевидно, будет равно:

$$b \cdot d(\sin\alpha)\sin\alpha.$$

Составим уравнение расхода через это сечение:

$$b \cdot d(\sin\alpha) \cdot q = \frac{H(\sin\alpha)}{2ds} K \cdot b \cdot d(\sin\alpha)\sin\alpha, \qquad (24)$$

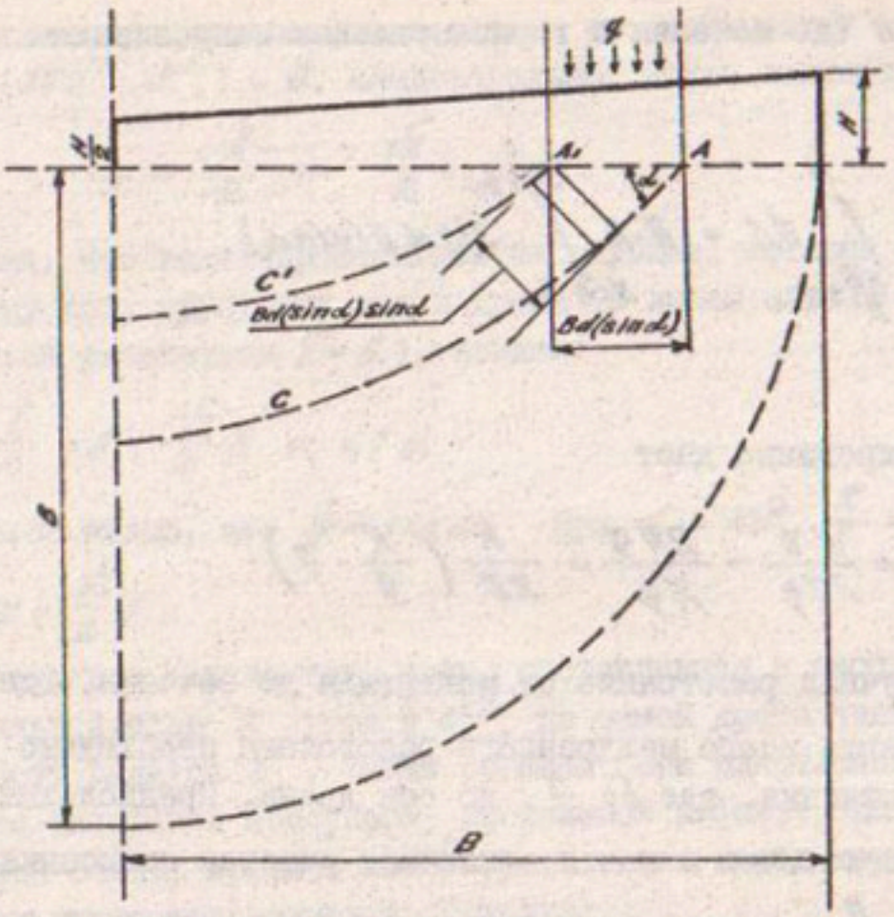


Рис.39. Схема для определения зависимости между параметрами.

где скорость фильтрации $\gamma = \frac{H \cdot d(\sin\alpha)}{2\,dS}$; площадь поперечного сечения $F = B \cdot d(\sin\alpha)\sin\alpha$.

Сокращая левую и правую части уравнения расхода на $B \cdot d(\sin\alpha)$ и разделяя переменные, получим:

$$2\,dS\,q = H \cdot K \cdot \sin\alpha\, d(\sin\alpha). \qquad (25)$$

Как отмечалось выше, углы наклона линий токов воды к горизонту при движении грунтового потока к дренам на участке от междренья до сечения с $h = \frac{H}{2}$ меняются от 90 до 0°. Поэтому интегрирование производим от $\sin\alpha = 1$ и $S = 0$ (от междренья) до $\sin\alpha = 0$

и $S=\frac{\pi\beta}{2}+H$ (до сечения с горизонтальным направлением линий токов воды):

$$2q\int_{\frac{\pi\beta}{2}+H}^{0} dS = H\cdot k\int_{\sin 0}^{\sin 90^\circ} \sin\alpha\, d(\sin\alpha). \qquad (26)$$

Интегрирование дает

$$\beta=\frac{H\cdot k}{2\pi q}-\frac{2Hq}{\pi q}=\frac{H}{2\pi}\left(\frac{k}{q}-4\right). \qquad (27)$$

Мы получили расстояние от междренья до сечения, где $h=\frac{H}{2}$. Для определения всего междренного расстояния необходимо найти расстояние от сечения, где $h=\frac{H}{2}$, до оси дрены. Предположим, что размер дрены достаточен и почти исключает участок нависания, то есть $d\geq q\frac{Q}{k}$, где Q – приток воды к дрене с двух сторон (С.Ф.Аверьянов, 1978).

Для определения искомого расстояния обратимся к решению (S.B.Hooghoudt, 1940), которое рационально объединило гипотезы горизонтального и радиального потоков. Горизонтальный и радиальный потоки разделены плоскостью x_1, причем эта плоскость выбирается так, чтобы разность потенциалов между точками a' и b' (см.рис.38) была минимальной. При таком условии плоскость x_1 будет близка к эквипотенциальной плоскости.

Для определения положения этой плоскости по отношению к дрене и междренью С.Б.Хоогхаудт предлагает следующую зависимость:

$$x_1=\frac{\beta-T\sqrt{2}}{2}, \qquad (28)$$

где T – глубина залегания водоупора; β – расстояние между двумя дренами.

Заметим, что сечение с $h=\frac{H}{2}$ для нашей задачи есть не что

иное, как эквипотенциальная плоскость, а разность между a' и b' равна нулю $(\varphi a' - \varphi b') = 0$, следовательно, можно записать:

$$x_1 = \frac{B}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} T = \ell. \qquad (29)$$

Принимая, что водоупор залегает на глубине, которая не мешает свободному току грунтовых вод к дрене (в нашем случае это будет выражаться равенством $T = \ell$), найдем:

$$\frac{B}{2} = \ell + \frac{\sqrt{2}}{2}\ell \approx 1{,}7\ell. \qquad (30)$$

Из рис.38 видно, что $\frac{x}{\ell} = \sin\alpha$. При $\alpha = 45^0$, $\frac{x}{\ell} = \sin 45^0 = \frac{\sqrt{2}}{2}$ или $x = \frac{\sqrt{2}}{2}\ell$.

Следовательно, линия тока воды, составляющая в своем начале с горизонтальной осью x угол в 45^0, до самой дрены является дугой окружности радиуса ℓ. Таким образом, при однослойном грунте, глубоком залегании водоупора, постоянной инфильтрации и при размерах дрен больше критического расстояния между горизонтальными дренами можно определить по формуле:

$$B = 2\left(\ell + \frac{\sqrt{2}}{2}\ell\right) = 3{,}4\ell \approx 1{,}7\frac{H}{T}\left(\frac{K}{q} - 4\right). \qquad (31)$$

При промежуточном залегании водоупора часть грунтового потока будет испытывать подпор в силу его близости, в результате чего расстояния между дренами будут меньше, чем при свободном движении грунтовых вод. Таким образом, при промежуточном залегании водоупора необходимо учитывать активный слой грунтовых вод, участвующий в безподпорном движении к дренам. Для этого необходимо найти такую линию тока, которая в сечении с $h = \frac{H}{2}$ проходит в непосредственной близости от водоупора и в то же время не испытывает подпора.

Пусть это будет линия тока, в своем начале составляющая с горизонтальной осью x угол α. Тогда расстояние от междренья до сечения, где $h = \frac{H}{2}$, будет, очевидно, равно:

$$\ell_1 = \ell \sin\alpha,$$

где $\mathcal{B}$ – это же расстояние, но для условий глубокого залегания водоупора. Угол между началом линии тока и осью x найдем из уравнения:

$$1-\cos\alpha=\frac{T}{\mathcal{B}}, \quad \text{откуда} \quad \alpha=\arccos\left(1-\frac{T}{\mathcal{B}}\right). \tag{32}$$

Таким образом, расстояние от междренья до сечения с $h=\frac{H}{2}$ будет равно:

$$\mathcal{B}_1=\sin\left[\arccos\left(1-\frac{T}{\mathcal{B}}\right)\right]\cdot\mathcal{B}, \tag{33}$$

но $\cos\alpha=1-\frac{T}{\mathcal{B}}$, следовательно,

$$\sin\alpha=\sqrt{1-\left(1-\frac{T}{\mathcal{B}}\right)^2}=\frac{T}{\mathcal{B}}\sqrt{2\frac{\mathcal{B}}{T}-1}. \tag{34}$$

С учетом этого

$$\mathcal{B}_1=T\sqrt{2\frac{\mathcal{B}}{T}-1}\quad. \tag{35}$$

Расстояние от сечения с $h=\frac{H}{2}$ до оси дрены будет равно:

$$\frac{\sqrt{2}}{2}\cdot\mathcal{B}_1=\frac{\sqrt{2}}{2}\cdot T\sqrt{2\frac{\mathcal{B}}{T}-1}\quad. \tag{36}$$

Для определения расстояния от сечения с $h=\frac{H}{2}$ до междренья найдем отношение напоров H (в сечении, отстоящем от сечения с $h=\frac{H}{2}$ на расстоянии $\mathcal{B}$) и H_1 (в сечении, отстоящем от сечения с горизонтальными линиями токов воды на расстоянии $\mathcal{B}_1$).

В соответствии с ранее принятыми допущениями

$$H_1=\frac{H\cdot\mathcal{B}_1}{2\mathcal{B}}+\frac{H}{2}. \tag{37}$$

Действительное расстояние от сечения с $h=\frac{H}{2}$ до междренья при промежуточном залегании водоупора будет во столько раз больше $\mathcal{B}_1$, во сколько H больше H_1, то есть

$$\frac{H}{H_1} = \frac{H}{\frac{H \cdot B_1}{2B} + \frac{H}{2}} = \frac{2}{\frac{B_1}{B} + 1}. \qquad (38)$$

Таким образом, расстояние от сечения с $h = \frac{H}{2}$ до междренья при промежуточном залегании водоупора будет равно:

$$B_0 = B \frac{2}{1 + \frac{B_1}{B}}. \qquad (39)$$

Формула для определения расстояний между дренами принимает следующий вид:

$$B = 2\left(\frac{\sqrt{2}}{2} B_1 + B_0\right) = 2\left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot B_1 + B_1 \frac{2}{1 + \frac{B_1}{B}}\right) =$$

$$= 1{,}41 \cdot B_1 \left(1 + \frac{2{,}84}{1 + \frac{B_1}{B}}\right). \qquad (40)$$

Здесь

$$B = \frac{H}{2\pi}\left(\frac{K}{q} - 4\right); \quad B_1 = T\sqrt{2\frac{B}{T} - 1}.$$

Как видно из приведенных формул, в них отсутствует размер диаметра дрен. Однако это не должно отражаться на точности расчетов.

Но здесь следует иметь в виду, что расчет по этим формулам дает необходимую точность при условии, когда диаметры дрен больше критического. Критический диаметр дрен, как известно, зависит, в основном, от междренного расстояния, модуля инфильтрационного питания и коэффициента фильтрации почвогрунтов. В условиях орошения расчетный критический диаметр дрен находится в пределах 0,15-0,50 м.

По условиям разработки грунта и существующих способах строительства дренажа, при величинах инфильтрационного питания, наиболее часто встречающихся в районах орошения, диаметры дрен всегда превышают критические размеры.

Исходя из предложенной теории, можно сделать следующие выводы:

- предельная глубина опреснения грунтовых вод, определяемая для глубокого залегания водоупора по формуле $\delta = \frac{H}{2\pi}\left(\frac{K}{q} - 4\right)$, может достигать значения $\delta = \frac{B}{3,4}$;

- уравнение $B = 3,4\delta$ показывает, что водоупор начинает оказывать влияние на приток грунтовых вод к дренам при $T < \frac{B}{3,4}$;

- рассоление грунтовых вод происходит тем глубже, чем больше величина действующего напора (а напор тем больше, чем выше интенсивность инфильтрационного питания), чем больше коэффициент фильтрации почвогрунтов;

- сближение дрен ведет к уменьшению глубины рассоления.

Междренные расстояния, полученные по формулам (3I) и (40), сравнивались с расстояниями, рассчитанными по формулам:

- для условий глубокого залегания водоупора:

I. В.В.Ведерникова

$$B = \frac{\pi H\left(\frac{K}{q} - 1\right)}{\ln \frac{K}{q}}; \qquad (4I)$$

2. С.Н.Нумерова

$$B = \frac{\pi H\left(\frac{K}{q} - 1\right)}{\ln \operatorname{ctg} \frac{\pi q}{4K}}; \qquad (42)$$

3. А.Н.Костякова

$$B = \frac{\pi K H}{q(\ln B/d - 1)}; \qquad (43)$$

4. Х.Ю.Хаммеда

$$B = \frac{\pi K H}{q \ln\left(1 + \frac{2B}{\pi d}\right)}; \qquad (44)$$

5. С.Ф.Аверьянова – Цюй-Син-е

$$B = \frac{\pi K H}{q \ln \frac{2B}{\pi \sqrt{2dH}}}; \qquad (45)$$

– для условий конечного залегания водоупора:

I. А.Н.Костякова

$$B = \sqrt{\frac{2KHT}{q}} \sqrt{\frac{H}{T}} \frac{1 + 0{,}8 \ln B/2T}{\ln \frac{B}{d} - 1}; \qquad (46)$$

2. С.Ф.Аверьянова

$$B = 2\sqrt{\frac{2KHT}{q}} \sqrt{(1 + \frac{H}{2T})\alpha}, \qquad (47)$$

где

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{2T}{B} + Б_1}; \qquad (48)$$

$$Б_1 = \frac{4}{\pi} \ln \frac{1}{\sin \frac{\pi d}{2T}}. \qquad (49)$$

3. Формула С.Б.Хоогхаудта, упрощенная С.Ф.Аверьяновым,

$$B = 2H \sqrt{\frac{K}{q}} \sqrt{1 + \frac{2T}{H}} \qquad (50)$$

где $T_1 = T \cdot \alpha$. Расчеты сведены в табл.34.

Сравнение показало, что расстояния между дренами, определенные по формулам (31) и (40), близки к результатам, полученным по формулам других авторов.

Расчеты по формулам (41–47, 50) заимствованы у С.Ф.Аверьянова (1978).

34. Расчеты междренных расстояний, расчитанных по различным формулам (исходные данные - K = 0,5 м/сут; d = 0,45 м; H = I,3 м, q = 0,I2 л/с/га)

Глубина залегания водоупора	Автор	Расстояние между дренами, м
T = ∞	В.В.Ведерников	320
	С.Н.Нумеров	308
	А.Н.Костяков	350
	Х.Ю.Хаммед	327
	С.Ф.Аверьянов - Цюй-Син-е	368
	В.А.Калантаев	340
T = 20 м	А.Н.Костяков	202
	С.Ф.Аверьянов	248
	С.Б.Хоогхаудт - С.Ф.Аверьянов	25I
	В.А.Калантаев	235

3.3. Расчет комбинированного дренажа

При работе комбинированного дренажа нужно учитывать, что поток грунтовых вод деформируется как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях.

В условиях орошения чаще всего приходится встречаться с расчетом комбинированного дренажа при напорном питании и для неустановившегося движения грунтовых вод. Для первого случая С.Ф.Аверьянов (I978) дал схему решения определения притока к одиночной скважине, затем с учетом интерференции к ряду скважин и, наконец, к системе скважин-усилителей и горизонтальной дрене.

По формуле

$$T^* + (\Delta\bar{H} - 1)\ln T^* = (\Delta\bar{H} - 1)\ln\frac{2T}{d^*} + \ln 2 \qquad (5I)$$

подбором находят T^* и B при известных $q, K, T, \Delta H, \Delta h, d$.

В формуле (51) $T^* = \frac{\pi T}{B}$; $\Delta H = \frac{\Delta H + qT}{\Delta h}$;

$d^* = 2\sqrt{d\Delta h}$ при $hc = \Delta h$; $d^* = d$ при $hc = 0$;

$d^* = \sqrt{2d(\Delta h + d)}$ при $hc = 0{,}5(\Delta h + \frac{d}{2})$;

$$\bar{q} = \frac{q}{k}.$$

Увеличивая расстояние между горизонтальными дренами до практически приемлемого ($B_1 \gg B$), получим, что подъем грунтовых вод Δh_1 будет больше величины Δh для условий междренного расстояния B.

Для того чтобы уравнять значение Δh_1 до величины Δh, необходимо увеличить приток воды к дрене. Это можно сделать при помощи усилителей. При этом из общего расхода на долю усилителей будет приходиться

$$Q_y = 1{,}08 \frac{\pi K(\Delta h_1 - \Delta h)}{\ln \frac{2B_1}{\pi d^*}}, \qquad (52)$$

а на долю горизонтальной дрены

$$Q_g = \frac{\pi K \Delta h}{\ln \frac{2B_1}{\pi d^*}} \cdot d. \qquad (53)$$

Параметры скважин-усилителей (l, $2R$, r_0) подбираются так, чтобы приток воды на 1 м длины дрен был равен:

$$q_0 = \frac{2\pi K l S}{\ln \frac{l}{r_0} + \frac{1}{2}\ln \frac{C_1 + 0{,}75l}{C_1 + 0{,}25l} - f + F}, \qquad (54)$$

где C_1 – расстояние от дна дрены до начала фильтра скважины-усилителя; $f = 2f_1 - f_3 + f_4$; f_1, f_2 и f_4 определяются по графику на рис.40 в зависимости от $U_1 = \bar{e}/4$; $U_3 = \bar{C}_1 + \bar{e}/4$;

$$U_4 = \bar{C}_1 + 3\bar{\ell}/4 .$$

Здесь $\bar{\ell} = \frac{\ell}{T}$; $\bar{C}_1 = \frac{C_1}{T}$;

$$F = \sum_1^{\infty} \left[2\,\mathrm{Arch}\,\frac{0{,}5\ell^*}{n} + \mathrm{Arch}\,\frac{1}{n}\left(2\bar{C}_2 + 0{,}5\ell^*\right) - \mathrm{Arch}\,\frac{1}{n}\left(2\bar{C}_2 + 1{,}5\ell^*\right) \right].$$

Здесь $\bar{C}_2 = \frac{C^2}{T}$ – расстояние от нижней части фильтра до поверхности напорного пласта $\ell^* = \frac{\ell}{2R}$; n – число скважин-усилителей.

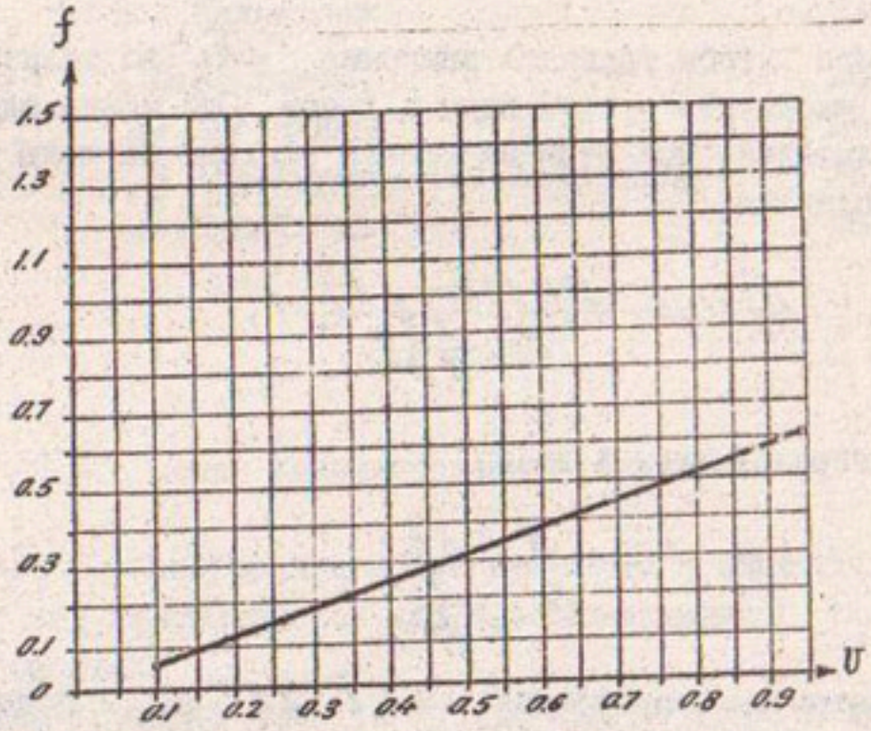


Рис.40. Приближенное значение суммы функции.

3.4. Расчет вертикального дренажа

Основа теории притока грунтовых вод к вертикальным дренам была разработана во второй половине прошлого и начале нашего столетий. После того, как французский инженер А.Дарси привел закономерность движения воды в пористой среде, его современник Дюпюи дал

обобщенное уравнение расхода колодцев, находящихся в различных гидрогеологических условиях.

Дебит одиночного совершенного колодца в безнапорном потоке по Дюпюи равен

$$Q = \pi K \frac{(H^2 - h^2)}{\ln \frac{R}{r}}, \quad м^3/сут, \qquad (55)$$

в напорном потоке

$$Q = 2\pi K T \frac{H - h}{\ln \frac{R}{r}}, \quad м^3/сут. \qquad (56)$$

Здесь H – мощность водоносного пласта до начала откачки, м; h – глубина воды в скважине, м; R – радиус действия колодца, м; r – радиус колодца, м; T – глубина залегания водоупора, м.

В последующем как у нас, так и за рубежом, теория движения грунтовых вод к вертикальным дренам получила дальнейшее развитие. Таким ученым, как Жуковский Н.Е., Павловский Н.Н., Краснопольский А.А., Лейбензон Л.С., Чарный И.А., Полубаринова-Кочина П.Я., Аверьянов С.Ф., Аравин В.И., Нумеров С.Н., Тим А., Форхгеймер Ф., Слихтер и многим другим, мы обязаны фундаментальными исследованиями в области теории движения грунтового потока к колодцам, развитием практики дренирования земель.

Были рассмотрены, как указывалось выше, вопросы притока воды к одиночным скважинам, а также к линейным системам вертикального дренажа, систематическому вертикальному дренажу в различных гидрогеологических условиях.

В целях мелиорации земель одиночные скважины редко находят применение. В основном проектируется или строится систематический (площадной) дренаж, или ряды вертикальных дрен, равномерно распределенные на массивах, подлежащих дренированию.

Имеется много зависимостей для расчета вертикальных дрен, расположенных рядами и равномерно по всей площади. Главное в этих расчетах – определение фильтрационных сопротивлений при входе грунтового потока в фильтр скважины. Расчеты широко рассмотрены в трудах В.М.Шестакова (1973), С.Ф.Аверьянова (1978), Ф.М.Бочевера

и др. (1969), И.А.Чарного (1951), В.Н.Щелкачева, Б.Б.Лапука (1949), P.Forchheimer (1930), M.K.Hubert (1940) и многих других советских и иностранных авторов.

Расчет линейных систем вертикального дренажа

Линейные системы вертикального дренажа при постоянной инфильтрации могут быть рассчитаны следующим образом.

1. Вначале находят расстояния между линиями вертикальных дрен по формуле автора (40)

$$B = 1{,}41 - B_1\left(1 + \frac{2{,}84}{1 + \frac{B_1}{B}}\right), \qquad (57)$$

где $B = \frac{h_л}{2T}\left(\frac{K}{q} - 4\right)$; $B_1 = T\sqrt{2\frac{B}{T} - 1}$

$$h_л = 0{,}5 \div 0{,}9H.$$

Величина $h_л$ берется из технико-экономических соображений: чем больше $h_л$, тем больше расстояния между линиями (рядами скважин), но меньше между вертикальными дренами; H – превышение уровня воды в середине между линиями над уровнем непосредственно на линии вертикальных дрен, м; K – коэффициент фильтрации водоносной толщи, м/сут.; q – модуль инфильтрационного питания, л/с/га; T – мощность водоносной толщи, м.

2. Находят приток грунтовой воды к линии вертикальных дрен с двух сторон:

$$Q = L \cdot q \cdot B, \qquad (58)$$

где L – длина линии вертикальных дрен, м.

По формуле Н.Ф.Бочевера (148):

$$h_л = H - \frac{0{,}366\,Q \cdot a}{L \cdot k \cdot l_c} \cdot \lg \frac{a}{\pi d_c}, \qquad (59)$$

путем потенцирования определяют расстояния между вертикальными дренами a при известных длине фильтра l_c и диаметре d_c .

3. Определяют количество скважин в линии:

$$N = \frac{L}{a} + 1.$$

4. Находят приток воды к каждой вертикальной дрене:

$$q_1 = \frac{Q}{N}$$

5. Определяют глубину воды в скважинах:

$$h_0 = \sqrt{h_1^2 - 0{,}730\, q \lg \frac{a}{\pi d_c}}\ , \qquad (60)$$

где h_1 – мощность грунтового потока в середине между линиями вертикальных дрен, м.

6. Подбирают насосы для скважин вертикального дренажа.

Расчет систематического вертикального дренажа

При систематическом вертикальном дренаже в условиях стационарной фильтрации расчет дренирования орошаемых массивов при постоянной инфильтрации может быть выполнен по следующему правилу, предложенному проектным институтом "Союзгипроводхоз" (инструкция по проектированию оросительных систем, часть УШ, 1975).

I. Назначают шаг скважин вертикального дренажа b . Шаг назначается в соответствии с коэффициентом фильтрации водоносной толщи грунта.

2. Определяют радиус влияния одной скважины вертикального дренажа по формуле:

$$R_K = \frac{b}{\sqrt{\pi}}. \qquad (6I)$$

3. Действующий напор над уровнем воды в скважине находится из следующей зависимости:

$$H_R - H_c = \frac{W R_к^2}{2T}\left(\ln \frac{R_к}{r_c} - 0{,}5\right), \qquad (62)$$

где H_R – напор в пласте в середине между скважинами, м; H_c – напор в скважине, м; W – инфильтрационное питание, $м^2$/сут.; T – проводимость водоносного слоя, м/сут.; r_c – радиус скважины, м.

4. Дебит скважины определяется по формуле:

$$Q_c = \frac{G^2}{W}, \ м^3/сут. \qquad (63)$$

3.5. Расчет вакуумного дренажа

При расчетах вакуумных систем вертикальных дрен приходится рассматривать ряды скважин, которые при работе оказывают влияние друг на друга.

Различные расстояния между собирателями вакуумных систем (рядами дрен) и между скважинами в ряду обусловливают те трудности, с которыми приходится сталкиваться при фильтрационных и гидравлических расчетах таких систем. Натурные исследования и теоретические расчеты показали, что линейный ряд скважин в небольшом удалении от него вызывает такие же понижения уровня и пьезометрических напоров, как и горизонтальная дрена, расход которой равен суммарному расходу всех скважин в ряду.

Это обстоятельство дает возможность несколько упростить расчетную часть, которая может быть представлена в следующем порядке:

I. Задаются глубиной заложения h и длиной x собирателя, а также нормой осушения $h_в$ в вегетационный и $h_{пр}$ в промывной периоды (рис.4I и 42).

2. Находят действующий напор $H_в = h - h_в$ в вегетационный период и $H_{пр} = h - h_{пр}$ в период проведения промывных поливов.

3. Находят расстояния между собирателями B при работе системы самотеком по следующей формуле автора:

$$B = 1{,}41\ B_1\left(1 + \frac{2{,}84}{1 + \frac{B_1}{B}}\right),$$

где $B = \frac{h_л}{2\pi}\left(\frac{K}{q_в} - 4\right)$; $B_1 = T\sqrt{2\frac{B}{T} - 1}$;

$$h_л = 0{,}5 \div 0{,}9\, H_в.$$

Величина $h_л$ берется исходя из технико-экономических соображений. При этом необходимо учитывать то обстоятельство, что чем больше $h_л$, тем больше расстояния между собирателями, но меньше между дренами; K – коэффициент фильтрации водоносного слоя грунта, м/сут.; $q_в$ – модуль дренажного стока в вегетационный период, л/с/га; T – глубина залегания водоупора, м. В случае глубокого залегания водоупора принимают $T = B$.

4. Находят приток воды к системе при работе самотеком:

$$Q_в = \mathcal{L} \cdot q_в \cdot B \cdot 86{,}4, \quad м^3/сут \qquad (64)$$

5. По формуле

$$h_л = H_в - \frac{0{,}366\, Q_в \cdot a}{\mathcal{L} \cdot K \cdot l_{ск}} \cdot lg\, \frac{a}{\pi d_{ск}}$$

путем потенцирования определяют расстояния между скважинами a. В формуле $l_{ск}$ – длина фильтра скважин, м; a – расстояния между скважинами, м; $d_{ск}$ – диаметр скважин, м. Остальные обозначения прежние.

6. Проверяют пропускную способность собирателя при работе самотеком при заданных уклоне и диаметре.

7. Определяют количество скважин в системе: $N = \frac{\mathcal{L}}{a} + 1$.

8. Находят расход системы в промывной период:

$$Q_{пр} = \mathcal{L} \cdot q_{пр} \cdot B \cdot 86{,}4, \quad м^3/сут, \qquad (65)$$

здесь $q_{пр}$ – модуль дренажного стока в промывной период, л/с/га.

9. Подбирают марку самовсасывающего насоса, производительность которого соответствовала бы притоку воды к системе в промывной период.

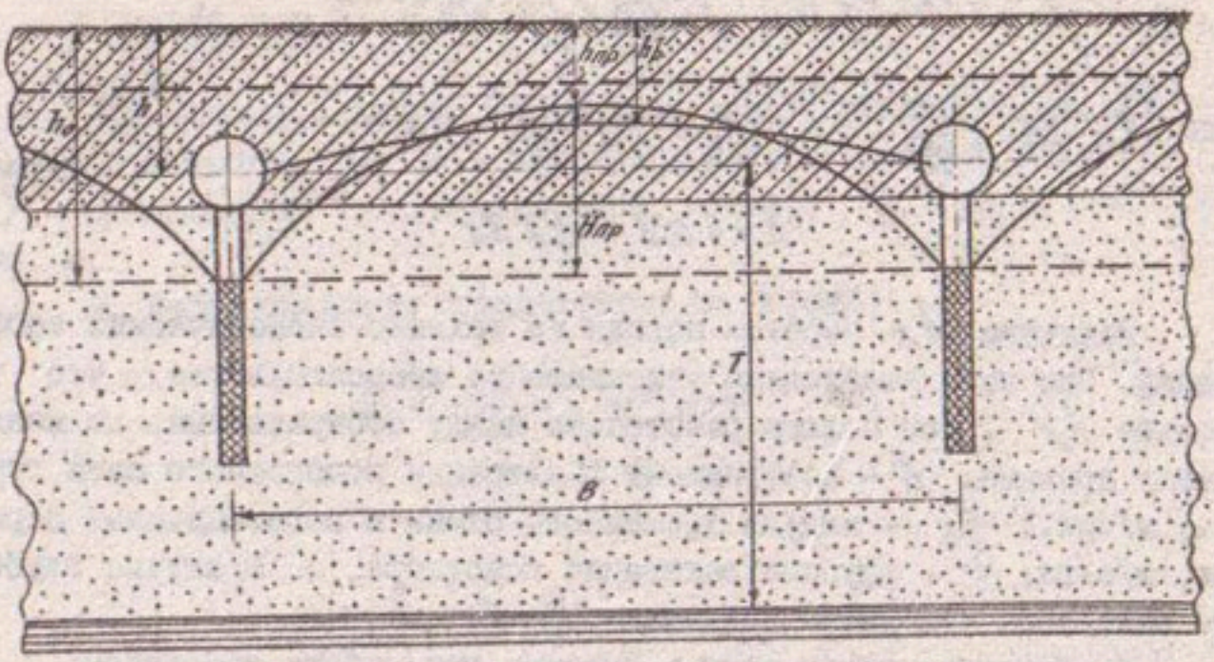


Рис.41.Схема к расчету расстояний между собирателями.

