

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
им. В. Д. ЖУРИНА (САНИИРИ)

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ЗАСОЛЕНИЕМ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Сборник научных трудов

Выпуск 159

Ташкент—1979

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

Среднеазиатский ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт ирригации
им. В. Д. Журина (САНИИРИ)

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ЗАСОЛЕНИЕМ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Сборник научных трудов

Выпуск 159

Ташкент—1979

В сборнике освещаются результаты производственных и научных исследований САНИИРИ в области мелиорации. Данные исследований позволяют дать рекомендации по оздоровлению засоленных земель, использованию минерализованных вод на орошение хлопчатника; рассматривается технология строительства комбинированного дренажа в Каршинской степи и на юге Каракалпакии; дается расчет внутрипочвенного орошения.

Книга рассчитана на научных работников, сотрудников проектных, строительных организаций и служб эксплуатации гидро-мелиоративных систем.

Редакционная коллегия:

Кадыров А.А. (отв.ред.), Валентини Г.Г., Лактаев Н.Т., Милькис Б.Е., Насонов В.Г., Павлов Г.Н., Пулатов А.Г., Пулатов У.Ю., Рамазанов А.Р., Усманов А.У., Якубов Х.И. (зам.ред.).

©

Среднеазиатский научно-исследовательский
институт ирригации им. В.Д.Журина
(САНИИРИ), 1979

Б.Н. КАДЫРОВ, зам. министра
мелиорации и водного хозяйства УзССР

ВЫБОР ПЕРВООЧЕРЕДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПЕРЕУСТРОЙСТВА

На основании анализа общей экономической эффективности переустройства внутрихозяйственных гидромелиоративных систем и составляющих эффектов от отдельных видов работ разработана методика выбора первоочередных объектов (хозяйств) для комплексного переустройства.

Предлагаемая методика несколько отличается от разработанной в отделе эксплуатации САНИИРИ тов. Т.И.Дерлятка ("Хлопководство" № 8, 1979 г.).

Для выбора первоочередных объектов переустройства по предлагаемой нами методике требуется всего 7 показателей, характеризующих исходные условия. Остальные показатели учтены в эмпирических коэффициентах и структуре самой зависимости. Коэффициентами также учитывается степень значимости показателей, определяющих эффективность и необходимость переустройства.

Хозяйства, подлежащие переустройству, определяются по зависимости

$$K_n = \left(\frac{y_{с.х.}}{y_{с.р.}} + 0,1 \frac{y_{min}}{y_{max}} + \alpha \frac{B}{B_n} + \beta \left[\frac{2}{M_{г.в.}} + \frac{\omega - \omega_3}{\omega} \right] + \right. \\ \left. + \gamma \frac{\Omega}{\Omega_K} + \sigma \frac{K_{ЗИ}}{K_{ЗИ_K}} \right) \leq \bar{K}_n,$$

где

- K_n - коэффициент, определяющий очередность переустройства;
- $y_{с.х.}; y_{с.р.}$ - средние урожайности за последние пять лет в хозяйстве и по району;
- $y_{min}; y_{max}$ - минимальная и максимальная урожайности в хозяйстве за последние 5 лет;
- $B; B_n$ - существующий и нормативный КПД внутрихозяйственной оросительной сети;

- $M_{2,8}$ — средняя минерализация грунтовых вод по плотному остатку, г/л;
 $\omega; \omega_3$ — орошаемая площадь и площадь засоленных земель (всех степеней засоления начиная со средней);
 $\Omega; \Omega_K$ — средние размеры поливных участков до и после переустройства;
 $K_{3И}; K_{3И_K}$ — коэффициенты земельного использования до и после переустройства;
 $\alpha; \beta; \gamma; \sigma$ — эмпирические коэффициенты.

Для условий УзССР $\alpha = 0,8$; $\beta = 0,5$; $\gamma = 0,65$; $\sigma = 0,4$. При поперечной схеме полива $\gamma = 1,3$.

В зонах возможного применения вертикального дренажа $\beta = 0,7$, а при построенных системах член зависимости, учитывающий минерализацию грунтовых вод исключается, учитывают только площади засоленных земель.

До 1990 г. $\bar{K}_n$ следует принимать равным 2,5, в зонах применения вертикального дренажа $\bar{K}_n = 2,7$.

Хозяйства с минимальными значениями $\bar{K}_n$ подлежат переустройству в первую очередь.

УДК 626.862.4

В.А. ДУХОВНЫЙ, канд.техн.наук
(Главсредазирсовхозстрой)

Х.И.ЯКУБОВ, канд.техн.наук

П.Д.УМАРОВ, инженер

Р.Г.ЛЮБАР, инженер

(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КОМБИНИРОВАННОГО ДРЕНАЖА В КАРШИНСКОЙ СТЕПИ И НА ЮГЕ КАРАКАЛПАКИИ

Значительная часть территории Каршинской степи по гидрогеологическому строению представляет собой субэвразийную дельту р. Кашкадарьи с типичным строением пластов, состоящих из слабопроницаемых мелкоземов мощностью 5-15 м ($K_f = 0,1-0,5$ м/сут), подстилаемых сильно водопроницаемыми песками ($K_f = 15-40$ м/сут). Подобными литологическими условиями характеризуется и часть земель на юге Каракалпакии, приуроченная к древне-аллювиальной дельте р. Амударьи.

В указанных условиях весьма перспективно применение комбинированного дренажа, осуществляющего сработку грунтовых вод с помощью вертикальных скважин-усилителей, питающихся из подстилающего слоя. Самоизлив осуществляется под действием напора, как естественного, так и формирующегося вследствие инфильтрационного питания и подъема уровня воды в междуречьях по сравнению с уровнем ее в горизонтальных дренах и коллекторах, к которым они подключены.

Опытно-производственные исследования комбинированного дренажа, проведенные САНИИРИ в совхозе № 14 и им. К.Маркса, I-й очереди освоения Каршинской степи показали высокую мелиоративную эффективность этого вида дренажа по сравнению с другими.

На основании проработок институтов САНИИРИ и Средазгипроводхлепок Главсредазирсовхозстроем предусмотрено построить комбинированный дренаж на территории I-й очереди освоения Каршинской степи на площади около 60 тыс.га и на

Джамбаскалинском массиве в Каракалпакии на площади 10-12 тыс. га. В настоящее время в Каршинской степи этот вид дренажа уже построен на площади 2 тыс. га, а на Джамбаскалинском массиве на площади 400 га.

Однако в строительстве комбинированного дренажа наблюдается некоторое отставание, вызванное имеющимися трудностями в конструктивном исполнении усилителей и их подключении к сети, а также неотработанностью технологии строительства.

Типовые конструкции скважин-усилителей, принятые в рабочих чертежах института "Средазгипроводхлепок" (рис. 1), заложены в виде скважин, пробуренных методом прямой промывки станком УРБ-3А диаметром 500 мм, обсаженных полиэтиленовыми трубами $\varnothing = 100$ мм, перфорированными по всей мощности водоносного пласта, пререзаемого усилителем. В качестве фильтра принята песчано-гравийная смесь с диаметром частиц от 1 до 5 мм.

Следует отметить, что при такой смеси, с одной стороны, усложняется технология устройства скважин-усилителей (из-за большого объема отсева крупных частиц из материала карьера), с другой, создается узко-перистый фильтр, обладающий относительно повышенным сопротивлением.

В то же время условия работы (необходимость максимального использования напора без потерь) скважин-усилителей требуют создания фильтра с минимальным сопротивлением, а их характеристика (незначительные размеры дебита - 2-5 л/с и скорости в прифильтровой зоне) позволяет резко снизить требования, предъявляемые к составу песчано-гравийной смеси.

В связи со сказанным, при подборе состава песчано-гравийной смеси для усилителей можно использовать методику расчета конструктивных элементов скважин вертикального дренажа, несколько снизив требования, предъявляемые к фракционным составам обсыпок, или методику расчета фильтра горизонтального дренажа для несвязного грунта.

Наилучший материал для формирования устойчивого фильтра, обладающего минимальным сопротивлением - разнотерни-

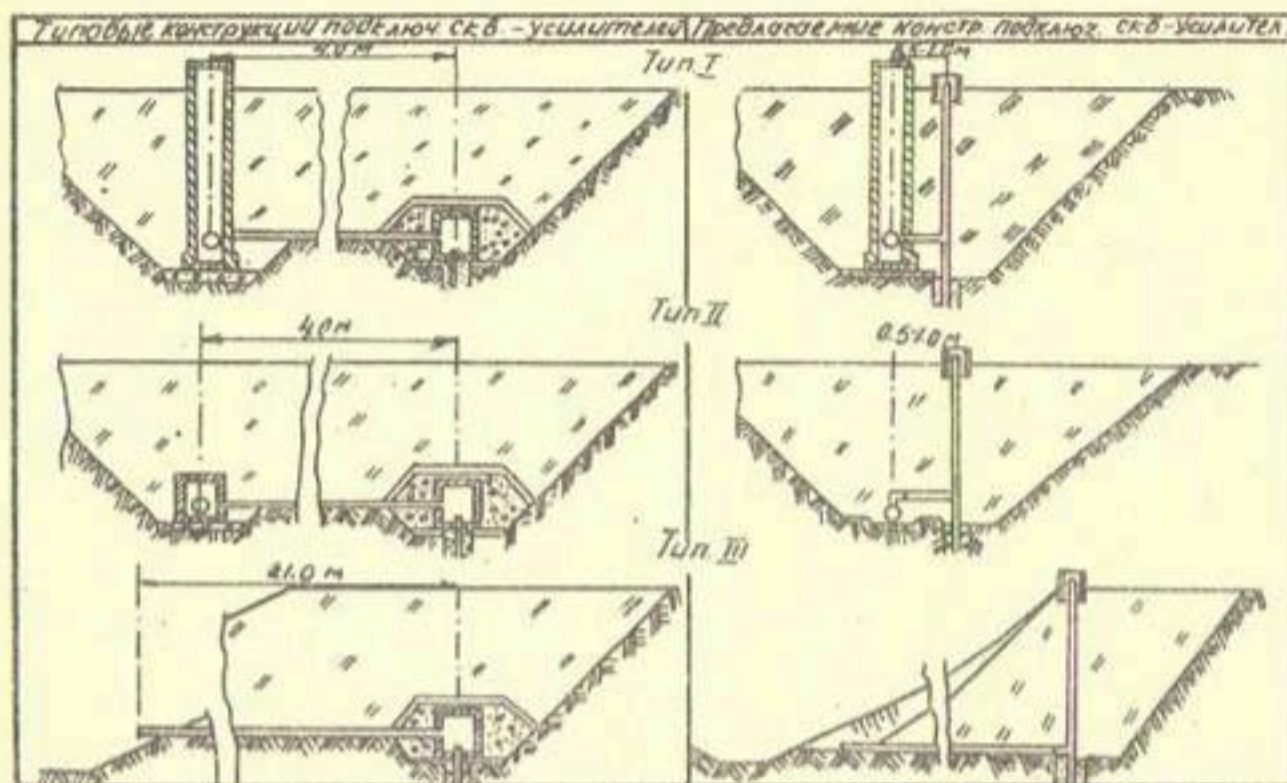


Рис. I. Конструкции типовых и предлагаемых схем подключений скважин-усилителей.

тая окатанная речная песчаная смесь, фракционный состав которой подобран по упомянутым методикам. Для практического использования фракционный состав песчано-гравийной обсыпки для скважин-усилителей может подбираться, исходя из данных, приведенных в табл. I.

Для минимального сопротивления фильтра скважин-усилителей при толщине обсыпки не менее 150-200 мм коэффициенты механичности для тонкозернистых песков должны удовлетворять условию

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} = 20 - 25;$$

для мелко- и среднезернистых песков -

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} = 25 - 35;$$

Т а б л и ц а I

Рекомендуемое содержание фракций гравийных
обсыпок, % х)

Характеристика грунтов капи- руемого пласта	Диаметр фракций, мм					
	40-30	30-20	20-10	10-5	5-3	3-1
Тонкозернистый песок	-	-	30	20	20	30
Мелко- и средне- зернистый песок	-	20	15	20	20	25
Крупнозернистый и гравелистый песок	20	15	15	20	15	15

х) Фракционный состав гравийно-песчаной обсыпки будет
уточнен по завершении лабораторных и полевых иссле-
дований САНИИРИ.

для крупнозернистых и гравелистых песков -

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} = 35 - 40;$$

коэффициент неоднородности $\gamma = \frac{D_{50}}{D_{10}}$ подобранной обсып-

ки должен находиться в пределах $3 \div 7$.

Подключение скважин-усилителей к горизонтальным дренам
предусмотрено проектом по следующей схеме.

По оси усилителя на проектную глубину устанавливается
сборный железобетонный колодец с отверстием в днище, через
которое вводится водоподъемная труба. В боковой стенке ко-
лодца имеется другое отверстие, через которое к нему подво-
дится водоотводящая асбестоцементная труба, соединяющая коло-
дец с водоприемником. Сверху колодец прикрывается железобе-
тонной крышкой. Водоприемник, конструкция которого аналогич-
на колодцу, включен в горизонтальную дренажную трубу через отверстия
в его боковых стенках. Стыки труб с колодцами зачеканивают-

ся паклей и заделываются цементным раствором.

При подключении скважин-усилителей к смотровому колодцу и открытому коллектору колодец-водоприемник по этой схеме исключен.

Условия подключения самоизливающихся скважин требуют непрерывности и высокой оперативности в производстве работ, что возможно лишь при простоте соединительных элементов. Предусмотренные проектом соединения конструкций с заделкой зазоров паклей и цементным раствором изложенным выше требованиям не отвечают.

Монтаж железобетонных конструкций колодцев и водоприемников весом соответственно 157 и 137 кг возможен лишь с помощью автокрана, применение которого при объемах работ 0,5-1 м³ в смену нерентабельно и вызывает перерасход затрат по механизмам. К тому же само изготовление на предприятиях стройиндустрии мелких железобетонных конструкций объемом 0,017-0,063 м³ вряд ли целесообразно.

Выбор конструкций подключения усилителей должен определяться возможностью контроля работоспособности скважин при их приемке и эксплуатации, а также эксплуатационной надежностью и ремонтпригодностью.

В соответствии со сказанным, нами отработана и предлагается новая схема подключения усилителей (рис. 1), при которой также имеет место три типа подключений.

Т и н 1. Усилитель подключается к смотровому колодцу закрытой горизонтальной дрены.

Вместо железобетонного колодца на водоподъемную трубу усилителя надевается тройник с удлиненным патрубком, который выводится на 50-60 см выше поверхности земли. Оголовок усилителя оборудуется съемной металлической крышкой, снабженной потайным болтом, и ограждается защитным асбоцементным кольцом $\varnothing$ 400 мм длиной 900 мм (из труб марки ВТ-3, 6, 9), установленным на бетонном (ВМ-100) основании толщиной Т = 150 мм. Короткий патрубок тройника соединен с пробитым в смотровом колодце отверстием водоотводной полиэтиленовой трубой длиной

0,5-1 м. Соединение труб с тройником раструбное.

Т и п II. Усилитель подключается к закрытой горизонтальной дрене.

Основная особенность подключения по этому типу - присоединение водоотводящей трубы к дрене "сверху". Водоприемный колодец из схемы исключается. Водоотводящая труба соединяется с дренажной при помощи полиэтиленового банджа с отводом под углом 90° , который крепится непосредственно на дренажную трубу металлическими хомутами. Отверстие в дренажной трубе пробивается по месту соединения.

Т и п III. Усилитель подключен к открытому коллектору.

В этом случае конструкции соединительных узлов аналогичны типам I и II. Особенность подключения по этому типу - выпуск водоотводной трубы в открытый коллектор через так называемый "карман", который выполняется в процессе производства земляных работ по подключению.

Выведение оголовка усилителя на поверхность земли в предлагаемых схемах позволит контролировать работоспособность скважин и по необходимости производить эксплуатационную очистку их без вскрытия обратной засышки. Исправность скважин можно проверять по движению поплавка, опускаемого в водоподъемную трубу на уровень горизонтального отвода.

При эксплуатационной очистке скважин, подключенных по первому и второму типам, следует применять специальный патрубков, внешний диаметр которого должен быть равен внутреннему диаметру водоподъемной трубы. Опускание такого патрубка немного ниже уровня водоотводной трубы позволит перекрыть отверстие и вести откачку на поверхность земли. При очистке усилителей, подключенных по типу III, откачку можно осуществить непосредственно в коллектор. В качестве воздушных труб при монтаже эрлифта следует применять облегченные трубы $\varnothing 3/4''$ и $1/2''$.

Применение отвода под углом 90° при подключении к закрытой дрене предохранит заиливание горизонтальной водоотводной трубы, возможное при промывке дренажа. Подключение уси-

лителя по типу III посредством "карманов" позволит обеспечить сохранность водоотводов при механизированной очистке коллекторов. Размещение же скважин по возможности близко к дренам позволит полнее использовать действующий на скважину напор, а также снизить объемы земляных работ.

Принятые основные конструктивные элементы подключения скважин к дренам (рис. 2):

- тройник с удлиненным патрубком;
- тройник с раструбным отводом;
- бандаж с раструбным отводом;
- водоотводящая труба.

Тройники и бандаж с раструбными отводами можно изготавливать в заготовительных мастерских, как они выполнялись в мастерских СПМК САНИИРИ. Технология изготовления общепринятая. Трубы полиэтиленовые ПВД-110 ГОСТ 18599-73.

Тройник с удлиненным патрубком представляет собой полиэтиленовую трубу $\varnothing$ 100 мм с раструбом длиной 200 мм. К этой трубе на расстоянии 400 мм от раструбного конца приваривается другой патрубок общей длиной 200 мм и длиной раструба 100 мм.

Тройник с раструбным отводом, применяемый при подключении к регулирующим дренам, выполняется из отрезка полиэтиленовой трубы $\varnothing$ 150 мм с отверстием в середине, к которому гладким концом приваривается раструбный отвод из полиэтиленовой трубы $\varnothing$ 100 мм. Раструб формируется на длине 100 мм. Длина тройника равна длине дренажной трубы.

Бандаж с раструбным отводом, применяемый при подключении к дренам-собираателям, представляет собой отрезок полиэтиленовой трубы $\varnothing$ 250 мм и длиной 400 мм, разрезанный вдоль на две равные части. Посередине отрезка трубы вырезается отверстие, к которому приваривается раструбный отвод из полиэтиленовой трубы $\varnothing$ 100 мм и длиной 200 мм.

Весь технологический процесс строительства комбинированного дренажа состоит из следующего вида работ:

буровых — подготовительная работа, бурение, спуск фильтровой колонны, засыпка гравийно-песчаной смеси в затрубное пространство и строительная откачка;

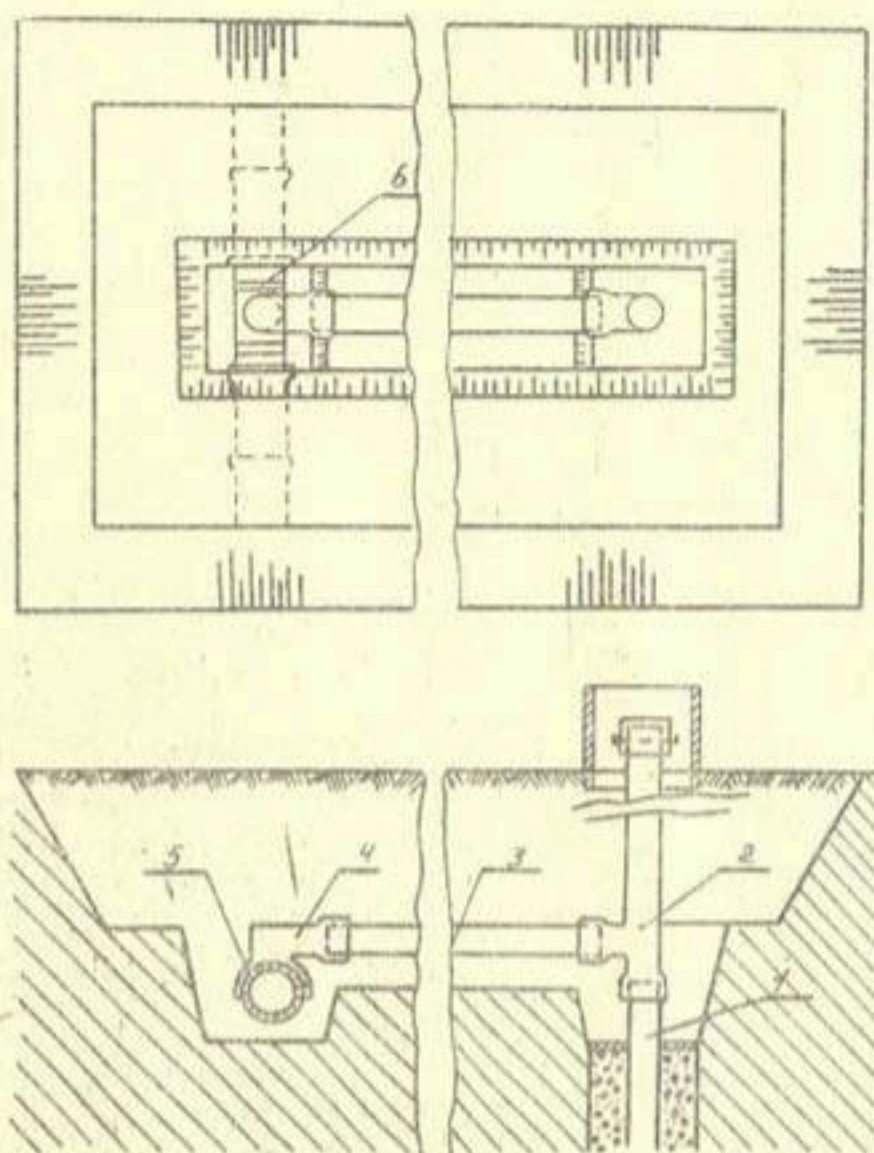


Рис. 2. Схема соединительных узлов подключения
 окважин-усилителей: 1 – водоподъемная труба;
 2 – тройник с удлиненным патрубком; 3 – водо-
 отводящая труба; 4 – бандаж с раструбом; 5 –
 труба горизонтальной дрены; 6 – стяжные хомуты.

земляных – рытье котлована, ручная доработка, подготов-
 ка мест соединения, разбор фильтровой обсыпки и обратная
 присыпка грунта;

монтажных – сборка узлов сопряжения вертикальной водо-
 подъемной трубы с водоотводящей трубой и горизонтальной
 дреной.

Технология буровых работ может приниматься по аналогии
 с таковой, применяемой при строительстве вертикального дре-

нака. Опыт строительства и эксплуатации систем вертикального дренажа в Советском Союзе показывает, что наиболее технологичным является метод проходки скважин с обратной промывкой (возможность бурения без глинистого раствора, большая скорость проходки, высокие удельные дебиты). Однако применение этого метода проходки на строительстве скважин-усилителей создает ряд трудностей: необходимость устройства бассейна и создания в нем постоянного слоя воды для поддержания гидростатического противодействия в стволе скважин и очистки откачиваемых вод от выбуренного шлама; отсутствие во многих случаях достаточного объема чистой воды (15–20 л/с), необходимой для проходки; возможность прорыва воды в закрытые дрена при близком расположении усилителей; плохая маневренность станка вращательно-всасывающего метода и др.

В связи со сказанным, до переоборудования существующего роторно-вращательного станка типа УРБ с тем, чтобы перейти на метод бурения с обратной промывкой, проходку ствола усилителей можно осуществлять методом прямой промывки. При этом в процессе бурения необходимо исключить применение глинистого раствора, используемого для закрепления стенки скважин. В этом случае устойчивость стенки скважин обеспечивается за счет естественного разжиженного раствора, образуемого при проходке покровного мелкозема. Такой раствор позволяет предотвратить образование на стенках усилителей глинистой корки и облегчает строительную откачку.

Строительная откачка при устройстве усилителей предназначена не для специальной разглинизации стенки скважин, как это имеет место при строительстве вертикального дренажа, а проводится в целях формирования устойчивого фильтра, обладающего минимальным сопротивлением. Поэтому успех строительства скважин-усилителей высокого качества, обладающих минимальными потерями напора в прифильтровой зоне, зависит от правильной организации и осуществления строительной откачки.

Обязательное условие успешного формирования фильтра — немедленное проведение строительных откачек вслед за оконча-

нием засыпки гравийно-песчаной смеси в затрубное пространство.

При строительных откачках необходимо соблюдать следующие условия:

начинать откачку с минимального дебита, если каптируемый пласт представлен тонко-, мелко- и среднезернистыми песками; для скважин-усилителей начальный дебит должен быть 2-3 л/с;

контролировать увеличение расхода по объему выносимого песка в воде. Переходить к следующей ступени дебита можно только после полного прекращения выноса песка в откачиваемой воде. Откачка прекращается после доведения расхода усилителей до максимума - 10-15 л/с;

начинать строительную откачку с максимального расхода, постепенно переходя на минимальный, если каптируемый пласт представлен галечниково-гравийным отложением и крупнозернистым песком. Это улучшает проницаемость прифильтровой зоны за счет выноса мелких частиц.

Если водопримная часть скважины расположена в водоносном пласте, представленном тонко-, мелко- и среднезернистыми песками, то при строительной откачке нельзя допускать частых и резких остановок, так как усиливается вынос мелкозернистых песков и заиливание нижней части эрлифтной установки.

Если водопримная часть расположена в водоносном пласте, сложенном гравелистыми и крупнозернистыми песками, то откачку целесообразно производить с резкими пусками и остановками оборудования, что ускоряет формирование фильтра и улучшает проницаемость прифильтровой зоны. Общая продолжительность строительной откачки, по опыту строительства усилителей в Каршинской степи, не должна превысить 4-5 ч.

Строительную откачку рекомендуется проводить эрлифтной установкой по схеме, когда в качестве водоподъемной колонны используется фильтровой каркас, что облегчает осуществление откачки. В этом случае дебит откачки регулируется путем подачи воздуха в забой, т.е. числом оборотов двигателя компрессора и подъемом или опусканием воздухоподводящей трубы.

Подключение скважин-усилителей во избежание подтопления соединительной траншеи водой ведется параллельно строительной откачке.

Работы выполняются звеном буровых рабочих, куда входят буровой рабочий IУ разряда (Б-I), буровой рабочий II разряда (Б-2), а также для разработки грунта и строительной откачки экскаваторщик и компрессорщик.

Технология работ, ее очередность и увязка с механизмами и рабочей силой приведены в календарном графике (рис. 3).

На основе календарного графика производства работ по подключению усилителей к дрене выделяются 3 отдельных специализированных вида работ, которые выполняются специальными звеньями.

Т а б л и ц а 2

Виды работ при подключении скважин-усилителей
и необходимые механизмы

Виды работ	Наименование механизмов и состав звена	Количество людей	Продолжительность (в сменах)
Механизированные земляные	Экскаватор 80-3322	I	0,25
	Бульдозер ДТ-75	I	0,1
Строительная откачка	Компрессор ДК-9	I	0,5
Подключение скважин	Буровой рабочий IУ разряда	I	0,75
	Буровой рабочий II разряда	I	

Состав бригады подбирается в зависимости от типа подключения, а следовательно, от трудозатрат по трем основным видам работ. Для подключения усилителей по типу II бригада комплектуется в следующем составе:

- 3 звена буровых рабочих - 6 чел;
- компрессорщик - 2 чел.;
- экскаваторщик - 1 чел.