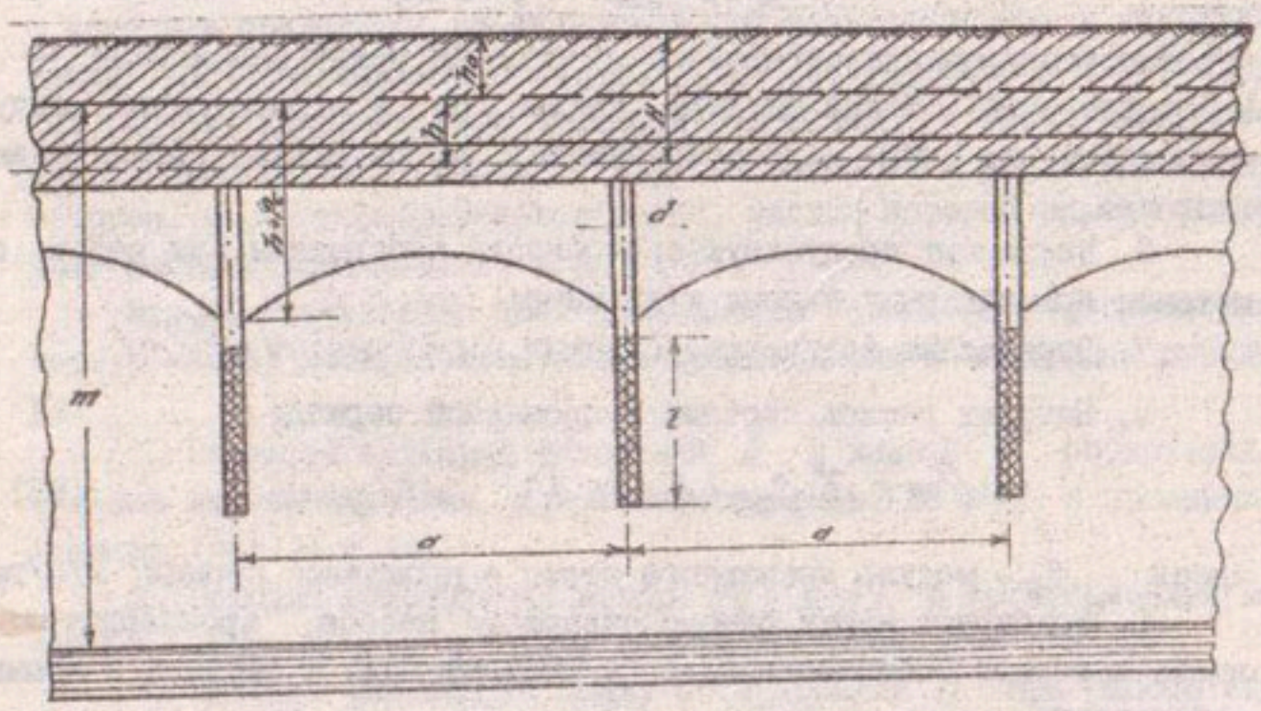


Рис.42. Схема к расчету расстояний между вертикальными дренами.

10. По рабочей характеристике насоса в зависимости от Q находят допустимую высоту всасывания $H_{вак}$.

11. Находят среднюю величину вакуума в собирателе около насоса. Эта величина определяется по зависимости:

$$P_y = 0{,}85\,(H_{вак} - H_1), \qquad (66)$$

где H_1 – высота насоса по отношению к собирателю.

12. Находят понижение напора около скважины в непосредственной близости от насоса:

$$h_y = H_{пр} + P_y, \quad м. \qquad (67)$$

13. Из формулы $B = \frac{h_1}{2\pi}\left(\frac{K}{q_{пр}} - 4\right)$ по найденному в п.3 "в" находят напор h_1, необходимый для притока к системе заданного расхода $Q_{пр}$.

14. Находящаяся непосредственно около устья вертикальная дрена во избежание подсоса воздуха армируется клапаном и не участвует в работе при откачке воды насосом.

15. Находят потери напора на участке собирателя от устья до первой работающей в принудительном режиме дрены:

$$h_w = \left(\frac{n^2 Q^2_{пр}}{\omega^2 \cdot R^{2\gamma+1}} - i\right) \cdot a, \quad м, \qquad (68)$$

здесь n – коэффициент шероховатости полиэтиленовых труб; ω – поперечное сечение собирателя, $м^2$; R – гидравлический радиус собирателя, м; γ – показатель степени, принимается по Н.Н.Павловскому в зависимости от величины n; i – уклон собирателя; a – расстояние между дренами, определенное для случая, когда система работает самотеком.

16. Определяется напор около первой работающей в принудительном режиме дрены:

$$h_{e_1} = h_y - h_w, \quad м. \qquad (69)$$

17. Предполагается равномерность притока воды к системе по длине собирателя, то есть

$$\frac{Q_{пр}}{\mathcal{L}} - q = const. \qquad (70)$$

I8. По формуле

$$h_n = h_{ст} - \frac{0{,}366 \cdot Q_{пр} \cdot l_{соб}}{\mathcal{L} \cdot K \cdot l_{ск}} \lg \frac{l_{соб}}{\pi D_{пр}} \qquad (71)$$

находят "подвешенную" к первой дрене длину собирателя $l_{соб}$. Здесь $D_{пр}$ – приведенный диаметр дрены.

I9. Определяют приток воды к первой дрене:

$$q_1 = q \cdot l_{соб}, \quad м^3/сут. \qquad (72)$$

20. Находят расход воды в собирателе между второй и первой дренами:

$$Q_{2-1} = Q_{пр} - q_1, \quad м^3/сут. \qquad (73)$$

2I. Находят расстояние между первой и второй дренами, работающими при вакууме:

$$a_{1-2} = l_{соб} - a, \quad м. \qquad (74)$$

22. Находят потери напора между второй и первой дренами по формуле (68), заменяя $Q_{пр}$ на Q_{2-1} и a на a_{2-1}.

23. Последовательный расчет продолжают до тех пор, пока сумма Σa не будет равна длине собирателя.

24. В формуле (7I) под знаком логарифма в знаменателе находится приведенный диаметр вертикальной дрены.

При создании в собирателе вакуума величиной $p_в$ в вертикальных дренах также появляется разрежение, причем глубина его распространения составляет $h = p_в/\gamma$, где γ – плотность воды. Если фильтр дрены расположен выше величины h, то в нем также появляется разрежение, которое образует вакуумную зону в прилегающем к фильтру грунте. В этом случае в расчетных формулах необходимо вместо действительного диаметра фильтровой части применять так называемый приведенный диаметр.

Вывод расчетной формулы для определения приведенного диамет-

ра фильтра вертикальной дрены приведен ниже. Пусть в каком-либо сечении собирателя вакуумной системы (рис.43) разрежение равно

В вертикальной дрене на глубине $h = P_{вс}/\gamma$ оно будет равно нулю. Если эта величина больше, чем глухая (верхняя) часть вертикальной дрены, то какая-то часть фильтра будет находиться под влиянием вакуума. Длина ее составит

$$\frac{P_{в.с.}}{\gamma} - l_{гл}$$

При помощи переставных пьезометрических трубок и вакуумметров определена зависимость распространения вакуумной зоны в грунте от величины разрежения в полости вертикальной дрены. Приближенно эта зависимость может быть записана так:

$$r_{в.з.} = 0{,}25\,\frac{P_{в.ф}}{\gamma}\ ,\ м, \qquad (75)$$

где $r_{в.з.}$ - радиус вакуумной зоны в грунте; $P_{в.ф.}$ - величина вакуума в верхнем, начальном сечении фильтра дрены.

В этом случае за водоприемную поверхность должна приниматься боковая поверхность двух конусов - верхнего и нижнего (рис.43).

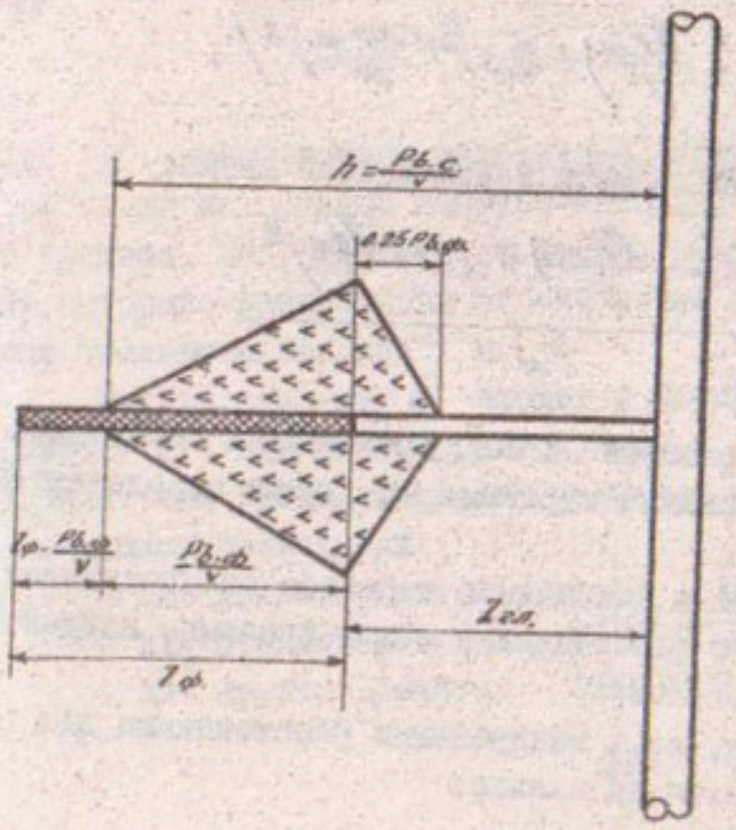


Рис.43.
Схема к расчету приведенного диаметра вертикальной дрены.

Образующая верхнего конуса, очевидно, будет равна

$$l_в = 0{,}35\,\frac{D_{в.ф.}}{\gamma},\ м. \qquad (76)$$

Боковая поверхность его

$$S_{бок.в.} = \pi \cdot 0{,}25\,\frac{D_{в.ф.}}{\gamma} \cdot 0{,}35\,\frac{D_{в.ф.}}{\gamma} = 0{,}09\pi\left(\frac{D_{в.ф.}}{\gamma}\right)^2. \qquad (77)$$

Образующая нижнего конуса

$$l_н = 1{,}12\,\frac{D_{в.ф.}}{\gamma},\ м \qquad (78)$$

и боковая поверхность соответственно:

$$S_{бок.н.} = \pi \cdot 0{,}25\,\frac{D_{в.ф.}}{\gamma} \cdot 1{,}12\,\frac{D_{в.ф.}}{\gamma} = 0{,}28\pi\left(\frac{D_{в.ф.}}{\gamma}\right)^2. \qquad (79)$$

Общая водоприемная поверхность вертикальной дрены определится следующим образом:

$$F_{пов} = \pi d\left(l_ф - \frac{D_{в.ф.}}{\gamma}\right) + 0{,}09\pi\left(\frac{D_{в.ф.}}{\gamma}\right)^2 + 0{,}28\pi\left(\frac{D_{в.ф.}}{\gamma}\right)^2 =$$

$$= \pi\left[d\left(l_ф + \frac{D_{в.ф.}}{\gamma}\right) + 0{,}37\left(\frac{D_{в.ф.}}{\gamma}\right)^2\right], \qquad (80)$$

откуда найдем приведенный диаметр вертикальной дрены:

$$D_{пр} = \frac{d\left(l_ф - \frac{D_{в.ф.}}{\gamma}\right) + 0{,}37\left(\frac{D_{в.ф.}}{\gamma}\right)^2}{l_ф}. \qquad (81)$$

25. Окончательные расстояния между дренами и необходимость армирования расчетных скважин шаровыми клапанами определяются следующим образом:

а) на миллиметровке в каком-либо масштабе вычерчивается продольный разрез системы с расстояниями между дренами, найденными для работы системы самотеком;

б) такой же разрез, но с междренными расстояниями для промывного периода вычерчивается на кальке;

в) накладывая второй разрез на первый, решаются вопросы армирования скважин паровыми клапанами и окончательного выбора расстояний между вертикальными дренами.

Примечание. Если система предназначена работать только при помощи насоса, то расчет ее упрощается, количество скважин уменьшается, клапаны становятся ненужными и т.д.

3.6. Расчет дренажной системы "большой колодец"

При расчете системы "большой колодец ее необходимо рассматривать как группу дрен, расположенных равномерно по периметру круга или квадрата.

Для таких систем имеются стандартные решения (В.И.Аравин, С.Н.Нумеров, 1955), которые и рекомендуются к применению с поправками на вакуум.

Дебит "большого колодца" вакуумного типа в однородном пласте определяется по формуле:

$$Q = 1{,}36\,\frac{K(2Hh_{вак} - h^2_{вак})}{\lg\frac{R}{R_0}}, \qquad (82)$$

где K – коэффициент фильтрации, м/сут.; H – мощность водоносной толщи на границе контура питания, м; $h_{вак}$ – величина вакуума в системе, МПа, переведенная в м; R_0 – радиус круга, по периметру которого расположены вертикальные дрены, м: R – радиус влияния "большого колодца", м.

Радиус влияния R входит в формулу под знаком логарифма, поэтому его влияние на приток воды в системе не является определяющим. При предварительных расчетах рекомендуется пользоваться следующими величинами:

- для мелкозернистых грунтов – 100–200 м;
- для среднезернистых – 250–500 м;
- для крупнозернистых – 700–1000 м.

3.7. Расчет вертикальных дрен с сифонными усилителями

Расчет вертикальных дрен с сифонными усилителями (рис.44) производится в следующем порядке.

I. Определяется приток воды только к усилителям по формуле притока к "большому колодцу":

$$Q_y = 1{,}36\,\frac{K(H^2 - h_0^2)}{\lg \frac{R}{r_0}}, \qquad (83)$$

где h_0 – мощность водоносной толщи в центре "большого колодца". Остальные обозначения прежние.

2. По формуле

$$h_y = \sqrt{h_0^2 - 0{,}73\,\frac{Q_y}{n \cdot k} \cdot \lg \frac{e}{2\pi r_0}} \qquad (84)$$

определяют глубину воды в усилителях. Здесь n – число усилителей в системе; e – расстояние между соседними усилителями, м; r_0 – радиус усилителей, м.

3. Определяют приток воды к одному усилителю:

$$q_y = \frac{Q_y}{n} \qquad (85)$$

4. Находят напор, необходимый для пропуска заданного расхода воды по сифону:

$$h_{сиф} = \frac{q_y^2}{\mu \cdot \omega^2 \cdot 2g}, \qquad (86)$$

здесь μ – коэффициент расхода; ω – площадь живого сечения трубы сифона, м^2.

5. Определяют приток воды к центральной скважине по формуле

$$Q_{ц.с.} = 1{,}36\,\frac{K(h_0^2 - h_{ц.с.}^2)}{\lg \frac{R_0}{r}}, \qquad (87)$$

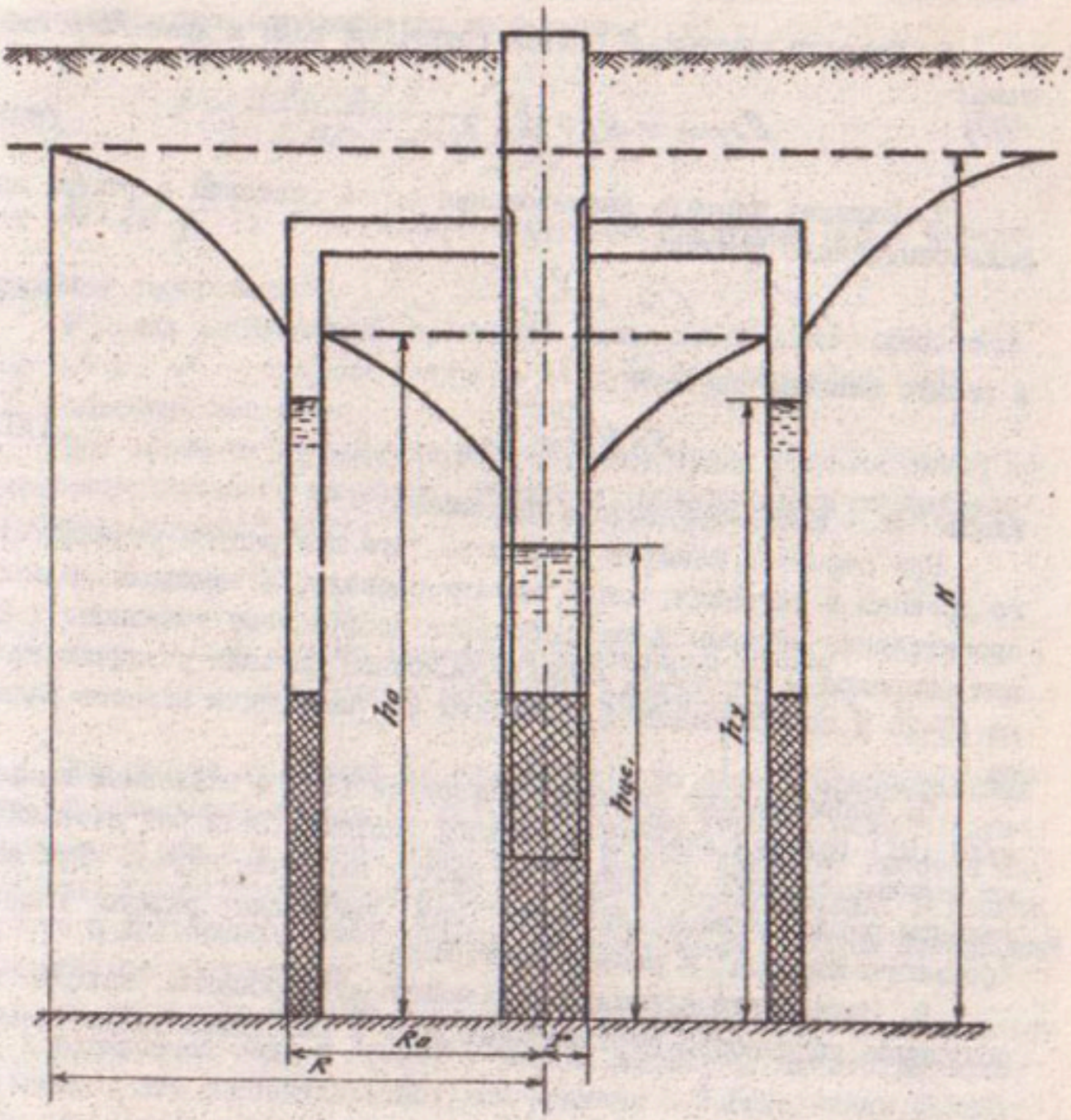


Рис.44. Схема для расчета вертикальной дрены с сифонными усилителями.

где r - радиус центральной скважины, м; $h_{y.c.}$ - глубина воды в центральной скважине, м.

Необходимо иметь в виду, что должно соблюдаться условие:

$$h_{u.c.} = h_y - h_{сиф}, \qquad (88)$$

6. Находят суммарный приток грунтовой воды к дренажной системе:

$$Q_{сумм} = Q_у + Q_{ч.с.} \quad . \qquad (89)$$

7. Находят площадь дренирования одной системой с учетом инфильтрационного питания

$$F = \frac{Q_{сумм}}{W} \quad , \qquad (90)$$

и радиус влияния системы

$$R = \sqrt{\frac{F}{\pi}} \quad , \qquad (91)$$

здесь W - инфильтрационное питание.

При расчетах следует учитывать, что при работе вертикального дренажа в условиях, когда каналы проходят в земляных руслах и оросительные системы имеют небольшой коэффициент полезного действия (порядка 0,50-0,70), инфильтрационное питание увеличивается на 15-25 % по сравнению с расчетным по уравнениям водного баланса.

8. Сопоставляют принятый в формуле (83) и найденный по формуле (91) радиусы влияния дренажной системы. Если они незначительно отличаются друг от друга, то расчет выполнен верно. При значительном расхождении увеличивают или уменьшают радиус влияния "большого колодца" и расчет повторяют.

9. Зная общую площадь, подлежащую дренированию, находят необходимое количество вертикальных дрен с сифонными усилителями.

3.8. Расчет систем мобильного дренажа

Расчет систем мобильного дренажа зависит от размещения вертикальных дрен. При линейном собирателе они располагаются в ряд, а при объемном - по кругу. Здесь следует иметь в виду, что расстояния между вертикальными дренами, как правило, известны. Следовательно, расчеты должны сводиться к определению расстояний между линейными собирателями (между рядами вертикальных дрен) или к расстоянию между объемными собирателями ("большими колодцами").

При линейном расположении вертикальных дрен расстояние между собирателями определяется по формуле:

$$b = \frac{(h_л - h)K \cdot e_{ск}}{0{,}366 \cdot q \cdot a \cdot lg\frac{a}{\pi d_{ск}}}, \qquad (93)$$

где $h_л = 0{,}8\frac{p_e}{\gamma}$; h – глубина залегания грунтовых вод в середине между собирателями.

В целях оптимальной промывки почв необходимо принимать $h \geq 1{,}5$ м. p – средняя величина вакуума в собирателе, МПа; γ – объемный вес воды.

При объемном собирателе вертикальные дрены располагаются по кругу определенного диаметра. Расчет их производится по формуле "большого колодца" (82).

3.9. Высота нависания грунтового потока при работе дренажных сооружений

При работе дренажных систем различного типа (горизонтальных или вертикальных) всегда наблюдается разрыв уровней воды в грунте около дрены и в дрене. Обычно этот разрыв называют высотой нависания, промежутком высачивания, участком выклинивания. В данной работе в дальнейшем будет использоваться термин "высота нависания" и индекс ее обозначения $H_в$.

До недавнего времени считалось, что кривые депрессии смыкаются с горизонтом воды в дрене, о высоте нависания ничего не было известно. Это обстоятельство, как показал В.В.Ведерников (1939), привело к ошибке И.Козени, который пришел к выводу, что максимальный дебит колодца будет при глубине воды в нем, равной половине мощности грунтового потока. Дальнейшие проверки показали, что максимум дебита будет наблюдаться при нулевой глубине воды в колодце. Было показано также, что между уровнями воды за стенками колодца и в самом колодце имеется разрыв, то есть образуется высота нависания грунтового потока. На существование высоты нависания в свое время указывали Е.А.Замарин, Н.Н.Павловский (1956),

Г.Н.Каменский (1943), М.Маскет (1949), Н.Кристеа (1961) и другие. Неизбежность образования высоты нависания впервые была теоретически обоснована в работе Б.Б.Девисона (1938), в которой решались вопросы движения грунтовых вод через перемычку. Детально разобрал и теоретически обосновал основные случаи наличия или отсутствия высоты нависания В.В.Ведерников.

Следует отметить разнообразное трактование исследователями физической закономерности появления высоты нависания при работе дренажных и водозаборных систем, а также перемычек, плотин и других гидротехнических сооружений. Эренбергер и некоторые другие исследователи объясняли образование высоты нависания следствием сопротивления фильтра. Г.Н.Каменский и Н.Н.Павловский считали, что здесь решающее значение имеет энергетический фактор, без которого не было бы движения воды к дренажным сооружениям. В.В.Ведерников объяснял наличие высоты нависания размерами дрен. При размерах больше "критических" он допускал отсутствие разности между уровнями воды в грунте и в дрене. М.Маскет пришел к выводу, что высота нависания должна иметь место во всех случаях во избежание бесконечной скорости в точке пересечения уровня воды со стенкой канала. Н.Кристеа наличие высоты нависания объяснял тем, что скорость вдоль свободных поверхностей не может быть больше величины коэффициента фильтрации и что свободная поверхность у дрены должна быть наклонена вниз.

Наши исследования (В.А.Калантаев, 1978) на моделях и в натурных условиях показали, что над уровнем воды в дренах всегда имеется слой грунтовой воды различной мощности. Высота этого слоя не может меняться при неизменных параметрах дрены и грунтового потока, так как кривая депрессии своим концом упирается... в урез воды в дрене. Этот парадоксальный вывод легко доказывается, если рассматривать наличие высоты нависания и работу дренажных систем несколько с иной, чем это принято, физической точки зрения.

Известно, что поверхность жидкости обладает некоторым количеством свободной поверхностной энергии, величина которой пропорциональна поверхности жидкости. Свободная энергия всегда стремится к наименьшему значению. Этому же закону подчиняется и поверхностная энергия жидкости, поэтому всякий объем жидкости в благоприятных условиях стремится принять форму шара, то есть тела с наименьшей по-

верхностью. Наглядным примером могут служить капля жидкости, подброшенная в воздух: она моментально приобретает форму шара.

При движении в пористой среде к стоку грунтовой поток под влиянием комплекса сил – поверхностного натяжения, трения и молекулярного взаимодействия частиц жидкости и грунта – также стремится принять форму шара. Это явление особенно проявляется непосредственно у дрены, где верхний слой грунтовых вод находится в состоянии "свободного падения" с малыми скоростями. Чем дальше от дрены, тем более деформируется и сплющивается форма шара под влиянием силы тяжести.

Образование шаровой поверхности особенно наглядно проявляется при работе вертикальных дрен: кривая депрессии в непосредственной близости от дрены приобретает форму окружности, а вертикальная стенка колодца становится касательной к дуге окружности.

Аналогичную картину можно наблюдать при движении жидкости через перемычки, к горизонтальным открытым дренам с откосами различной конфигурации и вообще к любому стоку. Во всех случаях вблизи стока свободная поверхность жидкости в пористой среде приобретает форму окружности, радиус которой зависит от параметров дрены и грунтового потока, а центр находится на горизонтальной прямой на одном уровне с водой в дрене. Нижний конец кривой депрессии "упирается" в урез воды в дрене, а вертикальная прямая, опущенная в точку этого уреза, является касательной к дуге окружности.

Таким образом, образование высоты нависания при работе гидротехнических сооружений есть следствие физической закономерности. Сформулируем эту закономерность следующим образом. При движении в пористой среде к стоку в условиях "свободного падения" грунтовой поток под влиянием комплекса сил поверхностного натяжения, трения и молекулярного взаимодействия частиц жидкости и грунта – уменьшает свою поверхность и вблизи стока стремится приобрести форму шара, а свободная поверхность жидкости – форму окружности.

Дуга окружности всегда больше стягивающей ее хорды. Однако можно подобрать хорду такой длины, что она почти полностью сольется с дугой окружности, то есть станет ее касательной. При этом нужно отметить, что чем больше радиус окружности, тем длиннее может быть такая хорда. Отмеченное обстоятельство объясняет, каза-

лось бы, необъяснимый парадокс, когда одновременно имеют место два взаимоисключающих фактора:

- кривая депрессия грунтового потока "упирается" в урез воды в дрене;
- над дреной образовалась высота нависания.

Наряду с этим следует иметь в виду, что при движении жидкости в пористой среде вертикально вниз возникает боковое растекание ее за счет неоднородности грунта по плотности и механическому составу. С учетом этого фактора величина высоты нависания становится еще большей.

Таким образом, математическая зависимость между хордой и дугой окружности, а также сформулированная выше закономерность движения жидкости в пористой среде могут быть использованы для определения высоты нависания грунтового потока при работе дрен и других гидротехнических сооружений.

Предположим, что форма кривой депрессии около дрены представляет собой дугу окружности радиуса R . Откосы дрены вертикальные и являются касательными к депрессионной кривой. Находим длину хорды, которая сливалась бы с дугой окружности. Пусть эта длина равна $\mathcal{L}$. Тогда высота нависания определится как половина хорды $\mathcal{L}$, то есть $H_0 = \frac{\mathcal{L}}{2}$ (рис.45).

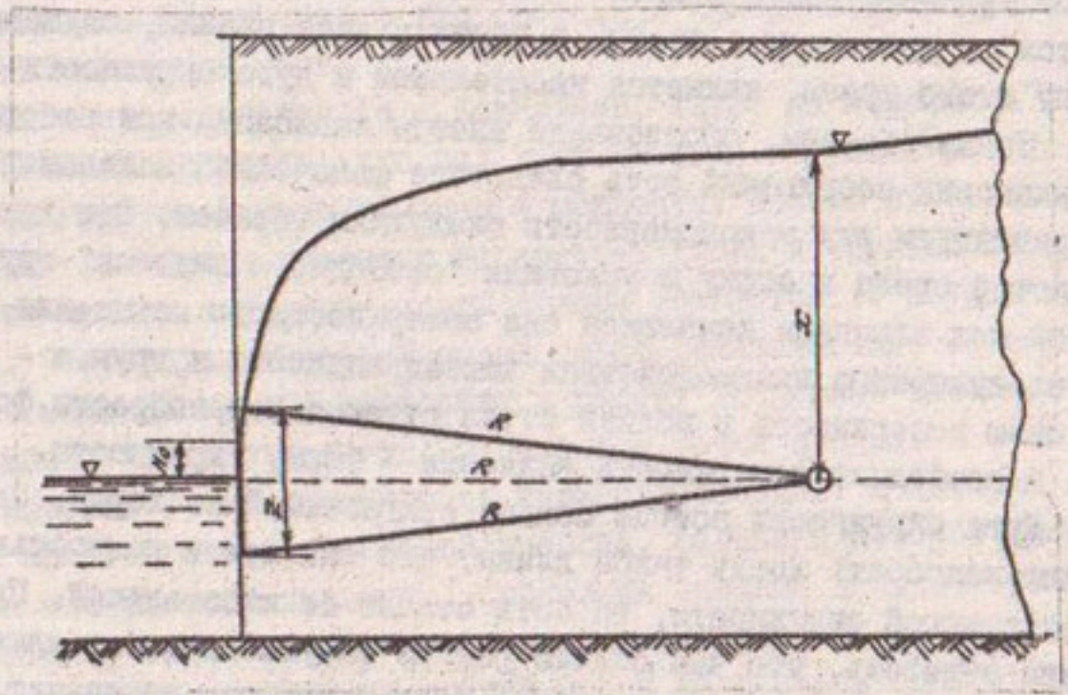


Рис.45. Схема для определения высоты нависания при работе дрены с вертикальными откосами.

В результате обобщения теоретических и экспериментальных решений получены некоторые данные, позволяющие установить зависимость искомого R от природных факторов. Радиус окружности зависит от величины действующего напора, притока воды к дренажной системе, коэффициента фильтрации грунтов, площади стока и активной скважности грунтов. Зависимость эта выражается формулой:

$$R = \frac{Q \cdot H}{\omega \cdot m \cdot k}, \qquad (94)$$

здесь Q – приток воды к системе, $м^2$/сут/м; H – действующий напор, м; ω – площадь стока, м; m – активная скважность (водоотдача грунтов) в долях единицы; K – коэффициент фильтрации, м/сут.

Все параметры, входящие в формулу, обычно бывают известны при проектировании того или иного сооружения. Некоторую сложность представляет определение площади стока, так как участок нависания, будучи неизвестной величиной, также является частью площади стока.

С учетом этого обстоятельства для каждого вида дрен площадь стока должна определяться по особому, "своему", уравнению. При этом за основу берется принцип равенства давления жидкости на стенки дрены по всему периметру водоприемной поверхности. Приведем пример расчета площади стока открытой совершенной горизонтальной дрены с прямыми откосами. В грубом приближении принимаем, что скоростной напор одинаков по всему периметру водоприемной поверхности. Гидростатическое давление столба жидкости будет равно нулю в точке сопряжения кривой депрессии со стенкой дрены и величине H_0 – от уровня воды в дрене до ее дна. Таким образом, площадь стока рассматриваемой дрены равна

$$\omega = H_0 + 2h, \qquad (95)$$

где h – глубина воды в дрене.

Аналогично найдем:

а) для горизонтальных открытых дрен с прямыми откосами при глубоком и промежуточном залегании водоупора:

$$\omega = H_0 + (2h + B), \qquad (96)$$

здесь B – ширина дна дрены;

б) для вертикальной дрены:

$$\omega = \pi D \left(h + \frac{H_0}{2}\right) \qquad (97)$$

где D – диаметр дрены.

С учетом приведенных выше зависимостей высоту нависания можно определить по формуле:

$$H_0 = \frac{2\pi R}{360 \cdot 2} \cdot n^0 , \qquad (98)$$

где n^0 – величина центрального угла в градусах, при котором можно считать, что хорда и дуга окружности сливаются в одну линию.

Для различных типов дрен формулы определения высоты нависания будут различными.

– для открытой дрены на водоупоре:

$$H_0 = \frac{\pi Q H}{\omega m k} \cdot \frac{n^0}{360}; \quad H_0 \cdot \omega = H_0 + 2h \cdot \qquad (99)$$

Тогда $$H_0 = \frac{\pi Q H}{(H_0 + 2h) \cdot m \cdot K} \frac{n^0}{360^0}$$

или

$$H_0 = -h \sqrt{h^2 + \frac{\pi Q H}{m k} \cdot \frac{n^0}{360^0}}; \qquad (100)$$

– для открытой дрены при промежуточном и глубоком залегании водоупора:

$$H_0 = \sqrt{(2h - \delta)^2 + \frac{\pi Q H}{m k} \cdot \frac{n^0}{360^0}} - 2h + \delta ; \qquad (101)$$

– для вертикальной дрены:

$$H_0 = \sqrt{4h^2 + \frac{Q H}{D m k} \cdot \frac{n^0}{180^0}} - 2h ; \qquad (102)$$

– для закрытой горизонтальной дрены круглого сечения при глубоком и промежуточном залегании водоупора:

а) работающей полным сечением:

$$H_0 = \frac{Q\,H}{D \cdot m \cdot k} - \frac{\alpha^\circ}{360^\circ}\ ; \qquad (103)$$

б) наполовину заполненную водой:

$$H_0 = \frac{Q\,H}{D \cdot m \cdot k} - \frac{\alpha^\circ}{270^\circ}\ . \qquad (104)$$

Сопоставление величин высоты нависания, полученных расчетным путем по формулам (100-104), с фактическими данными показали удовлетворительную сходимость.

4. ВНЕДРЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВО НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДРЕНАЖА

4.I. Внедрение вакуумных дренажных систем

Первые вакуумные системы вертикальных дрен в производственных условиях начали находить применение с I972 г. В колхозе "Ленинград" Чарджоуского района на площади 200 га были построены 3 вакуумные системы. В последующие годы вакуумные системы вертикальных дрен внедрялись в сельскохозяйственное производство в других районах Туркменской ССР.

В настоящее время вакуумный дренаж построен на площади более 700 га. Составлены проекты на его строительство на площади около I0,0 тыс.га.

Почвы производственных участков, на которых построен вакуумный дренаж, среднего и сильного засоления. Основная культура - хлопчатник. Одним из решающих условий выбора участков для внедрения вакуумных систем стало близкое залегание уровня минерализованных грунтовых вод, особенно во время проведения промывных поливов.

Почвогрунты дренированных вакуумным дренажем участков с поверхности и до глубины I,5-2,0 м в Чарджоуском оазисе представляют собой легкие суглинки с коэффициентом фильтрации до I,0 м/сут. Подстилаются мелкоземы песками, коэффициент фильтрации которых составляет I5 м/сут. Мощность песков - 20-25 м. Пески, в свою очередь, подстилаются глинами, под которыми находятся неогеновые отложения с небольшой водопроницаемостью.

Глухие собиратели вакуумных систем на участках внедрения выполнены из полиэтиленовых труб высокого давления с наружным диаметром I60 мм, а вертикальные дрены - из полиэтиленовых труб высокого и низкого давления с наружным диаметром 50 мм. Средняя глу-

бина заложения собирателей 1,8-2,0 м от поверхности земли, продольный уклон - 0,001. Длина собирателей назначалась в зависимости от конфигурации поливных участков и составляла от 400 до 1000 м. Длина каждой вертикальной дрены равна 6,0 м. Нижняя 3-метровая часть дрен была перфорирована и обтянута стальной сеткой галунного плетения. Общая скважность щелей составляла 3 % полной поверхности перфорированной части. Устья всех дрен впадают в открытые коллекторы. На устьях смонтированы задвижки (рис. 18 и 19).

Такая конструкция устьев дает возможность работать системе как самотеком, так и с принудительной откачкой воды. Выше показывалось, что насосы, предназначенные для эксплуатации вакуумного дренажа, должны быть передвижными. После завершения промывных поливов и перевода дренажной системы на самотечный режим работы насос должен быть использован на другом участке, где проводится или намечено проводить промывные поливы. Такой порядок работы, примененный в производственных условиях, обусловил снижение энергоемкости каждого дренированного гектара, дал возможность наиболее эффективно и рационально использовать насосное оборудование. Практика показала, что один насос при подобной эксплуатации в гидрогеологических условиях Чарджоуского оазиса может обслуживать 200-250 гектаров орошаемых земель.

После строительства вакуумных систем вертикальных дрен промывные поливы проводились в более сжатые сроки, эффективность рассоления почвогрунтов и грунтовых вод при этом повысилась в несколько раз (табл.35).

35. Скорость снижения грунтовых вод

Расстояние от дрены или от линии вертикальных дрен, м	Среднесуточная скорость понижения уровня грунтовых вод, см/сут	
	на фоне обычного дренажа (H=0,5 м)	на фоне вакуумной системы вертикальных дрен
1,5	4	200
8,0	3	50
50,0	2	40
100,0	1	20
200,0	0,5	12
500,0	-	2

Интенсивное понижение уровня грунтовых и инфильтрационных вод на фоне вакуумных систем вертикальных дрен обусловило, как уже показывалось выше, проведение промывных поливов в сжатые сроки, повышение плодородия орошаемых земель. Из табл.36 видно, что средняя засоленность почвогрунтов в 2-метровой толще до промывных поливов составляла 0,29 % по плотному остатку и 0,03 % по хлор-иону. После проведения промывного полива нормой 2960 $м^3$/га на фоне вакуумного дренажа засоленность уменьшилась до 0,19 % по плотному остатку и до 0,01 % по хлор-иону. Таким образом, из 2-метровой толщи почвогрунтов было вымыто и отведено дренажем по 11,8 т/га солей, в том числе самых токсичных - хлора по 2,4 т/га.

Вакуумная система вертикальных дрен при этом в режиме принудительной откачки работала 41 сутки и отвела с каждого гектара орошаемой площади по 1640 $м^3$ воды, что составляет 55 % промывной нормы. После понижения уровня грунтовых вод на глубину 1,5 м дренажная система была переведена на самотечный режим орошения.

Если рассматривать мелиоративную эффективность в многолетнем разрезе, то она выглядит следующим образом:

- в 1972 г. - год строительства вакуумных систем - мелиоративное состояние земель не отличалось благополучием; урожайность хлопчатника не превышала 22 ц/га. В настоящее время засоленность почвогрунтов составляет 0,17 %, а урожайность хлопчатника - 34,5 ц/га.

Такое значительное улучшение мелиоративного состояния земель было достигнуто за счет интенсификации работы дренажных систем. Для сравнения можно привести следующие данные. На фоне открытых коллекторов и дрен в Чарджоуском оазисе понадобилось 20 лет, чтобы урожайность основной культуры - хлопчатника - повысилась с 18 до 30 ц/га.

Среднегодовой прирост урожайности при этом составил 0,6 ц/га. На фоне вакуумного дренажа эта величина равна 1,35 ц/га, или в два с лишним раза больше. Приведенные примеры показывают, что строительство вакуумных дренажных систем отвечает наиболее экономичному направлению капитальных вложений и обусловливает значительное сокращение сроков окупаемости.

В условиях тяжелых грунтов вакуумная дренажная система проходила апробацию на Хаузханском массиве Туркменской ССР. Коэффици-

36. Диьамика засоленности почвогрунтов на участке вакуумного дренажа в колхозе "Ленинград" Чарджоуского района

Время отбора проб	Гори-зонт, см	Засоленность									
		по плот-ному остат-ку, %	HCO_3		Cl		SO_4		Mg	Ca	$Na+k$
			%	м./экв.	%	м./экв.	%	м./экв.	м./экв.	м./экв.	м./экв.
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
До промывки		0,450	0,06	0,9I	0,05	I,29	0,I9	3,99	0,88	2,06	3,25
После промывки нормой 2960 м³/га	0-20	0,077	0,04	0,57	0,02	0,47	0,07	I,49	0,49	0,68	I,36
До промывки	20-40	0,300	0,05	0,75	0,04	I,05	0,I2	2,49	0,58	I,I7	2,54
После промывки		0,I45	0,04	0,65	0,0I	0,28	0,05	0,99	0,I9	0,58	0,I5
До промывки	40-60	0,3I2	0,05	0,79	0,04	I,05	0,I2	2,49	0,49	I,27	2,57
После промывки		0,2I0	0,03	0,49	0,0I	0,28	0,07	I,44	0,I9	0,49	I,58
До промывки	60-80	0,245	0,04	0,67	0,03	0,86	0,I0	I,99	0,58	I,08	I,86
После промывки		0,2I2	0,03	0,55	0,0I	0,28	0,I0	I,99	0,39	0,49	I,96

Продолжение табл.36

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
До промывки	80-I00	0,305	0,04	0,67	0,02	0,67	0,I4	2,99	0,39	I,27	2,67
После промывки		0,232	0,03	0,53	0,0I	0,38	0,I0	I,99	0,I0	0,58	2,23
До промывки	I00-I20	0,235	0,04	0,65	0,03	0,86	0,I0	I,99	0,39	I,3I	I,79
После промывки		0,232	0,03	0,53	0,0I	0,38	0,I0	I,99	0,09	0,58	2,23
До промывки	I20-I40	0,3I5	0,04	0,65	0,03	0,86	I,44	2,99	0,49	I,27	2,79
После промывки		0,240	0,04	0,53	0,0I	0,38	0,I2	2,49	0,29	0,78	2,23
До промывки	I40-I60	0,235	0,04	0,67	0,03	0,58	0,I0	I,99	0,39	0,98	I,86
После промывки		0,I95	0,02	0,3I	0,0I	0,28	0,I0	I,99	0,49	I,27	I,86
До промывки	I60-I80	0,245	0,04	0,69	0,0I	0,28	0,I0	I,99	0,I0	0,78	I,99
После промывки		0,I65	0,02	0,35	0,0I	0,28	0,07	I,49	0,09	I,27	0,76
До промывки	I80-200	0,227	0,04	0,63	0,0I	0,28	0,I0	I,99	0,29	0,88	I,73
После промывки		0,I90	0,02	0,35	0,0I	0,28	0,I0	I,99	I,48	0,98	I,36

ент фильтрации опытного участка составляет 0,02-0,60 м/сут. Грунтовые воды находятся выше критического уровня, их минерализация находится в пределах 50-60 г/л. Здесь была построена одна вакуумная система длиной 200 м. Опытные откачки, проведенные в 1983 г., показали, что такая система может отводить 3,0-3,5 л/с, что в 3-4 раза больше по сравнению с обычным закрытым горизонтальным дренажем.

4.2. Внедрение системы "большой колодец"

Дренажные системы "большой колодец" в производственных условиях нашли применение в основном на территории поселков, тутовых плантаций, садов и виноградников, то есть там, где строительство любого дренажа горизонтального типа связано с определенными трудностями.

Имеющиеся дренажные системы подобного типа обслуживают 400 га. Техническая характеристика их такая же, как и на опытном участке, за исключением вертикальных дрен, длина которых составляет 8-10 м. Такая глубина дрен позволила создавать в системе вакуум большой величины и, следовательно, получать большой дебит. На рис.46 показана траншея кольцевого собирателя и вертикальные дрены, установленные способом гидроразмыва грунта.

Сварка кольцевого собирателя (рис.47) из труб диаметром 160 мм производилась при помощи станка УСП-2. Вертикальные дрены с собирателем соединялись в первых колодцах при помощи резиновых гофрированных шлангов. Как показал опыт, такое соединение сложно и трудоемко. Более подходящим оказались тройники, применяемые при строительстве вакуумных систем.

В дальнейшем при строительстве других колодцев применялся только этот способ, то есть соединение при помощи тройников. Герметизацию мест соединений осуществляли заливкой стыков узлов раствором цемента и песка при соотношении 1:4. Производственные откачки показали, что в целях получения наибольшего вакуума в системе насос необходимо устанавливать на возможно низкую отметку. Оптимальным следует считать такое расположение насоса, когда он стоит

на уровне заложения кольцевого собирателя. Учитывая, что этот уровень будет периодически находиться под водой, необходимо предусмотреть герметизацию площадки, на которой располагается насос.

Все дренажные системы "большой колодец" могут успешно применяться для мелиорации засоленных почв, ликвидации подтопления территорий поселков. Средний дебит колебался от 35 до 60 л/с, а площадь дренирования одним колодцем составляла 70-80 га. Так, например, один из колодцев (колхоз им.Ленина Чарджоуского района) был оборудован всем необходимым для определения радиуса влияния, площади дренирования, дебита, понижения уровня воды внутри круга, по которому расположены вертикальные дрены малого диаметра. После пуска этот колодец работал 60 суток (после промывных поливов нормой 5000 $м^3$/га). За этот период "большой колодец" отвел 265 400 $м^3$ воды, в которой содержалось 1049 т. солей, в том числе самых вредных - хлора - 225,5 т.

Следовательно, с каждого гектара дренированной площади отведено более чем по 3500 $м^3$ воды, что составляет 70 % промывной нормы.

Все это указывает на высокую мелиоративную эффективность дренажных систем подобного типа.

4.3. Внедрение в производство скважин вертикального дренажа с сифонными усилителями

В 1981 и 1982 гг. в колхозе им.Кирова Чарджоуского района были построены три скважины вертикального дренажа с сифонными усилителями. Они оборудованы насосно-силовым оборудованием расчетной мощности, КТП 6/04 кв мощностью 100 кВА подключена к 6-киловольтной линии, а на стороне 0,4 кв - кабелем к станции управления ШЭТ. Станция управления указанного типа осуществляет защиту электронасоса воздушным автоматом при коротком замыкании в случае технологических перегрузок, когда уровень воды в скважине понизится на "критическую" глубину.

В центральной скважине размещен насос ЭЦВ-375-30 с погружным электродвигателем. Подача воды таким насосом колеблется от 320 до 410 $м^3$/час при напоре соответственно 34 и 28 м.

Конструкция вертикальных дрен с сифонными усилителями, построенных для производственных целей (рис.48), состоит из следующих элементов: усилители I из полиэтиленовых труб диаметром 50-63 мм соединены с собирателем 2, который при помощи коллектора 3 соединяется с центральной скважиной 4. Длина каждого усилителя - 20 м. Нижняя часть трубы усилителя (I0 м) перфорирована щелевыми отверстиями и обтянута сеткой галунного плетения. Все коллекторы 3 объединены общим сливным концом сифона 5. Конструктивно сливной конец представляет собой полость, образованную стренером (диаметром 630 мм) и трубой меньшего диаметра (500 мм). помещенной в центральную скважину. Диаметры стренера и дополнительной трубы подбирались таким образом, чтобы были обеспечены оптимальная площадь сечения сливного конца и размещение погружного насоса марки ЭЦВ-375-30.

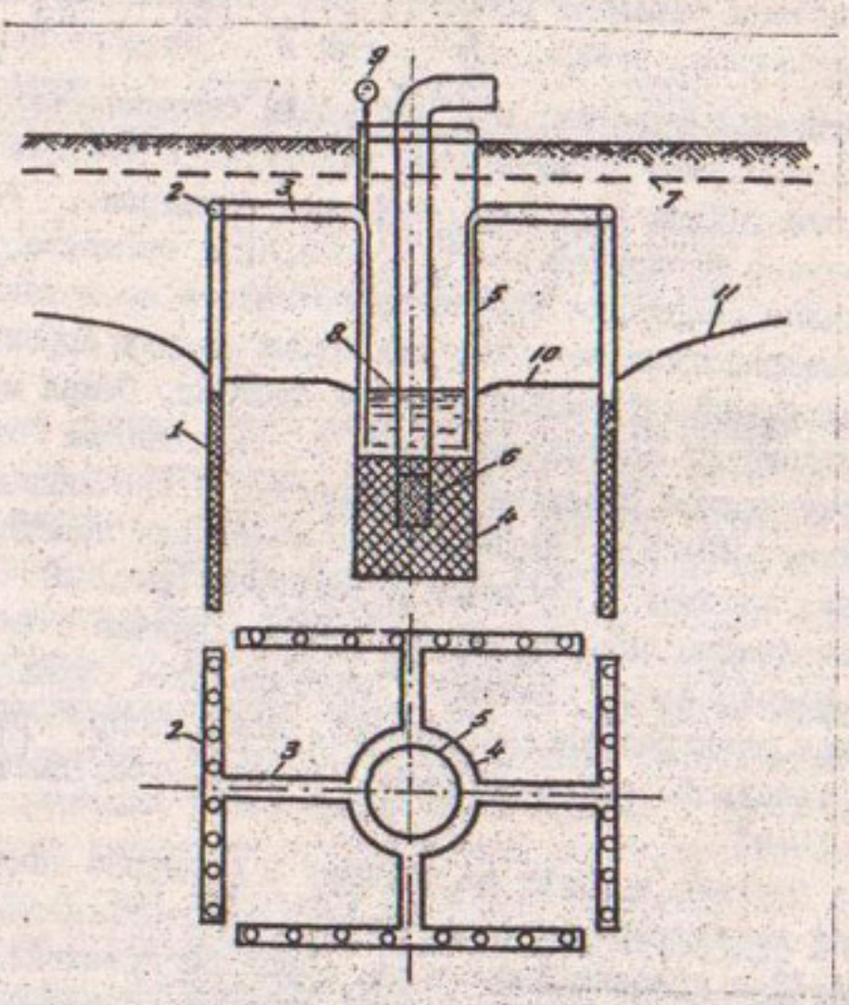


Рис.48. Конструкция вертикальной дрены с сифонными усилителями.

Стренер центральной скважины в нижней части на длине 5 м также имеет щелевую перфорацию, обтянутую сеткой галунного плетения.

При включении насоса 6 уровень воды в центральной скважине из положения 7 опускается в положение 8. В сливном конце сифонной системы 5 образуется разрежение, под влиянием которого вода через фильтры вертикальных усилителей поступает в центральную скважину, значительно увеличивая ее дебит. Вакуум в самой верхней точке сифонной линии показывает специальный вакуумметр 9. В грунте вокруг центральной скважины и вертикальных усилителей создается понижение уровня грунтовых вод. Депрессионные кривые принимают положение I0 с внешней и II с внутренней сторон квадрата, по которым расположены вертикальные усилители. Вся конструкция осушительной системы начинает работать как скважина вертикального дренажа с диаметром, равным $\frac{a}{\sqrt{\pi}}$, где a - сторона квадрата.

Производственный участок, где построены скважины вертикального дренажа с сифонными усилителями, находится в колхозе им.Кирова Чарджоуского района (среднее течение Амударьи). Геология участка идентична с геологией всего левобережья среднего течения реки. Четвертичные отложения Чарджоуского оазиса представлены средне- и разнозернистыми песками, покрытыми сверху агроирригационными наносами различного механического состава. Общая мощность четвертичных отложений составляет 20-30 м. Неогеновые отложения состоят из чередующихся прослоек глин, песков и песчаников. Мощность их достигает 20-25 м. Четвертичные отложения подстилаются глинами неогена, которые и являются водоупором (рис.49).

При строительстве скважин вертикального дренажа с сифонными усилителями использовалось следующее оборудование: буровой станок ФА-I2, дизельная электростанция (ДЭС-50), компрессор, транспортный трактор с тележкой, грязевый насос, насос С-245, цистерна для воды емкостью I0 $м^3$.

До начала бурения в грунт на глубину 6 м ударно-канатным способом забивался кондуктор. Бурение скважин осуществлялось роторным станком ФА-I2 с применением метода обратной промывки забоя чистой водой. В пробуренную скважину опускалась рабочая колонна вертикальной дрены, состоящая из глухой и перфорированной частей (рис.50).

При установке вертикальных усилителей был применен метод гид-

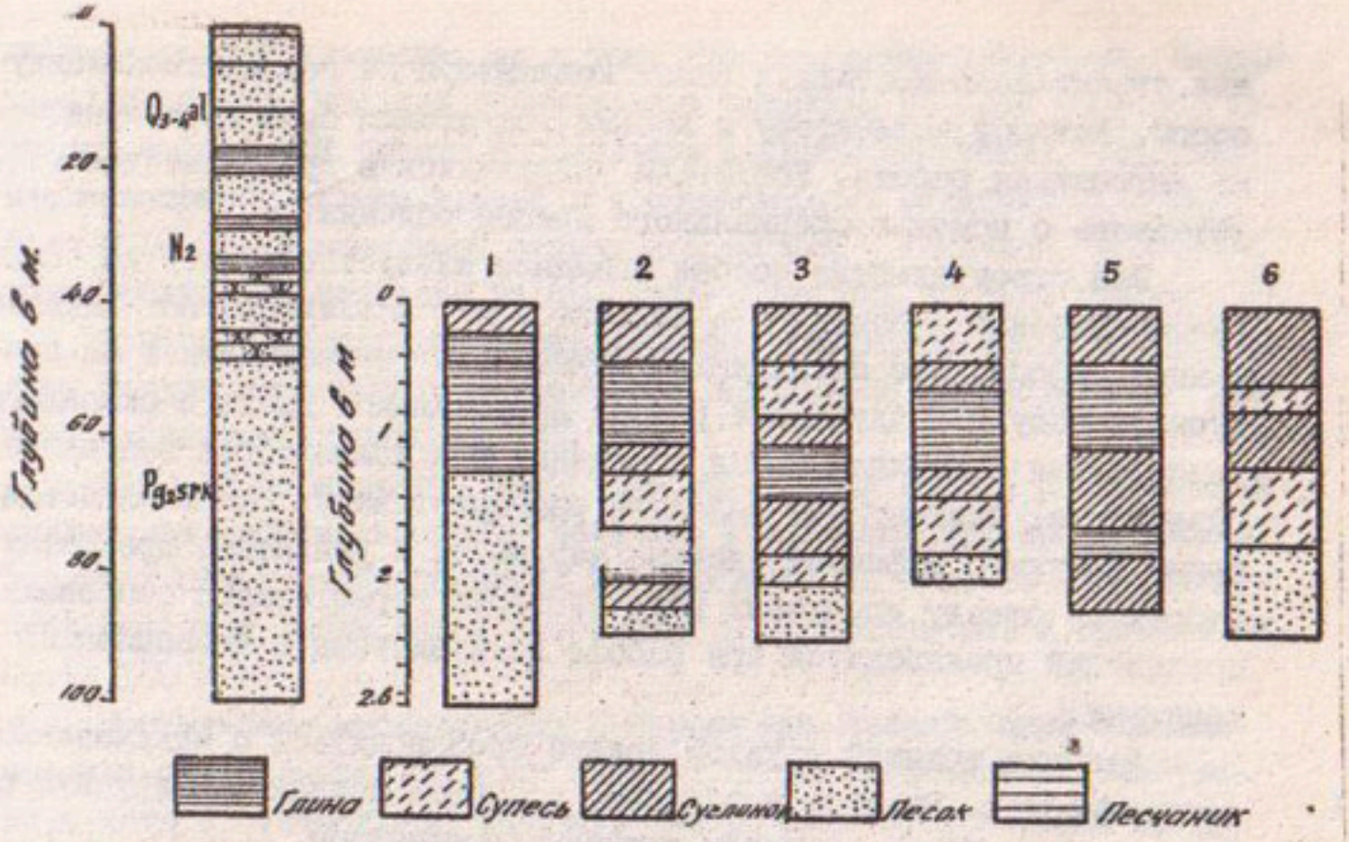


Рис.49. Геологический разрез производственного участка.

роразмыва грунта. Весь цикл работ по погружению усилителей и соединению с центральной скважиной (с общим сливным концом всех сифонов) включал отрывку траншеи на глубину 3,0-3,5 м. Траншеи располагались по контуру квадрата с периметром 40 м, центром которого была центральная скважина. В траншее каждой стороны квадрата устанавливалось по восемь вертикальных усилителей, изготовленных из полиэтиленовых труб диаметром 63 мм. Длина каждого усилителя 20 м. Фильтром усилителя служит нижняя десятиметровая перфорированная щелевыми отверстиями часть трубы. В целях предохранения фильтра от попадания частиц грунта перфорированная часть трубы защищена сеткой галунного плетения. Вертикальные усилители на дне траншеи соединялись с коллектором, который, в свою очередь, был соединен со сливным концом сифона (с центральной скважиной). С целью повышения надежности работы сифонных усилителей и упроще-

ния строительно-монтажных работ коллекторы не соединялись между собой. Каждому коллектору и всеми усилителям была предопределена автономная работа. Усилители погружались в грунт методом гидроразмыва с помощью специального приспособления.

При строительстве особое внимание следует обращать на стыковые соединения усилителей с коллектором и коллектора со сливным концом сифона. Все соединения должны быть герметичными и не пропускать воду и воздух. При работе вертикальной дрены с сифонными усилителями в верхней части последних и в коллекторах возникает разрежение, поэтому при малейшей разгерметизации стыковых соединений вакуум в сифонной системе нарушится и усилители прекратят работу по отводу грунтовых вод. Проверка герметизации стыковых соединений производится при работе всей системы в незасыпанных траншеях.

Засыпка траншей грунтом должна производиться с максимальной осторожностью. Вначале необходимо засыпать коллекторы вручную слоем грунта до 50 см, а затем применять механизмы.

При монтаже основной колонны вертикальной дрены учитывалось, что для самозарядки все сифонные линии, коллекторы и верхняя часть сливного конца должны быть ниже статического уровня грунтовых вод.

Одним из важнейших этапов строительства скважин вертикального дренажа является качественное формирование фильтра, что достигается проведением строительных откачек.

Известно, что в процессе формирования качественного фильтра происходит вынос мелких частиц и отложение крупных на его поверхности. Чем длительнее период строительных откачек, тем надежнее формируется фильтр. Однако проведение длительных откачек экономически нецелесообразно. Практика показала, что период проведения строительных откачек можно сократить за счет изменения дебита и доведения его до максимального в конце периода формирования фильтра.

Строительные откачки, как правило, проводят при помощи эрлифтных установок с компрессорами, не имеющими трущихся частей и не боящихся содержания взвесей в откачиваемой воде. При формировании фильтра вертикальной дрены с сифонными усилителями строительные откачки проводились обычным способом, с той только разницей, что за просадкой фильтра и грунта приходилось следить не только

на центральной скважине, но и там, где размещены усилители. Наблюдения показали, что при строительных откачках не было отмечено заметных деформаций грунта и появления воронок обрушения. Содержание взвешенных частиц в воде при строительных откачках не превышало 0,09 г/л в начальной стадии и 0,03 г/л в конечной, то есть сетка галунного плетения не пропускает крупные частицы грунта.

В период эксплуатации скважины вертикального дренажа с сифонными усилителями пуск электронасоса ЭЦВ-375-30 осуществлялся при помощи системы управления ШЭТ.

Табл.37 показывает, насколько эффективна работа усилителей в увеличении дебита скважины. Если без усилителей при прочих равных условиях отвод воды скважиной не превышает 18 л/с, то с подключением сифонной линии дебит возрастает в несколько раз и составляет более 100 л/с.

Проведенные исследования в первые дни эксплуатации скважин выявили ряд недостатков в их работе: после включения насоса уровень воды в центральной скважине быстро падает, усилители сразу же подключаются к работе и начинают перекачивать грунтовую воду из пористой среды в полость центральной скважины, к насосу. Вся система в целом перекачивает в сбросную сеть 100 и более литров воды в секунду. Вакуум в верхней части сифонной линии достигает величины 0,095 МПа. Понижение уровня воды в центральной скважине при этом составляет 9,5-10,0 метров. Известно, что при большой величине вакуума из воды постоянно выделяется растворенный в ней воздух и скапливается в верхней части трубопровода в виде воздушного "мешка" (Р.Р.Чугаев, 1971). Аналогичное явление наблюдается и при работе скважины вертикального дренажа с сифонными усилителями. В связи с этим через 40-50 мин. вакуум в сифонной линии снижался до 0,085 МПа, что обусловливало и уменьшение расхода скважины. В последующие 2 часа вакуум в сифоне оставался стабильным, однако затем вновь начинал падать и достигал величины 0,080 МПа. Понижение динамического уровня воды в скважине при этом составляло 12,0 м. Через 4 часа после пуска скважины вакуум в сифонной линии срывался, усилители прекращали свою работу и насос начинал отводить только тот объем воды, который поступал через фильтр центральной скважины. Вполне понятно, что такой режим работы дренажной системы не может являться приемлемым для мелиорации орошаемых земель.

37. Параметры скважины вертикального дренажа с сифонными усилителями при ее работе

Понижение динамического уровня воды, м	Величина вакуума в верхнем сечении сифона, МПа	Дебит скважины, л/с	Понижение уровня грунтовых вод на границе установки усилителей, м
9,85	0,095	I66	4,53
9,85	0,083	III	4,53
I0,45	0,082	I00	4,53
I0,00	0	I8	0,22
9,60	0,095	I00	5,53
I0,00	0,09I	I00	3,40
I0,00	0,088	I00	4,20
I0,00	0,086	I00	4,20
I0,00	0,086	нет замера	4,28
I0,00	0,085	III	4,60
9,95	0,095	98	3,32
I0,00	0,095	96	3,47
7,30	0	I8	0
I0,30	0	I6	0
I0,30	0	I8	0
9,55	0,093	II3	4,00
9,55	0,093	I00	4,00
9,55	0,082	I06	3,30
9,00	0,080	97	3,45

Дальнейшие исследования позволили выявить основные причины срыва вакуума в сифонной линии и наметить ряд мер по созданию условий для стабильной работы всего комплекса дренажной системы.

Основная причина срыва вакуума в сифонной линии – большая величина вакуума и обусловленное этим явлением интенсивное выделение растворенного в воде воздуха. На первом этапе работы сифона часть этого воздуха увлекалась потоком и выносилась насосом вместе с водой в водоприемник. Однако по мере работы дренажной системы уровень грунтовой воды и динамический горизонт в скважи-

не продолжали понижаться. Это вызывало увеличение вакуума в сифоне и повышение объема выделяемого из воды воздуха, который скапливался в верхней точке сифонной линии, перекрывая сечение трубопровода и уменьшая приток воды из усилителей. Дальнейшее скопление воздуха в полости сифона приводило к разрыву жидкости, срыву вакуума и выключению усилителей из работы.

Следует отметить, что выпуск воздуха из воздушного "мешка" через какой-либо клапан невозможен, так как давление в сифоне при его работе в любом случае продолжает оставаться меньше атмосферного. Следовательно, для уменьшения объема воздушного "мешка" необходимо отводить воздух при помощи каких-то специальных приспособлений. Наиболее известным, но далеко не лучшим является специальный вакуумный насос.

Нам представляется, что оптимальным средством отведения воздуха из полости сифона является водоструйный насос с использованием энергии воды в напорном трубопроводе. После изготовления и монтажа на напорном трубопроводе водоструйного насоса и подсоединения последнего к верхней точке сифонной линии скважина вертикального дренажа стала работать стабильно, без срыва вакуума (рис.51).

Максимальная величина вакуума, создаваемая водоструйным насосом, не превышает 0,07 МПа (П.Н.Каменев, 1975). Это обстоятельство обусловливает максимальный вакуум в сифонах дренажных систем. Он также не должен превышать 0,06-0,07 МПа. При такой величине вакуума расход системы был стабильным и составлял 75-80 л/с. Имеющийся створ наблюдательных скважин позволил определить радиус влияния дренажной системы. Он оказался равен 800 м. Таким образом, площадь дренирования при работе одной скважины вертикального дренажа с сифонными усилителями в условиях среднего течения реки Амударьи составляет 200 га, а модуль дренажного стока - 0,40 л/с/га (рис.52).