Номера скв.	Наименование работ	Продолжительность смены	Рабочие дни					
			I					
			0	0,25	0,5	0,75	1	2
I	Мех.зем. работы Подключение скв. Строит.откачка	0,25 0,75 0,5	экскаватор				1,25	1,75
2	Мех.зем. работы Подключение скв. Строит.откачка	0,25 0,75 0,5	экскаватор звено № I компрессор К-I	экскаватор	звено № 2 компрессор К-2			
3	Мех.зем. работы Подключение скв. Строит.откачка	0,25 0,75 0,5	экскаватор	экскаватор	звено № 3 компрессор К-I			
4	Мех.зем. работы Подключение скв. Строит.откачка	0,25 0,75 0,5	экскаватор	экскаватор	звено № I компрессор К-2			
5	Мех.зем. работы Подключение скв. Строит.откачка	0,25 0,75 0,5	экскаватор	экскаватор	звено № 2 компрессор К-I			
6	Мех.зем. работы Подключение скв. Строит.откачка	0,25 0,75 0,5	экскаватор	экскаватор	звено № 3 компрессор К-2			

Рис. 3. Поточный график организации работы бригады по подключению скважин-усилителей.

В данном случае для организации поточной работы можно предложить следующую схему (см. рис. 3).

Засыпка котлованов в общий цикл работ не включена и выполняется отдельно, по мере накопления объемов работ и сдачи их заказчику. Учитывая необходимость непрерывности всех операций по подключению, работы следует проводить в две смены.

В результате внедрения предлагаемых конструкций и технологии подключения достигается следующее:

1. Упрощается процесс соединения конструкций и сокращаются затраты труда благодаря переходу на раструбный стык;

2. Уменьшается вес конструкций, и в связи с этим исключается из перечня необходимых механизмов автокран;

3. Повышается эксплуатационная надежность скважин благодаря постоянному к ним доступу, что обеспечивает возможность контроля работы усилителя и по необходимости прокачки скважин при их заилении;

4. Появляется возможность использовать усилитель даже при максимально заиленной дрене благодаря подключению водоотводящей трубы в дренаж "сверху".

В заключение приводятся технико-экономические показатели (табл. 2) 2-х вариантов проектного и предлагаемого, из которых видна эффективность предложенной технологии и конструкций.

Т а б л и ц а 3

Технико-экономические показатели проектных и предлагаемых схем подключения скважин-усилителей

Технико-экономические показатели	Проектное решение			Предлагаемое решение		
				тип		
	I	II	III	I	II	III
Трудозатраты, чел.-дни	13,3	8,1	7,6	1,57	2,3	3,0
Зарплата, руб.	55,76	37,18	37,50	5,40	8,55	12,90
Сметная стоимость, руб.	97,1	87,4	163,9	33,5	46,6	59,6

УДК 626.8

А.Р.РАМАЗАНОВ, канд.сельхоз.наук
Д.А.ЗУПАРОВА, инженер
А.Ж.РАКАБОВ, канд.сельхоз.наук
(САНИРИ им. В.Д. Журина)

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В НИЗОВЬЯХ АМУДАРЬИ

В отличие от других культур при возделывании риса слой воды на поверхности почвы поддерживается длительное время. Это обуславливает анаэробный характер почвенных процессов.

Примеры высокого плодородия засоленных земель при освоении их путем посевов культуры риса широко известны в орошаемой зоне. Однако некоторыми исследователями было отмечено ухудшение воднофизических и агрохимических свойств почв при возделывании риса в бездренажных и слабо дренированных условиях.

В рассматриваемых нами случаях территория рисовых инженерных систем дренирована в достаточной степени и, таким образом, при непрерывной подаче воды одновременно создаются условия для непрерывного прохождения ее через почвенную толщу. В этих условиях установление особенностей изменения и направленности почвенных процессов несомненно представляет определенный научный и практический интерес. В этой связи с 1971 г. в низовьях Амударьи, где интенсивно развивается строительство рисовых оросительных систем, были проведены специальные исследования. Ниже приводятся результаты этих исследований.

Одним из важных показателей состояния орошаемых земель является объемный вес почвы, характеризующий состояние ее структуры. Сопоставление результатов повторных определений объемного веса показывает, что орошение риса с длительным поддержанием слоя воды в чеках обусловило заметное уплотнение целинных почв. Этот процесс наиболее резко выражен в верхнем (0-20 и 20-40 см) слое исследуемых почв. При исходном значении объемного веса в этом слое

I, II-I, I6 г/см³ к концу вегетационного периода он увеличился до I,52-I,48 г/см³. В нижних слоях также отмечается увеличение объемного веса, но не столь существенное, как в верхних горизонтах.

Т а б л и ц а I
Изменение объемного веса почвы при орошении риса,
г/см³ (совхоз "Октябрь", КК АССР)

Раз- рез	Гори- зонт, см	Сроки определения				
		1972 г. весна	1972 г. осень	1974 г. осень	1976 г. осень	1978 г. осень
3	0-20	I, II	I,52	I,55	I,51	I,53
	20-40	I,30	I,36	I,46	I,45	I,42
	40-60	I,34	I,35	I,30	I,49	I,50
	60-80	I,37	I,43	I,42	I,48	I,42
	80-100	I,27	I,47	I,51	I,53	I,52
	100-125	I,25	I,45	I,49	I,46	I,44
	125-150	I,30	I,48	I,45	I,49	I,47
6	0-20	I, I6	I,48	I,57	I,49	I,47
	20-40	I,24	I,53	I,50	I,45	I,46
	40-60	I, II	I,35	I,44	I,37	I,42
	60-80	I,42	I,39	I,37	I,46	I,54
	80-100	I,28	I,43	I,49	I,54	I,53
	100-125	I,32	I,40	I,38	I,49	I,48
	125-150	I,37	I,47	I,54	I,63	I,57

Как видно из приведенных данных (табл. I), в последующие годы при орошении риса объемный вес исследуемых почв существенных изменений не претерпевает. За исключением отдельных горизонтов его значение сохраняется примерно в тех же пределах. Надо сказать, что довольно резкое увеличение объемного веса почвы в верхних слоях обусловлено также большим количеством взвешенных наносов, приносимых с амударьинской водой и осаждаемых на поверхности рисовых полей. Наблюдениями установлено, что за период вегетации риса на каждый гектар поступает более 20-25 т взвешенных

наносов, в составе которых содержится довольно большое количество илистых фракций, характеризующихся сравнительно высокой плотностью.

Наиболее существенный качественный признак почвы — эффективное плодородие — зависит от того, в каких формах находятся в ней питательные вещества и в какой степени они могут быть использованы растениями. Изучение агрохимических характеристик почв зоны рисосеяния в низовьях Амударьи показывает, что они имеют определенные различия. Так, если в лугово-такырных почвах северной зоны КК АССР (с-з "Октябрь") содержание гумуса составляет 1,0–1,5% (слой 0–52 см), то в песчаных почвах Хорезмского оазиса (с-з "Беговат") его количество в 2,5–3,0 раза ниже и составляет 0,43–0,58%. Различия в содержании общих форм азота и фосфора не столь существенны, хотя их несколько больше в лугово-такырных почвах. Валовое содержание калия в последних в 3–3,5 раза выше по сравнению с песчаными почвами.

Исследованиями установлено, что при многолетнем возделывании риса в монокультуре (табл. 2, 3) наблюдается уменьшение содержания гумуса, с количеством и составом которого связаны морфология почвы, ее физические и физико-химические свойства, микробиологическая деятельность. По мере увеличения сроков возделывания риса в лугово-такырных почвах из года в год содержание азота и его подвижных форм уменьшается. Аналогичная картина наблюдается и по содержанию калия в почве. Количество фосфора в почве уменьшается, но не столь существенно, а его подвижные формы в отдельных случаях даже увеличиваются. Это, видимо, связано с тем, что фосфор, вносимый на поля в виде удобрений, не полностью используется культурой риса.

Исследованиями установлено, что возделывание риса при длительном поддержании слоя воды в чеке в общем-то не приводит к каким-либо резким изменениям в содержании элементного состава почвы. Как видно из приведенных данных, содержание макроэлемента железа, микроэлементов

Т а б л и ц а 2

Изменение содержания питательных элементов в почве
при орошении риса (с-з "Октябрь", КК АССР)

Разрез	Горизонт, см	Гумус, %	Подвижные формы, мг/кг			Общее содержание, %		
			P_2O_5	NO_3	NH_3	фосфор	азот	калий
№ 4 (до посева риса, целина)	0-14	1,067	7,90	34,5	31,0	0,140	0,073	0,882
	14-34	1,523	4,70	22,0	35,5	0,112	0,071	1,354
	34-52	1,005	3,80	9,75	67,5	0,122	0,140	1,250
	52-71	0,674	4,50	9,0	21,5	0,121	0,137	1,250
	71-100	0,808	3,60	7,5	32,25	0,110	0,171	1,250
№ 5 (после 3 лет возделывания риса)	0-34	0,435	8,70	11,0	30,0	0,107	0,025	0,815
	34-43	0,290	4,00	4,50	38,70	0,118	0,022	0,652
	43-50	0,352	3,40	5,50	22,50	0,093	0,039	0,787
	50-66	0,290	3,80	следы	24,0	0,173	0,052	0,529
	66-82	0,404	1,80	-	25,35	0,055	0,016	0,866
№ 6 (после 7 лет возделывания риса)	82-102	0,363	2,90	-	17,90	0,077	0,020	0,866
	0-28	0,331	12,2	10,0	40,50	0,038	0,030	0,938
	28-33	0,311	3,0	10,5	28,5	0,090	0,028	1,318
	33-48	0,331	2,90	10,75	32,5	0,109	0,018	0,759
	48-69	0,300	2,10	13,0	29,35	0,118	0,025	0,733
	69-100	0,404	2,50	9,50	31,50	0,109	0,024	0,758

Примечание: определения проведены весной.

марганца и кобальта, а также таких инертных элементов, как хром и скандий, независимо от сроков возделывания риса существенных изменений во времени не претерпевает (табл. 4). Под влиянием нисходящего инфильтрационного тока происходит перераспределение отдельных элементов по профилю почвы. Причем, запасы отдельных элементов, вымываемых из активного слоя почвы под влиянием нисходящих токов, пополняются за счет взвешенных наносов - ила, в составе которого содержится значительное количество железа, марганца, кобальта, хрома, скандия и др. (табл.5).

Т а б л и ц а 3

Изменение содержания питательных элементов в почве
при орошении риса (с-з "Беговат", Хорезмский оазис)

Разрез	Гори- зонт, см	Гумус, %	Подвижные формы, мг/кг			Общее содержание, %		
			P_{2O_5}	NO_3	NH_3	фосфор	азот	калий
№ 2 (до посева риса, целина)	0-12	0,497	14,6	следы	20,50	0,107	0,062	0,388
	12-22	0,580	следы	"	23,25	0,091	0,031	0,368
	22-60	0,435	"	"	24,00	0,093	0,054	0,395
	60-71	0,487	"	"	25,50	0,107	0,106	0,449
	71-93	0,456	"	"	24,00	0,116	0,088	0,153
	93-100	0,404	"	"	24,25	0,084	0,082	0,268
№ 3 (после перво- го года возде- лывания риса)	0-21	0,539	7,60	следы	30,5	0,096	0,053	0,134
	21-54	0,414	5,60	"	28,35	0,104	0,065	0,268
	54-75	0,632	4,20	"	30,35	0,099	0,063	0,209
	75-90	0,953	7,80	"	24,25	0,096	0,070	0,375
	90-120	1,129	4,50	"	48,50	0,098	0,072	0,860

Примечание: определения проведены весной.

Т а б л и ц а 4

Изменение содержания отдельных элементов в почве
при орошении риса

Сов- хоз	Раз- рез	Срок воз- делывания риса	Гори- зонт, см	Элементы				
				Fe %	Mn мг/кг	Co мг/кг	Cu мг/кг	Se мг/кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9
"Октя- брь"	№ 4	до осво- ения	0-14	1,818	397	13,33	45,80	8,314
			14-34	1,514	431	10,21	42,14	7,399
			34-52	1,912	476	12,49	21,49	7,121
			52-71	2,321	435	9,125	29,37	8,032
			71-100	1,417	411	7,825	34,17	8,194

I	2	3	4	5	6	7	8	9
№ 5 после трех лет			0-34	2,018	621	15,39	27,42	8,191
			34-43	1,439	489	13,41	31,17	7,215
			43-50	2,320	516	11,32	38,21	5,111
			50-66	2,045	470	9,839	29,18	6,217
			66-82	2,510	602	12,62	32,76	7,587
			82-102	2,111	584	7,218	31,89	9,222
№ 6 после семи лет			0-28	2,531	439	11,28	48,14	7,143
			28-33	1,729	481	10,21	51,18	7,285
			33-48	1,998	413	12,37	98,60	7,667
			48-69	1,429	429	11,44	46,29	7,442
			69-100	2,011	460	9,292	42,31	7,512
"Бего- ват" № 2 до осво- ения			0-12	1,921	485	5,719	30,11	8,311
			12-22	1,760	399	4,219	28,17	7,429
			22-60	1,429	428	7,229	34,89	7,500
			60-71	1,225	411	6,718	39,22	8,114
			71-93	1,314	496	5,199	37,17	8,156
			93-100	1,387	368	5,451	24,38	7,988
№ 3 после од- ного года			0-21	1,149	514	6,224	33,89	10,21
			21-54	1,262	464	9,412	41,32	9,292
			54-75	1,914	397	10,121	29,18	9,414
			75-90	2,021	402	7,456	28,37	7,289
			90-120	1,785	429	4,129	34,21	7,213

Т а б л и ц а 5

Содержание отдельных элементов в составе ила
(с-з "Октябрь", КК АССР)

Наименование оросителя	Элементы				
	железо, %	марганец, мг/кг	кобальт, мг/кг	хром, мг/кг	скандий, мг/кг
У-45	1,79	420	6,11	56,1	11,30
У-46	2,03	505	3,18	71,8	9,14

Изучение состава поглощенных оснований на территориях рисовых систем с различным сроком эксплуатации показывает, что в исходном состоянии в лугово-тамырных почвах (с-з "Октябрь, разрез 4) наибольшее содержание катиона натрия — 0,5 мг экв. на 100 г почвы обнаружено в горизонте 14-34 см. Глубже, при уменьшении его, содержание катиона кальция возрастает (табл. 6).

Т а б л и ц а 6
Содержание гипса и поглощенных оснований в почве
рисовых полей

Совхоз	Разрез	Срок возделывания риса, год	Горизонт, см	Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Поглощенные основания, мг экв. на 100 г почвы			
					Ca^{++}	Mg^{++}	K^+	Na^+
"Октябрь"	№ 4	до освоения	0-14	0,226	0,80	4,14	0,32	—
			14-34	0,176	4,79	2,96	0,39	0,5
			34-52	0,456	5,79	0,99	0,30	0,30
			52-71	0,817	4,79	0,99	0,30	0,30
			71-100	0,453	4,55	2,17	0,35	0,36
	№ 5	после трех лет	0-34	0,097	1,60	4,93	0,26	0,21
			34-43	0,341	0,80	3,55	0,26	0,25
			43-50	0,067	1,40	3,16	0,22	0,05
			50-66	1,297	0,80	3,35	0,16	0,12
			66-82	0,221	0,80	5,72	0,26	0,20
			82-102	0,081	1,00	2,96	0,22	0,45
	№ 6	после семи лет	0-28	0,018	1,60	4,34	0,26	0,26
			28-33	0,042	0,60	4,14	0,22	0,24
			33-48	0,237	1,40	3,55	0,19	0,89
			48-69	0,045	1,60	5,52	0,19	—
			69-100	0,054	0,80	3,16	0,16	0,05
"Беговат"	№ 2	до освоения	0-12	0,331	1,80	0,59	0,11	0,08
			12-22	0,530	1,40	0,39	0,11	0,22
			22-60	0,706	1,80	0,39	0,11	0,60
			60-71	0,830	0,80	2,17	0,10	0,67
			71-93	0,668	1,00	1,38	0,10	0,56
			93-100	0,932	0,80	1,18	0,10	0,13

1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ 3	второй	0-21	1,141	0,60	1,58	0,100	0,07	
		21-54	0,810	0,40	1,38	0,13	0,11	
		54-75	0,552	0,60	1,58	0,26	0,09	
		75-90	0,706	5,19	0,20	0,35	0,15	
		90-120	1,473	5,19	0,20	0,37	0,24	

На песчаных почвах Хорезмского оазиса (с-з "Беговат", разрез 2) содержание натрия колебалось в пределах 0,08-0,67 мг экв. на 100 г почвы при максимальном его содержании в слое 22-93 см.

Под влиянием брожения риса происходят определенные изменения в составе и емкости поглощения почвы. Так, по мере увеличения сроков возделывания риса происходит уменьшение в поглощающем комплексе кальция по всему профилю почвы.

В то же время содержание катиона магния возрастает. При заметном уменьшении катиона калия в лугово-такрыных почвах наблюдается тенденция к увеличению его в песчаных почвах. Содержание катиона натрия в поглощающем комплексе в целом существенных изменений не претерпевает.

Известно, что в изменении и направленности почвообразовательного процесса активное участие принимают соединения железа. В процессе почвообразования некоторая часть железа переходит в подвижные формы, окисляется или восстанавливается и мигрирует по профилю почвы, накапливаясь в ней в виде подвижных форм закиси и окиси железа. Закисное железо, образующееся в затопленной почве, оказывает вредное влияние на рис и, следовательно, чем больше его в почве, тем ниже урожай риса /1/. В то же время, благодаря высокой окислительной способности корневой системы риса, закисное железо в ризосфере корней переходит в окисные нетоксичные формы /2/.

Нашими исследованиями установлено, что в лугово-такрыных почвах, представленных преимущественно суглинистыми разностями с отдельными прослойками глинистых отложений, в исходном состоянии закисные формы железа почти отсутствуют. Они представлены в окисной форме с содержанием их в почве 0,027-0,028 мг на 100 г почвы.

Возделывание риса при длительном затоплении, когда почвенные процессы протекают в анаэробных условиях, способствует появлению закисных форм железа преимущественно в верхнем слое почвы (табл. 7), а окисные формы железа распределены одинаково и в количественном отношении несколько превышают закисные формы.

Т а б л и ц а 7

Изменение подвижных форм железа в почве
при орошении риса

Совхоз	Разрез	Срок возде- лывания риса, год	Гори- зонт, см	Тип почвы	Содержание подвижных форм железа, мг на 100 г а.с.п.	
					<i>FeO</i>	<i>Fe₂O₃</i>
"Октябрь"	№ 4 ^а	до ос- воения	0-22	лугово- такрыные	нет	0,029
			22-39		"	0,028
			39-59		"	0,028
			59-81		"	0,028
			81-100		0,024	0,027
	№ 5	четвер- тый	0-34	"	0,025	0,029
			34-43		0,026	0,029
			43-50		нет	0,028
			50-66		"	0,027
			66-82		"	0,029
			82-102		"	0,029
	№ 6	вось- мой	0-28	"	0,026	нет
			28-33		0,025	"
			33-48		0,026	0,029
			48-69		нет	0,029
			69-100		0,026	нет
"Беговат"	№ 2 ^а	до ос- воения	0-10	песчаные	0,042	нет
			50-60		0,062	"
			80-100		0,042	"

1	2	3	4	5	6	7
	№ 2 первый	0-14	песчаные		0,044	нет
		14-34			0,024	0,027
		34-58			0,024	0,053
		58-100			0,062	0,023
	№ 3 второй	0-21	"		0,104	0,023
		21-54			0,082	0,023
		54-75			0,062	0,023
		75-90			0,058	нет
		90-120			нет	0,029

В песчаных почвах (с-з "Беговат") в исходном состоянии обнаружены закисные формы железа в количестве 0,042-0,062 мг на 100 г почвы. После двух лет возделывания риса, при общей уменьшении с глубиной закисных форм железа, в почве обнаружены окисные формы.

Изложенное выше позволяет отметить, что при достаточной дренированности территории возделывание риса в монокультуре с подачей большого объема воды на единицу площади каких-либо резких изменений в физико-химических свойствах почв низовий Амударьи не вызывает.

Л и т е р а т у р а

1. Н.Б. Натальин, К.С. Кириченко,
А.Б. Сорокина. "Агротехнические основы
рисового севооборота". Научный отчет ВРОС за
1941-1942 гг. Сельхозгиз, 1946.
2. Б.А. Неумилов. "Теория и практика повышения
плодородия почв рисовых полей Приморского
края". Фонды библиотеки Почвенного институ-
та им. В.В. Докучаева, М., 1956.

УДК 626.8

Т. ДЖАЛИЛОВА, аспирант
(САНИИРИ им. В.Д.Хурина)

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ КОЛМАТАЦИИ СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

На производительность скважин вертикального дренажа существенное влияние оказывает состояние фильтра и прифильтровой зоны. Даже в непескующих скважинах дебит с течением времени может уменьшаться и в конечном итоге скважина выходит из строя /1/.

Интенсивность процессов колматажа фильтров скважин определяется физико-химическими характеристиками явлений, происходящих в системе пласт-скважина.

Обширные исследования по этому вопросу были выполнены в гумидной зоне /2, 3/, где установлено, что основной причиной физико-химического колматажа является выпадение в осадок карбонатных и железистых соединений, содержащихся в откачиваемой воде. В соответствии с этим разработаны рекомендации по восстановлению скважин /4/.

Однако работа скважин вертикального дренажа в аридных условиях отличается значительно более высокой минерализацией, специфическим составом откачиваемой воды, своеобразным газовым составом, высокой температурой и, наконец, режимом работы. Поэтому исследование процессов колматажа скважин вертикального дренажа в аридной зоне представляет определенный интерес для разработки методов восстановления производительности и повышения срока службы скважин.

Из природных факторов, влияющих на производительность скважин вертикального дренажа, особого влияния заслуживают вопросы химической коррозии, а также колматажи водоприемной части.

Исследования колматажи фильтров скважин вертикального дренажа проводились на территории хозяйств Пахтааральского и Джетысайского районов Голодной степи.

Как показывают анализы осадков, отобранных из водоподъемных труб скважин вертикального дренажа (табл. I), основными

компонентами осадков являются соединения железа, незначительные соединения кальция, магния и др.

Т а б л и ц а I

Место отбора образца	Содержание, %								потери при прокаливании	Σ
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O		
С-з "Пахта-арал", скв. вертикального дренажа, обсадная колонна ($\varnothing$ 426 мм, глубина 5 м)	9,46	3,16	70,22	4,04	1,69	1,34	0,43	0,41	9,9	100,6
С-з "Пахта-арал", скв. вертикального дренажа, обсадная колонна ($\varnothing$ 426 мм, глубина 5 м)	12,79	3,05	51,47	9,20	1,69	1,72	0,53	0,53	18,75	99,73

Исследования кольямента показывают, что он представляет собой частицы кварца, гипса, окислов железа, цементированные железистым, глинистым и, в очень малой степени, карбонатным веществом. Содержание гидроокислов железа обусловлено наличием продуктов коррозии металлических фильтров и обсадных колонн.

Исследование стабильности подземных вод и возможности физико-химического кольяматажа водоприемной части скважин проводилось на основе данных химанализа проб, отобранных из скважин и пьезометров.

Определение концентрации водородных ионов (pH), окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и свободной углекислоты (CO_2) производилось непосредственно на местах отбора проб, а остальные элементы определялись в лабораторных

условиях. Приведенные в табл. 2 анализы химического состава воды, откачиваемой вертикальным дренажем, и в пьезометрах показывают, что подземные воды, кроме широко распространенных ионов, содержат растворенный углекислый газ (CO_2), ионы HCO_3 и немного карбонатных ионов CO_3 .

Кольматаж карбонатными отложениями происходит при снижении в воде количества углекислоты за счет изменения давления и скорости движения воды при входе в фильтр из водоносного горизонта.

Возможность выпадения осадков $CaCO_3$ характеризуется индексом насыщения подземной воды [3], который определяется по формуле Ланжелье:

$$I = pH - pH_s, \quad (1)$$

где pH — фактическая концентрация водородных ионов подземных вод;

pH_s — концентрация водородных ионов при равновесном насыщении подземных вод углекислыми соединениями.

При $pH > pH_s$ вода отличается недостаточным содержанием свободной углекислоты по сравнению с равновесной концентрацией. Такую воду называют некоррозионной, т.е. из нее выделяется осадок карбоната кальция.

При $pH < pH_s$ вода содержит CO_2 в избытке по сравнению с равновесной концентрацией, карбонат кальция не выделяется, т.е. вода коррозионна.

При $pH = pH_s$ вода равновесно насыщена карбонатом кальция, т.е. стабильна.

Значение pH_s определяется по формуле

$$pH_s = f_1(t^\circ) - f_2(Ca^{2+}) - f_3(\omega) + f_4(p), \quad (2)$$

где pH_s — функция температуры $f_1(t^\circ)$, концентрации кальция $f_2(Ca^{2+})$, щелочности $f_3(\omega)$ и общего солесодержания $f_4(p)$

Для расчета этих параметров можно воспользоваться графиком, составленным Е.И.Апельциным [3].

Анализ данных расчетов (табл. 3) показывает, что только в двух пьезометрах $pH > pH_s$, т.е. только в этих пьезометрах происходит выпадение карбонатных осадков, в остальных

Т а б л и ц а 2

Но- мер сква- жины	Темпе- ратура	Углекислота	Жесткость	Окис- ляе-	Общая, карбо- натная, мг/л	Своб. агрес. CO_2	CO_2	CO_2	SiO_2	Сухой Анионы, мг/л	Катионы, мг/л
					общая, карбо- натная, мг/л	своб. агрес. CO_2	CO_2	CO_2	SiO_2	HCO_3 , Cl , SO_4	Ca , Mg , Na , K

Скважины вертикального дренажа

50	20	9	2	0	44,5	2,0	I,64	I4	6358	I22	II35	3182	351	328	I781	3
15	20	9	2	0	45,0	2,2	3,27	I4	5757	II0	I383	2522	311	359	1110	3
41	20	9	2	0	42,0	2,0	0,65	10	4900	I22	1028	2309	321	316	850	5
60	20	9	0	0	23,0	2,6	0,65	I4	2872	I59	434	I419	220	146	489	5
22	20	9	0	0	37,5	3,2	2,29	I2	4479	I95	975	2018	270	292	807	5
2	20	9	1	0	31,0	2,2	1,31	10	3924	I34	922	1699	250	225	746	5

Пьезометры

	13	20	0	0	0	108	0,15	0,15	0,33	8	506	85	121	22	2	1	196
13	20	0	0	0	0	108	0,15	0,15	0,33	8	506	85	121	22	2	1	196
ny	20	0	0	0	24	0,5	0,5	0	4	561	98	121	156	8	1	195	3
13	20	0	0	0	14	2,6	0,6	3,6	2	1069	24	262	413	42	46	320	5

Т а б л и ц а 3

Номер скв.	$f_1(\text{e}^-)$	$f_2(\text{Ca}^{2+})$	$f_3(\text{Mg})$	$f_4(\text{P})$	pH_s	pH	γ
Скважины вертикального дренажа							
50	2,0	2,55	1,3	9,265	7,415	7,2	-0,215
15	2,0	2,47	1,28	9,24	7,49	7,2	-0,29
41	2,0	2,5	1,3	9,119	7,39	7,1	-2,29
60	2,0	2,34	1,41	9,08	7,33	7,1	-0,23
22	2,0	2,42	1,51	9,175	7,245	7,1	-0,145
2	2,0	2,39	1,32	9,14	7,43	7,1	-0,33
Пьезометры							
18	2,0	0,30	1,17	8,845	9,375	9,45	0,065
"у"	2,0	0,90	1,2	8,882	8,782	8,8	0,018
13	2,0	0,30	1,4	8,887	9,187	9,1	-0,097

скважинах выпадение карбонатных осадков маловероятно. Особую роль в осадкообразовании железистых соединений играют окислительно-восстановительные условия.