4.4. Испытание и внедрение в производство системы мобильного дренажа

Мобильные системы дренажа испытаны и внедрены в производство в среднем течении реки Амударьи в Чарджоуском и Дейнауском районах Туркменской ССР. Основная цель внедрения - не допускать вмыва

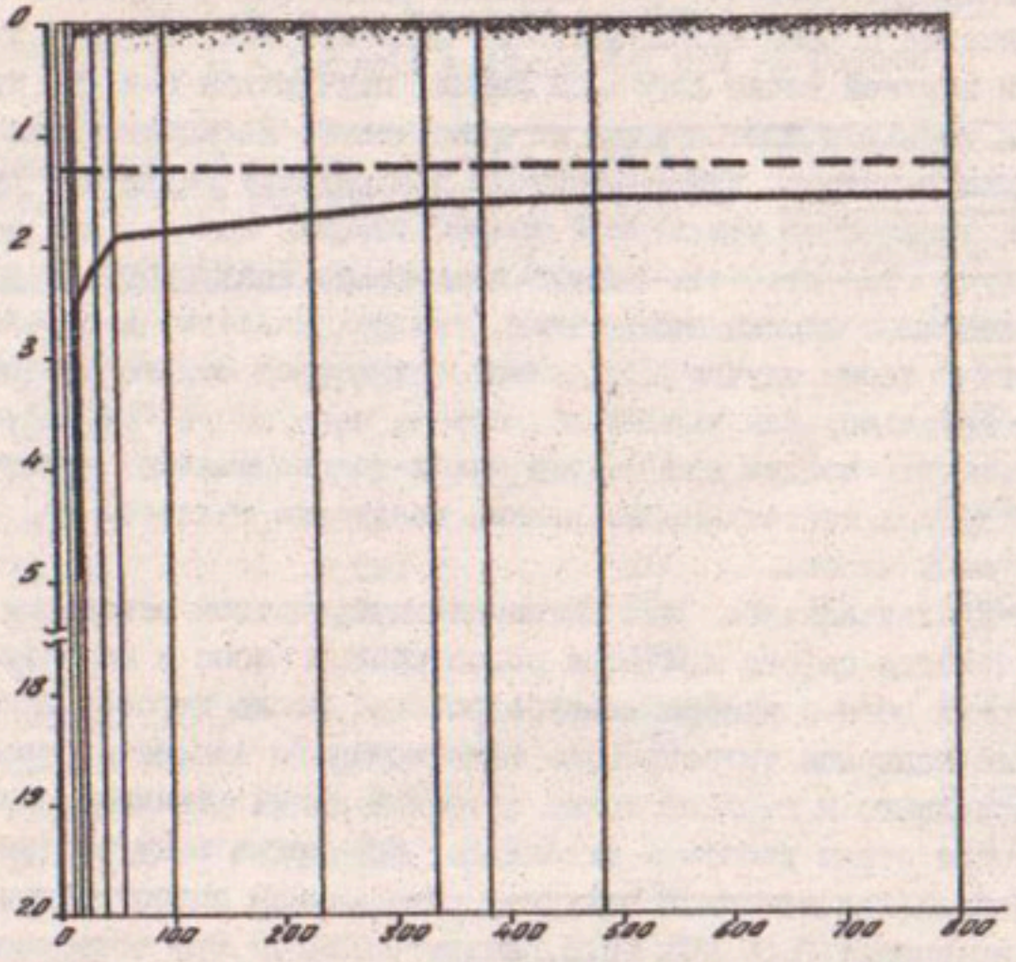


Рис.52. Радиус влияния скважины вертикального дренажа с сифонными усилителями.

солей в глубокие горизонты грунтовых вод при освоении новых сильнозасоленных земель.

Как показала практика, перед монтажем мобильного дренажа на участке нового освоения необходимо иметь следующие данные: план засоленных земель; геологические разрезы до глубины погружения вертикальных дрен с указанием коэффициента фильтрации слоев грунта и его осредненного значения; степень засоленности почвогрунтов в толще до уровня грунтовых вод и валовый запас солей в этой толще в пересчете на I га; степень минерализации грунтовых вод; расчетные значения минерализации дренажных вод во времени (с момента начала откачки и в конце ее); направление трасс отводящих каналов для приема и сброса дренажных вод при работе мобильных систем.

Грунты одного из производственных участков, на котором была смонтирована мобильная дренажная система, состояли из слоистых аллювиальных отложений, представленных средне- и мелкозернистыми песками. Толща песков достигает 25 м и подстилается глиной. Верхняя часть аллювия покрыта переслаивающимися суглинками и супесями, мощность которых достигает I,0-3,0 м. Коэффициент фильтрации верхнего слоя не превышает I,0-I,5 м/сут. Пески различной крупности имеют коэффициент фильтрации от 5,0 до 25,0 м/сут. (рис.53).

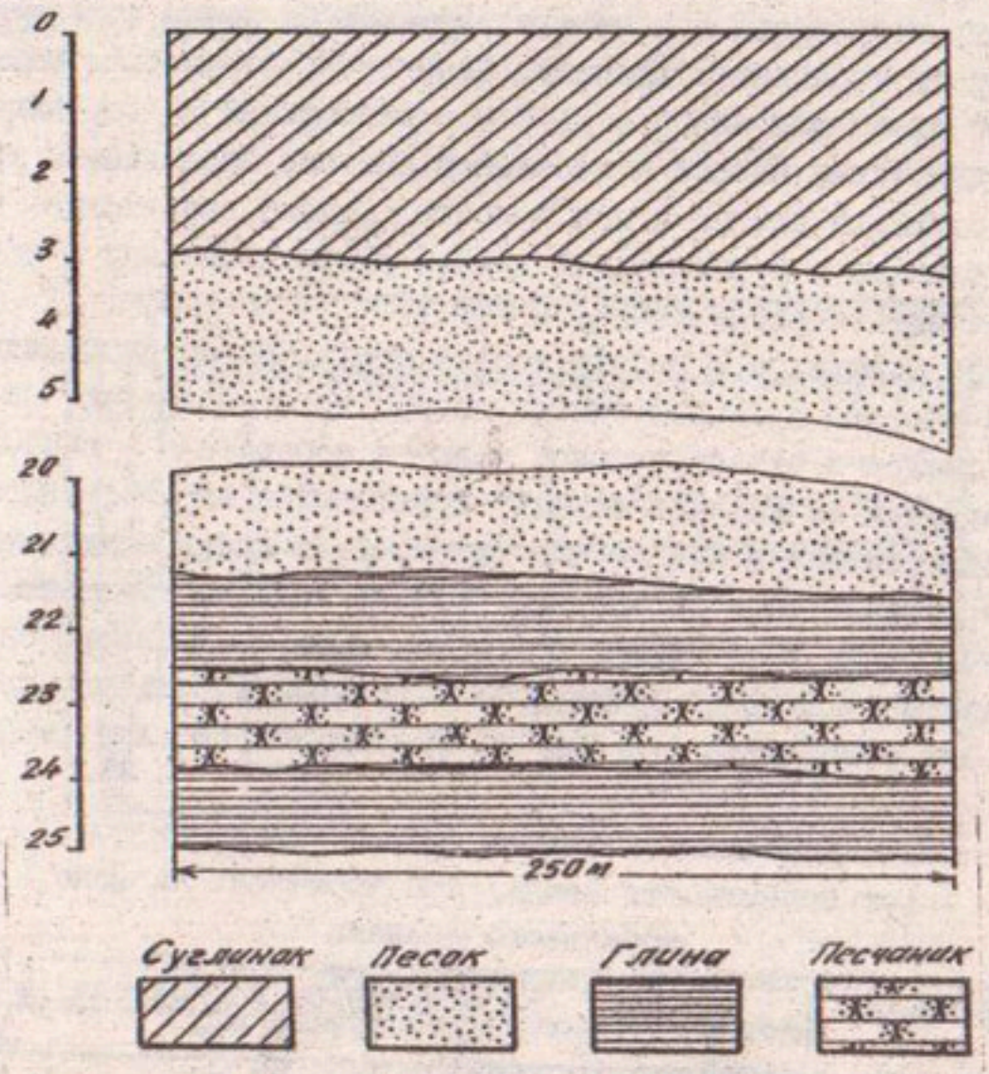


Рис.53. Геологический разрез производственного участка мобильного дренажа (Чарджоуский район).

При сборке системы мобильного дренажа на участке освоения новых земель выполнялись следующие работы: раскладывались и соединялись между собой трубы собирателя; определялись места заглубления вертикальных дрен; гидроразмыв дрен на проектную глубину; соединение дрен с собирателем; подключение самовсасывающего насоса; подготовка отводящей сети.

Практика работы с мобильными дренажными системами показала, что особое внимание нужно уделять погружению вертикальных дрен на проектную отметку. При этом должна соблюдаться строгая вертикальность их. При значительном отклонении от вертикальной оси дрены могут быть повреждены в момент извлечения их после завершения работы системы мобильного дренажа. Необходимо стремиться также, чтобы фильтр дрены находился в грунте с наибольшей водопроницаемостью После подключения насоса к мобильной системе промываемый участок, а через открытый клапан и вся полость дренажа заполнялись водой. Шаровые клапаны в вертикальных дренах удерживали воду и не давали ей просачиваться через фильтр в грунт.

Насос включался в работу только тогда, когда слой воды на промываемом участке превышал отметку верха труб собирателя на 5-10 см. За счет быстрого отвода пресной воды из собирателя в системе создавался вакуум и начиналась откачка грунтовой и инфильтрационной воды с растворенными в ней солями (рис.54). В целях получения оптимального рассолительного эффекта уровень воды на промываемом участке поддерживался постоянным, а откачка производилась круглосуточно. Для определения площади дренирования системы мобильного дренажа участок был оборудован створом наблюдательных скважин (табл.38).

38. Динамика залегания уровня грунтовых вод (от поверхности земли) при промывках на фоне мобильного дренажа

Дата замеров	Расстояние от собирателя, м			
	5	30	110	220
17.07.1979 г.	1,74	1,75	1,75	1,74
18.07	2,04	2,00	1,95	1,89
19.07	2,39	2,30	2,06	2,01
20.07	2,58	2,49	2,21	2,15
21.07	2,75	2,58	2,35	2,26
22.07	2,84	2,69	2,40	2,30
23.07	2,91	2,74	2,45	2,32

Как видно из табл.38 и рис.55, уровень грунтовых вод во времени не поднимался, а опускался все ниже и ниже, несмотря на подачу промывной воды. Это указывает на то, что модуль дренажного стока намного превосходил величину впитывания. Такое положение обусловило оптимальное рассоление почвогрунтов промываемого участка (табл.39 и рис.56). Засоленность 2-метрового слоя почвогрунтов уменьшилась с I,80 до 0,56.

Приведенные материалы показывают качественно новый подход к мелиорации засоленных земель. Применение мобильных дрен поможет ускорить процесс освоения новых земель, сократит мелиоративный период, повысит отдачу поливного гектара.

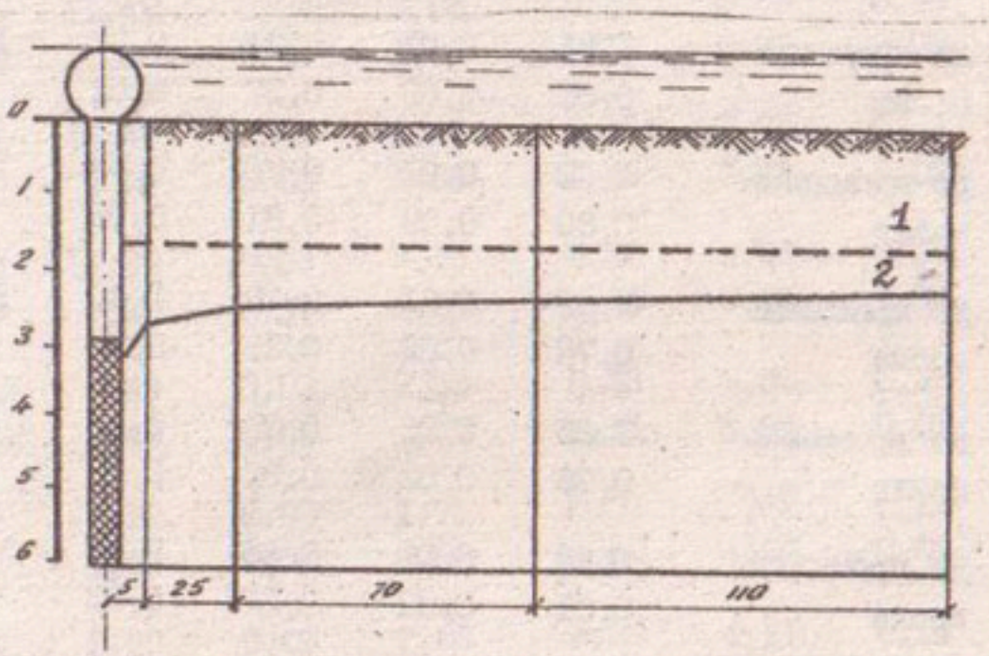


Рис.55. Динамика уровня грунтовых вод при проведении промывных поливов на фоне мобильного дренажа:

I - уровень грунтовых вод до промывки; 2 - то же через семь суток работы мобильного дренажа.

39. Динамика засоленности почвогрунтов мобильного

Горизонт	Время отбора проб	Засоленность, %				
		сухой остаток, %	HCO_3		Cl	
			%	м./экв.	%	м./экв.
0-20	до промывки	3,40	0,02	0,27	0,87	24,50
	после	0,I8	0,03	0,47	0,0I	0,38
20-40	до промывки	3,09	0,02	0,23	0,73	20,67
	после	0,34	0,02	0,37	0,02	0,67
40-60	до промывки	2,24	0,0I	0,2I	0,66	I8,47
	после	0,70	0,02	0,29	0,02	0,47
60-80	до промывки	I,84	0,0I	0,2I	0,37	I6,I6
	после	0,80	0,02	0,27	0,02	0,57
80-I00	до промывки	2,00	0,0I	0,20	0,52	I4,64
	после	0,80	0,02	0,3I	0,02	0,57
I00-I20	до промывки	I,6I	0,0I	0,20	0,40	II,I8
	после	0,78	0,02	0,29	0,02	0,67
I20-I40	до промывки	I,25	0,02	0,25	0,26	7,35
	после	0,76	0,02	0,3I	0,02	0,57
I40-I60	до промывки	0,89	0,02	0,35	0,2I	5,83
	после	0,6I	0,02	0,3I	0,02	0,57
I60-I80	до промывки	0,92	0,02	0,29	0,I7	4,87
	после	0,45	0,02	0,33	0,02	0,57
I80-200	до промывки	0,82	0,02	0,27	0,I5	4,3I
	после	0,I6	0,02	0,35	0,02	0,57

на промываемом участке на фоне дренажа

и мл/экв

SO_4		Mg		Ca		$Na + k$	
%	м./экв.	%	м./экв.	%	м./экв.	%	м./экв.
I,03	2I,48	0,05	4,0I	0,34	I6,75	0,59	25,49
0,07	I,49	0,0I	0,49	0,02	I,I7	0,02	0,68
I,03	2I,48	0,04	3,I3	0,3I	I5,58	0,54	23,67
0,I7	3,49	0,0I	0,58	0,07	3,43	0,0I	0,52
0,62	I2,99	0,03	2,35	0,I5	7,74	0,50	2I,58
0,43	8,99	0,0I	I,I7	0,I5	7,74	0,02	0,84
0,55	II,49	0,02	2,05	0,I2	5,88	0,46	I9,93
0,53	I0,99	0,02	I,96	0,I7	8,72	0,02	I,I5
0,65	I3,49	0,03	2,45	0,I5	7,74	0,42	I8,I4
0,43	8,99	0,02	I,66	0,I5	7,35	0,02	0,86
0,53	I0,99	0,03	2,45	0,I4	6,76	0,30	I3,I6
0,48	9,99	0,02	2,05	0,I4	7,I5	0,04	I,75
0,4I	8,49	0,03	2,35	0,I2	5,88	0,I8	7,86
0,36	7,49	0,02	I,37	0,I4	5,88	0,03	I,I2
0,24	4,99	0,02	I,76	0,07	[illegible],62	0,I3	5,79
0,3I	6,49	0,0I	0,68	0,09	4,50	0,05	2,I9
0,34	6,99	0,02	I,86	0,09	4,4I	0,I4	5,88
0,I7	3,49	0,0I	0,58	0,04	2,05	0,04	I,76
0,26	4,49	0,02	I,96	0,08	4,2I	0,I6	3,90
0,07	I,49	0,0I	0,29	0,03	I,47	0,0I	0,55

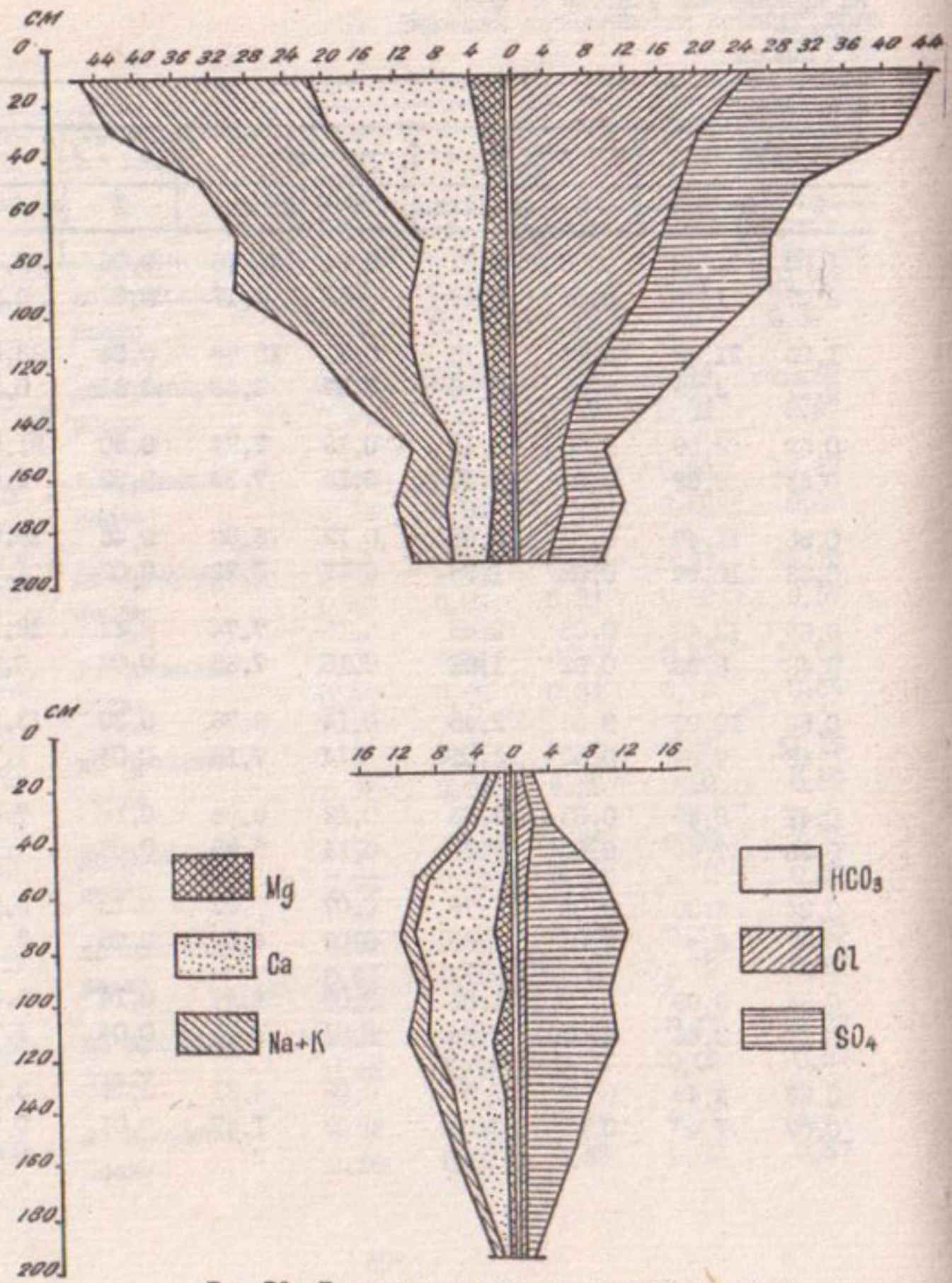


Рис.56. Динамика засоленности почвогрунтов на фоне мобильного дренажа.

5. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО УСЛОВИЯМ ПРИМЕНЕНИЯ ДРЕН НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

При районировании любого вида дренажа в аридной зоне необходимо исходить из комплекса его мелиоративной и экономической эффективности, способности повышать плодородие орошаемых земель при минимальных затратах на строительство и эксплуатацию.

Мелиоративная эффективность дренажных систем складывается из совокупности его влияния на режим и минерализацию грунтовых вод, солевой режим почвогрунтов, на плодородие почв.

Экономическая эффективность дренажа обусловливается приростом урожая сельскохозяйственных культур за счет улучшения мелиоративного состояния земель (косвенное влияние мелиоративных мероприятий), разработками новых конструкций различных видов дрен, технологии строительства, применения более совершенного оборудования и механизмов.

В комплексе районирование какого-либо региона по условиям применения дренажа различных видов должно базироваться на гидрогеологических, мелиоративных, хозяйственных и экономических показателях.

Гидрогеологические принципы достаточно полно охарактеризованы в работе Д.М.Каца (1976). К ним относятся: схема построения пласта; фильтрационные свойства грунтов; естественная дрешированность; наличие и интенсивность напорного питания грунтовых вод; минерализация и химический состав грунтовых вод.

Кац Д.М. выделяет следующие схемы строения пласта (рис.57):

- однослойная - когда однородные отложения залегают на водоупоре;
- двухслойная - когда слабопроницаемые покровные отложения подстилаются более проницаемыми породами;
- трехслойная - когда покровные отложения отделены от хорошо проницаемых разделенным слабопроницаемым слоем;

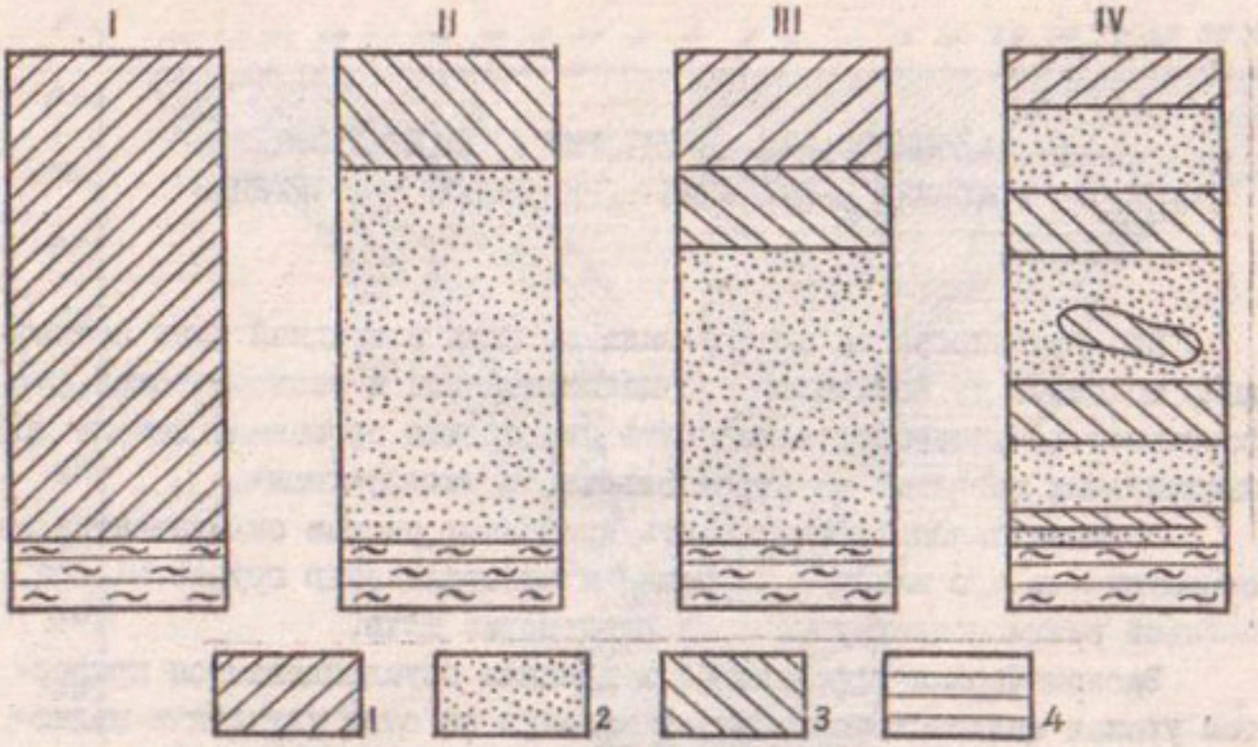


Рис.57. Схема строения пласта (по Кацу Д.М.): I - покровные отложения; 2 - песок, гравий, галечник; 3 - слабопроницаемый слой; 4 - водоупор.

- многослойная - когда имеет место многократное чередование хорошо- и слабопроницаемых пород. При этом слои пород могут быть как сплошными, так и прерывистыми (отдельными линзами).

В зависимости от наличия годового напорного питания грунтовых вод принято такое деление: слабое питание - до 1000 $м^3$/га; среднее питание - от 1000 до 2000 $м^3$/га; сильное и очень сильное питание - соответственно от 2000 до 3000 и более 3000 $м^3$/га.

Большое влияние на солевой баланс орошаемых земель оказывает степень минерализации напорных вод, поэтому данному вопросу должно быть уделено особое внимание.

По степени минерализации грунтовых вод выделяются пресные воды (минерализация до 1,0 г/л); слабой минерализации (от 1,0 до 3,0 г/л); средней минерализации (от 3,0 до 5,0 г/л); непригодные для орошения (минерализация более 5,0 г/л).

По типу засоления почвогрунтов орошаемые земли можно подразделить на хлоридный, сульфатно-хлоридный, сульфатно-содовый и хлоридно-содовый. Н.Г.Минашина (1978) показала, что при содово-хлоридном и содово-сульфатном засолении в почве содержится примерно столько же токсичных солей, как и при хлоридно-сульфатном засолении.

Кац Д.М. (1976) показал, что в зависимости от различного сочетания отдельных элементов, характеризующих природные условия, все орошаемые районы можно подразделить на четыре группы: сравнительно простые, средней сложности, сложные и весьма сложные. К сравнительно простым относятся земли с естественной интенсивной и слабой дренированностью при однослойном и двухслойном строении пласта. Нижние, водовмещающие грунты имеют водопроводимость от 200 до 500 $м^2$/сут и более.

В сравнительно простых условиях орошаемые земли или не нуждаются в искусственном дренаже, или нуждаются в основном только в целях борьбы с заболачиванием почв. В условиях средней сложности земли обладают естественной хорошей или слабой дренированностью. Мощность покровного слоя составляет 8-10 м, коэффициент фильтрации его - 0,5-1,0 м/сут., а водопроводимость подстилающей толщи превышает 500 $м^2$/сут. Дренаж необходим для борьбы с заболачиванием и засолением почв. Сложные условия характеризуются бессточностью или очень слабой дренированностью земель при различной схеме строения пласта (от однослойной до многослойной). Мощность покровных отложений различная - от 5-7 до 10-20 и более метров. Коэффициент фильтрации в основном не превышает 0,5 м/сут. Водопроницаемость подстилающей толщи колеблется от 100-200 до 200-500 $м^2$/сут. Дренаж в этих условиях необходим как средство борьбы с засолением и заболачиванием почв.

К весьма сложным условиям относятся земли, расположенные на предгорных аллювиально-пролювиальных равнинах, в зонах выклинивания подземных вод на конусах выноса, в районах со сложными геохимическими условиями. В основном это бессточные земли с однослойным и многослойным строением пласта. Покровные отложения характеризуются большой мощностью (10-20 м) и малым коэффициентом фильтрации (местами менее 0,1 м/сут). Водопроводимость подстилающей толщи меньше 100 $м^2$/сут. и только отдельными местами достигает

200 $м^2$/сут. Дренаж необходим для ликвидации заболачивания и засоления почв.

Природные и некоторые ирригационно-хозяйственные условия предопределяют тот мелиоративный режим, который нужно поддерживать в целях оптимального ведения земледелия в орошаемой зоне. Как известно, под мелиоративным режимом понимают оптимальное сочетание водного, воздушного, газового, солевого, пищевого и теплового режимов почвы.

При районировании гидромелиоративных мероприятий под мелиоративным режимом подразумевается изменение водно-воздушного и водно-солевого режимов почвы.

В настоящее время общепризнано четыре типа почвенно-мелиоративных режимов: автоморфный, полуавтоморфный, полугидроморфный и гидроморфний. Различаются они в основном глубиной залегания грунтовых вод, которая обусловливает водно-солевой режим почвогрунтов зоны аэрации.

При назначении мелиоративного режима следует учитывать все элементы мелиоративного комплекса в сочетании с природными условиями и такими мероприятиями, как техника полива, режим орошения, работа дренажа.

Например, при достаточно глубоком (до орошения) залегании уровня грунтовых вод (20 м и более), но при различной степени естественной дренированности может иметь место автоморфный или полуавтоморфний мелиоративные режимы. Первый (автоморфный) обусловлен отсутствием опасности подъема грунтовых вод при орошении, слабой их минерализацией (до 3 г/л) и хорошей проточностью.

При наличии минерализованных грунтовых вод, слабой естественной дренированности уровень грунтовых вод при орошении будет подниматься, что может привести к засолению почвогрунтов. В подобных условиях может найти применение как автоморфный, так и полуавтоморфный мелиоративные режимы. Однако, как показали исследования О.Камилова (1980), для сохранения автоморфного мелиоративного режима в подобных условиях довольно трудно поддерживать уровень грунтовых вод на нужной глубине (не менее 5 м от дневной поверхности).

Исследования показали, что только 25 % откачиваемой скважинами воды полезно влияют на понижение уровня грунтовых вод. Осталь-

ные 75 % приходились на долю воды, притекающей со стороны. Следует отметить, что почти аналогичные результаты получены нами в Туркменской ССР в колхозе "Туркменистан" Сакарского района. Все это показывает на непроизводительную переработку ирригационной воды в дренажную при попытке понизить уровень грунтовых вод для поддержания автоморфного режима. Видимо, в подобных условиях оптимальными могут быть полуавтоморфный и полугидроморфный мелиоративные режимы.

При неглубоком (I,5-2,0 м) залегании опресненных грунтовых вод в целях использования явления субирригации может быть применен (В.А.Ковда, I98I) гидроморфный мелиоративный режим.

Во всех случаях при назначении мелиоративного режима нужно исходить из экономного расходования воды во всех звеньях оросительной системы. Считается, что самым расточительным по расходу воды на единицу площади является гидроморфный режим, а самым экономным - автоморфный. Однако это положение следует признать бесспорным только для условий, когда автоморфный режим поддерживается самой природой, без искусственного дренажа. В остальных случаях нужен детальный анализ всех элементов водного баланса. Как уже показывалось выше, при автоморфном режиме испарение почвой достигает своего минимума, так как грунтовые воды находятся на большой глубине. Однако для поддержания такой глубины необходим интенсивно действующий дренаж, который должен отводить большие объемы воды.

Здесь большая роль должна быть отведена мероприятиям по уменьшению потерь воды на фильтрацию из оросительных каналов всех порядков, повышению коэффициента использования воды. Межхозяйственные и постоянные внутрихозяйственные каналы облицовываются антифильтрационной одеждой, более мелкая сеть проходит в лотках, трубопроводах. Непосредственно на полях применяется новая техника и технология полива: гибкие шланги, дождевальные машины, полив во встречном направлении и переменной струей, уплотнение ложа борозд и другие.

В конечном итоге (М.И.Каплинский и М.А.Сабитов, I98I) принятие того или иного мелиоративного режима в совокупности с гидрогеологическими критериями обусловливает выбор типа дренажа. Полуавтоморфный, полугидроморфный и гидроморфный мелиоративные режимы

могут осуществляться при любом типе дренажа. Выбор его зависит от множества факторов, в том числе и экономических.

В табл.40 приводятся гидрогеологические условия орошаемых районов (данные Д.М.Каца, 1976, дополненные показателями выбора оптимального типа дренажа новых конструкций).

40. Гидрогеологические условия орошаемых районов и выбор типа дренажа

Отложения покровного и подстилающего пластов, степень дренированности	Оптимальный тип дренажа новой конструкции
I	2
I. Горные склоны и предгорные равнины, сложенные коренными трещиноватыми породами, глубоко расчлененные предгорные равнины, верхние (древние) глубоко расчлененные аллювиальные террасы, привершинные части конусов выноса рек	Искусственный дренаж не нужен
2. Нижние и средние аллювиальные террасы. Покровные мелкоземы имеют мощность не более 4 м. Подстилаются хорошо проницаемыми грунтами. Обладают естественной дренированностью. При орошении нуждаются в искусственном дренаже	Вакуумный дренаж вертикальных дрен; скважины вертикального дренажа с сифонными усилителями; мобильный дренаж, дренажные системы "большой колодец"
3. Несовершенные конусы выноса рек, межадырные впадины. Покровный слой мощностью до 8-10 м. Подстилающие грунты с высокой водопроводимостью. Дренаж нужен для борьбы с заболачиванием	Вертикальный дренаж с сифонными усилителями, системы "большой колодец"
4. Верхние части субаэральных дельт, средние аллювиальные террасы. Покровный слой до 4-5 м. Водопроводимость подстилающих отложений слабая. Нуждаются в искусственном дренаже	Вакуумный дренаж Мобильный дренаж
5. Аллювиальные террасы со слабой степенью естественной дренированности. Покровный слой мощностью 8-10 м подстилается отложениями с достаточно высокой водопроницаемостью. Дренаж нужен для борьбы с заболачиванием	Вертикальный дренаж с сифонными усилителями системы "большой колодец"
6. Конусы выноса с интенсивной и слабой водной нагрузкой в зоне питания, со скрытым и ярко выраженным выклиниванием, вторичным погружением грунтовых вод. Земли слабо дренированы. Мощность	Вакуумный дренаж, вертикальные скважины с сифонными усилителями

I	2
покровного слоя до I5-20 м. Подстилающие грунты имеют удовлетворительную водопроводимость. Дренаж нужен для ликвидации как заболачивания, так и засоления	
7. Субаэральные дельты, аллювиальные террасы различного возраста и состава отложений. Земли слабо дренированы. Мощность покровного слоя до 8-I0 м. Подстилающие грунты имеют хорошую водопроводимость. Искусственный дренаж нужен для борьбы с засолением и заболачиванием	Вакуумный дренаж, вертикальные скважины с сифонными усилителями, мобильный дренаж
8. Аллювиальные бессточные террасы, водораздельные массивы. Покровный слой имеет мощность от I0 до I5 м. Водопроводимость подстилающих грунтов низкая. Дренаж нужен для борьбы с засолением и заболачиванием	Мобильный дренаж
9. Денудационно-аккумулятивные равнины, сложенные глинистыми отложениями при однослойном строении пласта	"
I0. Приморские низменности с мощностью покровного слоя до I0 м и низкой водопроводимостью подстилающих грунтов	"
II. Древние и современные приморские дельтовые равнины. Земли бессточные. Мощность покровного слоя 5-7 м. Водопроводимость подстилающего грунта - от слабой до хорошей. Дренаж необходим для борьбы с заболачиванием и засолением	Вакуумный дренаж. Скважины с сифонными усилителями. Дренажные системы "большой колодец", мобильный дренаж
I2. Средние, весьма слабо дренированные аллювиальные террасы. Покровный слой имеет мощность до 4 м. Подстилающие грунты имеют хорошую водопроницаемость. Дренаж необходим для борьбы с засолением и заболачиванием почв.	"

При определении оптимального типа дренажа для тех или иных орошаемых районов следует учитывать все разнообразие гидрогеологических и других природных условий. Основное, на что нужно при этом обратить особое внимание - рассоление почвогрунтов зоны аэрации в сравнительно короткие сроки, сокращение мелиоративного периода, повышение отдачи вновь освоенных земель.

Все предлагаемые новые конструкции дренажных систем в какой-то степени обладают свойствами, присущими вертикальному дренажу. Это и вакуумные системы вертикальных дрен, и системы "большой колодец", и скважины вертикального дренажа с сифонными усилителями, и мобильный дренаж. Однако здесь должны также учитываться и такие факторы, как работа самотеком и при помощи принудительной откачки. Известно, что вакуумный дренаж принудительно работает в основном 2-3 месяца в год, а остальное время - самотеком. Мобильный дренаж, являясь дополнением к основному, ускоряет процессы рассоления зоны аэрации, не допускает увеличения минерализации грунтовых вод.

Новые конструкции вертикального дренажа отличаются относительно небольшим заглублением и диаметром, значительно превосходящим по своей величине существующие в настоящее время. Это обусловливает ряд важнейших показателей, которые выгодно отличают новые конструкции: они отводят грунтовые воды с меньшей глубины и, следовательно, оказывают прямое и ускоренное воздействие на мелиорацию зоны аэрации и верхних слоев грунтовых вод, которые после определенного опреснения могут быть использованы для промывок и полива сельскохозяйственных культур; новые дренажные системы снижают требования к фильтрационным свойствам и водопроводимости грунтов, так как при большом диаметре они обладают повышенной водозахватной способностью.

Приведенные примеры показывают, что выбор оптимального для каких-либо конкретных природных и хозяйственных условий орошаемого района типа дренажа должен быть уточнен путем сравнения различных вариантов, то есть должно быть проведено технико-экономическое обоснование выбора типа дренажа. При этом следует руководствоваться инструкциями, утвержденными Госстроем СССР и Минводхозом СССР в 1972, 1973 и 1979 гг.

Учитывая, что дренаж является элементом мелиоративного комплекса, применение его должно предусматривать максимальное использование поверхностных и подземных водных ресурсов, оптимальный режим орошения и технику полива.

Одним из показателей сравнительной экономической эффективности капитальных вложений являются приведенные затраты, складывающиеся из себестоимости и капитальных вложений, приведенных к одинаковой размерности. Показатель этот выражается формулой $Ci + En \cdot Ki = min$, то есть предпочтение при прочих равных условиях от-

дается тому варианту, приведенные затраты на осуществление которого являются минимальными.

Здесь Ci – текущие затраты (себестоимость) по i -му варианту сочетания режима орошения, техники полива и дренажа; Ki – капитальные вложения; $E_н$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Исходя из приведенных условий гидрогеологического, мелиоративного и экономического порядка, наметим в первом приближении районы, в которых могут найти применение новые конструкции дренажных систем.

Вакуумный дренаж прошел широкую проверку в условиях двухслойных грунтов, когда верхний, наиболее тяжелый слой мелкоземов подстилается легкими грунтами с повышенной водопроводимостью.

Орошаемых земель с такими условиями только в Туркменской ССР насчитывается около 600,0 тыс.га, в том числе в дельте р.Амударьи (Ташаузский оазис) около 200,0 тыс.га и в среднем течении р.Амударьи (Чарджоуский оазис) – около 200,0 тыс.га. Имеются подобные массивы и в других Среднеазиатских республиках, а также в Казахстане и Азербайджане: в Узбекской ССР (Бухарская, Хорезмская, частично Самаркандская и Ферганская области) – около 500,0 тыс.га; в Таджикской ССР (Вахшская долина, Яванская долина, Ленинабадская область) – около 100,0 тыс.га; в Киргизской ССР (Чуйская, Ферганская, Таласская долины, Иссык-Кульская котловина) – около 200,0 тыс.га; в Азербайджане (Кура-Араксинская низменность) – около 100,0 тыс.га; в Казахской ССР (Чимкентская, Джамбульская, Кзыл-Ординская, Алма-Атинская области) – около 150,0 тыс.га.

Всего земель с благоприятными условиями для строительства и эксплуатации вакуумного дренажа в аридной зоне насчитывается около 1450,0 тыс.га, а в зоне орошения всех союзных республик – около 2000,0 тыс.га.

В последнее время все больше внимания уделяется освоению и использованию орошаемых площадей с тяжелыми по механическому составу почвогрунтами. Основное затруднение при освоении – слабая водоотдача грунта.

Здесь необходима интенсификация работы дренажа разными методами, в том числе и вакуумированием его. Имеющиеся опыты примене-

ния вакуума в условиях тяжелых грунтов показали большую эффективность этого приема. Однако в подобных условиях нужны дополнительные исследования.

Применение дренажных систем "большой колодец" и вертикальных дрен с сифонными усилителями, как показали исследования, обладают повышенной водозахватной способностью и могут применяться в условиях мелкоземов со значительной мощностью.

Мобильный дренаж по своему назначению (не допускать вмыва солей в грунтовые воды при проведении промывных поливов) предопределяет условия, в которых он может применяться: сильно- и среднезасоленные массивы земель, нуждающиеся в промывных поливах. Такие земли занимают еще большие площади в орошаемой зоне Среднеазиатских республик, Казахстане, Азербайджанской ССР, в Заволжье, на Украине.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДРЕНАЖА

Основная задача, которую выполняет мелиорация в аридной зоне - качественное улучшение орошаемых земель, вовлечение в сельхозоборот новых массивов. В целях повышения отдачи поливного гектара необходим целый ряд различных мелиоративных мероприятий. Важнейшее из них - освобождение почвогрунтов от вредных для сельскохозяйственных растений солей. Эту работу, как известно, нельзя выполнить без строительства коллекторно-дренажной сети. Исследования и опыт орошаемого земледелия показали, что там, где сток дренажных вод составляет 50 и более процентов от расчетного, плодородие земель и их отдача в виде сельскохозяйственной продукции повышается. Следовательно, в целях ускорения процессов рассоления орошаемых массивов необходимо не только форсировать строительство коллекторно-дренажной сети, но и повышать интенсивность ее действия.

Основная задача при проведении мероприятий по интенсификации дренажа заключается в ускорении повышения плодородия почв, увеличении урожайности сельскохозяйственный культур. Таким образом, чем выше интенсивность работы дренажа, тем быстрее наступит окупаемость вложенных в мелиорацию капитальных вложений. При этом необходимо интенсифицировать работу дренажной сети любого типа, начиная с открытых коллекторов. Исследования и передовой опыт показали, что при строительстве КДС, отвечающей расчетному отводу грунтовых вод, рассоление почвогрунтов происходит через 3-5 лет. При этом опресняющему воздействию подвергается и верхний слой грунтовых вод, что является надежной гарантией против реставрации вторичного засоления.

Индикатором плодородия почв в аридной зоне служит урожайность сельскохозяйственных культур. Например, хлопчатник на землях с различной степенью засоления почвогрунтов может иметь следующую (максимальную) урожайность:

- при сильной степени засоления - 5-8 ц/га;
- при средней " " - 20 ц/га;
- при слабой " " - 30 ц/га;
- на незасоленных землях - 50 ц/га и более.

Данные зависимости урожайности хлопчатника от степени засоления почв достаточно ярко демонстрируют, какую большую роль в повышении отдачи поливного гектара имеет мелиорация вообще и интенсификация дренажа в частности. Стоимость мероприятий по интенсификации дренажа различная в зависимости от вида дренажных систем (табл.41).

При расчете экономической эффективности наряду с другими нужно учитывать и то обстоятельство, что мероприятия по интенсификации дренажа не только повышают плодородие почв, они в значительной степени снижают эксплуатационные затраты на содержание дренажа. Имеющийся опыт интенсификации дренажа показывает на большие изменения в мелиорации земель там,где были проведены эти работы.

Например, мероприятия по борьбе с оплыванием откосов открытых коллекторов создают условия для улучшения их работы, а в целом - для улучшения работы всей дренажной сети,подвешенной к данному коллектору. Это, в конечном итоге, коренным образом меняет мелиоративную обстановку дренируемых орошаемых земель. Урожайность сельскохозяйственных культур при этом повышается в 2-3 раза. Аналогичную картину можно наблюдать после прочистки закрытых горизонтальных дрен от заиления, замены открытых дрен на закрытый или вертикальный дренаж.

Так, например, в колхозе им.Ильича Чарджоуского района Туркменской ССР (В.А.Калантаев, О.Д.Базарова,1967) на одном из участков функционировали открытые коллекторы и дрены. Небольшая глубина их, частые обрушения откосов и выпор дна обусловливали незначительный модуль дренажного стока. Пахотный горизонт орошаемых земель после промывки временно освобождался от солей. Однако уже в середине вегетации наблюдалась реставрация засоления за счет близкого залегания к поверхности сильноминерализованных грунтовых вод. Урожайность хлопчатника на данном участке не превышала 12 ц/га.

После замены открытых дрен на закрытые и строительства отво-

41. Повышение отдачи поливного гектара после проведенных мероприятий по интенсификации работы дренажа

Тип дренажа и методы его интенсификации	Мелиоративная эффективность дренажа (по модулю стока, л/с/га)		Затраты на мероприятия по интенсификации, р. /га	Дополнительный чистый доход, получаемый за счет интенсификации дренажа, р. /га	Коэффициент экономической эффективности по чистому доходу	Срок окупаемости, лет
	до интенсификации	после нее				
I	2	3	4	5	6	7
I. Открытый дренаж						
Борьба с оплыванием откосов при помощи инженерных мероприятий	0,10-0,15	0,25-0,30	200	75	0,38	2,7
То же при помощи биологических средств (уничтожение растительности в воде рыбой-мелиоратором, закрепление грунта откосов корневищами растений)	0,10-0,15	0,25-0,30	50	75	1,50	0,7
Строительство усилителей плюс биологические мероприятия по борьбе с оплыванием откосов	0,10-0,15	0,30-0,40	100	100	1,00	1,0
Замена открытой дренажной сети на закрытую	0,10-0,15	0,25-0,30	500	250	0,50	2,0
То же, с усилителями	0,10-0,15	0,30-0,40	700	360	0,51	1,9

Продолжение табл.4I

I	2	3	4	5	6	7
Замена открытой сети на вертикальный дренаж	0,I0-0,I5	0,33-0,47	400	I80	0,45	2,2
II. Закрытый дренаж						
Промывка дрен от заиления	0,05-0,I0	0,20-0,30	I5	I50	I0,00	0,I
Ремонтные работы, включая ремонт смотровых колодцев	0,05-0,I0	0,20-0,30	I5	I50	I0,00	0,I
Строительство усилителей	0,20-0,30	0,30-0,40	200	50	0,25	4,0
III. Новые типы дренажа с повышенной водозахватной способностью						
Вакуумный дренаж	-	0,40-0,50	I60	280	I,75	0,6
Системы "большой колодец"	-	0,40-0,50	250	I50	0,60	I,7
Скважины вертикального дренажа с сифонными усилителями	-	0,40-0,50	I00	I50	I,50	0,7
Мобильный дренаж	-	0,25-0,35	75	I00	I,33	0,8

дящего коллектора из труб диаметром 500 мм модуль дренажного стока дренируемых земель возрос в 3-4 раза. Мелиоративная обстановка на орошаемых землях коренным образом изменилась. Засоленность почвогрунтов в 2-метровой толще через 5 лет после строительства дренажа достигла оптимальной для растений величины. Еще через 2 года был опреснен верхний слой грунтовой воды. Первоначально это была небольшая прослойка (от 10 до 30 см), однако с годами толща опресненных грунтовых вод наращивалась и через 10 лет после строительства закрытого дренажа уже составляла 2-3 метра. Появление пресной подушки грунтовых вод надежно предохраняло орошаемые земли от вторичного засоления. Урожайность хлопчатника повысилась до 30-35 ц/га. Таким образом, несмотря на относительно большие удельные капиталовложения (до 700 руб/га), была достигнута быстрая окупаемость их за счет интенсификации дренирования орошаемых земель.

Аналогичное явление наблюдалось и в колхозе "Туркменистан" Сакарского района Туркменской ССР, где взамен открытой коллекторно-дренажной сети были построены скважины вертикального дренажа. Открытый горизонтальный дренаж и коллекторы не обеспечивали здесь проектный модуль стока дренажных вод. Засоленность почвогрунтов на отдельных участках была в пределах от 0,68 (поливные участки) до 3,00 % (перелоги) веса сухой почвы. После строительства скважин вертикального дренажа модуль стока дренированной территории повысился до 0,33-0,47 л/с/га. Засоленность почвогрунтов значительно снизилась и стала составлять 0,20-0,40 % по плотному остатку и до 0,01 % по хлор-иону. Урожайность ведущей культуры - хлопчатника - повысилась с 14-20 ц/га в 1961 г. до 28-35 ц/га спустя 5-7 лет после строительства вертикального дренажа. Приведенные данные свидетельствуют о большой роли, которую играет интенсификация дренажных систем в повышении отдачи поливного гектара.

В качестве примера интенсификации дренажа можно привести еще раз открытые коллекторы. Известно, что их русла часто зарастают сорной растительностью. Единственно надежным способом очистки коллекторов от зарастания до недавнего времени считался механический. Однако при таком способе вместе с растительностью удаляется и грунт, ширина дренажных каналов постоянно увеличивается, откосы

приобретают еще большую неустойчивость. Последние годы для очистки открытых коллекторов от зарастания стали применять биологический метод. Рыба-мелиоратор (белый амур и толстолобик) запускается в коллекторы, где она уничтожает растительность, находящуюся под водой. Откосы остаются заросшими, корневая система растений армирует их, придает им устойчивость. В целом вся система становится надежной в работе, способствует повышению эффективности орошаемого земледелия.

При эксплуатации закрытых горизонтальных дрен происходит постепенное, но нарастающее во времени уменьшение их удельной протяженности за счет выхода из строя отдельных дренажных линий. Причины этого явления различные: сказывается влияние некачественного строительства, неудовлетворительной службы эксплуатации. По данным В.А.Духовного (1979), в первые два года после строительства выходит из строя 7 % дрен, а в последующие годы - около 5 %. Исследования, проведенные ТуркменНИИГиМ, показали, что примерно таков же выход из строя закрытых дрен и в Туркменской ССР. При недостаточной (из-за выхода из строя дрен) удельной протяженности дренажа мелиорация орошаемых земель протекает медленно, отдача поливного гектара ухудшается. Прочистка закрытых дрен от заиления, восстановление поврежденных участков дают возможность сохранять стабильность работы дрен, сохранять достигнутый мелиоративный эффект на дренированных землях. Это также относится к интенсификации дренажа, служит повышению плодородия почв.

Интенсификация горизонтального дренажа может быть достигнута при помощи строительства скважин-усилителей. Примером служат орошаемые массивы в Ташаузской области Туркменской ССР, в зоне Каршинского канала Узбекистана, в других республиках Средней Азии. Строительство скважин-усилителей на откосах открытых дрен и коллекторов, а также в комплексе с закрытыми дренами позволило в значительной степени ускорить процесс опреснения почв и грунтовых вод, интенсифицировать дренирование земель.

Вакуумный дренаж, мобильные системы дренажа, вертикальные дрены с сифонными усилителями, системы "большой колодец" обладают повышенной водозахватной способностью. Их применение дает возможность в несколько раз снизить удельные капиталовложения на дренирование земель, ускорить преобразование пустынных почв в культурные.

Вакуумный дренаж, построенный в зоне среднего течения Амударьи, коренным образом изменил мелиоративную обстановку орошаемых земель. Имеющаяся там коллекторно-дренажная сеть не справлялась с задачами мелиорации. Вакуумные дрены, обладая повышенной водозахватной способностью, позволили при относительно небольших капиталовложениях (200-250 руб/га) в короткие сроки рассолить почвогрунты и грунтовые воды, повысить плодородие почв. Если до строительства вакуумного дренажа урожайность хлопчатника не превышала 20-22 ц/га, то после ввода в действие дренажа с интенсивным отводом дренажных вод урожайность повысилась на 8-10 ц/га и стала составлять 28-32 ц/га.

Мобильный дренаж, как показали исследования, не подменяя эксплуатационные дрены, способствует отводу тех солей, которые поступают в грунтовую воду после промывки засоленных почвогрунтов. Его основное назначение, как было показано выше, заключается в создании условий, при которых сокращается мелиоративный период при освоении новых земель. А это значит, что от вновь осваиваемых земель на 5-7 лет раньше следует ждать полноценной отдачи.

Дренажные системы типа "большой колодец" и скважины вертикального дренажа с сифонными усилителями, построенные в целях мелиорации орошаемых земель, позволили интенсифицировать отток грунтовых вод с содержащимися в них солями. В дальнейшем это привело к уменьшению засоления почвогрунтов, созданию пресной подушки грунтовых вод, повышению плодородия почв.

Приведенные в настоящей работе методы интенсификации работы дренажных систем различного типа требуют определенных затрат на их осуществление. Однако в связи с интенсификацией дренированности орошаемых земель последние повышают отдачу с единицы площади, что приводит к быстрой окупаемости капитальных вложений (см.табл. 41).

При определении экономической эффективности методов интенсификации дренажа орошаемых земель использовались "Инструкции" (1972, 1973, 1979), а также работы В.Т.Лавриненко (1971), Д.Г.Зузика (1982), А.П.Уланова (1972), Г.М.Лыча (1968).

. При определении срока окупаемости мероприятий по интенсификации дренажа принято, что открытый дренаж без проведения работ по борьбе с оплыванием откосов должен иметь модуль стока от 0,10

до 0,I5 л/с/га (средние фактические данные). Такая низкая мелиоративная эффективность дренажа обусловливает и небольшую урожайность хлопчатника (I5–20 ц/га). После проведения мероприятий по борьбе с оплыванием откосов модуль стока увеличивается в 2,0–2,5 раза, повышается плодородие почв. Хлопчатник начинает давать по 30–32 ц/га.

Затраты на мероприятия по интенсификации дренажа приняты по данным укрупненных нормативов и фактических затрат.

Данные табл.4I указывают на высокую эффективность мероприятий по интенсификации существующих дренажных систем и новых конструкций дренажа, разработанных автором. Однако наибольшая отдача капитальных вложений в интенсификацию дренажа может быть достигнута только тогда, когда будут налажены четкая работа эксплуатационной службы, рациональное использование каждого гектара орошаемых земель.

В Ы В О Д Ы

I. На основе анализа показана эффективность дренажа различного типа (горизонтального открытого и закрытого, вертикального и комбинированного), который в настоящее время построен и действует во всех орошаемых зонах республик Средней Азии, Азербайджана и Казахской ССР.

Преобладающим типом во всех регионах является открытая КДС, которая принесла несомненную пользу сельскому хозяйству, особенно на первом этапе рассоления орошаемых земель. С улучшением мелиоративного состояния на фоне открытой КДС возросло их плодородие, повысилась урожайность сельскохозяйственных культур, особенно хлопчатника.

2. Рассмотрены недостатки открытой коллекторно-дренажной сети: она занимает много полезной площади; мешает механизации сельскохозяйственных работ; требует больших затрат на очистку от обрушения откосов, выпора дна, зарастания сорной растительностью.

На современном этапе технического прогресса открытая коллекторно-дренажная сеть должна быть заменена на закрытую. Однако от-

дельные, наиболее крупные коллекторы еще долго будут служить в качестве водоприемников закрытых внутрихозяйственных коллекторов и дрен.

В целях придания надежности работе всех дренажных систем необходимо на открытых коллекторах предусматривать проведение комплекса мероприятий, обеспечивающего устойчивость откосов, чистоту русла канала, бесперебойный отвод дренажной воды за пределы орошаемых земель. Как показали исследования, такого положения можно добиться, применяя биологические методы закрепления откосов и очистки русла канала от растительности и механические методы очистки откосов от наземной части растительности и русла от заиления.

3. Показана высокая мелиоративная эффективность закрытого горизонтального дренажа. Особенно широко он стал применяться в условиях орошения после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС. Построены новые заводы по выпуску гончарных и полиэтиленовых труб, разработаны новые конструкции дреноукладчиков траншейного и бестраншейного типов, новые конструкции фильтра из минераловолокнистых тканых и нетканых материалов.

Все это позволило повысить темпы строительства горизонтального закрытого дренажа, качественно улучшить его работу. Однако в строительстве и эксплуатации закрытого дренажа имеются определенные недостатки, устранение которых позволит повысить эффективность его работы, снизит эксплуатационные затраты.

Не решен полностью вопрос механизации строительства закрытых дрен в условиях высокого стояния уровня грунтовых вод.

Уплотнение обратной засыпки дрен - наиболее слабое звено в системе закрытого дренажа. Достаточно эффективного способа уплотнения еще не разработано. Применяющийся метод обвалования наддренных полос, как показала практика, дорогой и ненадежный. При таком способе из сельхозоборота на длительный период изымаются большие площади земель, находящиеся в наиболее благоприятных мелиоративных условиях.

Несмотря на сравнительно небольшие затраты для оборудования фильтра из минераловолокнистых тканых и нетканых материалов, необходимо там, где имеется такая возможность, закрытые горизонтальные дрены укладывать с объемным фильтром из гравийной массы, круп-

нозернистого песка. Исследования показали, что диаметры дренажных трубок, уложенных с объемным фильтром, могут быть в I,5-2 раза меньше при одинаковой гидравлической проводимости. Следовательно, при объемном фильтре скорости движения воды в дренах будут больше, что обусловит меньшую заиляемость их повысит надежность и долговечность.

Стабильная и долговечная работа закрытого горизонтального дренажа во многом зависит от того, как организована его эксплуатация. Есть немало примеров, когда закрытый дренаж исправно работает уже несколько десятков лет (Муганская, Ак-Алтынская, Чарджоуская и другие опытно-мелиоративные станции). Здесь налажена четкая работа эксплуатационной службы. На такой же высокий уровень необходимо вывести эксплуатацию производственного дренажа.

4. Обобщены материалы по строительству и эксплуатации комбинированного дренажа в орошаемых зонах земледелия республик Средней Азии, Казахстана и Азербайджанской ССР. Пока его чаще всего располагают на опытно-производственных участках, на которых проводят исследования в целях определения эффективности. Между тем в определенных гидрогеологических условиях, и это уже доказано практикой, комбинированный дренаж может конкурировать как с горизонтальным, так и с вертикальным дренажем. Особенно эффективен комбинированный дренаж в сложных литологических условиях, когда тяжелые грунты большой мощности подстилаются более легкими.

5. Показано, что вертикальный дренаж в определенных гидрогеологических условиях находит широкое применение для мелиорации орошаемых земель. В настоящее время скважины вертикального дренажа построены и работают во всех среднеазиатских республиках, Азербайджанской и Казахской ССР. В ряде случаев, особенно в условиях напорных вод, при большой мощности покровных отложений тяжелого механического состава преимущество вертикального дренажа неоспоримо. На массивах с пресными подземными водами, которые могут быть использованы для полива сельскохозяйственных культур, скважины вертикальных дрен также имеют преимущество перед другими видами дренажа.

Однако не везде применение вертикального дренажа оправдывается экономически. В аридной зоне часто встречаются и такие условия, когда верхние слои грунтовых вод (5-I0 м) имеют относительно не-

большую минерализацию – до 10 г/л, а нижние, более глубокие – до 30-50 г/л. В подобных условиях применение вертикального дренажа может нанести определенный ущерб окружающей среде.

Сейчас особенно остро стоит вопрос об отводе минерализованных вод за пределы орошаемых полей, сбросах их в какие-либо водоприемники, складирование. И чем выше минерализация отводимой дренами воды, тем сложнее становятся вопросы водоотведения. Недостаточное развитие вертикальный дренаж получил еще и потому, что затраты на его строительство и эксплуатацию остаются большими. В целях снижения удельных капитальных и эксплуатационных затрат необходимо увеличить площадь дренирования каждой скважиной.

6. Показана необходимость разработки методов интенсификации дренажа, имеющих большое народнохозяйственное значение, призванных повысить мелиоративную эффективность дренажных систем с одновременным снижением удельных капитальных и эксплуатационных затрат. Большое значение в рациональном использовании средств, выделяемых на строительство дренажа, имеет разработка конструкций новых дренажных систем, обладающих повышенной водозахватной способностью.

Автором настоящей работы разработаны и впервые применены на практике для мелиорации засоленных земель новые конструкции дренажных систем. К ним относятся:

- вакуумная система с автоматически изменяющимися расстояниями между вертикальными дренами;
- дренажная система "большой колодец";
- вертикальная дрена с сифонными усилителями;
- мобильный дренаж.

7. Исследованиями установлена большая мелиоративная и экономическая эффективность вакуумных систем с автоматически изменяющимися расстояниями между вертикальными дренами. В мелиоративный период или в период проведения промывных поливов засоленных земель в системе создается вакуум и она отводит максимальные объемы воды, ускоряя промывку почв; в эксплуатационный период, после опреснения почвогрунтов, система работает без вакуума, отводя небольшие объемы грунтовых вод и обеспечивая солевую "вентиляцию" почвогрунтов. Таким образом, вакуумная дренажная система представляет собой управляемое инженерное сооружение. Оно позволяет управ-

лять потоком грунтовых вод, что в конечном счете сводится к управлению процессами рассоления орошаемых земель.

8. Выявлена высокая эффективность дренажной системы "большой колодец". Конструкция ее создана на базе вакуумной системы вертикальных дрен и отличается от последней тем, что ее собиратель имеет форму окружности и закольцован. При создании вакуума в собирателе приток воды к вертикальным дренам значительно увеличивается. Вокруг них образуется пониженный уровень грунтовых вод, а их поверхность приобретает форму воронки. В связи с тем, что вертикальные дрены расположены близко друг к другу, их воронки сливаются в одну большую,и система по принципу работы становится идентичной скважине с диаметром, равным диаметру закольцованного собирателя. Основные преимущества дренажной системы "большой колодец":

- система может быть полностью построена из полимерных труб малого диаметра;
- насосное оборудование расположено на поверхности земли,что делает удобным его ремонт и профилактику;
- откачка воды производится с глубины 8–10 м.

Дренажные системы "большой колодец" в производственных условиях нашли применение в основном на территориях поселков, древесных плантаций, садов и виноградников, то есть там, где строительство дренажа горизонтального типа или невозможно, или связано с определенными трудностями.

9. Скважины вертикального дренажа с сифонными усилителями обладают повышенной водозахватной способностью. Их дебит почти в два раза превышает дебит скважин вертикального дренажа обычной конструкции. В скважинах вертикального дренажа с сифонными усилителями применено эжекторное устройство для отвода выделяющегося из воды воздуха при работе сифонной линии. В качестве рабочей жидкости использована дренажная вода, откачиваемая погружным насосом из центральной скважины с определенным напором.

10, В настоящее время в аридной зоне сложилась такая практика мелиорации орошаемых земель, когда поверхностные соли, находящиеся в почвогрунтах, вмываются промывными поливами на большую глубину, а затем постепенно отводятся дренажными системами различного типа за пределы культурного оазиса. Такой метод значительно удлиняет мелиоративный период и способствует обогащению грунтовых

вод солями, что в дальнейшем усложняет освоение новых земель. В целях устранения постоянной опасности возникновения вторичного засоления почв капитальные промывки вновь осваиваемых земель должны проводиться более эффективно. Для этого необходим такой дренаж, который мог бы перехватывать солевой поток сверху во время промывок и сразу же отводить его за пределы культурного оазиса.