Характеристика окислительно-восстановительного потенциала в скважинах и пьезометрах Пахтааральского и Джетысайского районов приведена в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Характер воды	Номер скважины вертикального дренажа						Номер пьезометра		
	50	15	41	60	22	2	18	"у"	13
Eh , мв	145	110	310	240	325	100	205	120	120
Fe^{2+} , мг/л	0	0	0	0	0	0	следы	следы	
Fe^{3+} , мг/л	0	0	0	0	0	0	следы	следы	

Как видно из табл. 4, во всех скважинах вертикального дренажа наблюдаются окислительные процессы, величина Eh изменяется от 100 до 325 мв, величина pH — близка к нейтральной реакции (кроме пьезометров). В таких условиях и осаждаются железо в водоподъемных трубах и отверстиях фильтра.

Рассмотрим процессы коррозионных явлений в скважинах вертикального дренажа на исследованной территории Голодной степи. Согласно /5/, интенсивность коррозионных явлений в скважине может быть определена по формуле

$$J_1 = \frac{(Cl/35,5 + SO_4/48)}{HCO_3} \cdot 61 \quad \text{в мг/л,} \quad (3)$$

где J_1 — показатель степени коррозии;

Cl — концентрация хлор-иона, мг/л;

SO_4 — концентрация сульфат-иона, мг/л;

HCO_3 — концентрация гидрокарбонат-иона, мг/л.

Показатель степени $J_1 < 0,1$ считается некоррозийным,

а $J_1 > 1,0$ — коррозионным.

Результат расчета представлен в табл. 5

Т а б л и ц а 5

Номер сква- жины и пьезо- метра	Скважина						Пьезометр		
	50	15	40	60	22	2	18	"у"	13
Показатель степени коррозии	49,1	22,1	38,5	16,0	21,7	17,7	2,8	4,1	40,6

Данные табл. 5 показывают, что коррозионные процессы наблюдаются во всех скважинах, но наиболее интенсивно они протекают в 50-й, 41-й, 2-й скважинах и 13-м пьезометре.

Многие исследователи связывают интенсивность процесса коррозии с показателями pH и Eh . В частности, Хем и Кроппер /5/ рекомендуют для определения интенсивности коррозии формулу

$$J_2 = 21,43 - 0,016 Eh - 2,86 pH, \quad (4)$$

где J_2 — показатель коррозии;

Eh — окислительно-восстановительный потенциал, мв;

pH — концентрация водородных ионов.

Определение показателей pH и Eh для ряда скважин вертикального дренажа позволило рассчитать интенсивность коррозионных процессов по формуле (4), результаты расчета приводятся в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Номер сква- жины и пьезо- метра	Скважины						Пьезометр		
	50	15	41	60	22	2	18	"у"	13
Показатель степени коррозии	-1,5	-0,9	-3,8	-2,7	-4,0	-0,5	-8,9	-5,7	-4,2

Обращают на себя внимание следующие обстоятельства. Расчеты по обоим методам (3) и (4) показывают, что за небольшим исключением для всех обследованных скважин вертикального дренажа характерна интенсивная коррозия.

Однако для отдельных скважин интенсивность процесса коррозии, рассчитанная различными методами, неодинакова. Поэтому использование обоих методов для ее оценки, как рекомендовано в работе /5/, требует определенной осторожности и дополнительных исследований.

Таким образом, если в гумидной зоне основными причинами колыматажа фильтров скважин вертикального дренажа являются карбонатные и железистые осадки, содержащиеся в практически пресных подземных водах /2/, то в условиях аридной зоны колыматаж фильтров и водоподъемных труб происходит за счет коррозионных явлений, причем, скорость коррозии для каждой скважины различна.

Л и т е р а т у р а

1. Н.М. Решеткина, Х.И. Якубов. "Вертикальный дренаж", М., "Колос", 1978.
2. В.М. Гаврилко, В.С. Алексеев. "Фильтры буровых скважин", М., "Недра", 1976.
3. Е.И. Апельцин, В.А. Клячко. "Очистка природных вод", М., 1971.
4. Рекомендации по восстановлению производительности скважин реагентными методами, М., ВОДГЕО, 1975.
5. "Drainage Construction Techniques for Vertical Tubewell Drainage" JCJD, 1978.

УДК 626.8

А.А. АБДУРАХМАНОВ,
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ПРИ ПРОМЫВКЕ

На засоленных или подверженных засолению массивах орошаемых земель для получения устойчивых высоких урожаев помимо соответствующей агротехники необходимо проведение комплекса мероприятий по удалению токсичных солей из корнеобитаемой толщи почвогрунтов. Наиболее эффективными из них являются промывные поливы, которые при той или иной системе дренажа соответствующей мощности обеспечивают оптимальные условия для выращивания сельскохозяйственных культур. Однако многолетняя практика орошаемого земледелия показывает, что несмотря на довольно высокую эффективность промывных поливов на фоне дренажных систем не всегда удается получать планируемый урожай. Дело в том, что рассоление почвенной толщи до допустимых для нормального развития растений пределов путем подачи некоторого объема воды на единицу площади вызывает существенные изменения процессов, протекающих в почве, в частности, в ее химическом составе, в активности почвенных микроорганизмов и др. Надо полагать, что изменение этих процессов в значительной степени обусловливается литологическим строением почвенной толщи, степенью дренированности территории, нормами и сроками подачи воды на промывку и т.д.

Исходя из изложенного, нами были проведены исследования с целью определения качественных и количественных особенностей изменения обеспеченности почв элементами питания при капитальных и эксплуатационных промывках. Исследованиями были охвачены районы северной зоны орошаемого земледелия КК АССР (с-з "50 лет ВЛКСМ" Нукусского района — капитальная промывка через культуру риса, с-з "Халкабад" Кегейлинского района — обычная эксплуатационная промывка) и Центральной Ферганы (с-з "Пахтакор" Алтыарыкского района Ферганской области — эксплуатационная промывка с предварительным внесением диглина).

Определение содержания воднорастворимых солей в почвенных образцах проводилось по общепринятой методике СоюзНИИ /1/, отдельных макро- и микроэлементов - с помощью методов ионометрии (подвижные NO_3 и K) /2, 3/ и нейтронноактивационного анализа (валовое содержание K, Fe, Mn, Co, Cs, Sc) /4, 5/.

Почвы опытного участка в совхозе "50 лет ВЛКСМ" лугово-такрыные, преимущественно слабогипсированные, высококарбонатные, представлены чередующимися по профилю суглинистыми, супесчаными и песчаными разностями. Встречающиеся глинистые отложения имеют локальный характер распространения. Степень засоления почвогрунтов варьирует в широких пределах.

Возделывание риса с постоянным поддержанием слоя воды в чеках (норма - $52,5 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$ брутто) вызвало резкие изменения в солевом режиме промываемой толщи. В составе воднорастворимых солей к началу первого года орошения риса сернокислый натрий (Na_2SO_4) превалировал над остальными солями, которые располагаются в убывающем порядке $Na_2SO_4, NaCl, CaSO_4, MgSO_4, Ca(HCO_3)_2$.

Т а б л и ц а I

Интенсивность выноса солей при промывке через культуру риса (удалено, в % от исходного)

Слой, см	Хлорид натрия	Сульфат натрия	Гипс	Σ Токсичн. солей	Плотный остаток
0-20	91,7	83,4	89,2	85,8	84,6
20-40	87,3	79,0	100	81,4	81,0
40-60	94,0	93,1	94,6	93,6	92,4
60-80	96,1	96,4	99,8	96,2	96,4
80-100	95,7	90,5	99,9	92,3	92,5

К концу второго года возделывания риса содержание солей в метровой толще (глубже не изучалось) снизилось до допустимых норм. При этом наиболее интенсивно вымывались хлорид натрия и гипс (табл. I).

Примеры повышения плодородия почв при промывке через культуру риса хорошо известны в орошаемой зоне. Однако не-

которые исследователи отмечают ухудшение агрохимических свойств почв при возделывании риса в слабодренируемых условиях. Этот тезис подтверждается (частично) и результатами наших исследований (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Изменение элементного состава почвы при промывке
через культуру риса

Время отбора проб	Слой, см	$\overline{NO_3}$, подб., мг/кг	$\overline{P_2O_5}$, подб., мг/кг	$\overline{K}$, подб., мг/кг	$\overline{Mn}$, %	$\overline{Co}$, %	$\overline{Sc}$, %
Оросительная норма 52,5 тыс.м ³ /га							
До на-	0-20	9,36	8,4	7,45	7,91	7,76	10,5
чала	20-40	5,26	6,4	2,69	8,31	7,08	11,2
веге-	40-60	7,44	3,9	3,74	7,46	10,4	12,4
тации	60-80	7,12	3,8	2,69	7,24	7,76	9,94
	80-100	7,12	3,8	2,72	8,03	11,3	11,8
Конец	0-20	11,8	—	3,62	3,72	3,26	9,81
веге-	20-40	10,3	Сл.	3,47	4,71	2,88	8,95
тации	40-60	9,19	"	3,08	3,98	4,12	11,4
	60-80	7,91	"	2,30	4,34	2,68	10,9
	80-100	9,19	"	2,34	4,10	3,30	11,3
Оросительная норма 33 тыс.м ³ /га							
До на-	0-20	12,1	9,8	5,15	9,56	9,48	12,5
чала	20-40	9,00	10,1	4,29	11,8	10,4	12,4
веге-	40-60	4,71	5,7	2,34	9,82	7,93	7,93
тации	60-80	4,46	3,3	1,25	8,32	4,83	7,10
	80-100	4,46	3,3	1,25	8,07	6,90	10,4
Конец	0-20	20,5	2,2	4,36	4,84	4,32	12,4
веге-	20-40	13,9	3,0	3,54	4,66	5,16	13,7
тации	40-60	12,4	6,0	2,46	4,94	4,94	13,9
	60-80	14,5	5,4	2,42	4,90	2,48	12,1
	80-100	15,6	2,2	1,83	4,47	3,92	9,65

Сопоставление данных, приведенных в табл. 2, показывает, что промывки через культуру риса путем длительного затопления чеков грузинскими нормами водоподачи способствуют

довольно значительному выщелачиванию из корнеобитаемого слоя питательных макро- и микроэлементов. Причем, чем выше норма водоподачи, тем выше и потери элементов питания. Следует также отметить, что наибольшим изменениям (потерям) подвержено содержание в почве подвижных фосфатов, кобальта и марганца. Вымывание их в среднем в слое 0-100 см при норме 52,5 тыс.м³/га составляет соответственно 100; 63,3 и 46,5% от исходного содержания, а на участке с нормой водоподачи 33 тыс.м³/га - 40,6; 47,4 и 50%. Наряду с этим наблюдается увеличение в почве к концу вегетационного периода нитратного азота (NO_3). Это вызвано тем, что при возделывании риса создаются благоприятные условия для развития почвенной микрофауны и сине-зеленых водорослей, бурно развивавшихся в рисовых чеках. Указанное обстоятельство говорит о том, что при затоплении рисового поля создаются все условия для связывания азота атмосферы и накопления его в почвенной толще /6/.

Рассмотрим теперь влияние эксплуатационных промывок на солевой и питательный режимы почв, находящихся в севообороте под хлопчатником в монокультуре (с-з "Халкабад").

Почвы опытного участка по своему строению сходны с почвами совхоза "50 лет ВЛКСМ" и представлены в основном супесями, песками и суглинками. Местами, в виде отдельных линз, встречаются глинистые отложения, характеризующиеся крайне неблагоприятными водно-физическими свойствами. Для участка в целом характерно резкое увеличение плотности почвы на глубине 20-25 см, что обусловлено наличием на этой глубине так называемой "плужной подошвы", образовавшейся вследствие многолетнего нахождения этих земель в сельскохозяйственном обороте с возделыванием преимущественно хлопчатника. Степень засоления почвы - от слабой до средней.

Как видно из данных, приведенных в табл. 3, эффективность эксплуатационных промывок на участках - довольно низкая. Расчетные значения промывных норм с учетом засоления почвы составляют 3400-3800 м³/га. Значительные расхождения в величинах расчетных и фактических норм водоподачи

на промывку объясняются тем, что при недостаточной дренированности территории подача на промывку большого объема воды сопровождается ухудшением гидрогеологической обстановки в целом. При этом эффект от промывок резко снижается.

Т а б л и ц а 3
Изменение засоления почвогрунтов при эксплуатационной промывке

Участок, промывная норма	Слой, см	Засоление, %			
		до промывки		после промывки	
		плотн. остат.	Cl ⁻ -ион	плотн. остат.	Cl ⁻ -ион
„Халкабад“ II, 3011 м ³ /га	0-20	0,387	0,077	0,116	0,037
	20-40	0,213	0,029	0,087	0,018
	40-60	0,226	0,045	0,133	0,027
	60-80	0,192	0,050	0,153	0,037
	80-100	0,143	0,058	0,127	0,037
„Халкабад“ III, 1708 м ³ /га	0-20	0,981	0,140	0,496	0,035
	20-40	0,538	0,085	0,475	0,067
	40-60	0,467	0,047	0,421	0,055
	60-80	0,479	0,062	0,360	0,053
	80-100	0,419	0,060	0,313	0,053

Что касается содержания макро- и микроэлементов в исследуемом слое почвы, то значительным изменениям при этом подвержены подвижные формы азота (NO_3) и калия (табл. 4). Содержание железа, марганца и кобальта существенных изменений не претерпевает. По-видимому, эти элементы хорошо фиксируются почвой и выщелачивание их такими незначительными нормами водоподачи почти полностью исключается.

Как известно, промывные поливы наряду с улучшением мелиоративного фона несколько негативно влияют на структуру почвы, измельчая ее агрегатные формы, повышая тем самым дисперсность и т.д. Изучению влияния промывок с предварительным внесением лигнина — крупнотоннажного отхода гидро-

лизной промышленности — на плодородие таких диспергированных почв были посвящены исследования в совхозе "Пахтакор" (Центральная Фергана).

Т а б л и ц а 4

Влияние эксплуатационной промывки на элементный состав почвы

Время отбора проб	Слой, см	NO_3 , подв., мг/кг	K , подв., мг/кг	$K_{общ.}$, %	Fe , %	Mn , $10^{-2}\%$	Co , $10^{-4}\%$
"Халкабад" II							
До	0-20	246	15,2	2,49	3,85	4,83	4,75
про-	20-60	188	10,6	2,46	3,71	5,00	5,13
мывки	60-100	93,6	5,48	2,07	3,42	4,31	9,58
После	0-20	83,1	7,82	2,10	3,68	4,45	4,58
про-	20-60	83,1	4,69	2,16	3,76	4,93	5,01
мывки	60-100	89,2	4,30	1,73	3,42	4,41	4,13
"Халкабад" III							
До	0-20	189	18,7	1,46	4,04	7,50	4,92
про-	20-60	143	9,18	1,09	3,65	8,25	4,34
мывки	60-100	111	10,6	1,24	3,64	8,57	4,40
После	0-20	72,4	6,51	1,38	4,02	8,55	4,60
про-	20-60	98,7	7,12	1,13	3,65	9,28	4,82
мывки	60-100	56,4	9,11	1,36	3,88	9,45	4,88

Почвы опытного участка — сероземно-луговые, слаборазвитые, слоистые, средне- и сильнозасоленные (тип засоления хлоридно-сульфатный). Крайне слабая водопроницаемость обуславливается наличием плотных сильнодиспергированных почвенных прослоек, сцементированных кристаллами карбонатов и гипса.

Промывки проводились в осенне-зимний период. Под промывку было внесено 40 т/га лигнина. Повторность вариантов — трехкратная. Общая промывная норма подавалась отдельными тактами по 1,0-2,5 тыс. м³/га. Солевая съемка проводилась до и после промывки и в интервалах между тактами.

Не останавливаясь на подробностях изменения макро- и микроагрегатного состава почвогрунтов в результате промывки, следует отметить, что лигнин является активным структурообразователем как механического, так и физико-химического действия. Превращения лигнина в почве приводят к накоплению в ней гуминовых веществ, обладающих склеивающей способностью, благодаря чему создается почвенная структура.

Т а б л и ц а 5
Динамика рассоления метровой толщи почвы при
промывке с внесением лигнина

Вариант	Промывная норма	Исх. засоление, %		Динамика рассоления, %			
		cl^-	$\Sigma_{т.с.}$	cl^-	$\Sigma_{т.с.}$	коэф. солеотд. (d)	
						$\frac{cl^-}{\Sigma_{т.с.}}$	
Контроль	—	0,202	0,454	—	—	—	—
	2250	—	—	0,134	0,303	1,264	1,279
	4250	—	—	0,083	0,237	1,100	1,502
	6500	—	—	0,050	0,160	1,074	1,436
	8000	—	—	0,045	0,118	1,229	1,367
Лигнин	—	0,204	0,809	—	—	—	—
	2750	—	—	0,098	0,418	0,865	0,958
	4750	—	—	0,049	0,267	0,768	0,988
	6250	—	—	0,038	0,178	0,856	1,053
	7750	—	—	0,028	0,123	0,899	1,056

В табл. 5 приводятся результаты исследований динамики изменения степени засоления по тактам. Коэффициенты солеотдачи (d) рассчитывались по известной формуле В.Р.Волобуева. Построенные по этим и другим имеющимся данным /7/ кривые рассоления показали, что внесение лигнина (40 т/га) под промывку позволяет значительно сократить величину промывной нормы (на 2-2,5 тыс. м³/га) и достигнуть устойчивого рассоления промываемой толщи и улучшения водно-физических свойств почвы. Кроме того, внесение лигнина благотвор-

но влияет и на режим питательных макро- и микроэлементов (табл. 6). Сопоставление полученных данных показывает, что в варианте с лигнином содержание в исследуемой толще почвы азота, фосфора и калия после промывки значительно увеличивается, в то время как в контроле содержание их изменяется незначительно.

Т а б л и ц а 6

Изменение элементного состава почвы при промывке
с внесением лигнина

Вариант	Слой, см	$\overline{NO_3}$ подв., мг/кг	$\overline{P_2O_5}$ подв., мг/кг	$\overline{K_{общ.}}$ %	$\overline{Fe}$, %	$\overline{Mn}$ 10^{-2} %,	$\overline{Co}$ 10^{-4} %,	$\overline{Cu}$ 10^{-4} %,	$\overline{Sc}$ 10^{-4} %,
До промывки									
Контроль	0-25	1,25	12,4	1,34	2,78	3,40	2,78	42,8	10,5
	25-50	Сл.	7,0	1,00	3,05	3,40	2,64	32,0	10,5
	50-75	5,25	3,0	1,06	2,55	3,80	4,11	34,0	7,2
	75-100	-	Сл.	0,84	2,29	3,50	3,57	29,2	7,9
После промывки									
	0-25	4,12	7,7	1,46	1,40	3,65	4,31	37,4	5,3
	25-50	6,12	4,8	0,97	1,67	3,70	4,31	37,4	5,3
	50-75	1,62	Сл.	1,06	1,82	3,12	5,43	29,8	4,7
	75-100	Сл.	"	1,07	1,47	3,46	4,14	54,4	6,5
До промывки									
Лигнин	0-25	2,50	Сл.	0,62	2,50	3,00	2,60	36,0	9,4
	25-50	2,00	"	0,92	2,33	3,30	3,21	34,0	9,3
	50-75	-	"	0,48	2,16	3,40	3,14	34,0	8,6
	75-100	Сл.	"	0,46	2,38	3,30	2,61	36,0	9,5
После промывки									
	0,25	22,9	84,0	0,77	1,28	3,15	3,83	31,4	5,5
	25-50	11,8	13,2	1,14	2,48	4,43	4,40	38,2	5,9
	50-75	7,37	13,2	0,89	1,64	3,92	5,17	28,0	5,0
	75-100	5,62	5,4	0,92	1,14	3,56	4,48	25,5	4,8

Таким образом, на основании всего изложенного можно сделать следующие выводы.

1. Влияние различных способов промывок на агрохимические свойства промываемой толщи совершенно различно и зависит в основном от литологического строения почвогрунтов, типа и степени засоления, норм и сроков подачи воды на промывку, степени окультуренности, сопутствующих промывкам мероприятий и др.

2. При капитальных промывках через культуру риса, где нормы водоподачи превышают 20-25 тыс. м³/га, необходимо пополнять запасы выщелачиваемых элементов (*P, Mn, Co*) путем дифференцированного внесения их в виде минеральных удобрений или добавок к ним в течение вегетационного периода.

3. Внесение под промывку лигнина значительно снижает нормы подаваемой на промывку воды, улучшает питательный режим почвогрунтов, повышает сниженное за период промывок плодородие почвы за счет образования деятельного гумуса.

Л и т е р а т у р а

1. М е т о д ы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах, Ташкент, 1963.
2. И о н о с е л е к т и в н ы е электроды. Ред. Р.Дарст, М., "Мир", 1972.
3. Ш.К.Н о р к о в, К.Т.С а л и х б а е в, Е.Ш е р м а т о в. Ионоселективные электроды в почвенно-мелиоративных исследованиях. Сб. научн. тр. САНИИРИ, вып. 153, Ташкент, 1977.
4. Р.А.К у з н е ц о в. Активационный анализ, М., Атомиздат, 1974.
5. А.А.А б д у р а х м а н о в, К.Т.С а л и х б а е в, И.И.О р е с т о в а. К применению метода нейтронной активации в мелиоративных исследованиях. Сб. научн. тр. САНИИРИ, вып. 148, Ташкент, 1976.
6. А.Р а м а з а н о в, Е.К у р б а н б а е в, Х.Я к у б о в. Некоторые вопросы мелиорации засоленных земель в низовьях Амударьи. Нукус, "Каракалпакстан", 1978.

7. А.А. Абдурахманов, Б.Г. Остроброд, А. Рамазанов. Изменение элементного состава засоленных почв Центральной Ферганы при их промывке. Сб. научн. тр. САНИИРИ, вып. 153, Ташкент, 1977.

УДК 631.4:631.6:626.8

Н.И. КАЛЮЖНАЯ, канд. техн. наук
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАВИЙНОГО ФИЛЬТРА СКВАЖИН ПРИ СЛОИСТОМ СТРОЕНИИ ПЛАСТА

При строительстве скважин вертикального дренажа часто приходится сталкиваться с неоднородным строением водоносной толщи. Так в Голодной степи литология пород вертикального разреза имеет слоистый характер. В интервале установки перфорированной части скважины на фоне основного водоносного песка встречаются прослой глин, суглинков, супесей мощностью от 1 до 5 м. Подобное строение вызывает затруднение для проектирования зернового состава гравийного фильтра скважины. В связи с этим нами были проанализированы материалы наблюдений при эксплуатации скважин, построенных в слоистой и однородной толщах; составы выносимой породы; произведен расчет послойной соконтактности фильтровой обсыпки и грунта для выявления зон активной суффозии. Для этого зерновой состав каждого пласта, встречающегося в зоне перфорации скважины, со 100% пересчитывался на 50%, то же производилось с составом гравийного фильтра. Затем из обеих половин подбирался условный зерновой состав, для которого строились интегральная и дифференциальная кривые. "Пролет" (горизонтальное положение) интегральной кривой на графике в зоне контакта или "провал" дифференциальной кривой до нуля указывал на возможность активной суффозии.

Определив параметры интегральной кривой D_{10} , D_{30} , D_{60} и D_{90} , предлагаем кривизну контактной области вычислять по зависимости:

$$C_k = \frac{D_{30} \cdot D_{90}}{D_{10} \cdot D_{60}},$$

где D_{10} , D_{30} , D_{60} и D_{90} — диаметр частиц, процентное содержание которых в грунте меньше 10, 30, 60 и 90, соответственно.

Межслойный коэффициент ξ определялся по общепринятой формуле:

$$\xi = \frac{D_{50}}{d_{50}},$$

где D_{50} — средний размер фракций гравийного фильтра, мм;
 d_{50} — то же для водоносного песка.

Средний размер фракций водоносных песков на территории совхоза № 4 в Голодной степи $d_{50} = 25$ мм, а $D_{50} = 7,5$ мм. Межслойный коэффициент гравия и песка равнялся $\xi = 30,0$. Коэффициент, характеризующий форму и уклон кривизны контактного слоя (рис. 1а) — $C_k = 26$.

Наблюдения за эксплуатацией скважин показали, что 58% контактирующих слоев имеют $C_k = 20-50$ (стабильная эксплуатация скважин); 24% — $C_k < 20$ и 18% — $C_k < 50$ (вынос породы из скважин).

Преобладающий водоносный пласт залегал первым под покровом, имел хорошую контактность с гравием, т.е. фракций диаметром 0,3–1,0 мм в песке содержалось 40%, а в гравие — 10%. Результаты откачек показали, что скважины выносили незначительное количество песка только в первые часы откачки, затем вода осветлялась и откачка стабилизировалась.

Иная картина наблюдалась в совхозах № 5 и № 6.

Здесь водоносным горизонтом являлись мелкозернистые пески и супеси $d_{50} = 0,07$ мм (рис. 1 б).

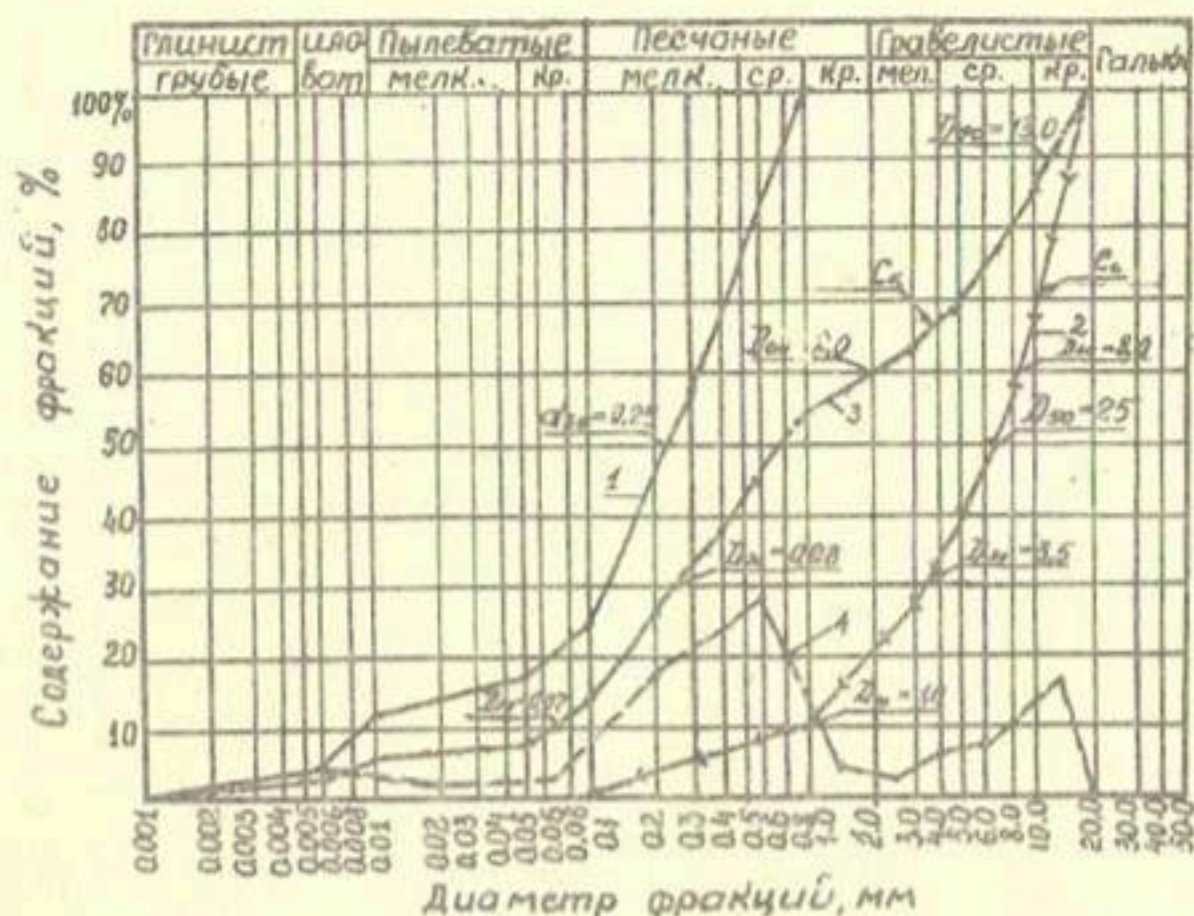


Рис. I а. Совхоз №4.