Эту задачу успешно решает мобильный дренаж, конструкция которого разработана автором.

Мобильный дренаж монтируется на поверхности какого-либо участка только на период проведения капитальных промывок, демонтируется после отвода солей из верхней I,5-2-метровой толщи грунтов и перевозится на новый массив, подлежащий промывке. Таким образом, одна система мобильного дренажа за сезон может обслужить несколько участков засоленных земель, общая площадь которых зависит от степени засоления и механического состава грунта и может колебаться от 50 до 250 га.

II. Все перечисленные новые конструкции дренажа - вакуумная система с автоматически изменяющимися расстояниями между вертикальными дренами, дренажная система "большой колодец", вертикальная дрена с сифонными усилителями, мобильный дренаж - внедрены в производство и успешно работают. Экономический эффект от их внедрения составил 550,0 тыс.р.

I2. Дальнейшие исследования по интенсификации дренажа должны быть направлены на разработку как новых конструкций дренажных систем, так и улучшенных способов эксплуатации. Особенно это касается массивов с тяжелыми почвогрунтами (Хорезмский и Теджен-ский в Туркменской ССР, Кура-Араксинская низменность в Азербайджане, Голодная степь в Узбекистане, Чуйская впадина в Киргизской ССР, Вахшская долина в Таджикской ССР и другие). Необходимо провести апробацию разработанных конструкций дренажа в условиях более тяжелых почв.

ЛИТЕРАТУРА

Ленин В. И. Полное собрание сочинений, т.27, с.179-180; т.39, с.67.

Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т.25, ч.2, с.169-170.

Абдуллаев Н. Проблемы эффективности интенсификации сельского хозяйства. - Ташкент: Узбекистан, 1979. - 179 с.

Аверьянов С. Ф. Вопросы обоснования дренажа орошаемых земель. - В сб.: Борьба с засолением орошаемых земель. М.: Колос, 1967, с.5-14.

Аверьянов С. Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. - М.: Колос, 1978. - 240 с.

Айдаров И. П. Вопросы обоснования мероприятий по борьбе с засолением орошаемых земель. - В сб.: Теория и практика борьбы с засолением орошаемых земель. М.: Колос, 1971, с.131-158.

Айдаров И. П., Пестов Л. Ф. К вопросу обоснования расчетных значений запасов солей в почвогрунтах при проектировании промывок засоленных земель. - В сб.: Проблемы генезиса и мелиорации орошаемых почв. Ч.1. М., 1973, с.16-24.

Айдаров И. П., Каримов Э. К. Некоторые вопросы обоснования мелиоративных режимов орошаемых земель при проектировании оросительных систем. - Водные ресурсы, 1974, № 2, с.105-113.

Алексанкин А. В. Мелиорация земель в ФРГ. - Гидротехника и мелиорация, 1982, № 3, с.77-80.

Аравин В. И., Нумеров С. Г. Фильтрационные расчеты гидротехнических сооружений. - Л.-М.: Госиздательство по строительству и архитектуре, 1955. 292 с.

Аташев Д. А., Рачинский А.А., Хорст Г.О. Водное хозяйство и мелиоративное строительство Хорезмской области. - Ташкент: Фан, 1966. - 35 с.

Базарова О. Д. Изучение мелиоративной эффективности вертикального дренажа в условиях среднего течения Амударьи. - Автореф.канд.дис. Ашхабад, 1971. - 15 с.

Батурин Г. Е. Исследование конструкций закрытого го-

ризонтального дренажа и его влияние на мелиоративное состояние засоленных земель новой зоны орошения Голодной степи. – Автореф. канд.дис. Ташкент, 1975. – 29 с.

Беседнов Н. А. Некоторые вопросы теории и практики мелиорации засоленных земель. – В сб.: Теория и практика борьбы с засолением орошаемых земель. М.: Колос, 1971, с.7–19.

Беспалов Н. Ф., Киселева И. К. Некоторые факторы, определяющие комплекс рассолительных мероприятий. – Хлопководство, 1974, № 8, с.29–31.

Бехбудов А. К. Некоторые вопросы использования минерализованных вод для промывки и орошения. – В сб.: Использование пресных и минерализованных вод при орошении и промывках земель. – М.: ВНИИГиМ, 1973, с.24–31.

Бехбудов А. К., Айвазов А. М., Мусаев З. С. Горизонтальный трубчатый дренаж с фильтром из искусственных материалов. – Гидротехника и мелиорация, 1977, № 7, с.89–94.

Бехбудов А. К., Джафаров Х. Ф. Мелиорация засоленных земель. – М.: Колос, 1980. – 240 с.

Бехбудов А. К., Айвазов А. М., Керимов Р. Г. Исследование работы закрытых дрен из трубофильтров. – Гидротехника и мелиорация, 1980, № 9, с.71–74.

Бобченко В. И., Булаева Г. А. Вакуумирование дренажа и капитальные промывки тяжелых сильнозасоленных земель. – Хлопководство, 1975, № 1, с.24–26.

Бондаренко Н. Ф. Физические основы мелиорации почв. – Л.: Колос (Ленинградское отделение) 1975. – 258 с.

Бочевер Ф. М., Гармонов И. В., Лебедев А. В. и др. Основы гидрогеологических расчетов. – М.: Недра, 1965. – 306 с.

Броницкий Н. Условия эффективности дренажа. – Хлопководство, 1976, № 1.

Ваксман Э. Г. Оптимизация затрат воды при капитальных промывках в Таджикистане. – Тезисы докладов IУ Всесоюзного совещания по мелиоративной гидрогеологии, инженерной геологии и мелиоративному почвоведению. М., 1980, с.44–47.

Ваксман Э. Г., Земан Г. Г. Опыт применения дренажа с целью мелиорации земель в Таджикской ССР. – Душанбе, 1971. – 49 с.

Ведерников В. В. Теория фильтрации и ее применение в области ирригации и дренажа. – М.-Л.: Госстройиздат, 1939.– 248 с.

Ведерников В. В. К теории дренажа. – ДАН СССР, 1948, вып.59, № 6, с.1069–1072.

Веригин Н. Н. К вопросу о расчете подземных водозаборов в условиях плоского движения грунтовых вод. – ДАН СССР, 1949, вып.64, № 2, с.183–186.

Веригин Н. Н. Некоторые вопросы химической гидродинамики, представляющие интерес для гидротехники и мелиорации. – Изв.АН СССР, отдел техн.наук, 1953, № 10, с.1369–1382.

Волобуев В. Р. О промывных нормах при мелиорации засоленных земель. – Гидротехника и мелиорация, 1959, № 12, с.19–24.

Волобуев В. Р. Расчет промывки засоленных почв. – М.: Колос, 1975. – 71 с.

Волынов А. М., Забелин В. А., Кияткин А. К. и др. Орошение земель в Средней Азии и Казахстане. – М.: Колос, 1980. – 136 с.

Гаврилко В. М., Абрамов С. К. Фильтры буровых скважин. – М.: Госстройиздат, 1954. – 260 с.

Гаврилко В. М. Фильтры из стеклотканей и их применение для целей изысканий. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1958. – 47 с.

Гаврилко В. М. Фильтры водозаборных, водопонизительных и гидрогеологических скважин. – М.: Госстройиздат, 1962. – 400 с.

Гаврилко В. М., Алексеев В. С. Фильтры буровых скважин. – М.: Недра, 1976. – 344 с.

Голованов А. И., Новиков О. С. Математическая модель переноса влаги и растворов солей в почвогрунтах на орошаемых землях. – Тр.МГМИ. М., 1971, т.34, с.87–95.

Голованов А. И. Качественная оценка взаимодействия между почвенными и грунтовыми водами. – В сб.: Тезисы докладов IУ межведомственного совещ. по мелиоративной гидрогеологии, инженерной геологии и мелиоративному почвоведению. М., 1980, с.60–65.

Горностаев А. М. Горизонтальный дренаж из трубофильтров. - Хлопководство, 1978, № 11, с.29-31.

Грабовская О. А. Рассоление засоленных почв и солончаков Таджикистана. - Сталинабад: АН ТаджССР, 1954. - 39 с.

Граудыньш А. А. и др. Пластмассы в строительстве дренажа. - М.: Колос, 1977. - 158 с.

Григорьев В. М. К вопросу о переходе на новую систему легких иглофильтровых установок. - Тр.ВНИИводгео, 1976, вып. 52, с.61-63.

Громатович М. К., Серебренников Ф. В., Толстунов А. В. Комбинированный дренаж в Каршинской степи. - Гидротехника и мелиорация, 1977, № 9, с.61-64.

Гхош Р., Кумра О. П. Роль ирригации и дренажа в социально-экономическом развитии Индии. - В сб.: Роль ирригации, дренажа и борьбы с паводками в социально-экономическом развитии стран Азии и Африки. М.: ЦБНТИ, 1976, с.185-205.

Девисон Б. Б. Движение грунтовых вод. - В кн.: Христианович С.А., Михлин С.Г., Девисон Б.Б. Некоторые новые вопросы механики сплошной среды. Л.: АН СССР, 1938, с.219-356.

Дегтярев Б. М. Система вакуумного дренажа. - Авт. свид. № 144063, 1961, БИ № 4.

Дегтярев Б. М., Калантаев В. А. Вакуумный дренаж на орошаемых землях. М.: Колос, 1976. - 94 с.

Дегтярев Б. М. Вакуумная дренажная система. - Авт. свид. № 605884, 1978, БИ № 17.

Джафаров Х. Ф. Опыт промывки засоленных почвогрунтов тяжелого мехсостава. - Гидротехника и мелиорация, 1964, № 11, с.29-33.

Джураев С. И. Водно-земельный фонд Таджикской ССР и его использование в орошаемом земледелии. - В сб.: Докл.совещ.по мелиорации орошаемых засоленных почв. Т.2, ч.2. М., 1971,с.37-43.

Доктор Ф. Ш., Гурбанов Г. Эксплуатация закрытого дренажа в Туркменской ССР. - В сб.: Прогрессивные методы строительства дренажа на орошаемых землях. М.: Колос, 1977, с.94-96.

Дренаж сельскохозяйственных земель. /Под ред.Дж.Н.Лютина. Русский перевод под ред С.Ф.Аверьянова. - М.: Колос, 1974. - 719 с.

Духовный В. А. К вопросу о совершенствовании комплексных рассолительных мелиораций. - Хлопководство, 1974, № 11, с.35-38.

Духовный В. А. Борьба с засолением орошаемых земель. - В сб.докл. I-й региональной конф. МК и Д для стран Азии и Африки. М.: ЦБНТИ, 1976, с.37-53.

Духовный В. А., Баклушин М. Б., Томин Е. Д., Серебренников Ф. В. Горизонтальный дренаж орошаемых земель. - М.: Колос, 1979. - 256 с.

Духовный В. А., Любар Р. Г. О выборе схемы размещения комбинированного дренажа. - Гидротехника и мелиорация, 1980, № 12, с.58-61.

Егоров В. В. Как использовать маломинерализованные воды для орошения. - Хлопководство, 1974, № 3, с.40-41.

Егоров В. В. Мелиорация засоленных земель на современном этапе. - Гидротехника и мелиорация, 1983, № 2, с.76-80.

Жуковский Н. Е. Теоретическое исследование о движении подпочвенных вод. - Журн.Русск.физ.-хим.о-ва, 21, I, I, I-20; Собр.соч., т.3. М.: Гостехиздат, 1949, с.184-206.

Зонн И. С. Новые методы освоения земель аридных территорий. - Пробл.осв.пустынь, 1972, № I, с.46-54.

Зубец В. М. Содержание и ремонт осушительных систем. - Минск: Урожай, 1963. - 164 с.

Зузик Д. Г. Экономика водного хозяйства. - М.: Колос, 1982. - 399 с.

Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство. - СН 423-71. М.: Госстройиздат, 1972. - 113 с.

Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в орошение и осушение земель и обводнение пастбищ. - М.: ММ и ВХ СССР, 1973.

Инструкция по проектированию оросительных систем. Ч.8. - Дренаж на орошаемых землях. М., 1975. - 275 с.

Инструкция по определению экономической эффективности использования новой техники, изобретений и рационализаторских предложений в орошении и осушении земель, обводнении пастбищ и мелиоративном строительстве. - М.: ВНИИГиМ и др., 1979. - 167 с.

Ирригация Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1975–1979, т.1–4.

Казиев Б. М. Закрытый дренаж из трубофильтров. – Гидротехника и мелиорация, 1975, № 12, с.77–80.

Калантаев В. А. Вакуум как катализатор мелиорации орошаемых земель. – Хлопководство, 1965, № 1, с.33–36.

Калантаев В. А., Базарова О. Д. Горизонтальный закрытый и вертикальный дренаж в Чарджоуском оазисе. – Хлопководство, 1967, № 7, с.32–35.

Калантаев В. А. Мелиорация засоленных земель с близким залеганием плывунных грунтов с помощью промывных поливов на фоне вакуумного горизонтального дренажа. – Сб.докл. Алма-Ата, 1969, с.38–40.

Калантаев В. А. Вакуумный дренаж в Туркмении. – Мат-лы IX координационного совещ. по проблеме 0.52.00 "Разработка мероприятий по борьбе с засолением орошаемых земель на основе дренажа и промывок". Ашхабад, 1969, с.3–6.

Калантаев В. А. Мелиорация засоленных почв с помощью промывных поливов на фоне вакуумного горизонтального дренажа. – В сб.: Мелиорация орошаемых засоленных почв. М., 1971.

Калантаев В. А. Определение расстояний между горизонтальными дренами при постоянной инфильтрации. – В сб.: Гидромелиоративные исследования в Туркменистане. Ашхабад: Ылым, 1972, с.33–49.

Калантаев В. А., Каргашилов Л. И. Новая дренажная система с регулируемым дебитом. – Хлопководство, 1973, № 12, с.24–29.

Калантаев В. А., Каргашилов Л. И. Вакуумная система вертикальных дрен. № Экспресс-информация ЦБНТИ, сер.2, вып.11. М., 1974, с.17–23.

Калантаев В. А., Каргашилов Л. И. Вакуумная система вертикальных дрен с регулируемым дебитом. – В сб.: Мелиорация земель в Туркменистане. Ташкент: САНИИРИ, 1974, с.5–14.

Калантаев В. А. Исследования и перспективы строительства вакуумного дренажа в Туркмении. – Сб.научных трудов САО ВАСХНИЛ, вып.2. Ташкент, 1975, с.51–67.

К а л а н т а е в В. А. Осушительная система. Авт.свид. № 537163, 1976.

К а л а н т а е в В. А. О высоте нависания грунтового потока при работе дренажных сооружений. – В сб.: Мелиорация земель в Туркменистане. Ташкент, 1978, с.8–16.

К а л а н т а е в В. А. Дренаж орошаемых земель и методы его интенсификации. – В сб.: Мат-лы IУ Всесоюз.совещ. по мелиоративной гидрогеологии, инженерной геологии и мелиоративному почвоведению. М., 1981, с.108–118.

К а м е н е в П. Н. Гидроэлеваторы и другие струйные аппараты. – М.: Машстройиздат, 1950. – 348 с.

К а м е н с к и й Г. Н. Основы динамики подземных вод. – М.: Госгеоиздат, 1943. – 248 с.

К а м и л о в О. Оптимальный мелиоративный режим засоленных земель. – Хлопководство, 1980, № 12, с.28–30.

К а п л и н с к и й М. И., С о б и т о в М. А. Схема дренирования орошаемых земель Чуйской впадины. – Мат-лы совещ. по мелиоративной гидрогеологии и инженерной геологии. Вып.2. М., 1972, с.378–384.

К а п л и н с к и й М. И., С о б и т о в М. А. Методические указания по выбору и технико-экономическому обоснованию типа и параметров мелиоративного дренажа. – Фрунзе, 1981. – 147 с.

К а ц Д. М. Влияние орошения на грунтовые воды. – М.: Колос, 1976. – 271 с.

К и р е й ч е в а Л. В., Р е к с А. М., Р е ш е т к и н а Н. М. Работа пластмассового дренажа, уложенного бестраншейным способом. – Хлопководство, 1974, № 12, с.26–30.

К и р е й ч е в а Л. В. Работа пластмассового дренажа. – Хлопководство, 1977, № 4, с.38–41.

К л и м к о А. И. Об использовании вакуума при осушении сельскохозяйственных земель. – Гидротехника и мелиорация, 1964, № 12, с.39–43.

К о в д а В. А. Происхождение и режим засоленных почв. Т.I. М.–Л.: АН СССР, 1946. – 573 с.

К о в д а В. А., Р о з а н о в Б. Г. Изменения почвенного покрова под влиянием мелиораций. – Гидротехника и мелиорация, 1975, № 7, с.45–51.

Ковда В. А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. - М.: Наука, 1981. - 181 с.

Костюкович П. Н. Гидрогеологические основы вертикального дренажа. - Минск: Наука и техника, 1979. - 287 с.

Костяков А. Н. Основы мелиорации. - М.: Сельхозгиз, 1960. - 622 с.

Кристеа Н. Подземная гидравлика. - М.: Гостоптехиздат, 1961. - 343 с.

Лавриненко В. Т. Экономические проблемы развития орошаемого земледелия в Туркменской ССР. - Ашхабад: Ылым, 1971.- 254 с.

Лактаев Н. Г. Совершенствование орошения хлопчатника. - Автореф.докт.дис. М., 1980. - 38 с.

Легостаев В. М. Дренаж засоленных земель. - М.: Сельхозгиз, 1952.

Лейбензон Л. С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде. - М.-Л.: Гостехиздат, 1947. - 244 с.

Лыч Г. М. Экономическая эффективность осушительных мелиораций. - М.: Экономика, 1968. - 158 с.

Макарова В., Ходаков В. Роль дренажа в комплексе рассолительных мероприятий. - Хлопководство, 1977, № 1,с.27-29.

Малыгин В. С. Глубокий закрытый дренаж. - Ташкент: Союз НИХИ, 1939. - 122 с.

Мамытов А. М. О почвенно-мелиоративной обстановке земель Чуйской впадины. - Гидротехника и мелиорация, 1973, № 10, с.79-82.

Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде. - М.: Гостоптехиздат, 1949. - 628 с.

Минашина Н. Г. Об использовании минерализованных вод для орошения. - Гидротехника и мелиорация, 1972, № 3,с.31-37.

Минашина Н. Г. Орошаемые почвы пустынь и их мелиорация. - М.: Колос, 1974. - 365 с.

Минашина Н. Г. Мелиорация засоленных почв. - М.: Колос, 1978. - 269 с.

Мурадов О. Д., Валуконис Г. Ю., Мурадов Ш. О. Орошение и прогноз водно-солевого режима. - Ташкент: Узбекистан, 1982.

Мурашко А. И., Климков В. Т. Влияние размеров и расположения продольной щелевой перфорации пластмассовых дрен на их водозахватную способность. - Экспресс-информация "Осушение и осушительные системы". М.: ЦБНТИ, вып.4, 1969, с.49-61.

Мухаммадиев У. К. Использование водных ресурсов.- Ташкент: Узбекистан, 1982. - 87 с.

Мятиев А. А. Задача о колодцах в горизонте грунтовых вод. - Изв.АН СССР, отд.техн.наук, 1947, № 9, с.1069-1088.

Нерозин А. Е. О совершенствовании рассолительных мелиораций. - Хлопководство, 1975, № 2, с.32-35.

Никольский Г. В., Алиев Д. С., Милановский Ю. Е. Рыбы-мелиораторы. - М.: Знание, 1979. - 64 с.

Павловский Н. Н. Теория движения грунтовых вод под гидротехническими сооружениями и ее основные положения. - Собр. соч., т.2. М.-Л.: АН СССР, 1956. - 753 с.

Пивовар Н. Г., Бугай Н. Г. Фильтры из минеральных волокнистых материалов для трубчатого дренажа. - Гидротехника и мелиорация, 1967, № 2, с.74-83.

Пивовар Н. Г. Глубокий трубчатый дренаж с минераловолокнистыми фильтрами. - Гидротехника и мелиорация, 1971, № 10, с.52-60.

Пивовар Н. Г., Бугай Н. Г., Ричко В. А. Дренаж с волокнистыми фильтрами. - Киев: Наукова думка, 1980. - 214 с.

Полубаринова-Кочина П. Я. О притоке жидкости к скважинам в неоднородной среде. - ДАН СССР, 1942, вып.34, № 2, с.46-51.

Полубаринова-Кочина П. Я. О наклонных и горизонтальных скважинах конечной длины. - Прикл.мат. и мех.,1956, вып.20, № 1, с.95-108.

Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. - М.: Наука, 1977. - 664 с.

Панкратов П. А., Керзум Л. А. Рациональное использование земельно-водных ресурсов. - Хлопководство, 1974,№ 4, с.39-42.

Попов Ю. М., Стародубцев В. М. Мелиоративное состояние орошаемых земель и массива Южного Казахстана и вопросы их эксплуатации. - Тез.докл.IУ Всесоюз.совещ. по мелиоративному почвоведению. М., 1980, с.118-122.

Пулатов У. Ю. Основы механизации гидромелиоративных работ в зоне орошения. - М.: Колос, 1977. - 128 с.

Рабочев И. С. Мелиорация засоленных земель. - Ашхабад, 1964. - 256 с.

Рабочев И. С. Совершенствовать комплексные рассолительные мелиорации. - Хлопководство, 1973, № 11, с.1-3.

Рабочев И. С. Мелиорация засоленных почв - важное условие развития хлопководства. - Хлопководство, 1977, № 2, с.28-32.

Рабочев Г. И. Опыт рассоления почвогрунтов Прикопетдагской зоны минерализованными водами на фоне вертикального дренажа. - Автореф.канд.дис. Ашхабад, 1968. - 19 с.

Расулов А. М. Повышение плодородия почв хлопковой зоны. - М.: Колос, 1976. - 211 с.

Рачинский А. А. Проблема сегодняшнего дня: реконструкция внутрихозяйственных гидромелиоративных систем. - Хлопководство, 1975, № 9, с.33-37.

Рекс Л. В., Киреичева Л. В. Расчет водно-солевого режима почвогрунтов. - Хлопководство, 1976, № 1, с.34-37.

Решеткина Н. М. О проектировании мелиоративных режимов на орошаемых землях. - В сб.: Борьба с засолением орошаемых земель. М.: Колос, 1967, с.31-36.

Решеткина Н. М., Якубов Х. М. Вертикальный дренаж. - М.: Колос, 1978. - 320 с.

Ржига И. Эксплуатация трубчатых дренажных систем. - М.: Колос, 1968. - 129 с.

Розов Л. П. Мелиоративное почвоведение. М.: Госиздат с.-х.литературы, 1956. - 439 с.

Рустамов А. Оценка мелиоративного состояния земель Ферганской области и эффективность совершенствования существующих дренажных систем. - Автореф.канд.дис. Ташкент, 1975. - 30 с.

Салахов Ф. С. Система закрытого дренажа сифонного действия. - Труды АзНИИГиМ, т.2. Баку, 1974, с.172-178.

Сапаров Б. С., Лондарев В. В., Седов В. С. Системы горизонтального дренажа с вертикальными скважинами-усилителями. - Ашхабад: ТуркменНИИГиМ, проспект ВДНХ СССР, 1975. - 4 с.

Седов В. С. Использование дренажа при освоении засоленных земель в зоне нижнего течения Амударьи. – Пробл.осв.пустынь, 1969, № 1, с.57–63.

Седов В. С., Умаров П. Д. Дренирование новых земель Каршинской степи. – Хлопководство, 1977, № 12, с.38–41.

Соболевский Ю. А. Водонасыщенные откосы и основания. – Минск: Высшая школа, 1975. – 399 с.

Соколенко Э. А. Проблемы критической скорости движения грунтовых вод в связи с засолением почв и дренажем. – В сб.: Научные основы мелиорации почв. М.: Наука, 1972, с.205–217.

Справочник по механизации мелиоративных работ. – М.: Колос, 1974. – 375 с.

15 лет курсом майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС. Статистический сборник. М., 1981.

Твердохлебов Е., Соколов Д. Характерные особенности рассоления земель. – Хлопководство, 1981, № 3, с.35.

Томин Е. Д. Проблемы строительства и эксплуатации бестраншейного дренажа. – Хлопководство, 1980, № 6, с.28–33.

Томин Е. Д. Бестраншейный дренаж на орошаемых полях. – Гидротехника и мелиорация, 1982, № 1, с.30–35.

Тюрин Л. П., Панченко А. Н., Рябов Г. А. Механизация закрытого дренажа. – Ашхабад: Туркменистан, 1977. – 91 с.

Уланов А. П. Экономика и организация водного хозяйства. – Ташкент, 1972. – 252 с.

Фатрахманов Р. Новый способ очистки закрытого дренажа. – Хлопководство, 1976, № 12, с.34–35.

Хрипко Т. В. Эффективность и особенность поведения гербицидов – производных фенилдиметилмочевины и симмтриазинов в коллекторно-дренажной сети Чарджоуского оазиса. – Автореф. канд. дис. М., 1976. – 17 с.

Хрисанов Н. И., Камбуров В. А. Условия надежности закрытого дренажа. М.: Колос, 1978. – 88 с.

Чайлдс Э. Физические основы гидрогеологии почв (пер. с англ.). Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 427 с.

Чарный И. А. Строгое доказательство формул Дюпюи при безнапорной фильтрации с промежутком высачивания. – ДАН СССР, 1951, вып.79, № 6, с.937–940.

Челюканов М. Д., Аракалов П. Б. Коллекторно-дренажные воды для орошения. - Хлопководство, 1974, № 6, с.35-36.

Чугаев Р. Р. Гидравлика. - Л.: Энергия, Ленинградское отделение, 1971. - 552 с.

Шаумян В. А. Научные основы орошения и оросительных сооружений. - М.: Сельхозгиз, 1948. - 758 с.

Шерстобаев Н. Я. Гидротехническое и мелиоративное прошлое Российского Нечерноземья. - Гидротехника и мелиорация, 1976, № 6, с.48-50.

Шестаков В. М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. - М.: Изд-во МГУ, 1965. - 233 с.

Шестаков В. М. Динамика подземных вод. - М.: Изд-во МГУ, 1973. - 327 с.

Шуравилин А. Орошение слабоминерализованными водами и свойства почв. - Хлопководство, 1982, № 1, с.29-30.

Щелкачев В. Н., Лапук Б. Б. Подземная гидравлика. - М.-Л.: Гостоптехиздат, 1949. - 524 с.

Эггельсманн Р. Руководство по дренажу. - М.: Колос, 1978. - 255 с.

Юрченко И. Г. О качестве керамических дренажных труб и зазорах на стыках. - Гидротехника и мелиорация, 1971, № 7, с.92-93.

Юнусов Ш. Ю. К использованию коллекторно-дренажных вод для орошения. - Хлопководство, 1979, № 7, с.38-39.

Brenner H. The diffusion model of longitudinal mixing in beds of finite length. Numerical values. - J.Chemical Engineering Science, 1962, N.4.

Darcy H. Les fontaines publiques de la ville de Dijon.- Paris, 1856, 647.

Dupuit G. Etudes theoriques et pratiques sur le mouvement des caux. - 2-e ed., Paris, 1863.

Dutz H. Flow of pouded water into tile drans as affected by space between individual tiles. - Unpub.M.S.Thesis Gowa State Coll. Library, Aner., 1950.

Engelund F. On the laminar and turbulent flows of ground water through homogeneous sang. - Trans.Dan.Acad.Tech.Sci., 1953, 3.

F o r c h h e i n e r P. Hydraulik, End.3. Teubner, Leipzig und Berlin, 1930.

H e r t e i D. Die Grundwassrabsenkung in Industriebau Übernimmt Egrahrungen aus der Tiefpraxis. - Maschinenmarkt, 1973, N.11, S.79.

H o o d h o u d t S. B. Bijragen tot de kennig Van cenige natuurkungige grootheden van den grond, 7 Algemeene deschouwing van het probleem van de detail ontwatering en de infiltratie door middle van parallel loopende draing greppels, slooten en kanalen. Yersl. landb. Ond. 46, 515-707. Algemeene Landshrukkerij, The Hague, 1940.

H o o d h o u d t S. B. Tile drainage and subirrigation. - Soil.Soi., 1952, 74.

H u b b e r t M. K. The theory of ground water. - Molion, Jour.Geol., 1940, 48.

M a t s c h a k H. Überblick Über die Vakuumverfahren und ihre Ahwendung zur Etwässerung feiusandiger. - Böden Bergakademic, 1961,13, N.13.

M o s c h K. Verschiedens Moglichkeiten der Grunwasserabsenkung. - Baumaschiene, Baugerat, Baustelle, 1979, N.2.

R e w i e r G., S c h e c l e H. A. Method of dewatering on exavation site. - British.Pat., 1977, 147-802.

S c h u l z H. 100 Yahre Dränanweisung Wasser und Boden. 10. S.12-14, 1958.

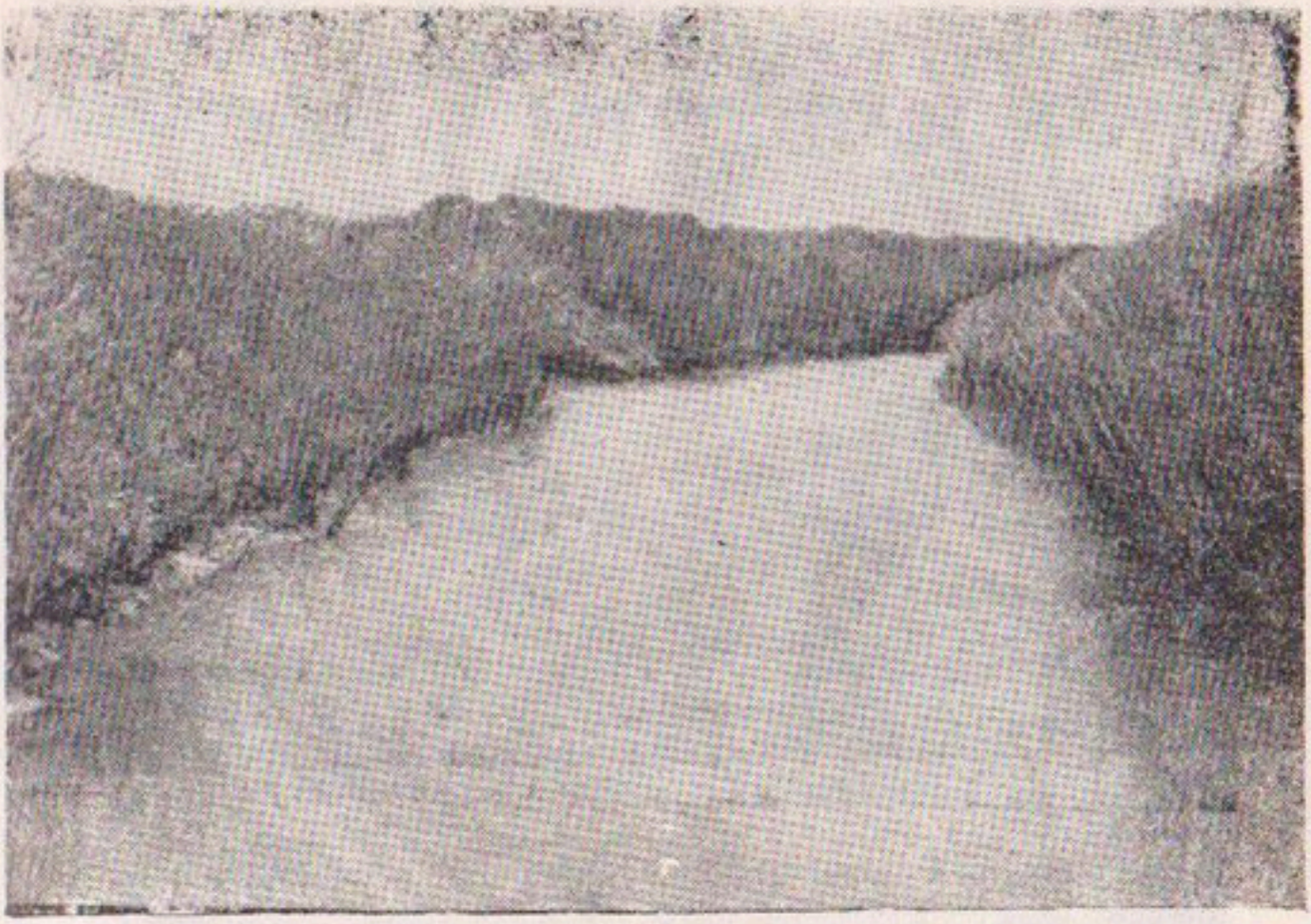


Рис. 1. Русло коллектора с белым амуром 5 лет спустя после механической очистки.

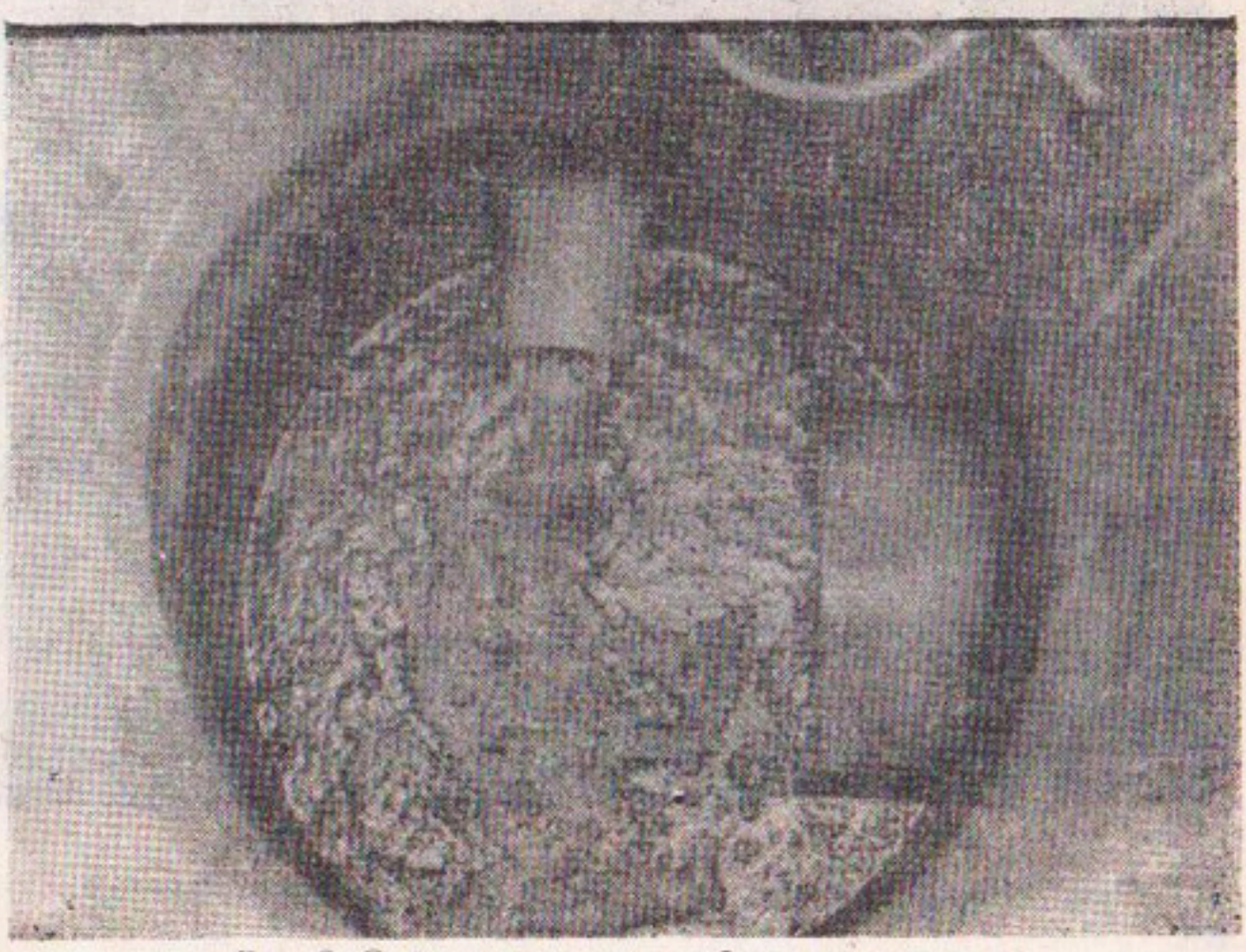


Рис. 2. Сопряжение устья собирателя закрытой дрены с закрытым коллектором.

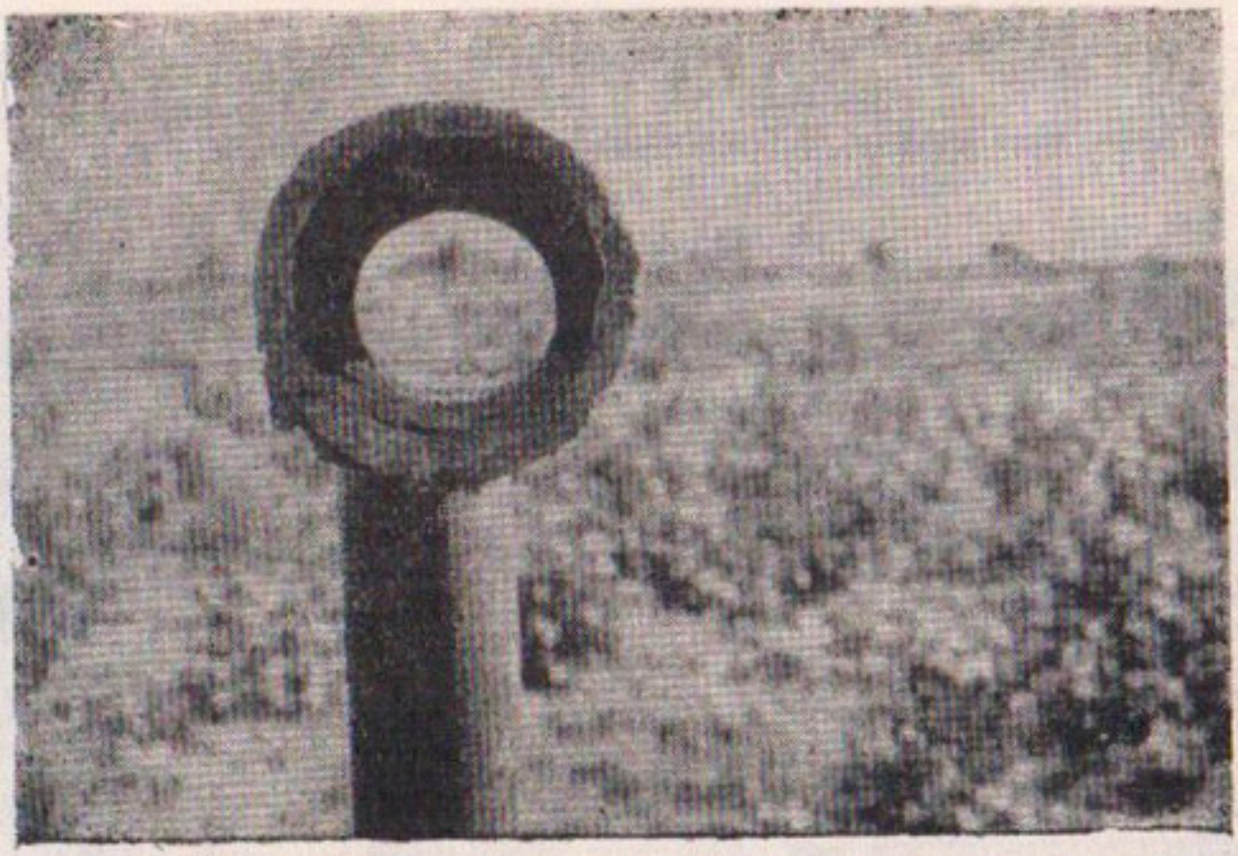


Рис. 6. Заиление трубок горизонтального дренажа после 5 лет эксплуатации.

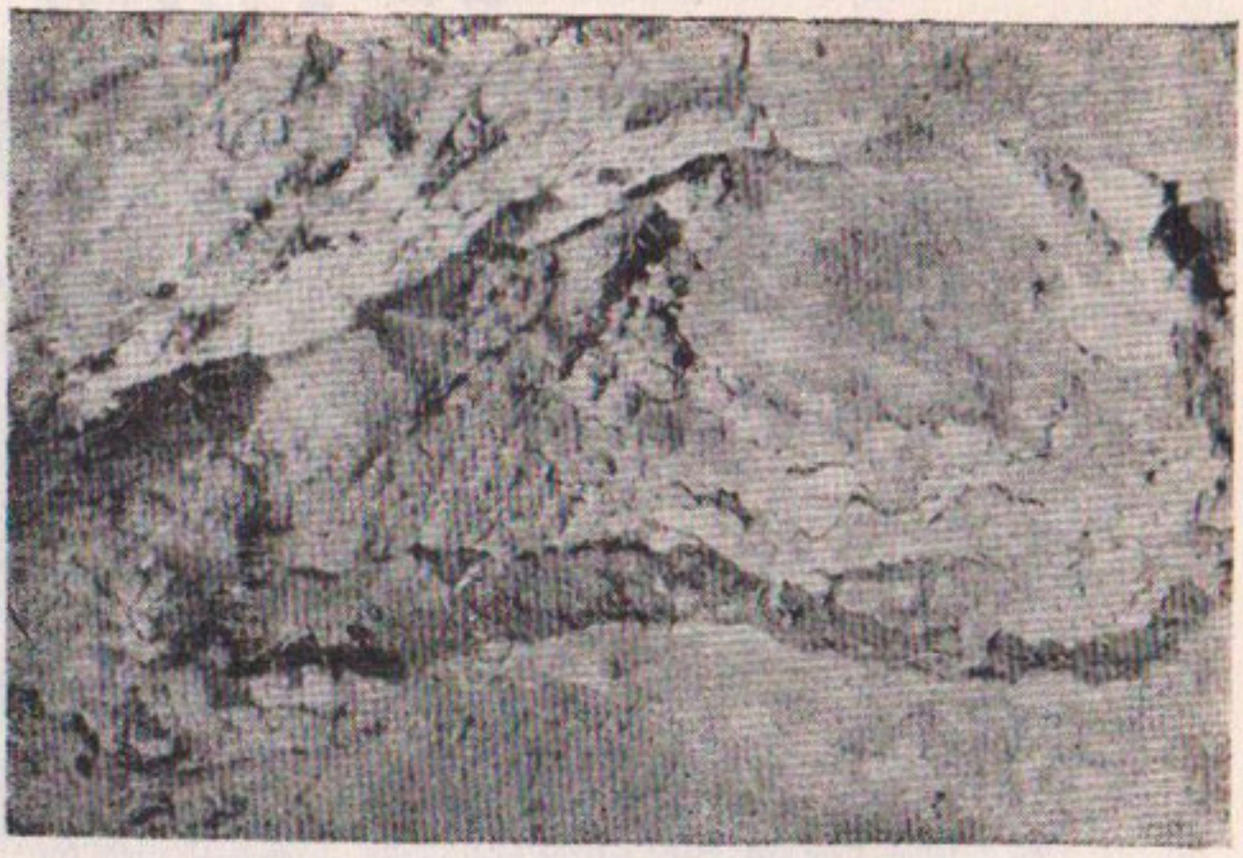


Рис. 7. Воронка обрушения на линии горизонтального дренажа.

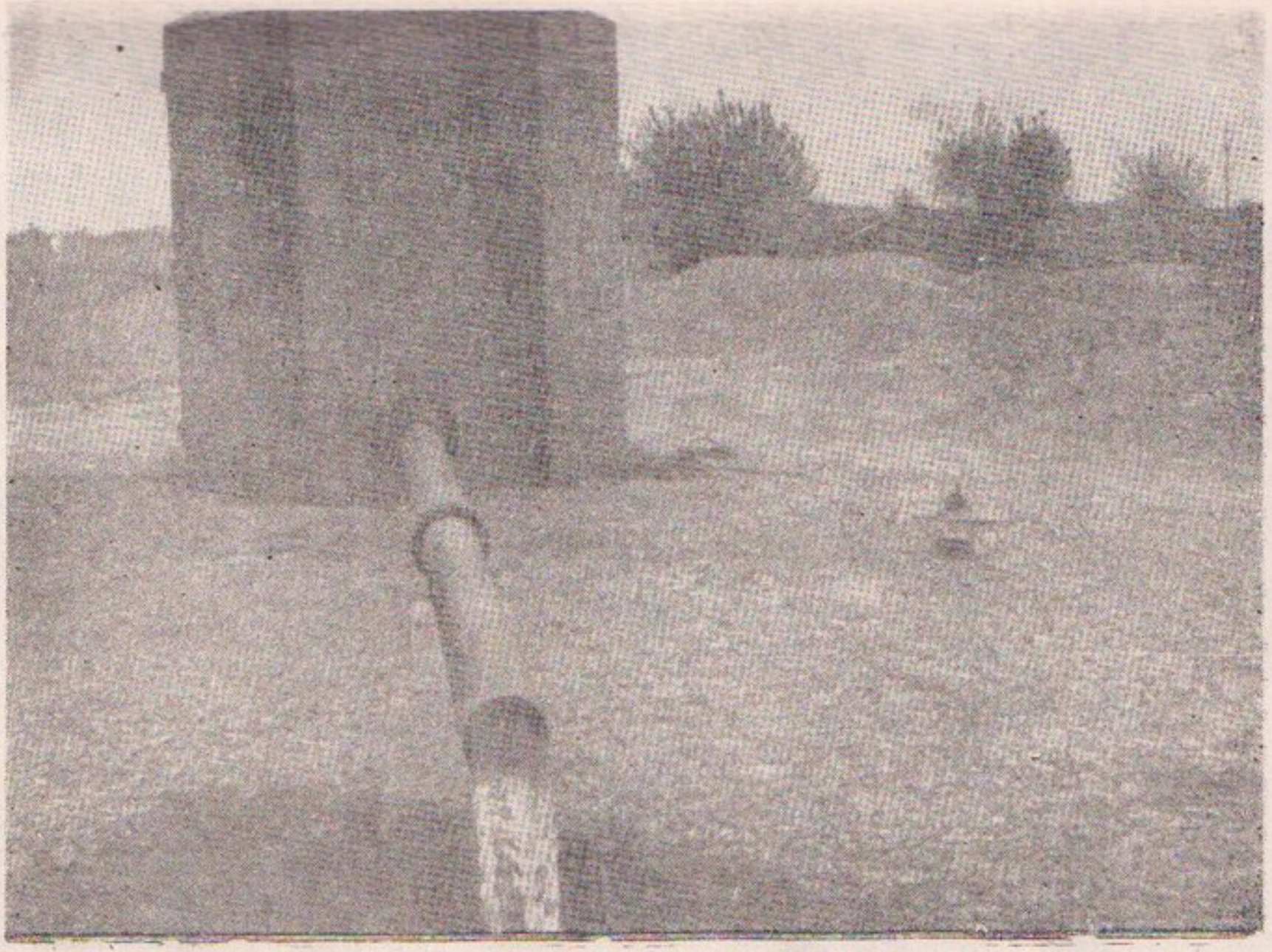


Рис. 8. Общий вид скважин вертикального дренажа.



Рис. 11. Створ наблюдательных скважин и пьезометров.

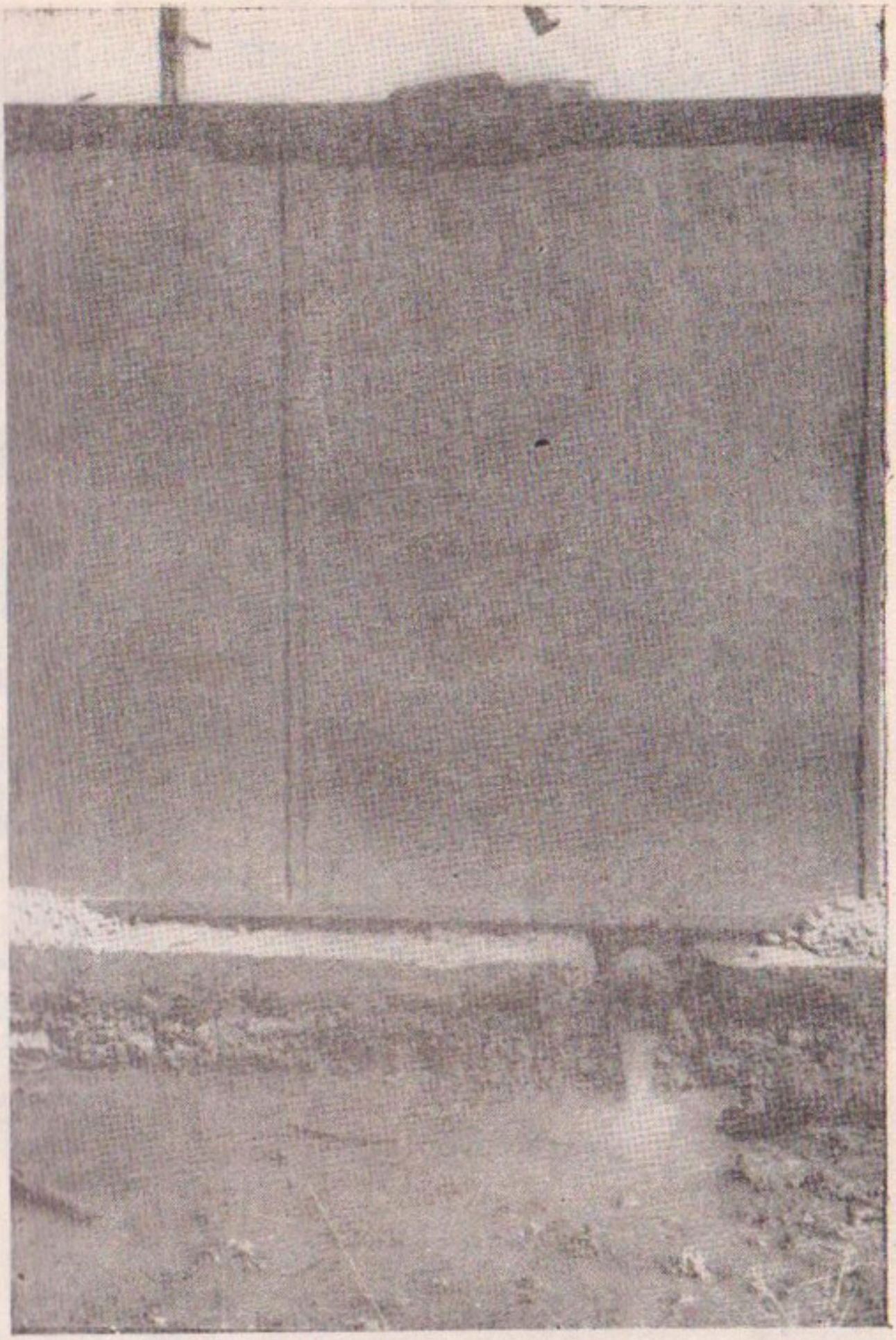


Рис. 18. Работа системы самотеком.

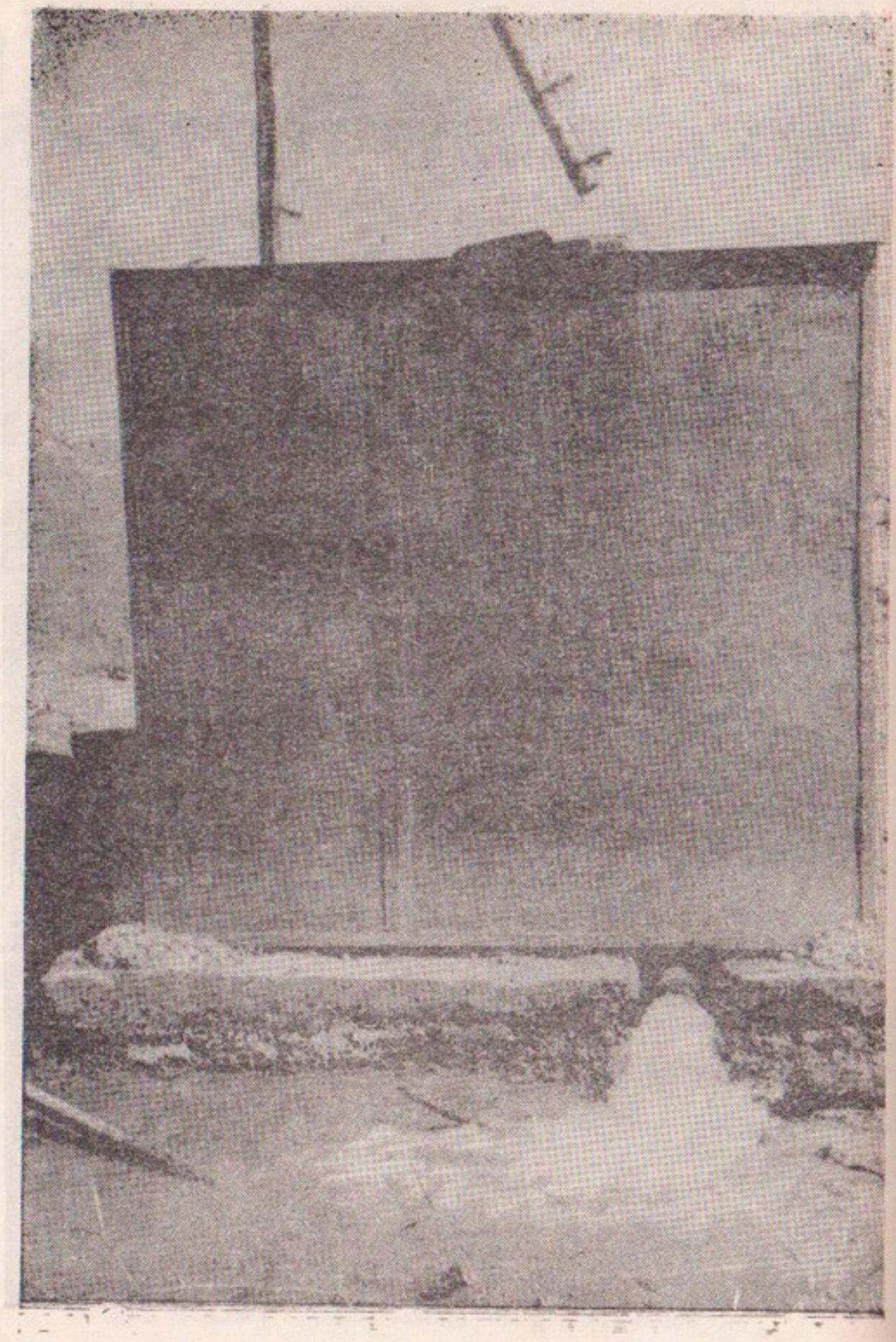


Рис. 19. Работа системы с вакуумом в ее полости.

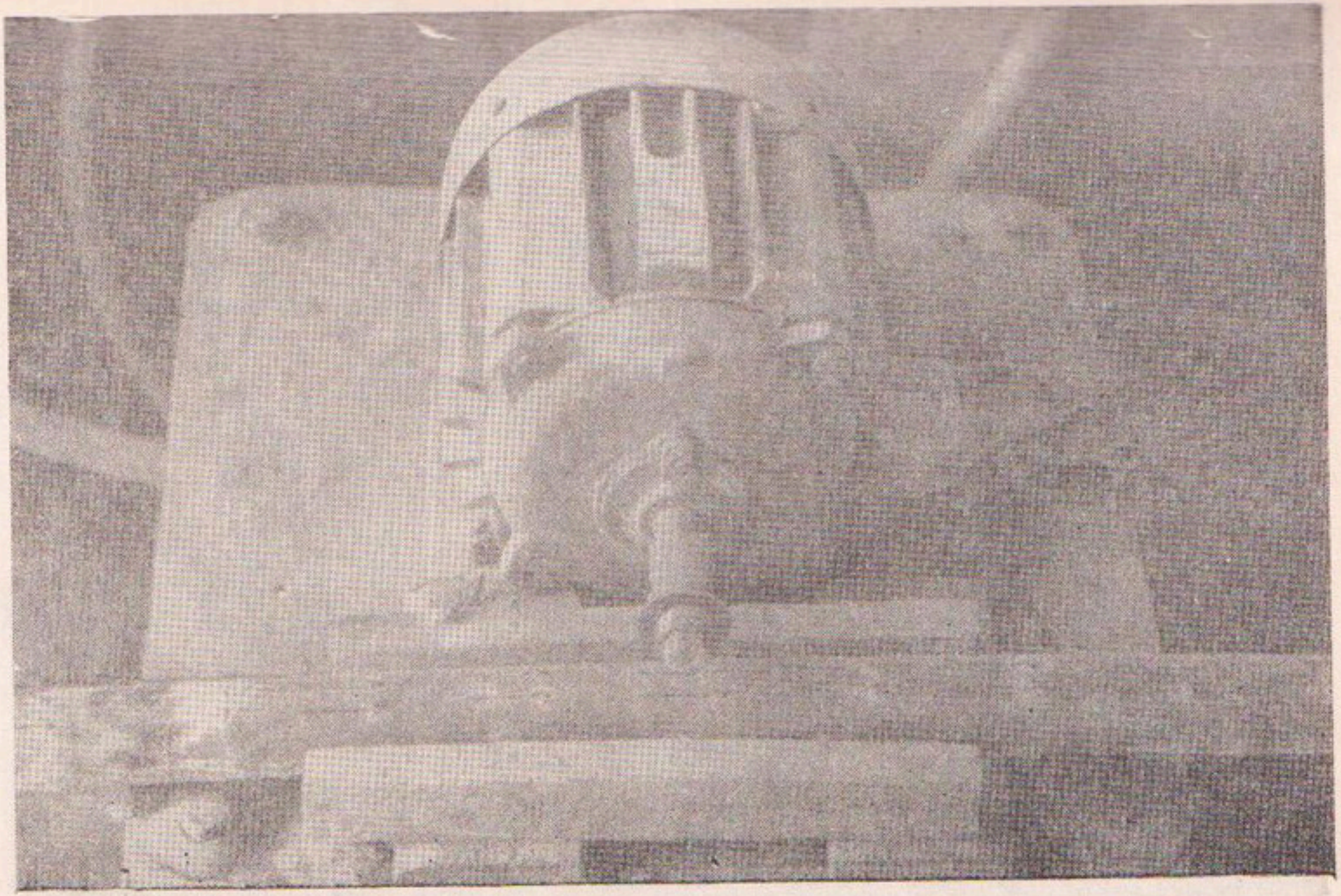


Рис. 23. Нарезка щелей на полиэтиленовых трубах.

Рис. 24. Сварка стыков полиэтиленовых труб.

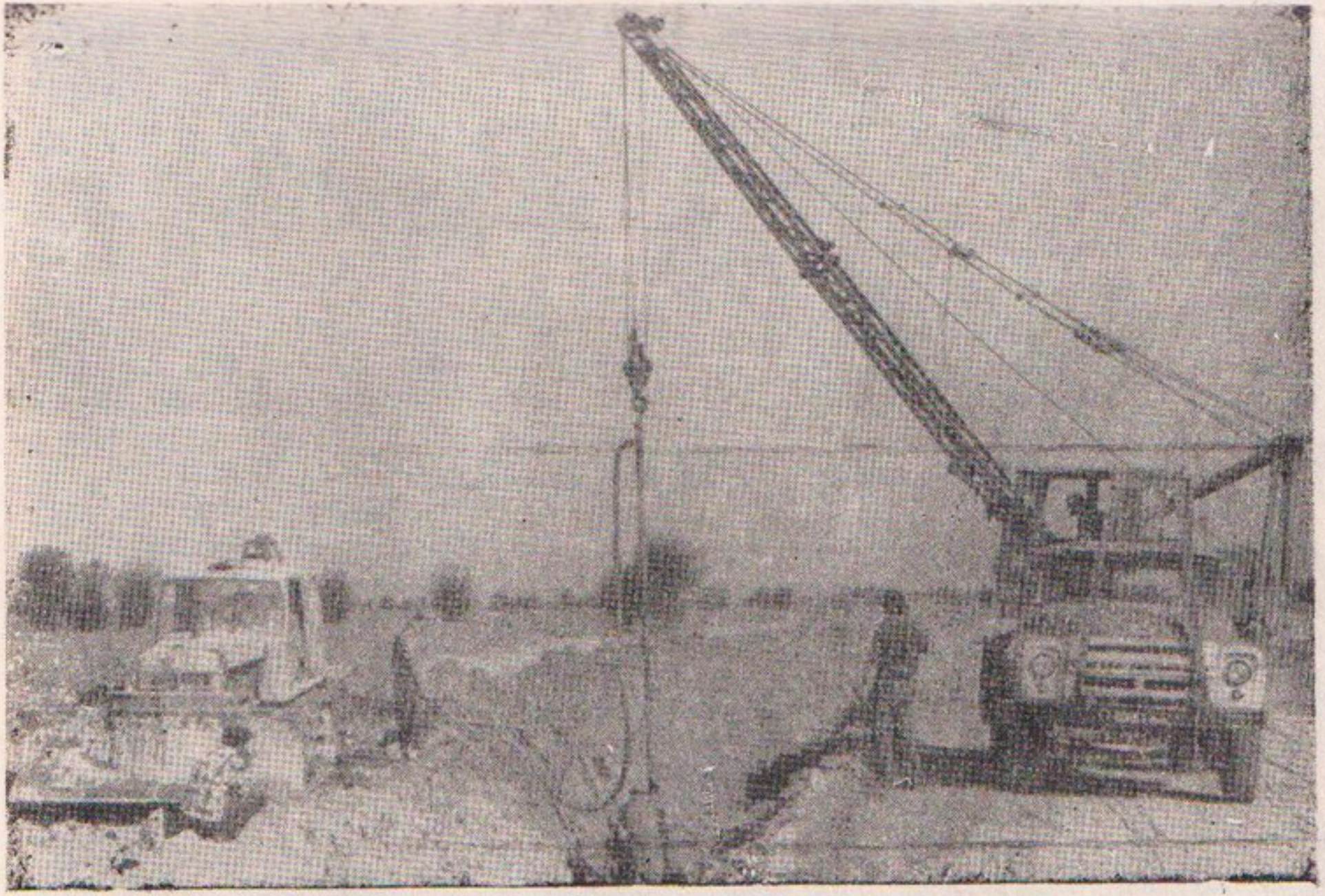


Рис. 26. Момент погружения вертикальной дрены способом гидроразмыва грунта.