Интегральные кривые гранулометрического состава: 1 — песок основного водоносного горизонта; 2 — применяемая гравийно-песчаная обсыпка; 3 — расчетный зерновой состав контактной области; 4 — дифференциальная кривая расчетного зернового состава контактной области.

Примечание: Далее на рисунках обозначения те же.

Для обсыпки применяли беговатский гравий с $D_{50} = 9,0$; межслойный коэффициент $\xi = 128$; коэффициент кривизны $C_K = 6,97$.

В целом послойный переосчет контактов показал, что:

C_K 20-50	- 21%
$C_K < 20$	- 65%
$C_K > 50$	- 14%.

Таким образом, гравийный фильтр был сформирован быстро только в нескольких скважинах, а остальные длительно песковали. Основным продуктом выноса являлась супесь. Отсутствие в грунте и гравии фракций диаметром 0,3-3,0 (в этой области дифференциальная кривая падала до нуля) вызывала активную суффозию водоносного слоя, провал устья скважин, развитие воронок и радиальных трещин возле устья скважин.

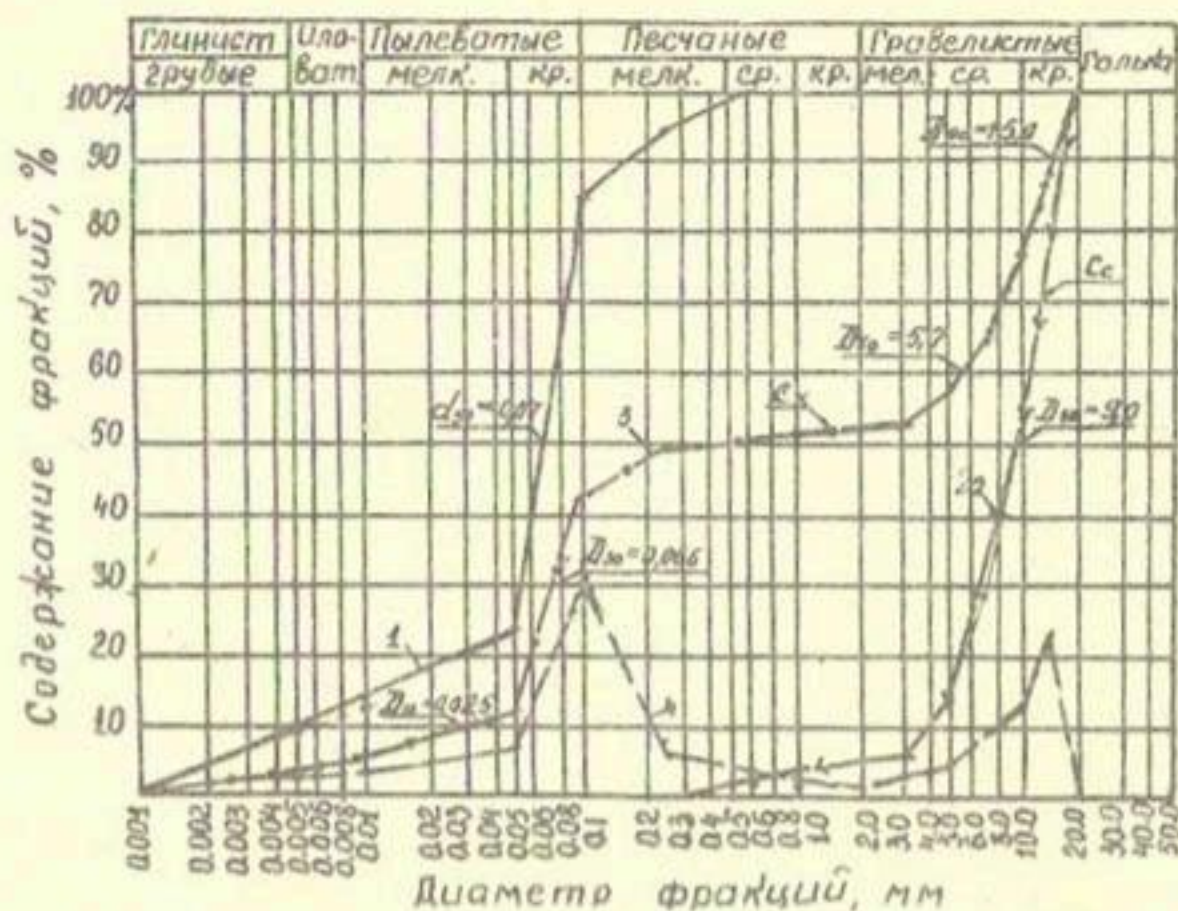


Рис. I б. Совхоз № 5.

На территории совхоза № 6 водоносный грунт еще мельче (рис. I в); $\xi = 322$; $C_k = 10,1$. В литологическом разрезе наряду с супесями залегали суглинки и глины, однако основным продуктом выноса то же являлась супесь.

Здесь:

$C_k = 20-50$	- 11%
$C_k < 20$	- 87%
$C_k > 50$	- 2%.

Особого внимания заслуживает эксплуатация скважин в совхозе "Пахтакор", где основными водоносами являлись супеси (рис. I г). Здесь наблюдается близкое залегание (5-7 м) их от поверхности и межслойный коэффициент очень высок $\xi = 700$. Вынос основного пласта повлек за собой провалы хлопкового поля в радиусе действия скважины и засорение песком коллекторов.

В совхозе № 17 на опытном участке скважины расположены в 1 км друг от друга, однако результаты совершенно различ-

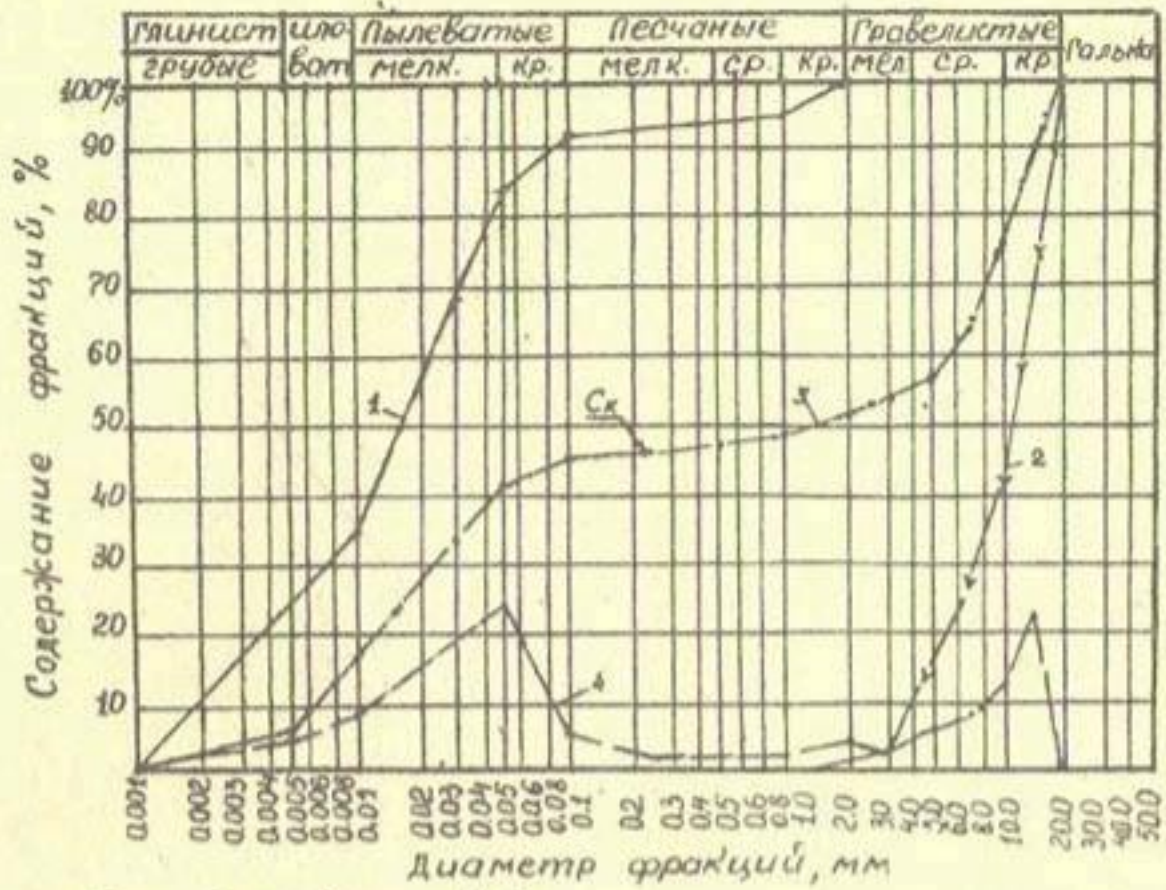


Рис. I в. Совхоз № 6.

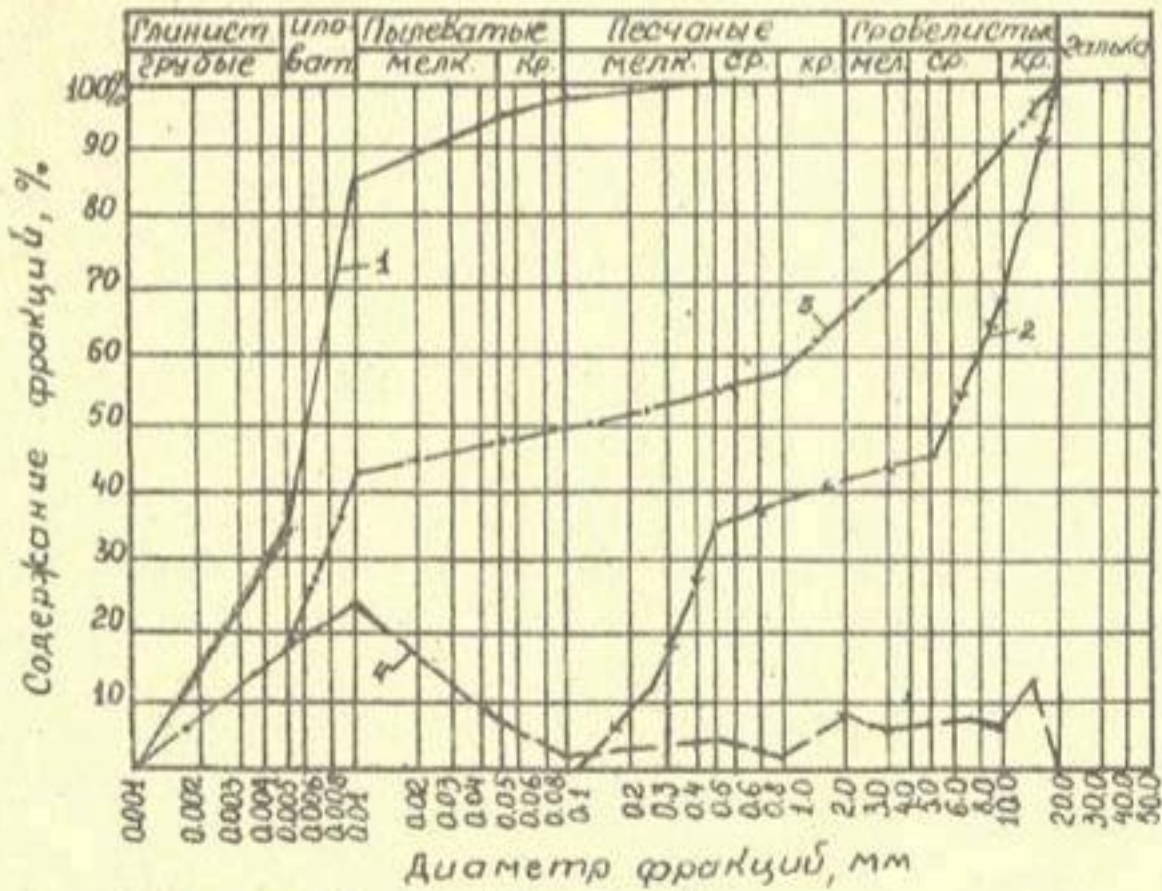


Рис. I г. Совхоз "Пахтакор".

ные. Скважина №542 имеет многолетний стаж эксплуатации (рис. I д) при $\xi = 23$ и $C_k = 29,7$.

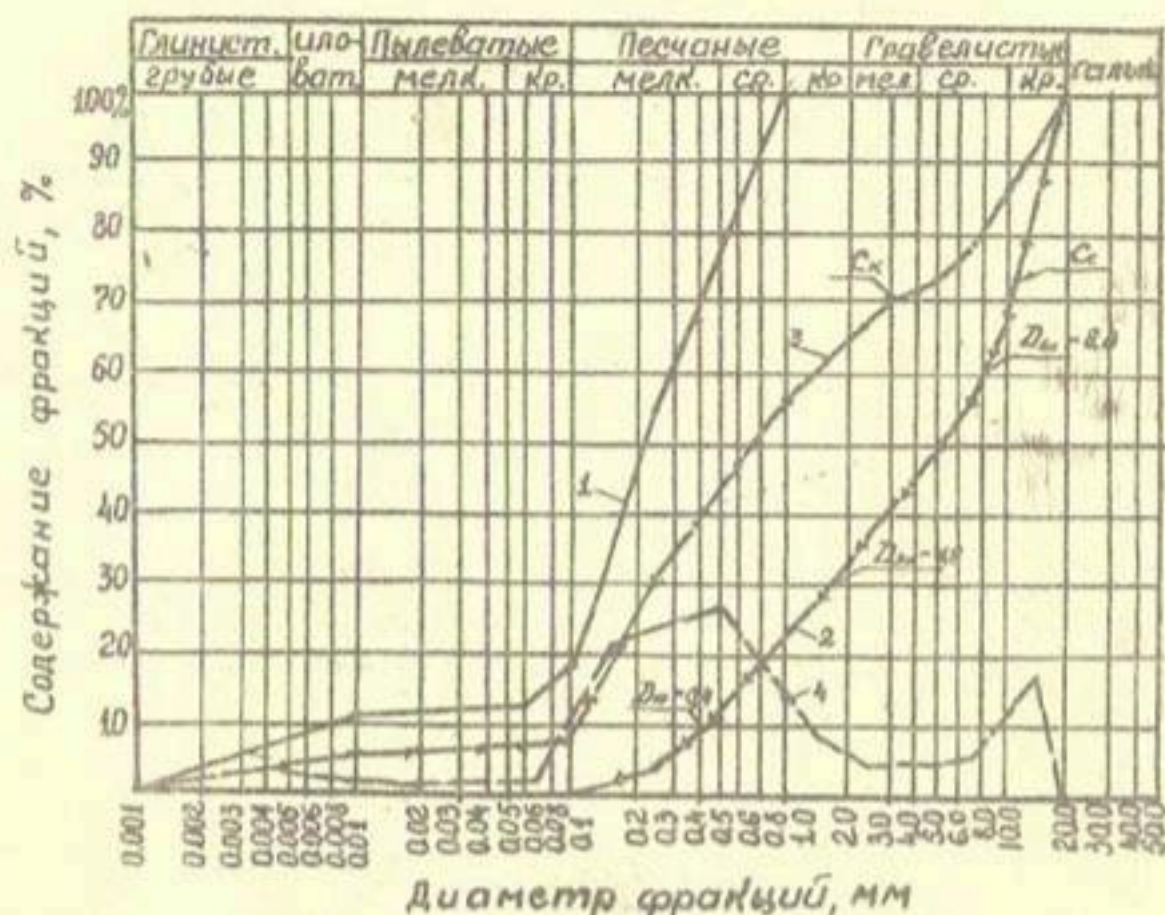


Рис. I д. Совхоз №17. Скважина № 542.

Особо опасная при аварии скважина № 560 (рис. I е) при $\xi = 112$ и $C_k = 16,0$.

В скважинах совхоза №17 применялся гравийный фильтр одного и того же состава, в то время как водоносные пески имели различный зерновой состав. Если в скважине №542 с более крупным составом водоносной породы фильтр сформирован, то скважина № 560 оставлена в аварийном состоянии из-за отсутствия контактных фракций, сопрягающих гравий и песок.

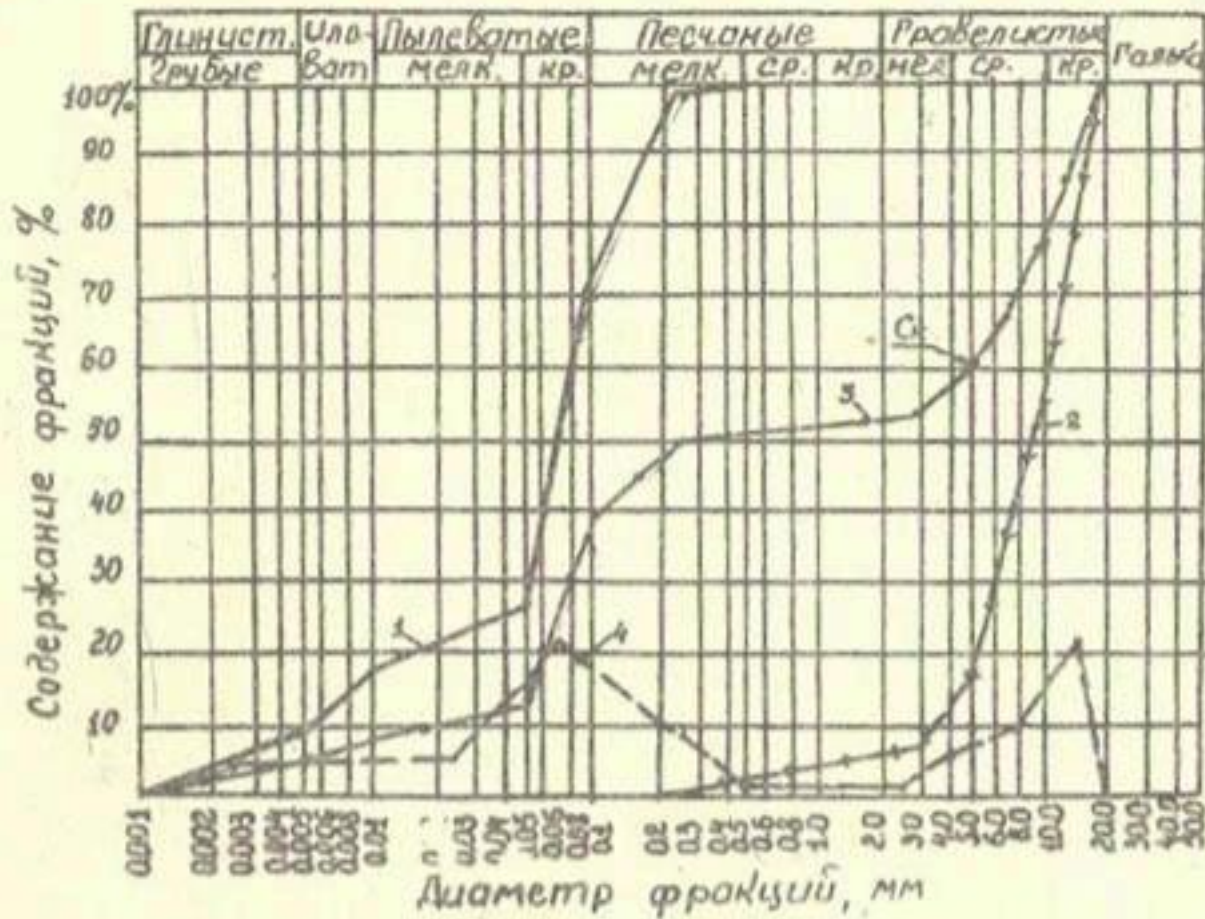


Рис. 1 в. Совхоз № 17. Скважина № 560.

Для лучших фильтровых обсыпок, примененных в совхозах № 4 и № 17, произведен расчет кривизны состава гравийных фильтров по методике Бй Ди Вингер и Вильям Ф. Райан [2]. Их рекомендации даны для фильтров горизонтальных дрен, однако они справедливы и для исследуемых нами фильтров

$$C_c = \frac{D_{30}}{D_{10} \cdot D_{60}} = 1-3.$$

Для совхоза № 4 — $C_c = 1,5$;

для совхоза № 17 — $C_c = 1,0$.

Нашими расчетами установлено, что песок устойчиво контактирует с гравием при условии, если D_5 гравия будет равно d_{60} дренируемого песка, $D_{8-10} = d_{80}$ и $D_{10-15} = d_{100}$. Средний диаметр гравия D_{50} находится из соотношения $\frac{d}{D} = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 10$. D_{100} гравия определяется по реко-

мендациям САННИРИ.

Результаты полевых наблюдений показывают, что верхний водоносный пласт часто находился в зоне активного притока, пульсирующего режима при включении и выключении насоса, и являлся областью формирования депрессионной кривой. Поэтому основной расчет для подбора фильтра следует производить для зернового состава водоносной породы, слагающей 60% верхнего водоносного горизонта.

В итоге рекомендуем следующее.

Величина кривизны контактного слоя C_k должна быть равной 20-50.

Мекслойный коэффициент в полевых условиях $\xi \leq 30$; при расчетах — $\xi = 7-10$.

Соотношение коэффициентов фильтрации гравия и песка

$$\alpha = \frac{K_{\phi}}{K_{\psi}} \leq 30$$

Контактность песка и гравия рассчитывать при условии, что D_5 гравия будет равно d_{60} водоносного песка

$$d_{60} = D_5; \quad d_{80} = D_{8-10}; \quad d_{100} = D_{10-15}.$$

Далее через $\xi = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 10$ определять D_{50} гравия. Затем строить плавную кривую фильтра. Предел крупности (D_{100}) вычислять по рекомендациям САННИРИ, т.е. для мелкозернистых песков $D_{100} = 7-10$ мм, для среднезернистых $D_{100} = 10-20$ мм, для крупнозернистых 20-30 мм /1/.

Гравийный фильтр считается хорошо подобранным, если в нем присутствуют частицы всех размеров. Дифференциальная кривая такого гравия расположена в виде равномерной зубчатки, интегральная принимает значение

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}} = 1-3.$$

При многослойном пласте особого внимания требует подбор гравийного фильтра для первого водоносного пласта, так как он находится в зоне интенсивного притока и пульсирующе-

го режима скважины. Водонесные супеси, как слабосвязные породы, верхнего горизонта подвержены выносу и требуют мелкого гравийного фильтра и малой скважности стрелера (окончательные рекомендации для подобных случаев не разработаны).

Глины и суглинки, встречающиеся отдельными прослоями в зоне перекрытой перфорированной части колонны, имеют устойчивую связность и выносу не подвержены.

Расчет гравийного фильтра необходимо делать для фракционного состава водонесного песка, составляющего 60% верхнего каптируемого слоя.

Л и т е р а т у р а

1. Х.И. Я к у б о в и д р. Методика расчета скважин вертикального дренажа с оптимальными параметрами водоприемной части. Информ. листок (ЦБНТИ Минводхоза СССР), сер. 2I-I4, № 03-77.
2. Б И Д и В и г н е р и В и л ь я м
Ф. Р а й а н (члены Американского общества сельскохозяйственных инженеров). Гравийная обсыпка для конструкций дренажных труб.

УДК 626.8

К. АЛЪМАНОВ, аспирант
И.А. СОРОКИНА, канд. геол.-мин. наук
Х.И. ЯКУБОВ, канд. техн. наук
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

О ДЛИНЕ ФИЛЬТРОВ СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ТРЕХСЛОЙНОМ ПЛАСТЕ

Слоистые системы водонесных пластов характерны для многих районов Средней Азии. В вертикальном разрезе здесь наблюдаются значительной мощности покровные, а ниже — че-

редование хорошопроницаемых водоносных отложений с залегающими между ними суглинистыми, слабопроницаемыми слоями. В практике проектирования и строительства вертикального дренажа нередко фильтровым каркасом перекрывают два и три водоносных слоя, с общей длиной фильтра 30 м и более.

В ряде случаев такая длина перфорированной части фильтра является неоправданно большой. Наблюдения по ряду участков вертикального дренажа в Голодной степи показывают, что длина перфорированной части фильтра в общем случае должна быть не более 25-30 м. Большая длина фильтра не увеличивает дебит скважины, а напротив, осложняет его эксплуатацию из-за необходимости его периодической очистки. Кроме того, "мертвая глубина" повышает строительную стоимость скважины /8/.

Теоретически длина фильтра основывается на исследовании закономерности притока по его длине. Большинство исследователей при выводе расчетных зависимостей принимают предпосылку о постоянстве напора на всей внешней поверхности фильтра /1, 2, 3 и др./.

По мнению В.М. Шестакова /9/, предпосылка о формировании фильтрационного потока вблизи скважины без учета гидравлических потерь внутри скважины и на входе в нее в большинстве случаев является вполне правомерной. В этом случае приток и входные скорости на разных высотах фильтра для случая однородного пласта оказываются неравномерными. При этом больше нагружена верхняя часть фильтра, а расход по длине фильтра распределяется по экспоненциальной зависимости /1, 3, 4, 5/. В.С. Алексеев /1/ физически этот характер кривой объясняет "эжекторным" воздействием потока внутри фильтра, проявляющимся только в его верхних частях, где скорости потока вследствие этого становятся значительными.

В.М. Шестаков /9/ рекомендует закон распределения скорости течения в скважине описывать двучленной зависимостью вида:

$$\bar{v} = (1-\alpha)\bar{z} + \alpha \bar{z}^4, \quad (I)$$

где

α - некоторый параметр,

$$\bar{v} = \frac{v_x}{v_c}; \quad v_c = \frac{Q_{схв}}{\omega_{схв}}; \quad \bar{z} = \frac{z}{l}.$$

В верхней части фильтра ($z=l$) скорости, согласно зависимости (I), являются максимальными, что соответствует физическому толкованию В.С. Алексеева.

Другая группа исследователей считает пьезометрический напор вдоль фильтра переменным и заранее известным, либо неравномерность притока жидкости по его длине связывают, главным образом, с неоднородностью фильтрационных свойств водоносной толщи /7/.

Анализ фактических расходограмм по ряду скважин вертикального дренажа в Кировском и Джетысайском районах Чимкентской области /6/ показывает, что в натуральных условиях имеют место оба указанных выше фактора. Характерны в этом отношении эпюры распределения единичных и суммарных расходов по скважинам № 203 и № 199 в совхозе "Большевик" (рис. I). При кажущейся однородности пласта по эпюрам единичных расходов здесь четко фиксируются пропластки с повышенными фильтрационными свойствами. В то же время в верхней части фильтра единичные расходы в 1,5-3 раза больше самых максимальных, отмеченных в нижних слоях фильтра. Аналогичная картина наблюдается при слоистом строении водоносного горизонта, когда рабочая часть фильтра представлена двумя-тремя секциями, установленными в интервалах глубин залегания хорошопроницаемых отложений (рис. I, скв. № 197 и № 175). Анализ расходограмм по скважинам № 197 и № 175 показывает, что эффект "эжекторного" воздействия потока наблюдается для каждой секции фильтра. В то же время при четко выраженной неоднородности в пределах каждого хорошопроницаемого слоя фиксируется уменьшение средневзвешенного единичного расхода для глубже расположенных хорошопроницаемых интервалов.