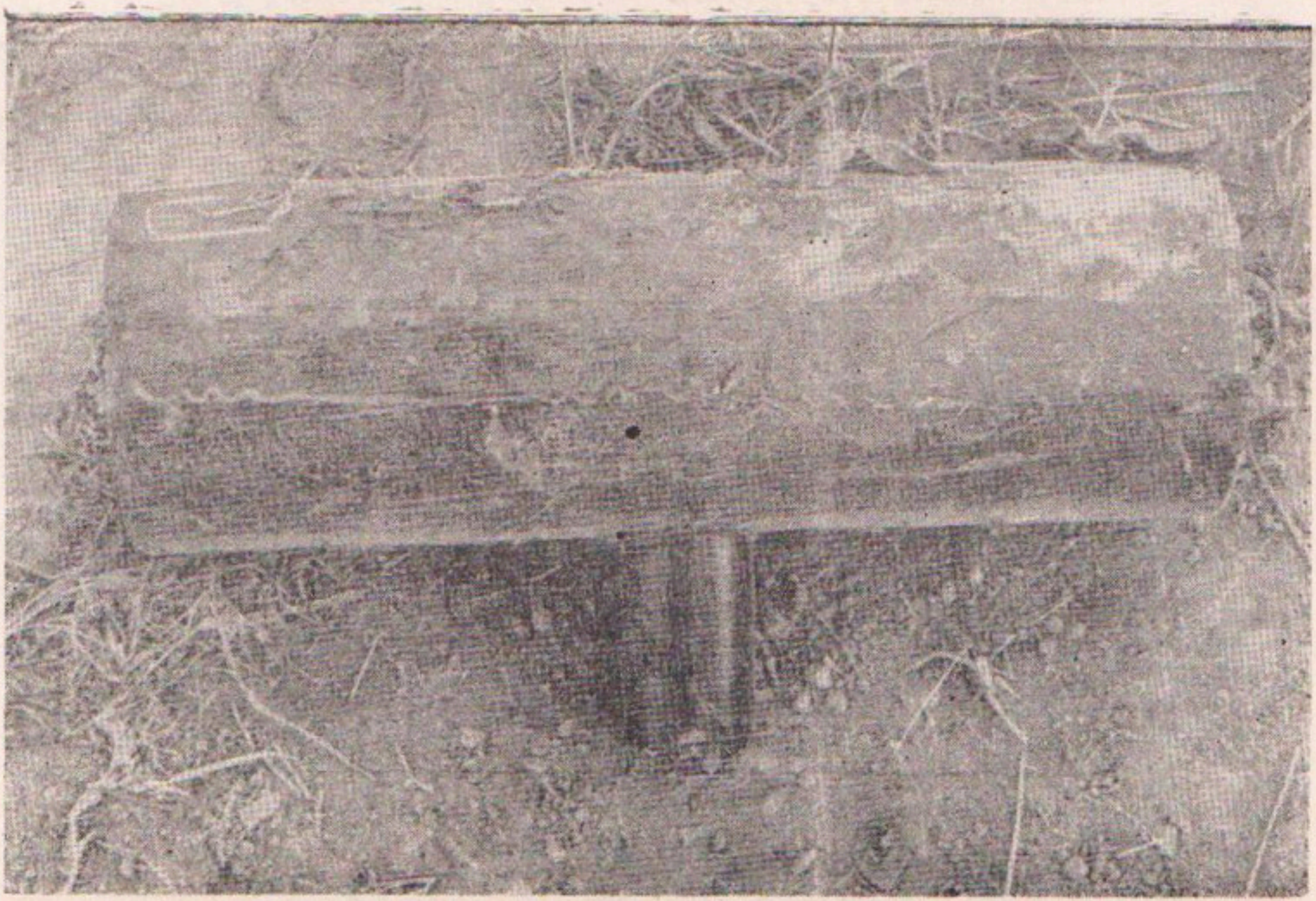


Рис. 27. Тройник для соединения вертикальных дрен с собирателем.



Рис. 28. Узел соединения вертикальной дрены с собирателем.

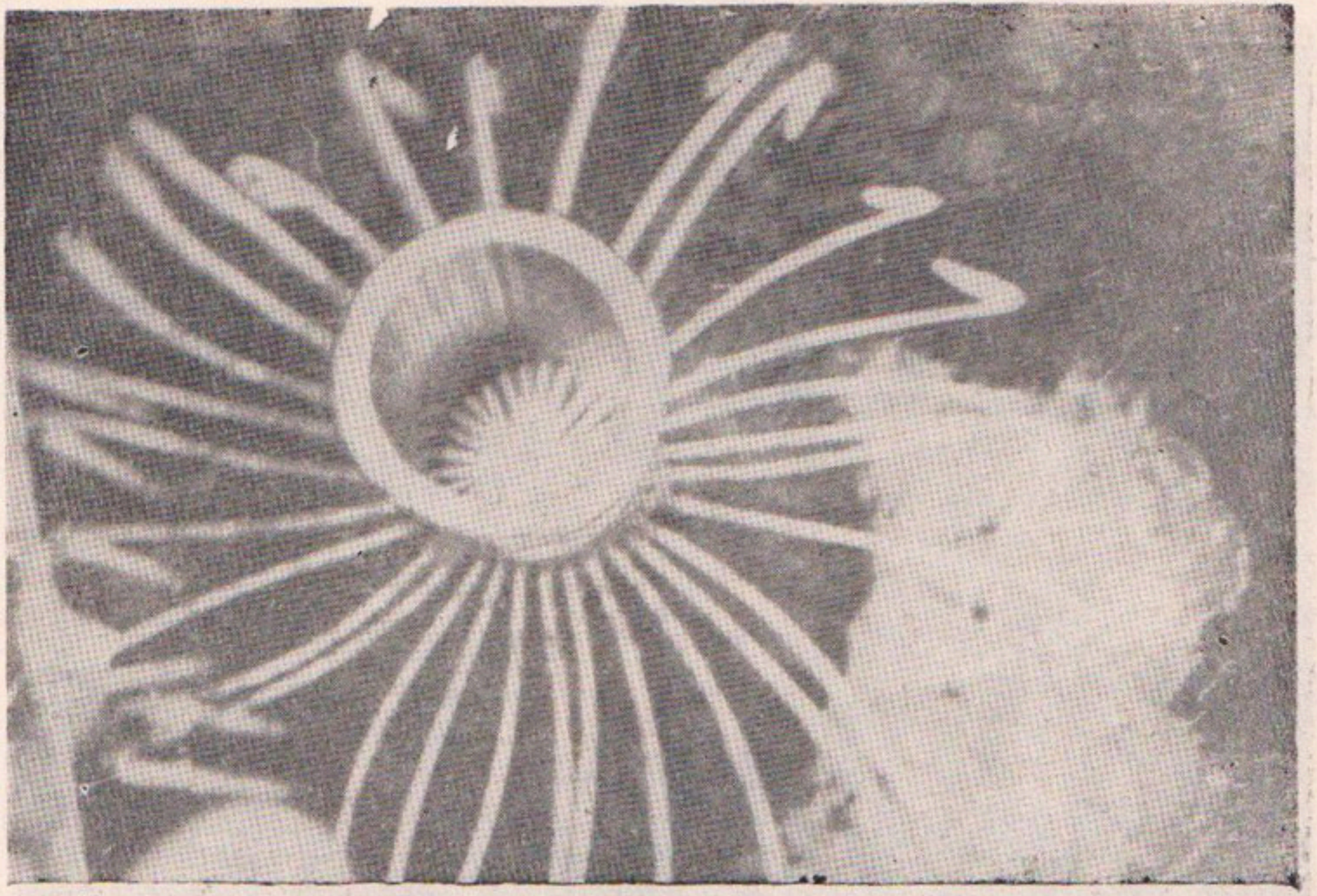


Рис. 31. Модель вертикальной дрены с сифонными усилителями.

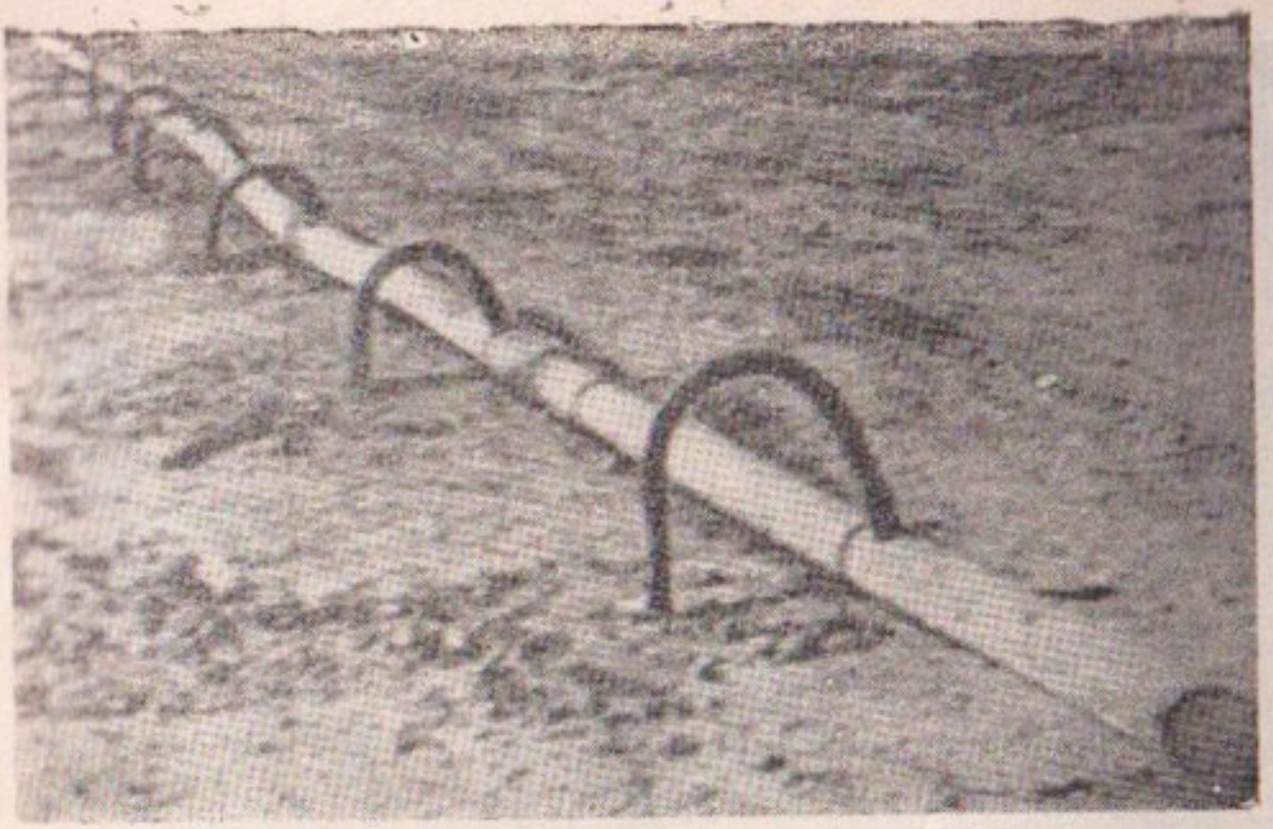


Рис. 34. Мобильный дренаж при линейном расположении вертикальных дрен.

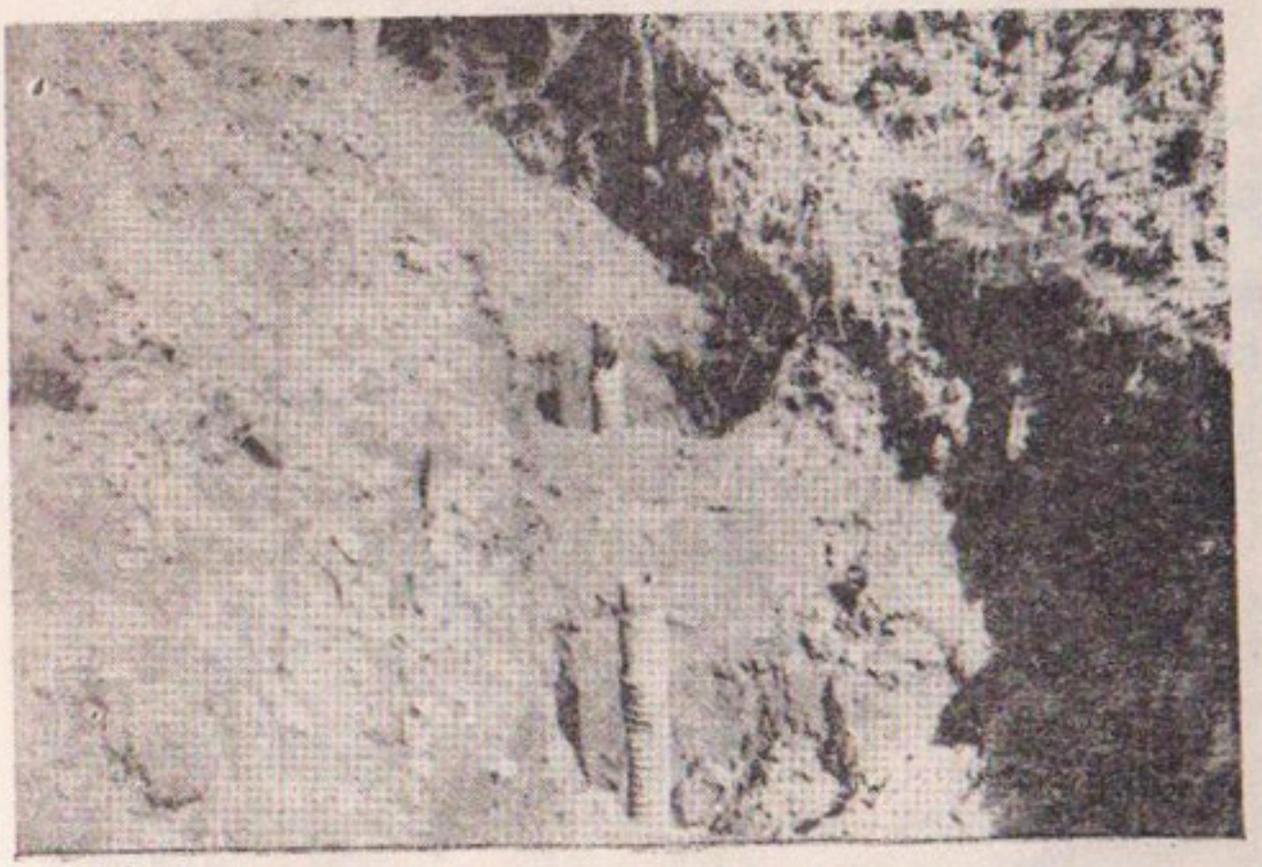


Рис. 46. Траншея кольцевого собирателя и вертикальные дрены, установленные способом гидроразмыва.

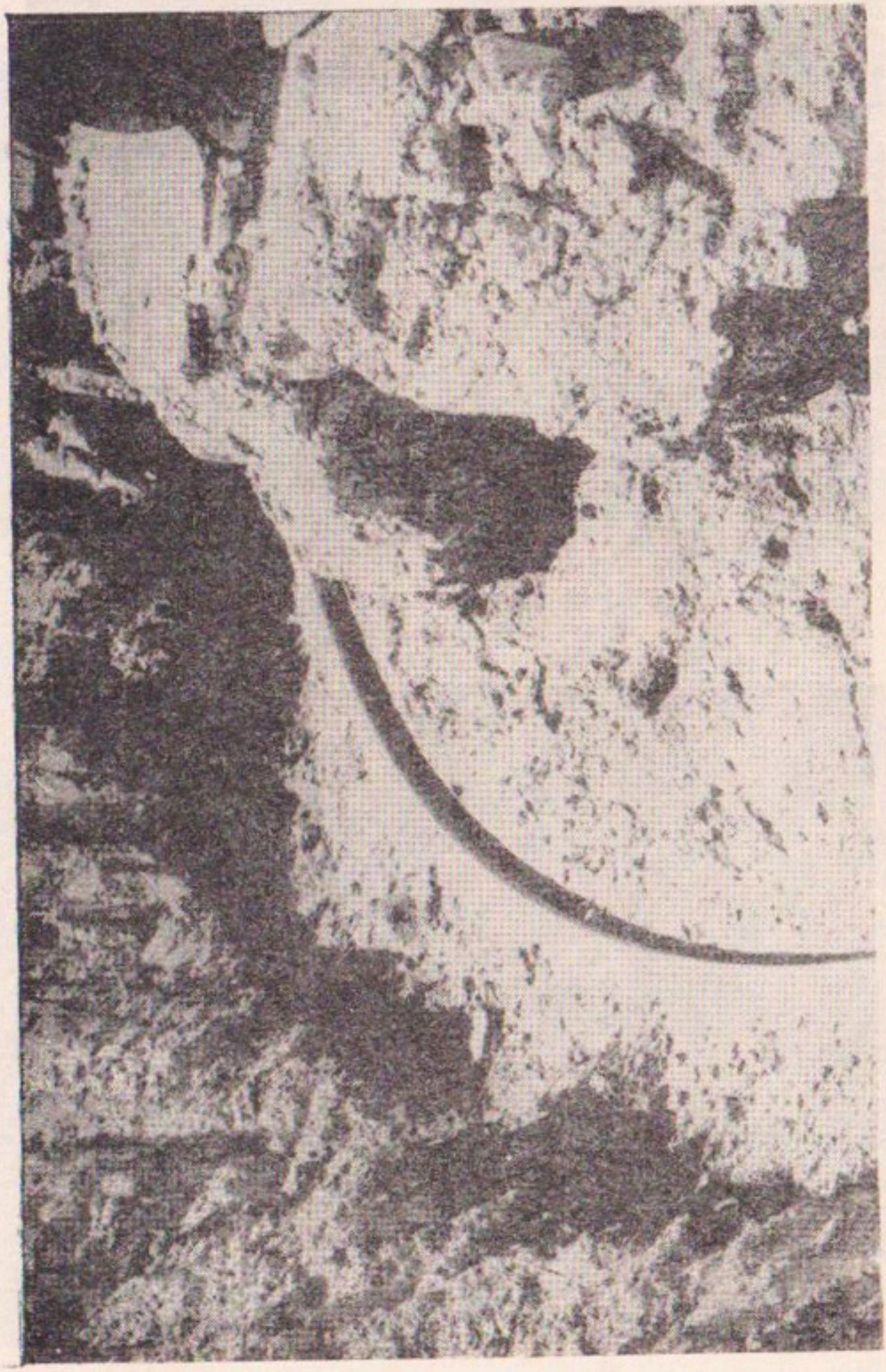


Рис. 47. Кольцевой собиратель в траншее.

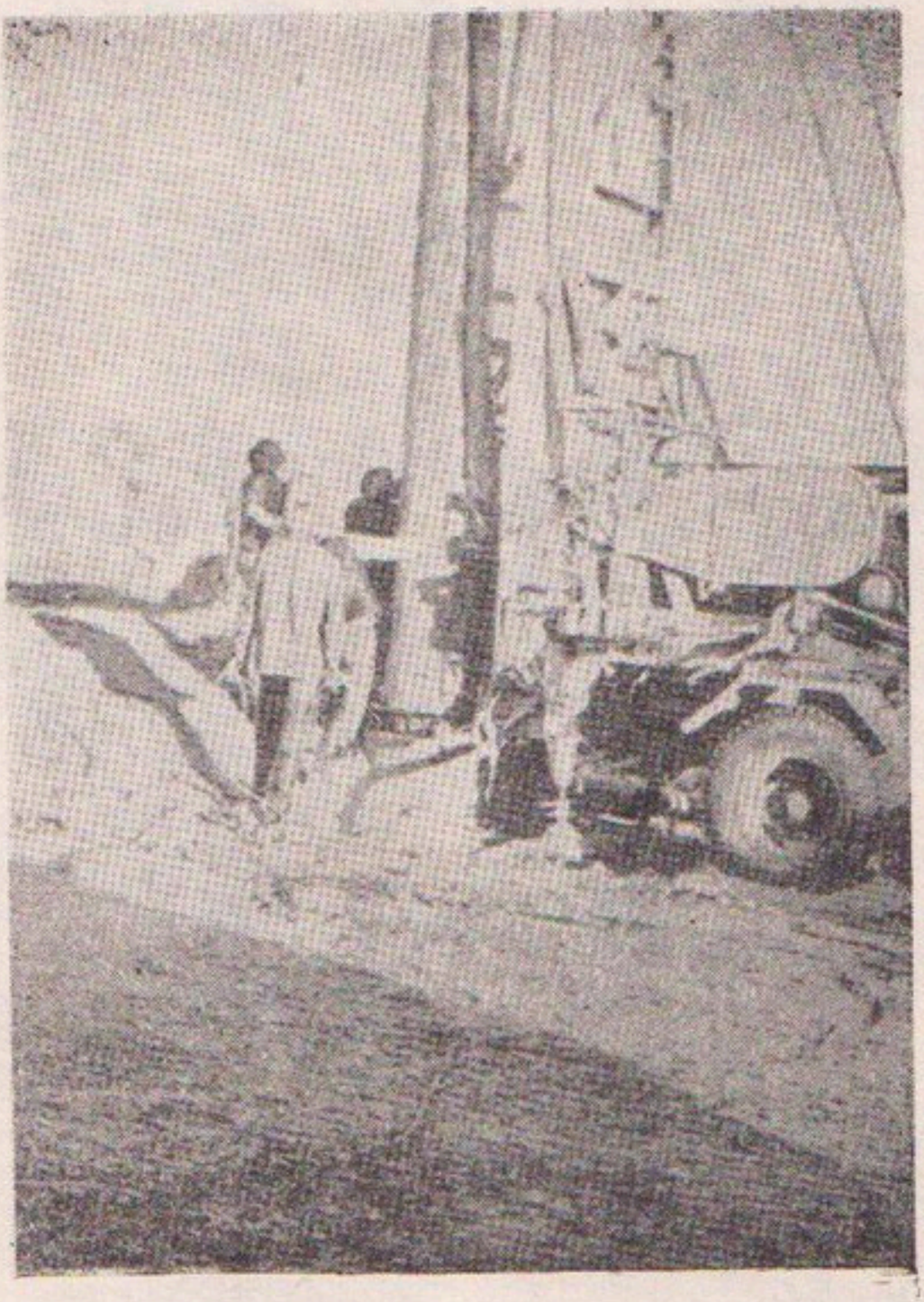


Рис. 50. Монтаж основной колонны вертикальной дрены.

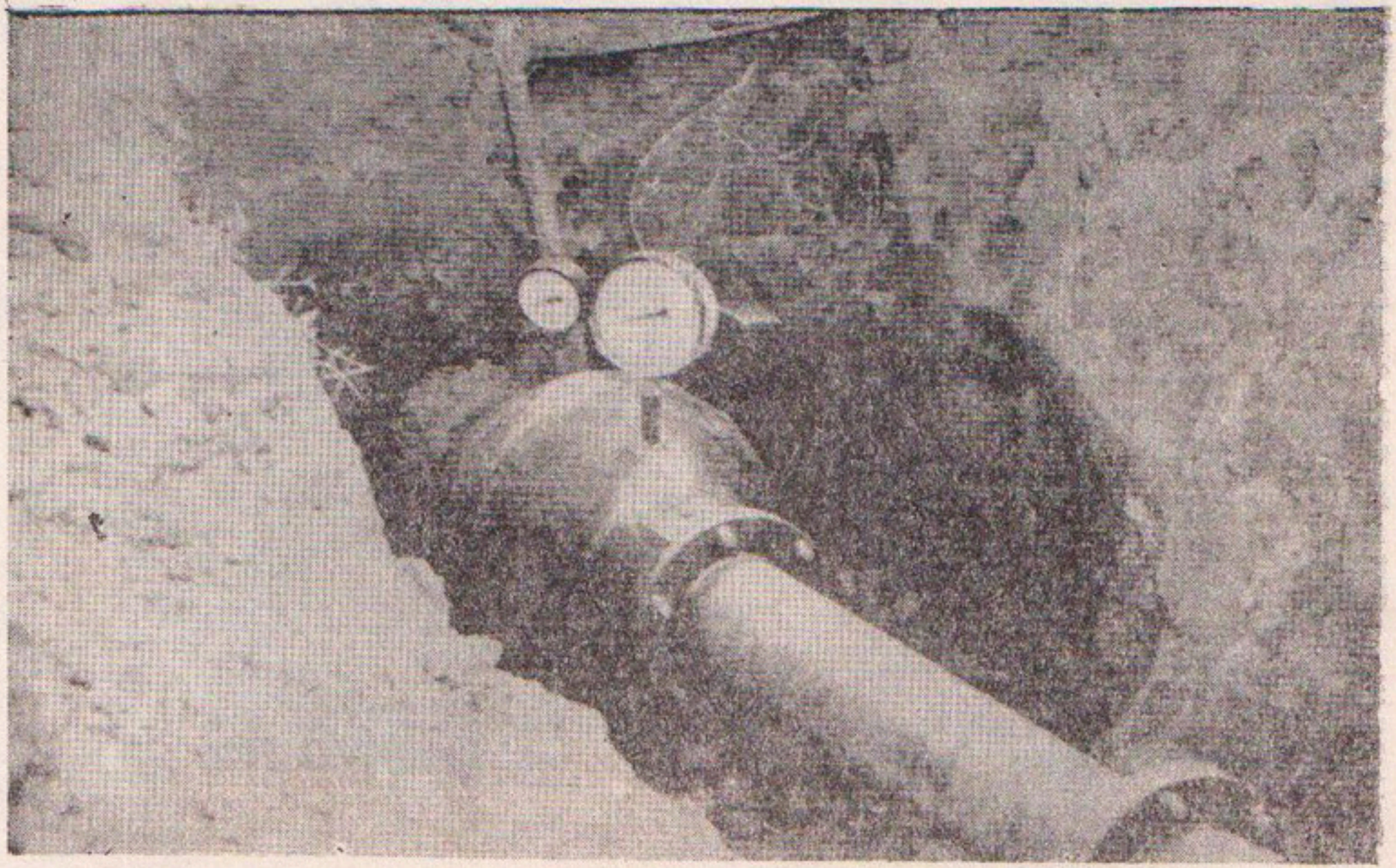


Рис. 51. Водоструйный насос на напорной линии вертикальной дрены с сифонными усилителями.

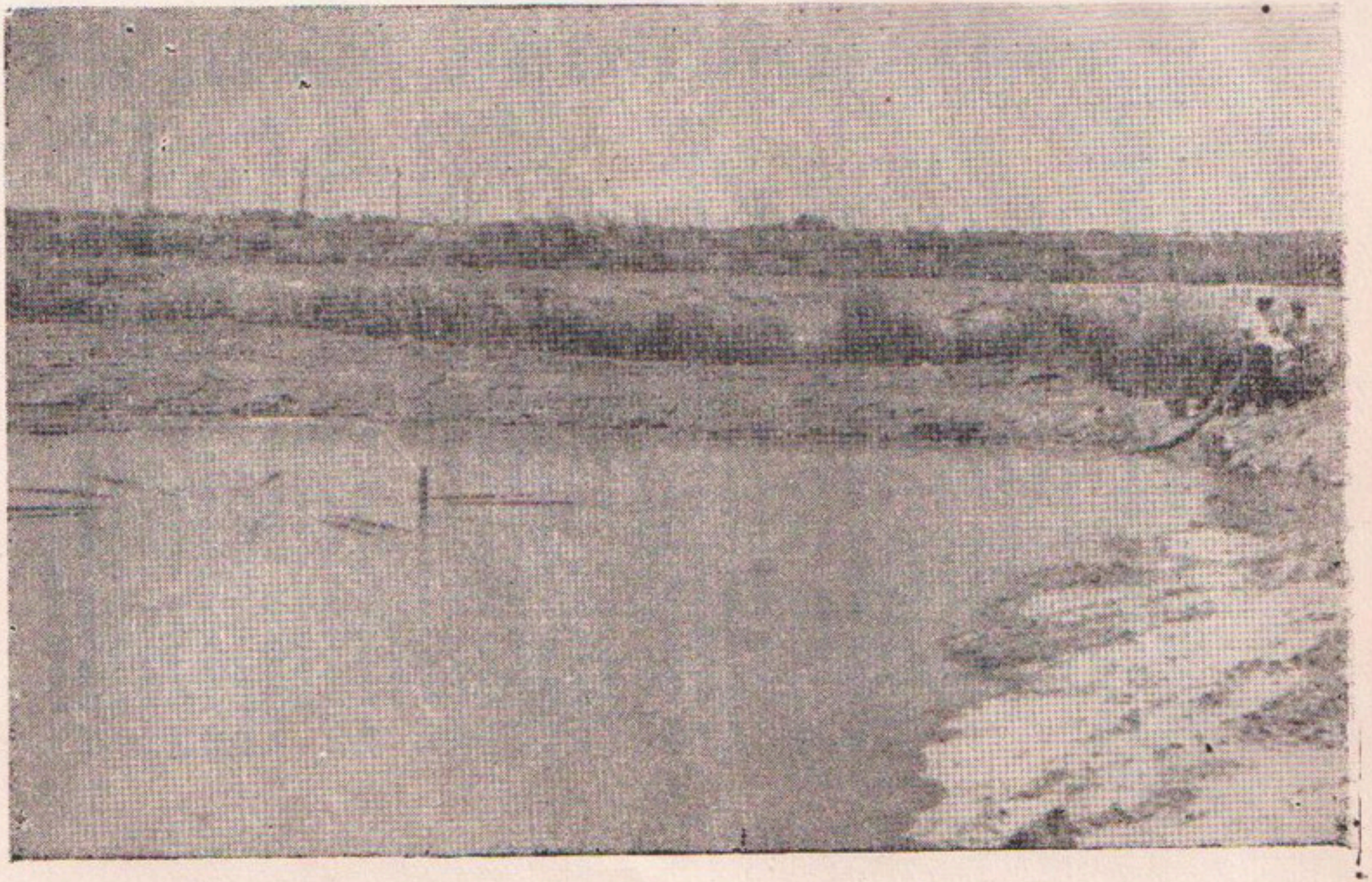


Рис. 54. Промывка сильнозасоленных земель с применением мобильного дренажа.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 3
ВВЕДЕНИЕ 5
1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДРЕНАЖА 9
1.1. Борьба с засолением орошаемых земель . . 9
1.2. Существующий дренаж орошаемых земель . . 25
1.2.1. Открытый горизонтальный дренаж . . 26
1.2.2. Закрытый горизонтальный дренаж . . 57
1.2.3. Комбинированный дренаж 88
1.2.4. Вертикальный дренаж 91
1.3. Проблемы интенсификации дренажа . . . 109
2. МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДРЕНАЖА . . 113
2.1. Основные направления интенсификации . . 113
2.2. Вакуумный дренаж 114
2.3. Новые конструкции вертикального дренажа . 152
2.4. Дренажная система «большой колодец» . . 154
2.5. Вертикальная дрена с сифонными усилителями . 157
2.6. Мобильный дренаж 162
3. РАСЧЕТ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ 165
3.1. Основные положения расчета дренажа . . . 165
3.2. Расчет горизонтального дренажа 168
3.3. Расчет комбинированного дренажа . . . 182
3.4. Расчет вертикального дренажа 184
3.5. Расчет вакуумного дренажа 188
3.6. Расчет дренажной системы «большой колодец» . 195
3.7. Расчет вертикальных дрен с сифонными усилителями 196
3.8. Расчет систем мобильного дренажа . . . 198
3.9. Высота нависания грунтового потока при работе дренажных сооружений 199
4. ВНЕДРЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВО НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДРЕНАЖА 206
4.1. Внедрение вакуумных дренажных систем . . 206
4.2. Внедрение системы «большой колодец» . . 211
4.3. Внедрение в производство скважин вертикального дренажа с сифонными усилителями . . . 212
4.4. Испытание и внедрение в производство систем мобильного дренажа 219

5. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО УСЛОВИЯМ ПРИМЕНЕНИЯ ДРЕН НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ 227
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДРЕНАЖА 237
ВЫВОДЫ 244
ЛИТЕРАТУРА 250

Вячеслав Алексеевич Калантаев

ДРЕНАЖ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ
И МЕТОДЫ ЕГО ИНТЕНСИФИКАЦИИ

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета АН ТССР

Редактор издательства *Тайчаева Г. И.*
Технический редактор *Артыкова Г. А.*
Художественный редактор *Агабаев О.*

ИБ № 841

Подписано в печать 26.09.84 г. И—01835. Формат 60×84$^{1}/_{16}$. Бумага типографская № 2. Печать плоская. Уч.-изд. л. 15,04. Физ. печ. л. 17,63. Привед. печ. л. 16,39. Тираж 500 экз. Изд. № 76. Заказ № 5088. Цена 2 р. 40 к.

Издательство «Ылым» АН ТССР.
744000, Ашхабад, ул. Энгельса, 6.

Типография АН ТССР, 744012,
Ашхабад, ул. Советских пограничников, 92а.