Анализ полученных расходограмм показывает, что фильтрационная неоднородность водоносной толщи выражается во

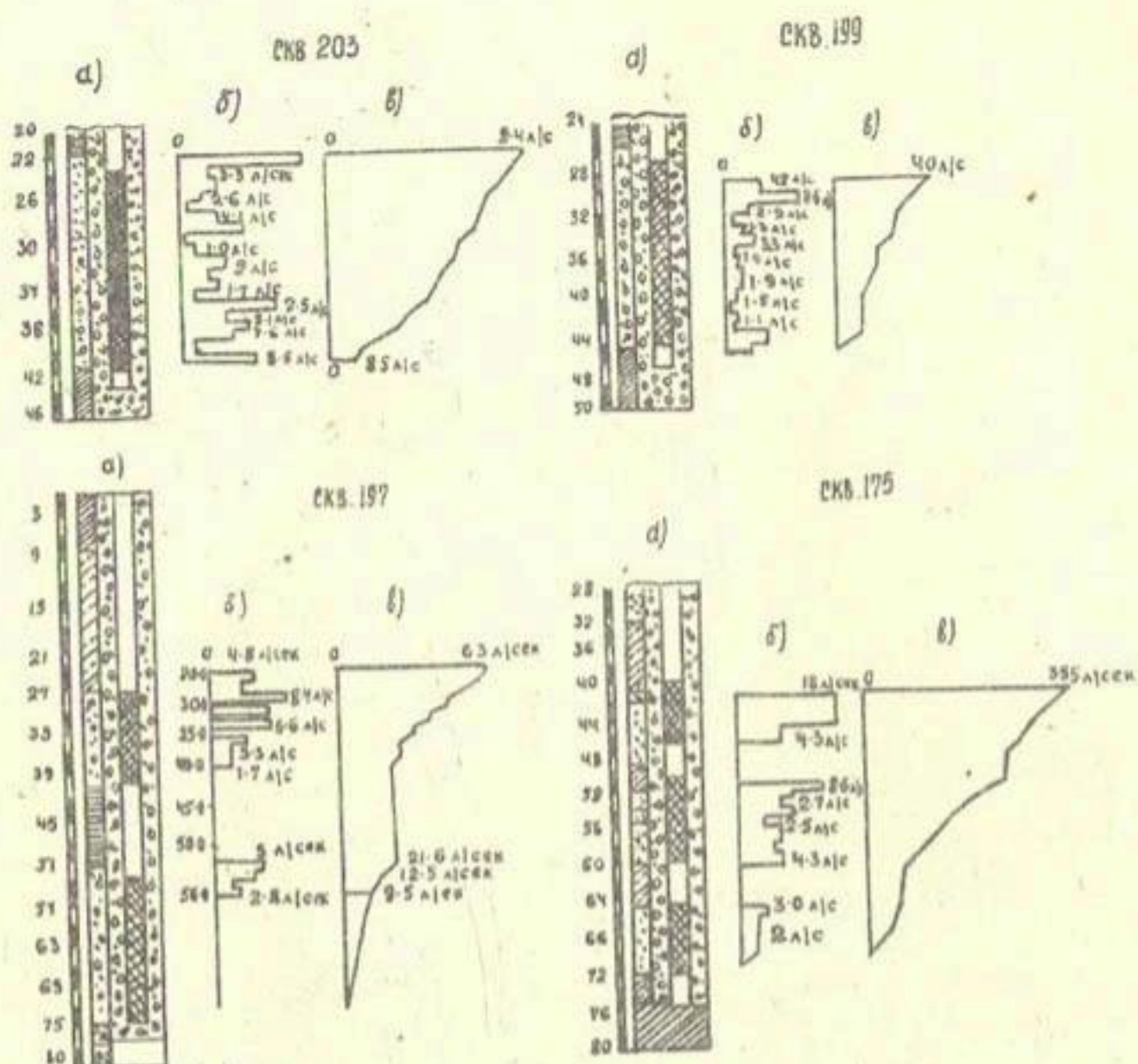


Рис. 1. Эпюры распределения единичных и суммарных расходов по скважинам: а) — литологический разрез и положение рабочей части в пласте; б) — эпюра единичных расходов; в) — эпюра суммарного расхода.

"всплесках" единичных расходов отдельных интервалов. Какой либо закономерности в величине "всплеска" и его положении по длине фильтра не наблюдается. Эти "всплески" в виде дополнительного "шума" накладываются на общий криволинейный

характер единичных и суммарных эпюр расхода. Таким образом, фактические расходограммы не согласуются с теоретическими решениями Т.Р. Кульматовой и Д.Ф. Шульгина /7/. Большинство фактических расходограмм по каждому хорошопроницаемому интервалу или пласту при их усреднении могут быть описаны зависимостью (1). "Всплески" же единичных расходов на расходограмме могут быть использованы для оценки степени неоднородности пласта и относительной проницаемости отдельных прослоев.

Из рис. 1 видно, что в слоистой толще, оборудованной секционными фильтрами, большая часть скважины формируется за счет верхней секции. Так для скважины № 197 41,4 л/с ($2/3 Q_{\text{скв.}}$) приходится на верхнюю секцию длиной 12,5 м и 21,6 л/с ($1/3 Q_{\text{скв.}}$) на нижний интервал длиной 20,3 м. Для скважины № 175 приток из третьего интервала фильтра (длина 8 м, глубина установки 63–71 м) составляет лишь $1/6 Q_{\text{скв.}}$.

Однако в слоистых пластах количество проницаемых секций фильтра скважины вертикального дренажа необходимо оценивать не только по ее суммарному расходу, но и достигнутому мелиоративному эффекту, который, в первую очередь, проявляется в величине снижения грунтовых вод в покровных отложениях.

Нами на электроинтеграторе БУСЗ-70 выполнено решение ряда стационарных осесимметричных задач для трехслойного пласта при следующих граничных условиях:

$$\begin{aligned} \text{при } z = R_k \quad H = \text{const} \\ z = z_{\text{скв.}} \quad Q_{\text{скв.}} = Q_I \\ Q_{\text{скв.}} = Q_I + Q_{II} \end{aligned}$$

где

Q_I – расход первого водоносного слоя;

Q_{II} – расход второго водоносного слоя;

$$\begin{aligned} \text{при } z = R_k \quad Q = 0 \\ z = z_{\text{скв.}} \quad Q_{\text{скв.}} = Q_I \\ Q_{\text{скв.}} = Q_I + Q_{II} \end{aligned}$$

В пределах всей изучаемой области интенсивность инфильтрационного питания $W = \text{const.}$

Для первого варианта граничных условий инфильтрационное питание задавалось равным 10, 20 и 30% от существующих норм водоподачи, что соответствует $W = 0,00045$, $0,00079$ и $0,0012$ м/сут.

Расходы скважин задавались соответствующие натурным. При эксплуатации двух водоносных слоев Q_I и Q_{II} принимались от суммарного расхода скважины, равными

$$Q_I = \frac{2}{3} Q_{\text{св.}} \quad \text{и} \quad Q_{II} = \frac{1}{3} Q_{\text{св.}}$$

Литологическое строение для всех вариантов аналогично строению скв. № 197 (рис. 1). Коэффициенты фильтрации и мощности покровных суглинков, первого водоносного слоя, разделяющих суглинков и второго водоносного слоя соответственно равны: $K_n = 0,12$ м/сут; $m_n = 24,5$ м, $K_1 = 25$ м/сут; $m_1 = 14,7$ м; $K_p = 0,023$ м/сут; $m_p = 5$ м; $K_2 = 24,5$ м/сут; $m_2 = 28,6$ м.

Результаты решений для граничных условий на контуре первого рода представлены на рис. 2 и 3, из которых видно, что:

1) относительные понижения $\bar{S} = \frac{S_I}{S_{I+II}}$ не зависят от величины инфильтрационного питания, а определяются лишь относительным расходом $\bar{Q} = \frac{Q_I}{Q_{I+II}}$

2) при $\bar{c} = \frac{c}{K_n} < 0,29$ и любом соотношении $\bar{Q}$ понижение в грунтовых водах в среднем на 10% больше при эксплуатации одного верхнего хорошопроницаемого слоя;

3) при $\bar{c} = \frac{c}{K_n} > 0,29$ эксплуатация двух хорошопроницаемых слоев в среднем на 7-8% увеличивает понижение в грунтовых водах, однако, при $\bar{c} > 0,29$ абсолютные величины понижений в грунтовых водах и тем более их разница $\Delta S = S_I - S_{I+II}$ незначительны ($\Delta S = 0,1-0,02$ м).

При граничных условиях на контуре II рода ($Q = 0$) при $\bar{Q} = 1$ и любом $\bar{c}$ лучший эффект дренирования пок-

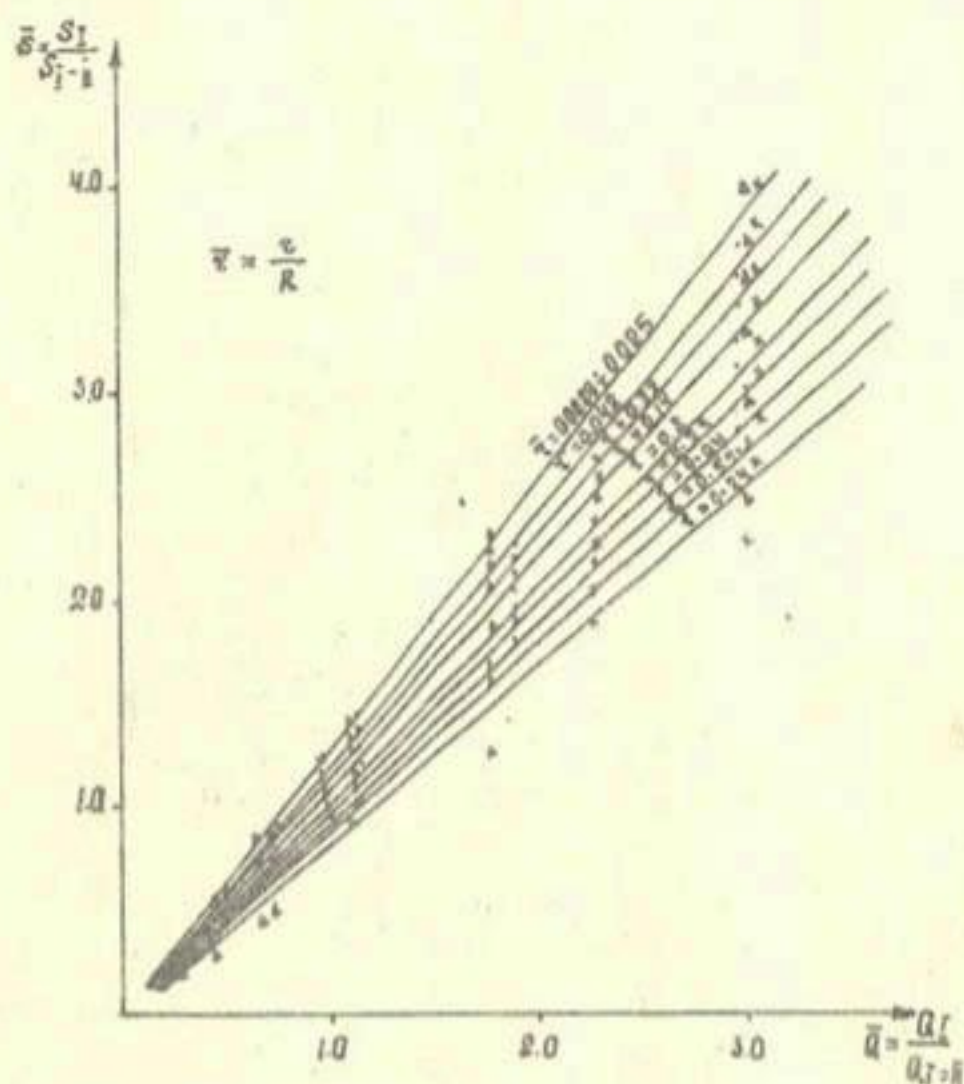


Рис. 2. $\bar{s} = f(\bar{Q})$ при граничных условиях I рода на контуре ($z=R$):

Q_I и S_I — расход скважины и понижение грунтовых вод на расстоянии z при эксплуатации первого хорошопроницаемого слоя;

Q_{I+II} и S_{I+II} — суммарный расход скважины и понижение грунтовых вод при эксплуатации первого и второго хорошопроницаемого слоя

• — $W = 0,0012$ м/сут;

+ — $W = 0,00045$ м/сут;

Δ — $W = 0,00079$ м/сут.

ровных отложений достигается при эксплуатации одного верхнего хорошопроницаемого слоя (рис. 3).

Таким образом, как анализ фактических расходограмм, так и модельные исследования приводят к выводу о нецелесообразности в трехслойном пласте бурения глубоких скважин вертикального дренажа, с оборудованием фильтром двух хорошопроницаемых слоев. Если первый слой обладает хорошими фильтра-

ционными свойствами, мелиоративный эффект при его эксплуатации, практически, равнозначен эффекту при эксплуатации двух слоев более глубокой скважиной вертикального дренажа.

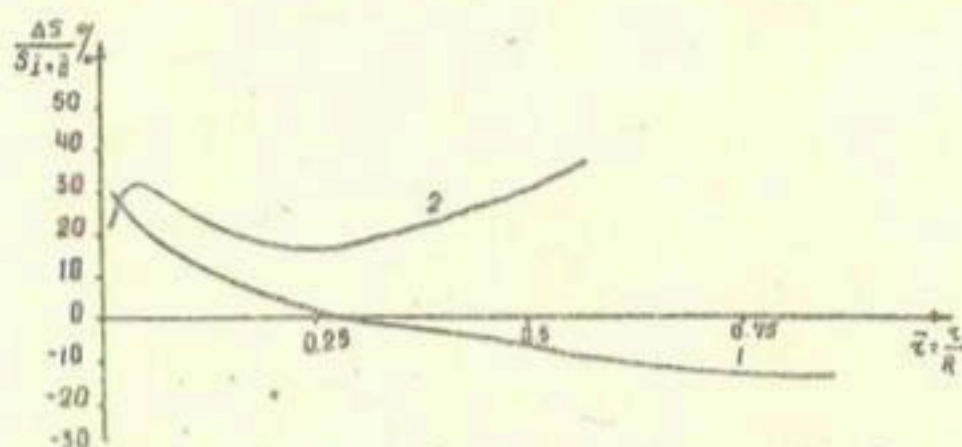


Рис. 3. График $\frac{\Delta S}{S_I + S_{II}} = \varphi(\bar{z})$ при $\bar{Q} = \frac{Q_I}{Q_I + S_{II}} = 1$:
 1 - при $H|_{z=R} = \text{const}$;
 2 - при $Q|_{z=R} = 0$.

Л и т е р а т у р а

1. В.С. А л е к с е е в. Выбор длины и диаметра фильтров скважин с учетом неравномерности их нагрузки. "Гидротехническое строительство", № 8, 1968.
2. Н.Н. В е р и г и н. Методы определения свойств горных пород, М., Госстройиздат, 1961.
3. Э.А. Г р и к е в и ч. Влияние гидравлических сопротивлений скважины на приток воды. Рига, "Зинатне", 1969.
4. Э.А. Г р и к е в и ч, А.А. Р у с е л и с. Гидравлическое сопротивление и входные скорости фильтра при одновременном отборе жидкости сверху и снизу. В сб.: "Водоснабжение и канализация", вып. II, Рига, 1971.
5. И.И. Г р и н б а у м. О конструкциях фильтров скважин на воду и оценке их гидравлического параметра. "Разведка и охрана недр", № 5, 1975.
6. И с с л е д о в а н и е формирования притока по длине фильтрового каркаса скважин вертикального дренажа из асбоцементных труб, построенных в

многослойных водоносных горизонтах. Заключительный отчет по Д-60/77, 1978, фонды САННИРИ.

7. Т.Р. Кульматова, Д.Ф. Шильгин. Некоторые вопросы взаимодействия скважины с продуктивным пластом. Труды ТашГУ, вып. 242, 1964.
8. Н.М. Решеткина, Х.И. Якубов. Вертикальный дренаж, М., "Колос", 1978.
9. В.М. Шестаков. Фильтрационный приток к скважине с учетом внутрискважинной гидравлики. "Гидромеханика", № 38, 1978.

УДК 626.8

В.В. ХЕГАЙ, инженер
Р.А. ФАТРАХМАНОВ, канд. техн. наук
Г.Е. БАТУРИЧ, канд. техн. наук
(САННИРИ им. В.Д. Журина)

НАДЕЖНОСТЬ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ НОВОЙ ЗОНЫ ГОЛОД- НОЙ СТЕПИ)

На целинных землях новой зоны орошения Голодной степи опреснение земель в период освоения и последующее поддержание оптимального водно-солевого режима обеспечивается, в основном, закрытым горизонтальным дренажем. К настоящему времени здесь построено более 15 тыс. км закрытых дрен.

По ряду причин закрытый дренаж выходит из строя, что приводит к вторичному засолению земель, снижению урожая и большим капитальным затратам на ремонт. Выявление причин выхода из строя дренажа и повышение его надежности являются важными народнохозяйственными задачами.

I. ВИДЫ ОТКАЗОВ И ПРИЧИНЫ ВЫХОДА ДРЕН ИЗ СТРОЯ

Закрытый дренаж является сложной системой, состоящей из ряда элементов: трубчатой линии, фильтра, обратной засыпки, смотровых колодцев и устьевой части. Отказ одного из этих элементов влечет за собой ухудшение работоспособности всей линии, а иногда и выход дрены из строя. Определение доли каждого элемента в отказе дрены даст нам возможность определить слабые по надежности места.

Отказы являются случайными событиями и делятся на зависящие и независимые. Отказы являются зависимыми, если при появлении одного из них изменяется вероятность появления другого.

По легкости обнаружения отказы могут быть очевидными (явными) или скрытыми (неявными); по характеру возникновения — внезапные, состоящие в резком, практически мгновенном изменении характеристик объектов и постепенные, происходящие за счет медленного ухудшения качества объектов.

Проанализируем отдельно каждый элемент системы закрытого горизонтального дренажа по видам отказов.

Т а б л и ц а I

№ п/п	Наименование элементов	Виды отказов		
		по связи с другими элементами	по легкости обнару- жения	по характе- ру возник- новения
1.	Обратная засыпка	независимый	очевидный	внезапный
2.	Смотровой колодец	независимый	очевидный	внезапный
3.	Устье	независимый	скрытый	внезапный
4.	Трубчатая линия	зависимый	скрытый	внезапный
5.	Фильтр	зависимый	скрытый	постепенный

Необходимо отметить, что данная классификация элементов дрена является упрощенной, она справедлива при правильном выборе проектных параметров и качественном строительстве дрена. Из табл. I видно, что отказы по связи с другими объектами являются независимыми для обратной засыпки, смотрового колодца и устья, а трубчатая линия и фильтр имеют зависимый отказ. При повышении надежности первых трех элементов дрена (обратной засыпки, смотрового колодца и устья) повышается надежность всей дренажной сети.

Отказы элементов закрытого горизонтального дренажа в совхозах №№ I, 6, 7, по данным анализа материалов инвентаризации на 1978 г.:

смотровые колодцы - 39% неисправны, из них 22% приходится на смещение верхнего звена. По данным обследований МСХ УзССР за 1976 г., в 14 совхозах новой зоны Голодной степи из имеющихся в каждом хозяйстве в среднем 1070 шт. смотровых колодцев разрушено около 25%;

устье - 73% повреждены, из них 54% значительно повреждены и полностью разрушены;

наддренные полосы - 13% имеют деформацию в виде воронок, каверн и просадок;

трубчатая линия - заилено более 14% общей протяженности. С 1972 г. ежегодно промывается дренапромывочной машиной ПДТ-125 более 200 км дрена. Причем, потребности в промывке превышают возможности ремонтных организаций.

Данными по отказам фильтровой обсыпки и дренажных труб не располагаем.

Причины выхода из строя элементов закрытого дренажа:

смотровой колодец - отсутствие крышек, вследствие чего в колодец попадают мусор, посторонние предметы; плохая заделка стыков звеньев смотрового колодца; наезды на колодец сельскохозяйственных машин; поступление поливной воды в смотровой колодец;

обратная засыпка - отсутствие уплотнения. Затопление наддренной полосы поливной водой приводит к кольматации

фильтра и заилению трубчатой линии;

устье – при выходе устья дрены в открытый коллектор происходят повреждения (отказы) следующего характера: перекос устьевых труб, подъем уровня воды в коллекторе выше устьевых труб, обвалы откосов коллектора, зарастание и заиливание устьевых труб, вымыв обратной засыпки и фильтра, разрушение целостности дренажной линии.

В результате названных причин закрытый горизонтальный дренаж перестает функционировать. Вопросы оценки его надежности приобретают важное значение как с точки зрения мелиоративного состояния земель, так и с точки зрения уменьшения ремонтных затрат (необходимо иметь в виду, что стоимость строительства одного метра дрены составляет примерно 20 руб.).

2. ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ О НАДЕЖНОСТИ ДРЕНАЖА

При эксплуатации дренажа не всегда удается получить нужную для исследования вопросов его надежности информацию, основными недостатками которой являются ограниченность, неупорядоченность и недостаточная достоверность.

Данные эксплуатации всегда относятся к морально-устаревшим устройствам. Примером может служить изменение состава гравийно-песчаной смеси и конструкции дренажных труб при строительстве дрен в Голодной степи /I/.

Кроме того, данные эксплуатации обычно являются неполными из-за организационных трудностей, возникающих при сборе сведений (в каждом совхозе Голодной степи имеется несколько сотен километров закрытого горизонтального дренажа, обследовать которые два раза в год – в начале и конце вегетации – представляет большую трудность), и низкой квалификации работников.

С ограниченностью и неупорядоченностью данных о работоспособности дренажа мы столкнулись, анализируя материалы инвентаризации закрытого дренажа и данные РСУ о ремонте

дрен. До последнего времени инвентаризация велась по старой форме, в которой работоспособность дрены отражалась очень примитивно — работает дрена или не работает. Главные же вопросы — причины отказа и состояние элементов дренажа — не нашли отражения в собранных данных. Для решения этих вопросов мы предлагаем эксплуатационным организациям завести для каждой дрены карточку отказов.

Т а б л и ц а 2

Карточка отказов

Наименование дрены							
Год ввода в эксплуатацию							
Номер отказа	Время отказа	Ф.И.О. и должность обнаружившего отказа	Внеш- ние при- знаки отка- за	Причина появления отказа	Требуе- мый ре- монт	Время прове- дения ре- мон- та	Затраты на ре- монт
1	2	3	4	5	6	7	8

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ОБЪЕКТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

Случайный характер показателей надежности обуславливает приближенную их оценку и необходимость достаточного объема информации для их определения. Большое число объектов наблюдений усложняет и удорожает исследование надежности. Поэтому необходимо стремиться к предельному сокращению числа наблюдаемых объектов.

С помощью экспоненциального закона распределения времени безотказной работы можно разработать план объема испытаний, т.е. рассчитать необходимое число объектов и время их испытаний, чтобы получить интенсивность отказов с

ошибкой, не превосходящей заданную. Так как оценку показателей надежности мы проводим по плану $[n, b, t]$ (на испытание поставлено n изделий, испытания ведут в течение t , наработки, отказавшие изделия ремонтируют или заменяют новыми b), то примерный объем испытаний определяется по формуле

$$nt = \frac{dz_3}{\lambda} \quad (I)$$

где

- n - число объектов наблюдений;
- t - время, в течение которого производится наблюдение;
- d - число отказов за время t ;
- λ - интенсивность отказов;
- z_3 - коэффициент, зависящий от относительной ошибки и числа отказов.

Задавшись относительной ошибкой $d = 0,9$ и доверительной вероятностью $\beta = 0,9$, определяем объем испытаний который составил 40 лет.

Рассмотренные ниже задачи по определению закона времени безотказной работы и по вычислению параметра λ решены для 23 керамических дрен, находящихся в эксплуатации II лет. Объем испытаний проанализированных дрен превышает найденный по формуле (I).

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ИСПРАВНОЙ РАБОТЫ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Решение многих задач гидротехники и мелиорации сводится к оценке возможных значений случайных величин. В основе теории надежности лежат теоретико-вероятностные соображения, поэтому надежность и долговечность закрытого горизонтального дренажа могут быть описаны и рассчитаны с помощью теорий вероятности и случайных процессов.

Исчерпывающей характеристикой надежности устройств является закон распределения времени безотказной работы. Если известен вид закона и его параметры, легко определить любую характеристику надежности. Наиболее распространенные законы распределения отказов: экспоненциальный, усеченный нормальный, логарифмически-нормальный, распределение Вейбула и т.д.

В качестве примера для определения закона распределения времени исправной работы нами проанализирована работоспособность 23 керамических дренажей, построенных в 1966 г. в совхозе № 6 Голодной степи. Временная диаграмма потока отказов для керамических дренажей представлена на рис. I.

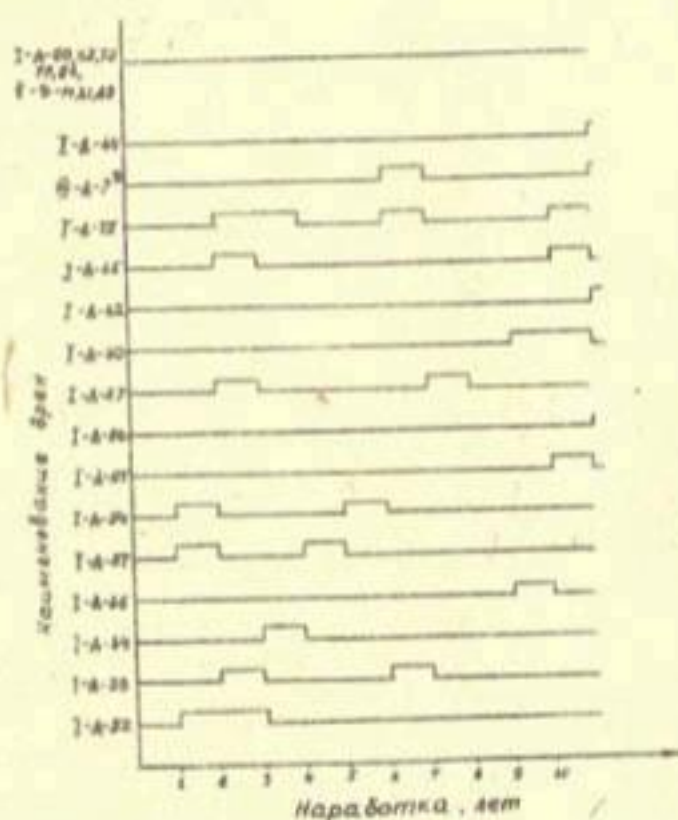


Рис. I. Временная диаграмма потока отказов.

Выявление закона распределения велось в следующей последовательности:

- подготовка опытных данных;
- построение гистограммы какой-либо количественной характеристики надежности;

проверка допустимости предполагаемого закона распределения отказов с использованием определенных критериев согласия.

Определение закона распределения исправной работы возможно графическим и аналитическим методами. Рассмотрим графический метод определения вида закона распределения.

Составляем вариационный ряд исправной работы дрен по временной диаграмме потока отказов (рис. I)

1, 1, 1.
2, 2, 2, 2, 2, 2.
3, 3, 3, 3.
4, 4, 4, 4.
6, 6.
7, 7.
8.
9.
10, 10.
11, 11, 11.

Используя временную диаграмму потока отказов и вариационный ряд, заполняем табл. 3.

Т а б л и ц а 3

t_i	n_i	H_i	$\frac{H_i}{\sum n_i}$	$1 - \frac{H_i}{\sum n_i}$
1	3	3	0,1	0,9
2	6	9	0,31	0,69
3	4	13	0,45	0,55
4	5	18	0,62	0,38
5	0	18	0,62	0,38
6	2	20	0,69	0,31
7	2	22	0,76	0,24
8	1	23	0,79	0,21
9	1	24	0,83	0,17
10	2	26	0,9	0,1
11	3	29	1,0	0

Примечание. t_i - значение члена вариационного ряда;
 n_i - число наблюдаемых однозначных отказов;
 H_i - накопленное число отказов;
 $\sum n_i$ - суммарное число отказов.

Проверяем согласие экспериментального распределения с экспоненциальным. Наносим экспериментальные данные на координатную сетку (рис. 2).

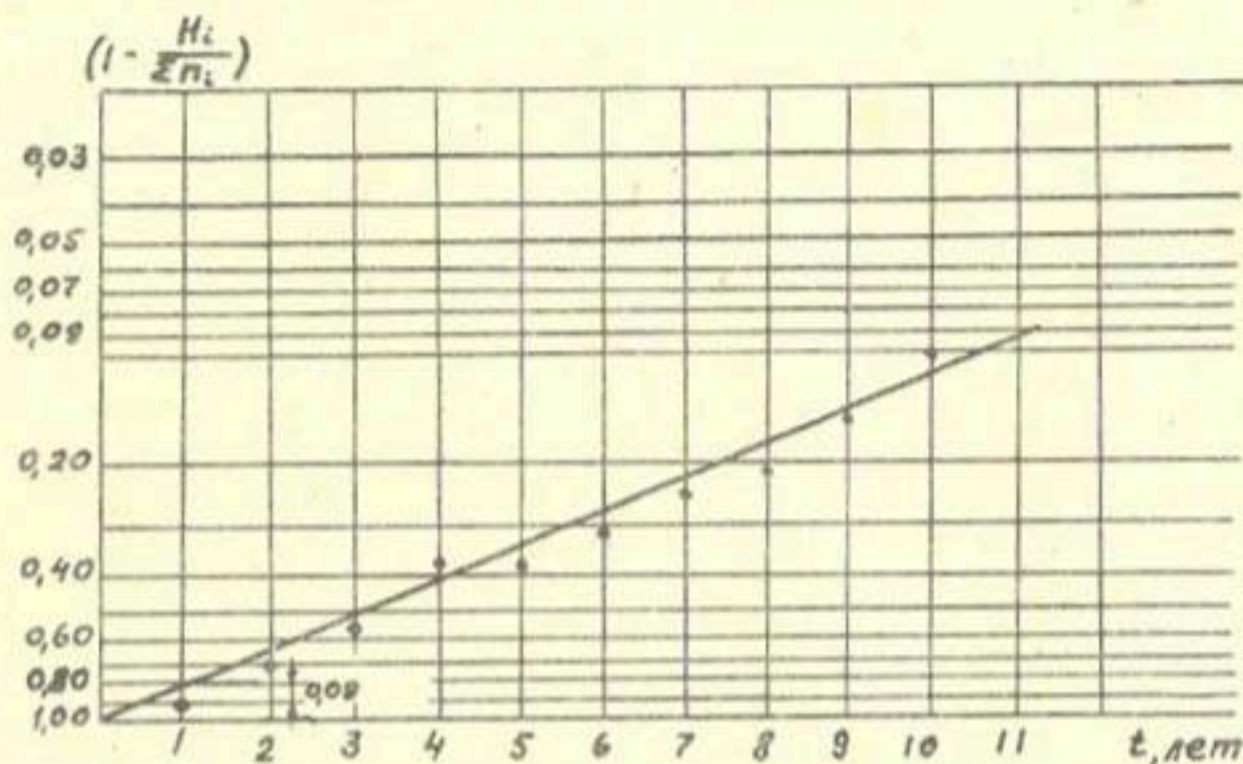


Рис. 2. Зависимость $(1 - \frac{H_i}{\sum n_i}) = f(t)$

Проводим через отметки прямую таким образом, чтобы отклонения точек от прямой были минимальными. Находим и снимаем наибольшие отклонения. В нашем случае наибольшее отклонение D составляет 0,09.

Проверяем допустимость принятого закона распределения отказов по критерию согласия Колмогорова, по которому экспериментальное распределение согласуется с выбранным теоретически, если выполняется условие

$$D \sqrt{\sum n_i} \leq 1, \quad (2)$$

где D - наибольшее отклонение теоретической кривой распределения от экспериментальной.

Рассчитываем критерий согласия Колмогорова

$$D\sqrt{\sum ni} = 0,09 \times 29 = 0,48 < 1$$

В соответствии с формулой (2) считаем, что закон распределения времени безотказной работы не противоречит экспоненциальному.

5. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ДРЕНАЖА

В предыдущем разделе мы выяснили, что выход дрен из строя происходит по экспоненциальному закону. Плотность вероятности экспоненциального распределения задается уравнением

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t} \quad (3)$$

Оценить параметр λ экспоненциального распределения можно по формулам, соответствующим планам испытаний. Для определения доверительных границ λ необходимо пользоваться таблицей квантилей χ^2 - квадрат распределения, в которой параметрами являются вероятность

$P(1 - \alpha)$ и число степеней свободы ξ .

Оценим параметр λ и найдем его двусторонний интервал с вероятностью $\alpha = 0,9$ для керамических труб.

Выписываем необходимые данные из предыдущей задачи

$n = 23$ дрен;

$t_0 = 11$ лет;

$\sum ni = 29$ отказов.

Так как дренажная система является восстанавливаемой, то оценку показателей надежности проводим по плану $[n, B, t_0]$.

Находим параметр λ :

$$\lambda = \frac{\sum ni}{t_x} = \frac{29}{224} \div 0,13 \frac{1}{\text{год}},$$

где t_x - суммарная наработка на отказ, определяемая из временной диаграммы (рис. 1).

Определяем среднюю наработку на отказ

$$\bar{T} = \frac{I}{\lambda} = \frac{I}{0,13} = 7,78 \text{ лет.}$$

Вычисляем верхнюю и нижнюю границы параметра

$$\lambda_6 = \frac{\xi^2(\alpha)(2\sum n_i + 2)}{2t_x}; \quad \lambda_H = \frac{\xi^2(1-\alpha)(2\sum n_i)}{2t_x}$$

Значения квантилей ξ - квадрат распределения находим по таблицам /2/.

$$\xi(0,9)(60) = 74,4; \quad \xi(0,1)(58) = 45;$$

$$\lambda_6 = \frac{74,4}{2224} = 0,166 \frac{I}{\text{год}}; \quad \lambda_H = \frac{45}{2224} = 0,1 \frac{I}{\text{год}}.$$

Зная параметр λ , можно определить критерий надежности. Как видно из полученных данных, средняя наработка на отказ $\bar{T}$ составляет 7,78 лет. Но зачастую дренажная сеть выходит из строя раньше.

Из изложенного выше следует, что одним из важных факторов повышения надежности закрытого дренажа является уменьшение количества независимых отказов, приходящихся на смотровые колодцы, устьевые сооружения и обратную засыпку.

Для повышения надежности закрытого горизонтального дренажа необходимо:

1. Реконструировать смотровые колодцы в герметично потайные.
2. Строить (реконструировать) истоковые колодцы около оросительной сети.
3. Обеспечить при строительстве (реконструкции) смотровых колодцев качественное соединение "коротышей".
4. Выполнять мероприятия по уплотнению грунта обратной засыпки.

УДК 626.8

Ш. МАХМУДОВ, канд. техн. наук
С. АЛИМОВ, инженер
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА В МЕЛИОРАТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Для мелиоративного строительства на засоленных землях требуется большое количество водосолеустойчивых материалов и деталей. В последнее время для этой цели разрабатываются новые материалы на основе полимеров, разновидностью которых являются полимербетоны.

Исследователями полимербетонов рекомендуются для мелиоративного строительства различные полимербетонные трубы — напорные, безнапорные, пористые /1, 2, 3, 4/, а также плиты облицовок /5/ и др.

Однако их внедрение из-за дефицитности и токсичности смол, употребляемых в качестве вяжущего, высокой стоимости, недостаточной водостойкости и других причин ограничено.

Например, стоимость 1 м^3 полимербетона составляет 150–250 руб., тогда как 1 м^3 цементного бетона стоит всего 15–20 руб.

При изыскании более экономичных высокоустойчивых материалов особый интерес представляют бетоны на основе жидкого стекла. Этот вид бетона является недефицитным по сравнению

с полимербетонами, он технологичен, плотен, прочен и солеустойчив. Стоимость I и³ составляет 40-60 руб.

Основным недостатком бетона на жидком стекле является его низкая водостойкость. У нас в стране и за рубежом, с целью улучшения свойств, исследуются разные композиции бетона на основе жидкого стекла. Интересные работы выполнены в ФРГ фирмой "Хехст". Имеются сообщения о разработке улучшенных составов в Англии, Франции, США, а также в странах народной демократии /6/.

В СССР исследования в этом направлении проводят ЦНИИПромзданий, НИИЖБ и др. Однако цель проводимых исследований - использование этого вида бетона в промышленном строительстве и по их результатам нельзя заключить, возможно ли использование бетонов на основе жидкого стекла в мелиоративном строительстве.

С 1976 г. лаборатория новых строительных материалов САНИИРИ начала проведение научно-исследовательских работ по разработке водосолеустойчивых композиций на основе жидкого стекла для мелиоративного строительства. Цель исследований - улучшение свойств бетона с помощью полимеров, создание так называемых полимерсиликатбетонов.

Полимерсиликатбетонами называют бетоны, в которых в качестве вяжущего применяют жидкое стекло, в качестве заполнителя - кислотостойкие инертные в виде гравия, щебня, песка и мелкодисперсного наполнителя. Кроме того, в состав бетона входят инициатор твердения и кислотоотверждающиеся - органические соединения.

В наших исследованиях использовались следующие материалы: связующее - натриевое жидкое стекло с модулем 2,8 и плотностью 1,4-1,41 г/см³ (ГОСТ 962-41), выпускаемое кирпичным заводоуправлением № 3 г. Ташкента; инициатор твердения - кремнефтористый натрий (ГОСТ 87-57); уплотняющие добавки - фуриловый спирт (СТУ 89-257-62), полиэфирная смола ПН-1 с гиперизом; заполнители - местные кислотостойкие инертные с Алмалыкского карьера. Исследованиям подвергались составы полимерсиликатов в виде мастик и растворов (табл. I).

Т а б л и ц а I
Состав полимерсиликатбетона

Компоненты	Состав, вес.ч.							
	I	2	3	4	5	6	7	8
Жидкое стекло	100	100	100	100	100	100	100	100
Кремнефторис- тый натрий	15	15	15	15	15	15	15	15
Фуриловый спирт	-	3	3	3	-	3	3	3
Полиэфирная смола ПН-I	-	-	5	5	-	-	5	5
Гипериз	-	-	0,2	-	-	-	0,2	-
Песок из Алма- лыкского карьера (мод.крупн. I.82)-	-	-	-	-	275	275	275	275
То же, молотый, удельная поверх- ность 2500- 3000 г /см ³	410	410	410	410	275	275	275	275

Компоненты полимерсиликатных бетонов подбирались исходя из наименьшего расхода жидкого стекла при условии оптимальной плотности и удобоукладываемости.

Для тепловой обработки изделий из полимерсиликата использовали сухой теплоноситель. Пропарочные камеры или другие тепловые установки непригодны для ускорения его твердения. Составы могут твердеть без подогрева, в этом случае твердение полимерсиликатов должно происходить при нормальной температуре, но не ниже 10°C.

Для определения оптимального режима термообработки, т.е. температуры и времени прогрева, образцы прогревали в сушильных камерах при 40°C от 2 до 24 час. Другие варианты прогрева производились при повышенных температурах - от 60 до 160°C.

Опытами установлено, что наиболее высокая прочность достигается термообработкой при 140–160°C. Однако дальнейшие исследования показали, что это не оптимальная температура. Образцы, прогретые при такой температуре, характеризуются более низкой водостойкостью и плотностью, чем образцы, прогретые при температуре 80–120°C. Оптимальный срок термообработки, учитывающий физико-механические свойства и экономичность, — 12 час.

Прочностные характеристики полимерсиликатобетонов приводятся в табл. 2.

Т а б л и ц а 2
Прочность полимерсиликатов

Номер соста- ва (по табл. 1)	Прочность образцов после термообработки в течение 12 ч. при $t=120^{\circ}\text{C}$, МПа			Прочность образцов после 60 сут. нормального хра- нения, МПа		
	на сжатие	на изгиб	на растяжение	на сжатие	на изгиб	на растяжение
1	36,0	12,4	5,7	30,0	9,3	4,1
2	44,0	12,8	5,3	34,8	10,0	5,0
3	47,0	14,4	6,2	34,7	10,9	6,4
4	46,6	14,8	6,3	35,0	11,2	6,8
5	34,0	9,8	4,8	28,2	8,3	3,9
6	42,5	12,2	5,0	30,0	9,8	4,8
7	45,5	14,6	6,0	29,0	10,5	5,4
8	46,2	14,7	6,2	32,0	10,8	6,1

Одним из основных требований, предъявляемых к материалам, применяемым в мелиоративном строительстве, является водосолеустойкость, поэтому этот вопрос изучался наиболее широко.

Как было сказано выше, бетоны на основе жидкого стекла имеют низкую водостойкость. Это происходит, в основном, за счет пористости композиций. Основной целью наших исследований было уплотнение структуры бетона путем добавки полимеров, из которых наиболее пригодным является фуриловый спирт.

Оптимальное количество фурилового спирта — 3% от веса жидкого стекла. Дальнейшее увеличение количества полимерной добавки не приводит к увеличению прочности, а более 10% вызывает уже снижение прочности полимерсиликата.

Водостойкость подобранных составов определялась как в питьевой, так и в минерализованной воде. Состав минерализованной воды подбирался в соответствии с данными грунтовых вод Голодной и Каршинской степей.

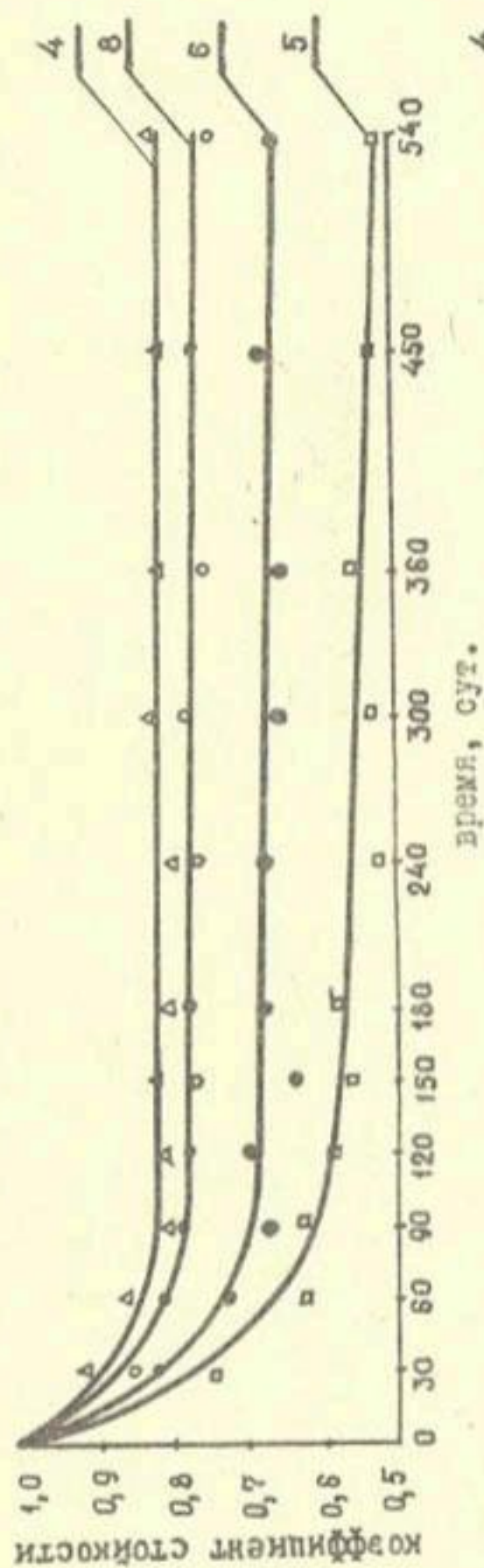
Результаты испытаний на водосолеустойкость образцов полимерсиликатбетонов приводятся на рис. 1 и 2.

Исследования показали, что водосолеустойкость полимерсиликатов выше, чем контрольных образцов без полимерной добавки. Кроме того, у составов без полимерной добавки наблюдается значительное снижение прочности, причем, это снижение носит незатухающий характер. Прочность полимерсиликатных составов снижается в воде, в основном, в первые 45–60 сут. на 10–20%, дальнейшее снижение прочности замедляется и после 90–120 сут. почти прекращается.

Водосолеустойкость полимерсиликатбетона зависит и от условия хранения его перед погружением в воду. Значительное снижение прочности происходит у термообработанных образцов, лучшие показатели водосолеустойкости наблюдаются у образцов, хранившихся в естественных условиях. Это объясняется тем, что при оптимальном режиме термообработки происходит сравнительно ускоренное удаление воды из состава полимерсиликата, что приводит к определенному разрыхлению его структуры.

Как видно из рис. 2, водостойкость у составов с добавкой фурилового спирта намного выше, чем у составов без добавки. Это объясняется тем, что фуриловый спирт уплотняет структуру за счет снижения процесса синерезиса [6]. Фуриловый спирт имеет концевые полярные группы (ОН), которыми он ориентируется в сторону кремнегеля. Радикал же этой добавки обладает гидрофобными свойствами. Таким образом, механизм уплотнения силикатных растворимых систем можно рассматривать как результат защитного действия кремнегеля

а)



б)

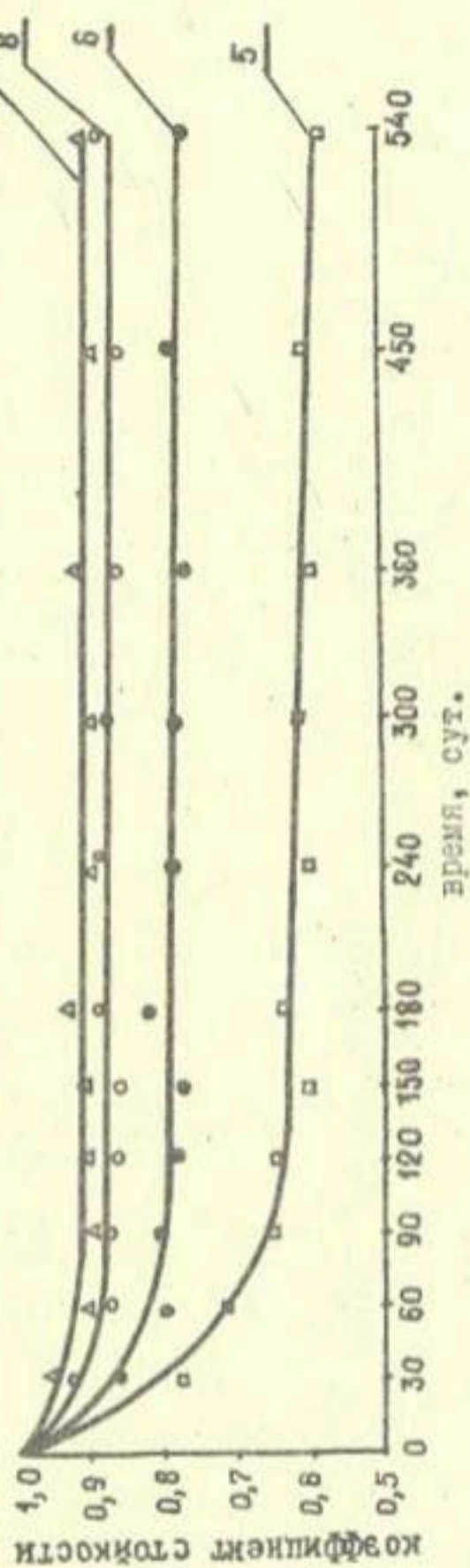


Рис. 1. Водостойкость полимерсиликатов, термообработанных в течение 12 ч. при 120°C: а - водопроводная вода; б - минерализованная вода; 4, 5, 6, 8 - составы образцов по табл. I.

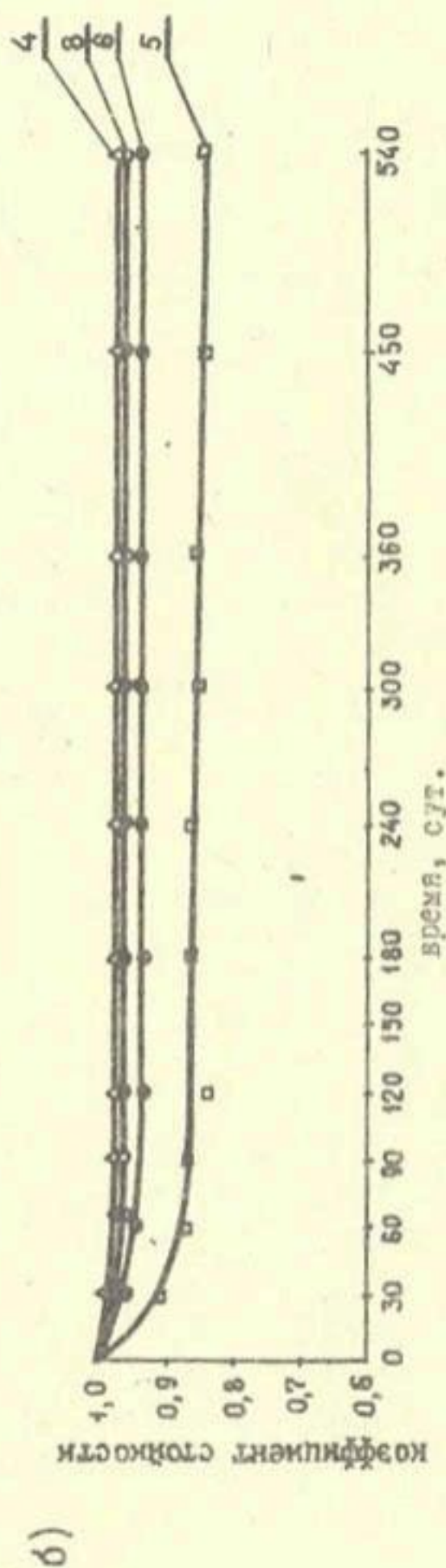
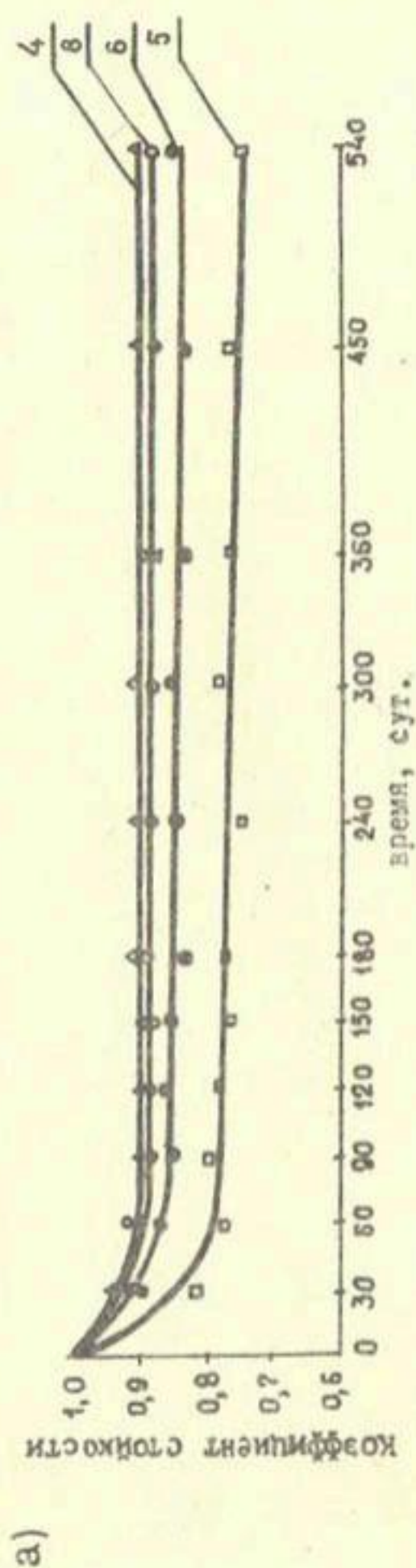


Рис. 2. Бодослестойкость полимерсилькатов естественного хранения в течение 60 сут.
 а - водопроводная вода; б - минерализованная вода; 4, 5, 6, 8 - составы образцов по табл. I.

от чрезмерного сжатия и гидрофобизации. Кроме того, низкая водостойкость жидкостекольных композиций связана с большим содержанием свободной щелочи. Для связывания щелочи нами введена добавка полиэфирной смолы ПН-І.

Поперечные деформации и коэффициент Пуассона у полимерсиликатного бетона несколько выше, чем у аналогичных составов без полимерной добавки. Модуль упругости в зависимости от нагрузки колеблется в пределах $220-260 \text{ кгс/см}^2 \times 10^3$, а коэффициент Пуассона — $0,250-0,288$, тогда как без полимерной добавки модуль упругости — $160-190 \text{ кгс/см}^2 \times 10^3$, коэффициент Пуассона — $0,193-0,207$. Кроме того, полимерная добавка снижает усадочные деформации. Полимерсиликаты характеризуются хорошей адгезией к стеклу, каменному литью, шлакометаллам.

В лабораторных условиях из полимерсиликатбетона были изготовлены образцы — трубы с внутренним диаметром 500 мм, толщиной 30 мм, длиной 1000 мм и плиты размером 1000 x 1000 x 40 мм. Процесс изготовления этих изделий показал, что для производства полимерсиликатного бетона и формирования из него изделий возможно применение оборудования, предназначенного для изготовления изделий из цементного бетона.

По предварительным расчетам, полимерсиликатные детали и изделия, предназначенные для мелиоративного строительства, экономичнее полимербетонных и керамических на 30-40%.

В ы в о д ы

1. Исследование бетонов на основе жидкого стекла для мелиоративного строительства является новым направлением и имеет важное значение.

2. Модифицируя составы бетонов полимерными материалами, можно получить бетоны с уплотненной структурой, что, в свою очередь, приводит к повышению всех основных свойств.

3. Водосолестойкость полимерсиликатбетонов намного выше, чем у бетонов на основе жидкого стекла, снижение наблюдается в первые 45-60 сут, а в дальнейшем исчезает.

4. Проведенные исследования и их результаты позволяют заключить, что применение полимерсиликатбетонов в мелиоративном строительстве, несомненно, даст определенный экономический эффект.

Л и т е р а т у р а

1. В.В.П а т у р о в и др. Технология приготовления полимербетонов на основе УКС и изготовление из него изделий. Сб.научн.тр.САНИИРИ, вып. 144, Ташкент, 1975.
2. Ш. М а х м у д о в и др. Полимербетонные трубы для коллекторной сети. М., "Хлопководство" № 1, 1977.
3. В.И. С о л о м а т о в и др. Центрифугированные трубы из армированного полимербетона. М., "Строительные материалы" № 2, 1977.
4. Т р у б ы полимербетонные напорные, технические условия (ТУ-33-9-76), Ташкент, 1977.
5. Ш. М а х м у д о в. Вопросы изготовления изделий и деталей из полимербетонов. Труды САНИИРИ, вып. 129, Ташкент, 1971.
6. М а с т и к и, полимербетоны и полимерсиликатбетоны, Под ред. В.В.Патурова и И.Е.Путляева, М., Стройиздат, 1975.

УДК 626.810.3:631.4

Г.Р.КЛИМОВА, инженер
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

О ВЛИЯНИИ СКОРОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СОЛЕЙ

Основной задачей было изучение процессов рассоления солончаковых почв тяжелого механического состава с низким коэффициентом фильтрации (КФ менее 0,1 м/сут).^{х)}

С целью исследования промываемости вышеназванных почвогрунтов в лабораторных условиях на почвенных монолитах изучались следующие показатели:

изменение засоления почвогрунтов в процессе промывки при различных фильтрационных условиях;

величина промывных вод для опреснения заданной глубины до порога токсичности;

величина коэффициентов солеотдачи α и гидродисперсии D^* ;

изменение величины коэффициента гидродисперсии D^* в зависимости от скорости фильтрации и длительности промывок.

Моделирование процессов солеотдачи путем промывки почв в монолитах — наиболее удобный и широко распространенный метод изучения сложных процессов выщелачивания солей из почвогрунтовой толщ. Метод монолитов хотя полностью не воспроизводит полевые условия, но во многих случаях позволяет довольно полно проследить ход изучаемого процесса. В этом его преимущества перед полевым методом.

Почвенные монолиты, размером 20 x 20 x 100 см, были отобраны на территории совхоза № 5 Голодной степи, где земли особенно трудномелиорируемы. Для них характерно сильное хлоридно-сульфатное засоление и очень низкий коэффициент фильтрации (менее 0,1 м/сут).

Конструктивно лизиметр представляет собой монолит почвогрунта, заключенный в металлический кожух. Монолит

^{х)} Исследования проводились под руководством канд.с.-х. наук В.И.Бобченко (ВНИИГиМ).

помещали в оправу несколько большего сечения $0,0529 \text{ м}^2$, и отстающие боковые зазоры со всех четырех сторон заливали смолой. Этим исключалась возможность фильтрации между кожухом и почвенным монолитом. Верхняя часть кожуха на 15 см выступала над монолитом и использовалась для наполнения водой, которая на поверхность почвы подавалась из специальных приборов, работавших по принципу сосуда Мариотта и поддерживавших уровень 10 см для градиентов напора от 1 до 0,1 (беспрерывное затопление). Для создания градиента напора $J = 5$ над поверхностью монолита была установлена напорная труба высотой 4 м. Воду в монолиты подавали на подушку из мелкого гравия, предохраняющего поверхность почвы от размыва и взмучивания.

Лизиметр был оборудован отверстиями для установки измерительных приборов (пьезометров), а также для отбора проб фильтрата по глубине в горизонтальном направлении. По высоте отверстия расположены через 25 см. В нижней части монолита находился песчано-гравийный фильтр с дренажной трубкой.

Подготовленный к опыту лизиметр присоединялся к напорной системе и устанавливался необходимый градиент напора изменением высоты стока фильтрата с помощью резиновой трубки.

В процессе опыта велись наблюдения за элементами водного и солевого балансов.

Промывка проводилась при пяти различных градиентах напора в трехкратной повторности.

Вариант 1 — промывка в течение 8,5 суток при градиенте напора 5 (скорость фильтрации равна $0,25 \text{ м/сут.}$)

Вариант 2 — промывка в течение 55 суток при градиенте напора 1,0 (скорость фильтрации равна $0,050 \text{ м/сут.}$)

Вариант 3 — промывка в течение 63 суток при градиенте напора 0,7 (скорость фильтрации равна $0,035 \text{ м/сут.}$)

Вариант 4 — промывка в течение 120 суток при градиенте напора 0,3 (скорость фильтрации равна $0,015 \text{ м/сут.}$)

Вариант 5 — промывка в течение 250 дней при градиенте напора 0,1 (скорость фильтрации — $0,0053 \text{ м/сут.}$).

Т а б л и ц а I

Изменение минерализации фильтратов (г/л) в
процессе промывки по вариантам

Промыв- ная нор- ма (брут- то), тыс. м ³ /га	Гори- зонты, см	Градиенты и скорости фильтрации, м/сут.				
		$\nabla=0,25$ $J=5$	$\nabla=0,05$ $J=1$	$\nabla=0,035$ $J=0,7$	$\nabla=0,015$ $J=0,3$	$\nabla=0,005$ $J=0,1$
I	2	3	4	5	6	7
Минири- зация первого фильтрата	110	66,402 1,8	70,280 2,0	88,009 2,0	100,848 2,0	119,875 1,9
3,0	25 50 75 95 110	11,197 20,607 33,234 40,107 51,601	15,113 23,677 37,801 44,338 58,182	22,771 33,230 41,720 60,020 66,039	27,801 42,008 65,895 89,088 91,000	33,234 51,993 89,855 112,371 116,955
		3,0	2,86	2,84	2,50	2,0
6,0	25 50 75 95 110	9,080 10,685 12,741 17,872 25,622	11,892 16,316 17,842 20,602 28,344	14,399 20,750 23,677 27,185 32,371	16,316 24,661 32,371 42,031 47,031	24,661 29,664 47,336 68,793 70,081
		6,0	5,84	5,80	5,5	4,5
9,0	25 50 75 95 110	6,018 8,415 9,788 11,265 15,113	6,963 10,702 11,848 12,741 15,677	9,788 12,875 14,503 17,875 19,709	11,650 14,439 20,739 22,371 24,801	13,271 19,801 21,372 24,801 29,301
		9,0	8,70	8,65	8,0	7,0
12,0	25 50 75 95 110	5,477 6,673 7,225 10,970 11,650	5,524 8,242 9,875 10,116 10,685	8,415 9,730 9,825 10,720 11,265	8,700 9,201 9,925 10,800 12,710	9,713 14,400 14,940 15,113 16,258
		12,0	11,60	11,50	11,0	9,5
15,0	25 50 75 95 110	4,121 4,288 5,244 5,353 8,415	4,694 4,838 5,421 5,524 6,733	5,524 5,900 5,990 6,923 7,000	5,477 6,018 6,773 8,242 9,080	8,242 9,120 9,750 10,875 11,925
		15,0	14,50	14,45	13,70	12,00

1		2	3	4	5	6	7
18,0	25	3,034	3,092	3,305	3,181	3,631	
	50	3,313	3,345	3,363	3,781	3,945	
	75	3,591	3,631	3,933	4,121	4,216	
	95	4,294	4,475	4,022	5,945	6,000	
	110	6,018	5,524	5,590	6,010	6,028	
		18,0	17,80	17,40	16,50	15,00	
20,0	25	2,879	3,049	3,090	3,034	2,965	
	50	3,252	3,305	3,345	3,465	3,194	
	75	4,022	3,363	3,673	3,925	3,647	
	95	4,249	4,216	4,461	4,575	3,970	
	110	5,352	4,583	4,575	4,994	4,041	x)
		20,0	19,00	18,00	17,00	16,00	
Минерализация последнего филь- тра	110	5,265	4,578	4,541	4,875	4,039	x)
		20,00	19,00	18,00	17,00	16,00	

x) В числителе дано значение минерализации фильтрата, г/л, в знаменателе — промывной нормы нетто, тыс.м³/га.

За период промывки было подано по всем вариантам 20020-18900 м³/га (табл. 1, 2) до получения минерализации фильтрата 5 г/л в конце промывки (рисунок). Из табл. 1 и рисунка следует, что по мере подачи воды на промывку происходит интенсивный вынос солей из почвы. Особенно эффективны первые порции воды. В зависимости от различных фильтрационных условий в лизиметрах опреснение метрового слоя почвы до порога токсичности (0,3% содержания вредных солей к весу сухой почвы) достигается промывной нормой (нетто) от 16,0 до 20,0 тыс.м³/га, а количество вымытых солей при скорости фильтрации 0,0053 м/сут. за период промывки 250 дней ($J = 0,1$) составило 234,82 т/га, при скорости фильтрации 0,05 м/сут за 55 дней ($J = 1,0$) — 236 т/га (табл. 3).

Одними из основных параметров при определении промывных норм являются коэффициенты солеотдачи α и гидродисперсии D^x .

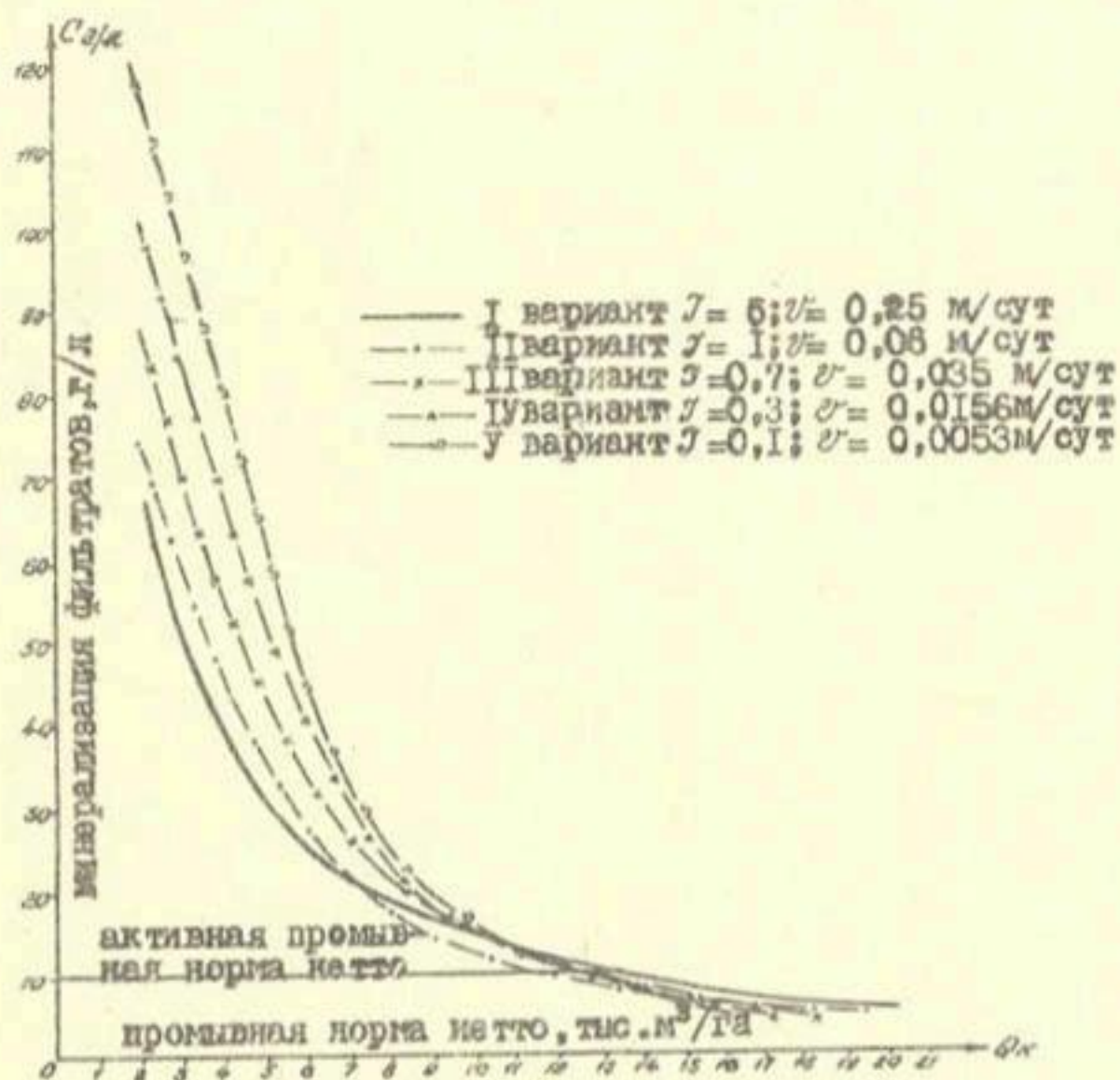


Рис. Изменение минерализации фильтратов /г/л/ в процессе промывки по вариантам в зависимости от промывной нормы нетто /тыс. м³/га/.

Т а б л и ц а 2

Скорость фильтрации (м/сут.) и элементы водного баланса (м³/га)
(средние по вариантам)

Вариант опыта	Градиент напора	Скорость фильтрации, м/сут	Приходные статьи, м ³ /га		Расходные статьи, м ³ /га			Длительность промывки, сут.	Норма (нетто), м ³ /га
			водоподача	удержание почвы	испарение	дренажный сток			
1	5	0,25	20000	2960	—	—	16500	8,5	20000
2	1	0,05	19900	2420	840	—	16640	55	19060
3	0,7	0,035	18900	2430	900	—	15570	63	18000
4	0,3	0,0156	19130	2350	2130	—	14200	120	17000
5	0,1	0,0053	20020	2800	4020	—	13200	250	16000

Т а б л и ц а 3

Изменение содержания легкорастворимых солей (т/га) в результате промывки

Вариант опыта	Градиент напора	Скорость фильтрации, м/сут.	Длительность промывки, сут.	Содержание солей, т/га				В почвогрунтах после промывки	Внесено дренажным стоком	Итого
				В почвогрунтах до промывки	В поливных водах	Итого				
1	5	0,25	8,5	423,76	10,26	434,02	196,28	232,90		429,18
2	1	0,05	55	421,26	9,86	431,12	192,66	236,50		429,16
3	0,7	0,035	63	397,62	9,20	406,82	197,41	208,00		405,41
4	0,3	0,0156	120	407,00	9,57	416,57	193,59	220,91		414,50
5	0,1	0,0053	250	418,02	10,32	428,34	191,62	234,82		426,44

Полученные экспериментальным путем промывные нормы при разных скоростях фильтрации позволили определить параметры солеотдачи и гидродисперсии данных почвогрунтов.

Параметр солеотдачи α характеризует отношение количества профильтровавшихся вод к количеству отведенных промывными водами солей, т.е. удельный эффект промывных вод.

Параметры солеотдачи, рассчитанные по формуле В.Р.Волобуева, приводятся в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Параметры солеотдачи, определенные по формуле
В.Р.Волобуева

Вариант опыта	Градиент напора	Скорость фильтрации, м/сут.	Параметр солеотдачи α	
			по хлору	по сумме токсичных солей
1	5	0,25	1,06	2,85
2	1	0,05	0,97	2,72
3	0,7	0,035	0,94	2,58
4	0,3	0,0156	0,90	2,43
5	0,1	0,0053	0,84	2,29

При промывке наряду с процессом вытеснения солевого раствора в сквозных порах почвогрунта происходит перенос солей в результате разности концентрации (диффузионный перенос), а также растворение солей твердой фазы и обмен солевого состава.

Для определения параметра переноса солей D^x при неравномерной (по профилю) эпюры засоления почвогрунтов была использована формула Л.М.Рекса. Расчеты проводились на ЭВМ "Минск-32" по программе *SALT-I*.

В основе расчета D^x на ЭВМ лежит обратное решение уравнения конвективной диффузии, т.е. величина D^x определяется при известных значениях начального и конечного засоления в разных горизонтах, скорости фильтрации, нормы и продолжительности промывки.

$$C = C_n + 0,5[(C_0 - C_n)F(\alpha Z_0) + \sum_{j=1}^{b-1} (C_{j+1} - C_j) \cdot F(\alpha Z_{j+1})]; \text{ где}$$

$$F(\alpha Z_j) = \operatorname{erf} C(\alpha Z_j) + [\operatorname{erf} C(\alpha Z_j^*) - 4\alpha \operatorname{erf} C(\alpha Z_j^*)] \cdot \exp(4\alpha^2 Z),$$

$$n_j = \frac{h_j}{vt}; \quad h_0 = 0; \quad Z = \frac{x}{vt}; \quad v = \frac{V_0}{m_{акт}};$$

$$\alpha = \frac{v}{2\sqrt{\frac{t}{D^*}}}; \quad Z^* = 1 + h_j \pm Z.$$

где

- K - количество горизонтов отбора проб почвогрунта;
- j - номер горизонта отбора проб почвогрунтов;
- C_j - содержание солей в j горизонте, г/л (%);
- n_j - расстояние от дневной поверхности до j горизонта;
- C_n - минерализация подаваемой на промывку воды, г/л (%);
- C - содержание солей в слое почвогрунта на момент времени, г/л (%);
- D^x - параметр, характеризующий перенос солей (коэффициент гидродисперсии), $\text{м}^2/\text{сут}$;
- t - продолжительность движения воды по поровому пространству, сут.;
- $m_{акт}$ - активная пористость;
- V_0 - скорость фильтрации, м/сут.

Из табл. 4, 5 следует, что с увеличением скорости фильтрации увеличиваются параметры солеотдачи α и коэффициент гидродисперсии D^x , т.е. вышеуказанные параметры не являются величинами постоянными и зависят от скорости фильтрации. С увеличением параметров солеотдачи α и коэффициента гидродисперсии D^x увеличивается

Т а б л и ц а 5

Промывная норма и длительность промывки, рассчитанные по формуле Л.М.Рекса

Вариант опыта	Градиент напора	Скорость фильтрации, м/сут.	Продолжительность промывки, сут.	Активная промывная норма (нетто), тыс.м ³ /га	Коэффициент гидродисперсии по хлору, м ² /сут.
1	5	0,25	5 ^х	16,0 ^х	0,32
2	1	0,05	30	15,0	0,06
3	0,7	0,035	40	14,0	0,04
4	0,3	0,015	80	12,5	0,020
5	0,1	0,0053	210	11,6	0,005

х) Промывная норма (нетто) и длительность промывки представлены по выщелачиванию хлора.

и активная промывная норма, но сокращается период промывки, а следовательно, за один и тот же период промывки интенсивный вынос солей будет там, где выше будут созданы скорости фильтрации.

При сопоставлении двух главных факторов при промывке — нормы (нетто) и времени видно, что с уменьшением значения промывной нормы (нетто) при малых скоростях фильтрации увеличивается промывная норма (брутто) на 30–50% за счет испарения с водной поверхности из-за длительности промывки.

Проведенные исследования по влиянию скорости фильтрации на интенсивность выщелачивания солей показали, что одним из вариантов повышения эффективности промывок тяжелых сильнозасоленных земель является загущение временного дренажа.

УДК 626.8

Б.А. КЕЛЕСБАЕВ, ст. научн. сотр.

(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВЛАГОПЕРЕНОСА ПРИ ВНУТРИ-
ПОЧВЕННОМ ОРОШЕНИИ

Для обоснованного определения параметров систем внутр-
рипочвенного орошения (ВПО) необходимо изучить формирова-
ние водного режима зоны аэрации. При этом одним из спосо-
бов является решение тем или иным методом уравнения влаго-
переноса с соответствующими начально-граничными условиями,
описывающим физику изучаемого процесса. Приемлемость по-
добного подхода к решению задачи показана в работах
С.Ф.Аверьянова, Ю.Н. Никольского /1, 2/, В.А.Злотника /3/,
И.С.Пашковского /4/ и др. Однако задача влагопереноса ими
в основном рассматривалась только для поверхностных спосо-
бов полива. А внутр-рипочвенный способ орошения, где источ-
ник влаги располагается на некоторой глубине от поверхнос-
ти почвы, требует особого подхода к постановке задачи.

Для случая ВПО задача влагопереноса в различной пос-
тановке рассматривалась Л.Е.Чернышевской /5/, И.И.Кулабу-
ховой /6/, А.И.Умаровым /7/, Н.Р.Хамраевым /8/, Д.М.Едвард-
сом и Р.Гоелом /9/, К.Р.Гиллей и Е.Р.Аллредом /10/ только
для случая полива, без учета испарения или транспирации.
Между тем для получения полной картины процесса роль по-
следних, являющихся слагаемыми водного баланса, также значи-
тельна. Очевидно, что и задача влагопереноса в межполивной
период также представляет практический интерес. Ниже приводятся
некоторые результаты решения названной задачи при ВПО, по-
лученные нами для случая полива и межполивного периода,
рассмотренной в следующей постановке:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z} \right] - \frac{\partial K}{\partial z} + J_{\theta} \quad (1)$$

Начально-граничные условия (случай полива):

I. Начальное условие

$$\text{при } t = 0 \quad \theta(x, z, 0) = \theta(z) \quad (2)$$

Начальное распределение функции влажности получено на опытном участке ВПО в Голоднотепском совхозе Ю^а им. Ворошилова.

П. Краевые условия (рис. I)

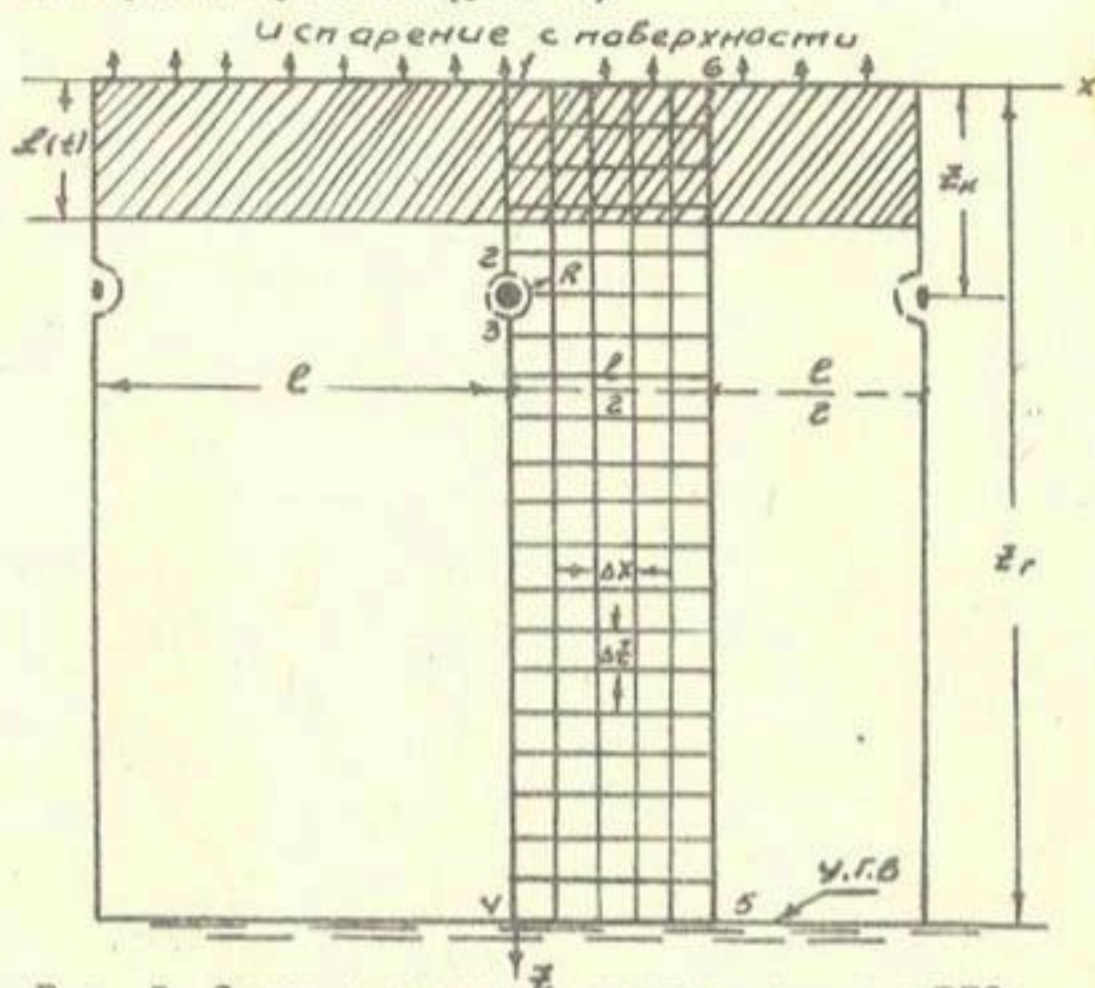


Рис. I. Схема к расчету влагопереноса при ВПО:

- корнеобитаемый слой;
 - граница расчетной области движения;
 - - увлажнитель;
 - - зона насыщенного увлажнения.
- $t > 0 \quad x \geq 0$

I) $\bar{x} = 0$ (по линии I-6)

$$D \times \frac{\partial \theta}{\partial z} - K = \alpha (\theta - \theta^*) \quad (3)$$

Подобное условие ранее применялось И.С.Пашковским для учета испарения с поверхности земли

$$2) \quad z = z_r(t) \quad (\text{по линии 4-5, на УГВ})$$

$$\theta[x, z_r(t), t] = \theta_{\text{нас}} \quad (4)$$

$$3) \quad z \geq 0 \quad x = \frac{\ell}{2} \quad (\text{по линии 5-6})$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

$$4) \quad z > R(t) \quad x = 0 \quad (\text{по линии 1-2, 3-4})$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

$$5) \quad x^2 + (z - z_r)^2 \leq R^2(t) \quad (\text{по дуге окружности 2-3})$$

$$\theta = \theta_{\text{нас}} \quad (7)$$

θ - влажность в долях объема;
 где $\theta_{\text{нас}}$ - влажность насыщения в долях объема;
 $K = K(\theta)$ - коэффициент влагопроводимости;
 $D = D(\theta)$ - коэффициент диффузивности, определяемый как
 $D = K \frac{\partial \psi}{\partial \theta}$ или с помощью эмпирических зависимостей [4];
 $\psi = \psi(\theta)$ - капиллярное давление;
 J_θ - интенсивность отбора влаги корнями культуры (хлопчатника);
 ℓ - межузлавленное расстояние.

Условие вида (7) применяется для имитации функционирования увлажнителя (полива), вокруг которого образуется, увеличиваясь во времени, зона насыщенного увлажнения. О наличии последней свидетельствуют опытные исследования, проведенные нами по ВПО, так и данные А.А. Богусевского, Г.Ю. Шейнкина, В.И. Канардова и др.

Для определения радиуса зоны, приняв ее в первом приближении окружностью, поступаем аналогично задачам об определении "радиуса влияния" или "контура питания" скважины [II].

Применив метод последовательной смены стационарных состояний, получим искомую зависимость в виде

$$t = \frac{2z_0 \cdot m K_0 H}{c} \left(\frac{\pi S_0}{a} \right)^2 \frac{1}{\varphi} \left[\ln \frac{z_0 \varphi + \bar{R}}{z_0 \varphi - \bar{R}} - \ln \frac{z_0 \varphi + \bar{z}_0}{z_0 \varphi - \bar{z}_0} \right] - \frac{2m \pi S_0}{a} (R - z_0) \quad (8)$$

где $\varphi = \sqrt{\frac{H^2 K_0 \pi S_0}{ac} + \frac{b^2}{4c^2}} \quad \bar{R} = R + \frac{z_0 b}{2c}$
 $\bar{z}_0 = z_0 + \frac{z_0 b}{2c}$

$$\left. \begin{aligned} S_0 &= 1 \text{ м}, & a &= 0,22 \text{ м}^2/\text{сут} \\ b &= 0,0138 \text{ м}, & c &= 0,00083 \text{ м} \end{aligned} \right\} \text{ постоянные}$$

z_0 - радиус увлажнителя;
 K_0 - коэффициент фильтрации;
 m - недостаток насыщения;
 H - напор в увлажнителе.

Прежде чем приступить к постановке задачи влагопереноса в межполивной период, необходимо отметить следующее.

Межполивной период, отсчитываемый с момента окончания полива, характеризуется дальнейшим процессом распространения влаги в зоне аэрации. При этом очевидно, что с момента окончания полива, в окрестности увлажнителя, в течение некоторого времени продолжает оставаться зона насыщенного увлажнения. Ясно, что радиус или диаметр контура зоны за счет влагопереноса является убывающим.

Следовательно, условие отсутствия потока влаги с момента остановки полива не вполне соответствует реальной картине процесса.

С целью учета описанного введем в рассмотрение время "затухания" или "убывания" зоны насыщения t_z и задачу влагопереноса в межполивной период рассмотрим в следующей постановке.

Решается уравнение (I) с начально-граничными условиями

при $t = t_n \quad \Theta = F(x, z, t_n),$

где

t_n — заданная продолжительность полива;

$F(x, z, t_n)$ — функция влажности, получаемая по окончании полива, в результате решения уравнения (I) с условиями (2) — (7).

Краевые условия для случая межполивного периода остаются теми же (3) — (6), за исключением условия (7), имитирующее функционирование увлажнителя. Последнее здесь заменяется условиями

$$\begin{aligned} \text{при } t_n < t \leq t_3 \\ x^2 + (z - z_k)^2 \leq R^2(t) \\ \theta = \theta_{\text{нас}} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{при } t > t_3, \quad t \geq 0, \quad x = 0 \\ \frac{\partial \theta}{\partial x} = 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Для решения двумерного нелинейного дифференциального уравнения (I) при заданных начально-граничных условиях (3) — (11) применяем неявный конечно-разностный локально-одномерный метод переменных направлений [12–16].

Решение производится в два этапа. Вначале определяются $\theta_{i,j}^{k+\frac{1}{2}}$, удовлетворяющие систему разностных уравнений

$$\frac{\theta_{i,j}^{k+\frac{1}{2}} - \theta_{i,j}^k}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta x} \left\{ D_{i+\frac{1}{2},j}^{k+\frac{1}{2}} \left(\frac{\theta_{i+1,j}^{k+\frac{1}{2}} - \theta_{i,j}^{k+\frac{1}{2}}}{\Delta x} \right) - D_{i-\frac{1}{2},j}^{k+\frac{1}{2}} \left(\frac{\theta_{i,j}^{k+\frac{1}{2}} - \theta_{i-1,j}^{k+\frac{1}{2}}}{\Delta x} \right) \right\} + \lambda_1 J_{i,j}^k \quad (12)$$

$$\text{где } D_{i+\frac{1}{2},j}^{k+\frac{1}{2}} = \frac{D_{i+1,j} + D_{i,j}}{2} \quad D_{i-\frac{1}{2},j}^{k+\frac{1}{2}} = \frac{D_{i,j} + D_{i-1,j}}{2}$$

Затем $\theta_{i,j}^{k+1}$ из системы уравнений

$$\begin{aligned} \frac{\theta_{i,j}^{k+1} - \theta_{i,j}^{k+\frac{1}{2}}}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta z} \left\{ D_{i,j+1}^{k+1} \left(\frac{\theta_{i,j+1}^{k+1} - \theta_{i,j}^{k+1}}{\Delta z} \right) - D_{i,j-\frac{1}{2}}^{k+1} \left(\frac{\theta_{i,j}^{k+1} - \theta_{i,j-1}^{k+1}}{\Delta z} \right) \right\} \\ - \frac{K_{i,j+1}^{(k+1)} - K_{i,j-1}^{(k+1)}}{2\Delta z} + \lambda_2 J_{i,j}^{k+\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (13)$$

Для решения системы уравнений (12), (13) ввиду их нелинейности применяем метод прогонки с итерациями на каждом слое по времени, выбирая в качестве начального приближения значение $\theta_{i,j}^{k+1/2}, \theta_{i,j}^{k+1}$ с предыдущего слоя по времени.

Прогоночные коэффициенты для систем получаются аналогично одномерной прогонке. Так, для системы (12) из краевых условий (5) и (7) имеем (для простоты опускаем индекс временного слоя и номера итерации)

$$P_0 = 1 \quad R_0 = 0$$

$$P_1 = \frac{A_1}{B_1 - C_1}, \quad R_1 = \frac{-F_1}{B_1 - C_1}$$

а для $P_2, R_2; P_3, R_3, \dots$

$$P_i = \frac{A_i}{B_i - C_i R_{i-1}}, \quad R_i = \frac{C_i R_{i-1} - F_i}{B_i - C_i P_{i-1}}$$

$$i = 2, 3, 4, \dots, n-1 \quad n = \frac{\ell}{2}$$

В точках источника влаги $P_0 = 0 \quad R_0 = \theta_{\text{нас.}}$

Обратная прогонка осуществляется по формулам.

Так как из (5) имеем $\theta_n = \theta_{n-1}$, то $\theta_n = \frac{P_{n-1}}{1 - R_{n-1}}$, имея θ_n , определяем последовательно

$$\theta_{i,j} = P_i \theta_{i+1,j} + R_i$$

где $A_i = \gamma(D_{i+1,j} + D_{i,j}), \quad C_i = \gamma(D_{i,j} + D_{i-1,j})$

$$B_i = (1 + A_i + C_i) \quad D_{i,j} = D(\theta_{i,j})$$

$$\gamma = \frac{\Delta t}{2\Delta x^2}, \quad F_{i,j} = \lambda, J_{i,j} \Delta t + \theta_{i,j}^k$$

Для системы (13) из условия (3), (4) получаем

$$\bar{P}_0 = \frac{D_0}{\Delta z \left(\frac{D_0}{\Delta z} - \alpha \right)}; \quad \bar{R}_0 = \frac{K_0 - \alpha \theta^+}{\frac{D_0}{\Delta z} - \alpha}$$

и имея $\bar{P}_0, \bar{R}_0$, последовательно определяем

$$\bar{P}_1, \bar{R}_1; \bar{P}_2, \bar{R}_2, \dots$$

$$\bar{P}_j = \frac{A_j}{B_j - C_j \bar{P}_{j-1}}, \quad \bar{R}_j = \frac{C_j \bar{R}_{j-1} - F_j}{B_j - C_j \bar{P}_{j-1}}$$

А из условия на УГВ (4) при $\theta_s = \theta_{\text{нас.}}$ производим обратную прогонку по формуле

$$\theta_{i,j} = \bar{P}_j \theta_{i,j+1} + \bar{R}_j$$

$$A_j = (D_{i,j+1} + D_{i,j}) \gamma \quad C_j = \gamma (D_{i,j} + D_{i,j-1}),$$

где

$$B_j = 1 + A_j + C_j; \quad \Delta z = \Delta x$$

$$F_{i,j} = \lambda_2 J_{i,j} \Delta t + \theta_{i,j}^{K+\frac{1}{2}} - J_1 (K_{i,j+1} - K_{i,j-1})$$

$$J_1 = \frac{\Delta t}{2\Delta z} \quad K_{i,j} = K(\theta_{i,j})$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 = 1$$

Прогоночные коэффициенты для задачи межполивного периода получаются аналогично, но с учетом условий (IО) и (II).

Отметим, что сам метод и получение прогоночных формул с учетом их нелинейности подробно освещен в работах А.А.Самарского /12/, А.Я.Паченского /13/, П.Я.Полубариновой-Кочиной /14/ и др.

Расчетные значения параметров для рассматриваемых условий, определенные опытным путем и выбранные по данным других авторов /4/, /17/, были следующими:

$$K_0 = 0,1 \div 0,3 \text{ м/сут}, \quad J_0' = 1,3 \div 1,4 \text{ г/см}^3 - \text{объемный вес грунта,}$$

$$\theta_{\text{нас}} = 0,39 \div 0,41, \quad \theta^+ = 0,14 \div 0,17; \quad \theta^+ - \text{объемное содержание неподвижной влаги,} \quad z_r = 3 \text{ м.}$$

Для расчетов $K = f(\theta)$ и $\Psi = \Psi(\theta)$ использованы формулы С.Ф.Аверьянова и И.С.Пашковского

$$K = K_0 (\bar{\theta})^{2,5} \quad \text{и} \quad \bar{\theta} = e^{-\alpha \cdot \Psi},$$

$$\text{где} \quad \bar{\theta} = \frac{\theta - \theta^+}{\theta_{\text{нас}} - \theta^+} \quad \alpha = 0,56 \frac{1}{\text{м}}$$

Расчет величины отбора влаги корнями (транспирация) хлопчатника производился по формуле

$$J_0 = \frac{E_T}{L(t) \omega_{ZN}}$$

где

$L(t) = (30 + 0,82 T)$ (I4) - интенсивность роста
корневой системы хлопчатника в глубину, см;

$T = 0, 1, 2 \dots$ время в сутках, отсчитываемых с
начала поливного периода;

ω_{ZN} - количество узлов, содержащихся в расчетном
слое;

E_T - величина транспирации (м/сут), определяемая
опытным путем (в мм) в слое воды за 10, 20 ...
суток. В качестве расчетных использованы данные
САНИИРИ, определенные на опытном участке (ВПО)
/17/.

Для задачи составлена программа расчета в кодах ЭВМ
БЭСМ-4М. Ход вычислительного процесса (алгоритм) следую-
щий.

Расчет ведется со случая полива с учетом заданной
продолжительности (2-7) и для каждого момента (шага) по
времени определяется радиус зоны по формуле (8).

В дальнейшем по истечении заданного времени полива
ведется расчет межполивного периода, при этом учитывает-
ся - t_g , решается уравнение (I) с начальным условием
(9), с граничными условиями (3) - (6) и (10) - (11).

Продолжительность межполивного периода определяется
достижением заданной величины средней влажности (0,7÷
0,6 ППВ) расчетного слоя (I4).

Следует отметить, что член J_0 уравнения (I) учи-
тывается только для слоев, входящих в "активную зону",
т.е. для слоев, глубина которых определяется зависимостью
(I4). В пределах расчетного слоя J_0 равняется нулю.

Расчетные величины шагов по координатам $\Delta x = 0,1$ м,
 $\Delta t = 0,1$ м, по времени для случаев полива $\Delta t_n =$
0,03125 сут, для межполивного периода $\Delta t_{mн} = 0,25 \div$
0,5 сут, число итераций $U_z = 5 \div 10$ устанавливались в

результате численных экспериментов на ЭВМ, проведенных с целью исследования минимизации погрешности, аппроксимации исходных дифференциальных уравнений и затрат машинного времени.

По составленной программе на ЭВМ проведена серия расчетов при межузлазнительном расстоянии (ℓ) в интервале 1,0–2,2 м. Некоторые результаты расчетов приведены на рис. 2–5. На рис. 2 даны результаты расчета-эпюр влаж-

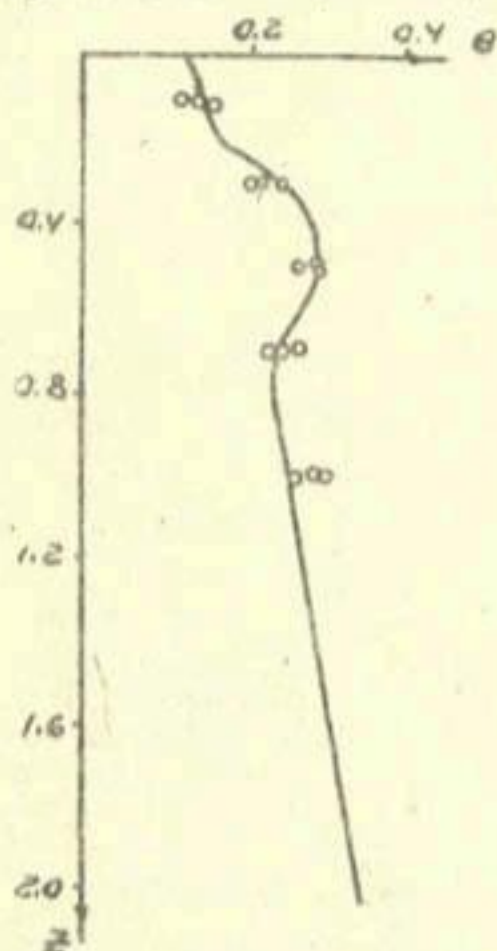


Рис. 2. Эпюра влажности на расстоянии 0,2 м от увлажнителя после продолжительности 9 час.

o – опытные точки,
— расчет на ЭВМ.

ности на расстоянии 0,2 м от увлажнителя при $\ell = 1,2$ м с данными опытов, полученных на участке ВПО. Они удовлетворительно согласуются, что показывает близкую сходимость модели – постановку задачи с натурой. На рис. 4. кривая изменения средней влажности (θ_{cp}) расчетного слоя при поливе $t_n = 0,5$ сут. в межполивном периоде продолжительностью $t_{мп} = 12$ сут.

На рис. 5 динамика влажности при поливе и межполивном периоде на расстоянии 0,3 м от увлажнителя при $\ell = 1,6$ м.

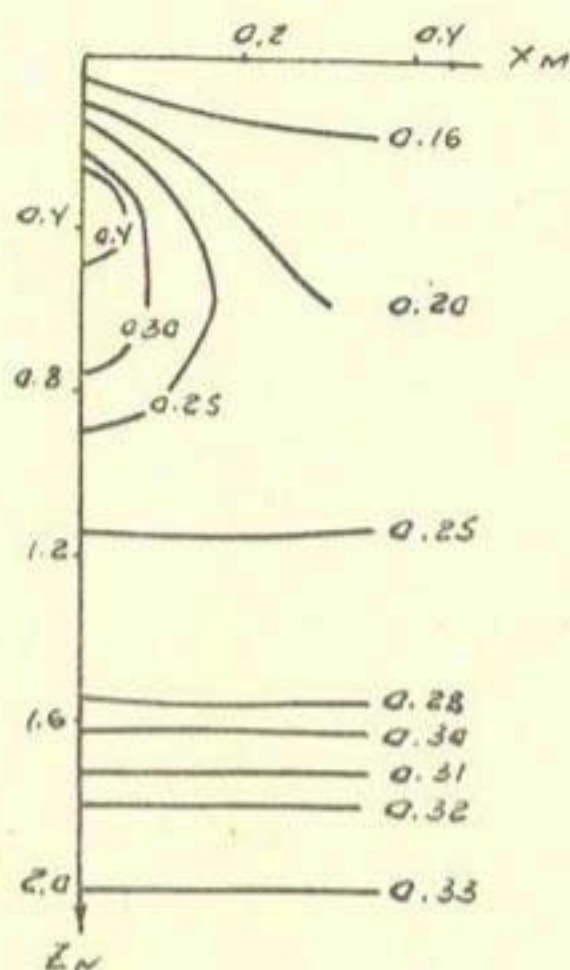


Рис. 3. Изоплеты влажности после полива, полученные в результате расчетов на ЭВМ.

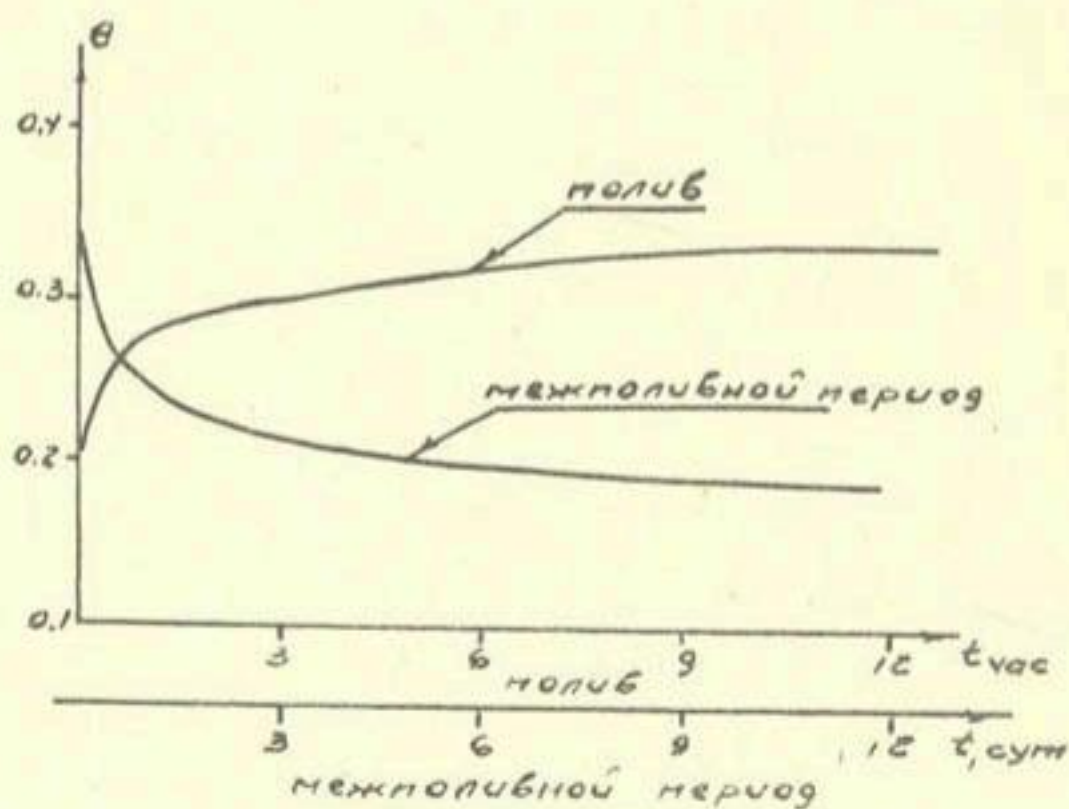


Рис. 4. Изменение влажности расчетного слоя по времени при межувлажнительном расстоянии $\ell = 1,6$ м:
 $t_{нас}$ — время полива; $t_{сут}$ — время межполивного периода.

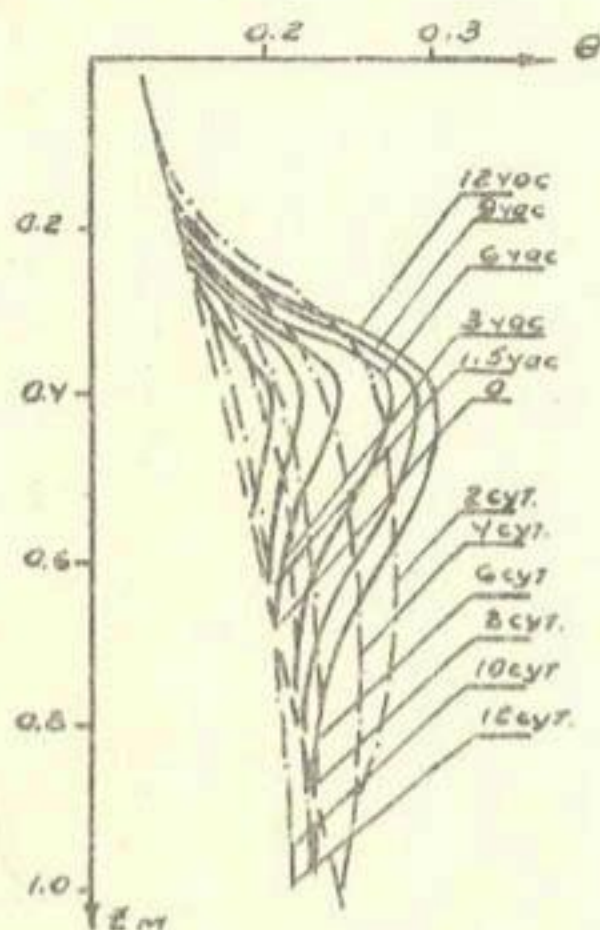


Рис. 5. Динамика влажности при поливе (—) и межполивном периоде (---) при $\ell = 1,6$ м в слое 0–1 м. Время полива — в часах, время межполивного периода — в сутках.

Следовательно, с помощью составленной программы легко осуществить расчет формирования водного режима всего поливного периода (90–100 сут). Описание выше алгоритмы процессов полива и межполивного периода чередуются до истечения заданного времени — продолжительности вегетационного периода.

Л и т е р а т у р а

1. С.Ф. А в е р ь я н о в, А.И. Г о л о в а н о в, Ю.Н. Н и к о л ь с к и й. Расчет водного режима мелиорируемых земель. "Гидротехника и мелиорация", 1974, № 3.
2. Ю.Н. Н и к о л ь с к и й. Задача влагопереноса в межполивной период. "Вестник с.-х. науки", 1969, № 1.
3. В.А. З л о т н и к, В.Я. К у л и к, М.Г. М у р а ш к о. Методы расчета влагопереноса (методические указания), Изд-во ИИНИКВЕР, Минск, 1974.

4. И.С. П а ш к о в с к и й. Методы определения инфильтрационного питания по расчетам влагопереноса в зоне аэрации, изд. МГУ, 1973.
5. Л.Е. Ч е р н ы ш е в с к а я / и др./. К решению задачи движения влаги в ненасыщенных грунтах. "Мелиорация и водное хозяйство", вып. 9, Киев, "Урожай", 1968.
6. И.И. К у л а б у х о в а. Две задачи неустановившейся фильтрации при неполном насыщении грунтов. Изв. АН СССР, "Механика и машиностроение", 1959, № 3.
7. А.И. У м а р о в, У.М. М а м б е т о в. Распространение влаги вокруг перфорированной трубки внутрипочвенного орошения. Изв. АН УзССР, серия техн. наук, 1977, № 3.
8. Н.Р. Х а м р а е в. К вопросу построения математической модели двумерной задачи влагопереноса при внутрипочвенном орошении. Сб. научн. трудов САНИИРИ, вып. 8, 1977.
9. *Edwards D.M. and R.Coel 1971, Soil moisture extraction patterns by grazing plants using a subsurface irrigation system ASAE Paper NO 70-233, ASAE, St. Joseph, mich 49085*
10. *J.R. Gilley, E.R. Allred, Infiltration and Root Extraction from Subsurface Irrigation laterals Transactions of the ASAE 1974 vol 17 n5*
11. П.Я. П о л у б а р и н о в а - К о ч и н а. Теория движения грунтовых вод, М., 1952.
12. А.А. С а м а р с к и й. Введение в теорию разностных схем. М., "Наука", 1971.

13. Я.А. П а ч е н с к и й / и др./. Моделирование водно-солевого режима почвогрунтов с использованием ЭВМ. М., "Наука", 1976.
14. П.Я. П о л у б а р и н о в а - К о ч и н а / и др./. Математические методы в вопросах орошения, М., "Наука", 1969.
15. Ф.Б. А б у т а л и е в, Э.Б. А б у т а л и е в. Методы решения задач подземной гидромеханики на ЭВМ, Ташкент, "Фан", 1968.
16. В.Г. П р я ж и н с к а я, М.М. П л е ш а к о в а. Численный расчет изменения свободной поверхности двумерного потока грунтовых вод. Изв. ВУЗов, серия "Геология и разведка", 1965, № 7.
17. В.М. Л е г о с т а е в /и др./. Краткие результаты опытно-производственных исследований внутрипочвенного орошения в совхозе им. Ворошилова Голодной степи. Сборник научн.трудов САНИИРИ, вып. 149, Ташкент, 1976.

УДК 626.8

А.У. УСМАНОВ, канд.сельхоз.наук
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДРЕНАЖНЫХ ВОД ОСНОВНЫХ МАССИВОВ ОРОШЕНИЯ УЗБЕ- КИСТАНА

Формирование химического состава дренажных вод — процесс очень сложный, зависит от многих факторов и имеет свои особенности.

Основными составляющими химического состава являются: содержание и состав солей поверхностных источников орошения, которые формируются за счет минерализации снега, льда, дождей и выщелачивания горных пород, слагающих ложе

водотоков. Причем, основную массу солей вода собирает в себя именно при выщелачивании и эрозии горных пород, а также из снега или льда. Как показали неоднократные хим-анализы снега и дождя в районе формирования стока рек, их количественный состав имеет некоторое стабильное постоянство и поэтому существенного влияния на минерализацию рек не оказывает. Так, минерализация дождя, по данным Р.А.Гейнца, (1974), в бассейне рек Исфара и Сох колеблется в пределах 0,13-0,16 г/л, а снега - 0,11 г/л. Минерализация в местах выхода из гор колеблется по р. Исфара 0,5-0,7 г/л, по р. Сох - 0,3-0,5 г/л. Таким образом, в формировании основного состава минерализации речных вод главную роль играет выщелачивание горных пород. Кроме того, существенные коррективы в этот процесс вносят водохозяйственные мероприятия, проводимые в бассейне рек в целом. Сбрасываемые из орошаемых массивов коллекторно-дренажные воды, выклинивающиеся в русло рек, значительно повышают минерализацию речных вод, особенно в их нижнем течении. Степень воздействия зависит от состава и объема мероприятий, а также природно-хозяйственных условий объектов орошения и освоения. Этот вопрос является предметом специальных исследований и поэтому здесь не рассматривается;

содержание и состав солей в почвогрунтах орошаемых территорий, которые под воздействием комплекса оросительных мелиораций выщелачиваются и вместе с водой питают грунтовые воды покровных отложений. Формирование минерализации покровных грунтовых вод и вместе с тем содержание и состав солей почвогрунтов происходит в полной взаимосвязи. Причем, на этот процесс большое влияние оказывают минералогический состав почвогрунтов, климатические особенности (температура, испарение, транспирация растениями, ветровая эрозия и др.) и водохозяйственные мероприятия, проводимые в регионе.

Соли, содержащиеся в почвах, грунтовых водах и почвенных растворах, постоянно находятся под воздействием

оросительной воды и содержащихся в ней солей. В результате происходят обменные физико-химические реакции, которые меняют в той или иной пропорции запасы легкорастворимых солей и их выщелачиваемость;

содержание и состав солей подземных вод глубоких горизонтов, которые находятся в гидравлической связи с грунтовой водой и постоянно подпитывают последнюю, восполняя запасы солей, переносимых водой.

Таким образом, химический состав и общее содержание солей дренажного стока являются результирующими перечисленных его составляющих. Все эти факторы взаимосвязаны и должны рассматриваться совместно в единой системе: "оросительная вода, почвогрунты, грунтовые и подземные воды". Доля участия каждого фактора из подсистемы в формировании дренажного стока и его химизма зависит от геолого-литологических, гидрогеологических, почвенно-мелиоративных и водохозяйственных (освоенность территории, режим и техника орошения, тип и размеры дренажа и др.) условий района.

В конкретных естественноисторических, природно-хозяйственных и установившихся традиционных методах оросительной мелиорации формируется определенный химический состав дренажного стока. Это обстоятельство дает основание анализировать и оценивать дренажные воды с точки зрения гидрохимии по отдельным регионам или крупным массивам орошения. Таковыми в Узбекистане могут быть старая зона орошения Голодной степи, Ферганская долина, Бухарский и Хорезмский оазисы, а также орошаемая территория Кызкеткенской оросительной системы в КК АССР и др. На этих территориях за последние 10-15 лет в САНИИРИ проведены многолетние опытно-производственные и региональные исследования по выяснению мелиоративной эффективности совершенных типов дренажа и существующих систем в различных гидрогеолого-мелиоративных зонах. Здесь накоплен большой фактический материал по гидрохимическому режиму

дренажных вод и их динамике под действием различных мелиоративных мероприятий (орошение, промывки и др.).

В названных регионах функционирует Управление мелиоративных служб ММИВХ УзССР, на которое возложен наряду с другими задачами контроль за мелиоративным состоянием орошаемых земель, качеством и количеством дренажных вод. Ими постоянно отбираются пробы дренажной воды на химический анализ из оборудованных гидрометрических постов, размещенных дифференцированно по территории. Анализами определяются анионная и катионная части солей и сухой остаток. Количество отбираемых проб воды в каждом управлении колеблется от 1000 до 3000 шт. ежегодно, в зависимости от размеров и гидрогеолого-мелиоративных условий обслуживаемой площади.

Кроме того, ведутся гидрохимические наблюдения зональными гидрогеологическими станциями научно-производственного объединения "Узбекгидрогеология".

Систематизация, обработка и анализ накопленного различными организациями огромного фактического материала позволяют с достаточной точностью оценить химический состав и качество дренажных вод основных орошаемых массивов республики.

Химический состав дренажных вод названных объектов орошения весьма разнообразный. Встречаются все типы вод сульфатно-хлоридного комплекса. Для установления связи между отдельными ионами и общей минерализацией, а также для выяснения закономерностей изменения химического состава дренажной воды проведена статистическая обработка результатов химических анализов воды. Это позволило определить зависимость химического состава воды (рис. 1) и содержание в ней гипотетических солей (рис. 2) от общей минерализации для пяти орошаемых регионов Узбекистана — Ферганской, Бухарской и Хорезмской областей, старой зоны орошения Голодной степи и Кызкеткенской оросительной системы КК АССР.

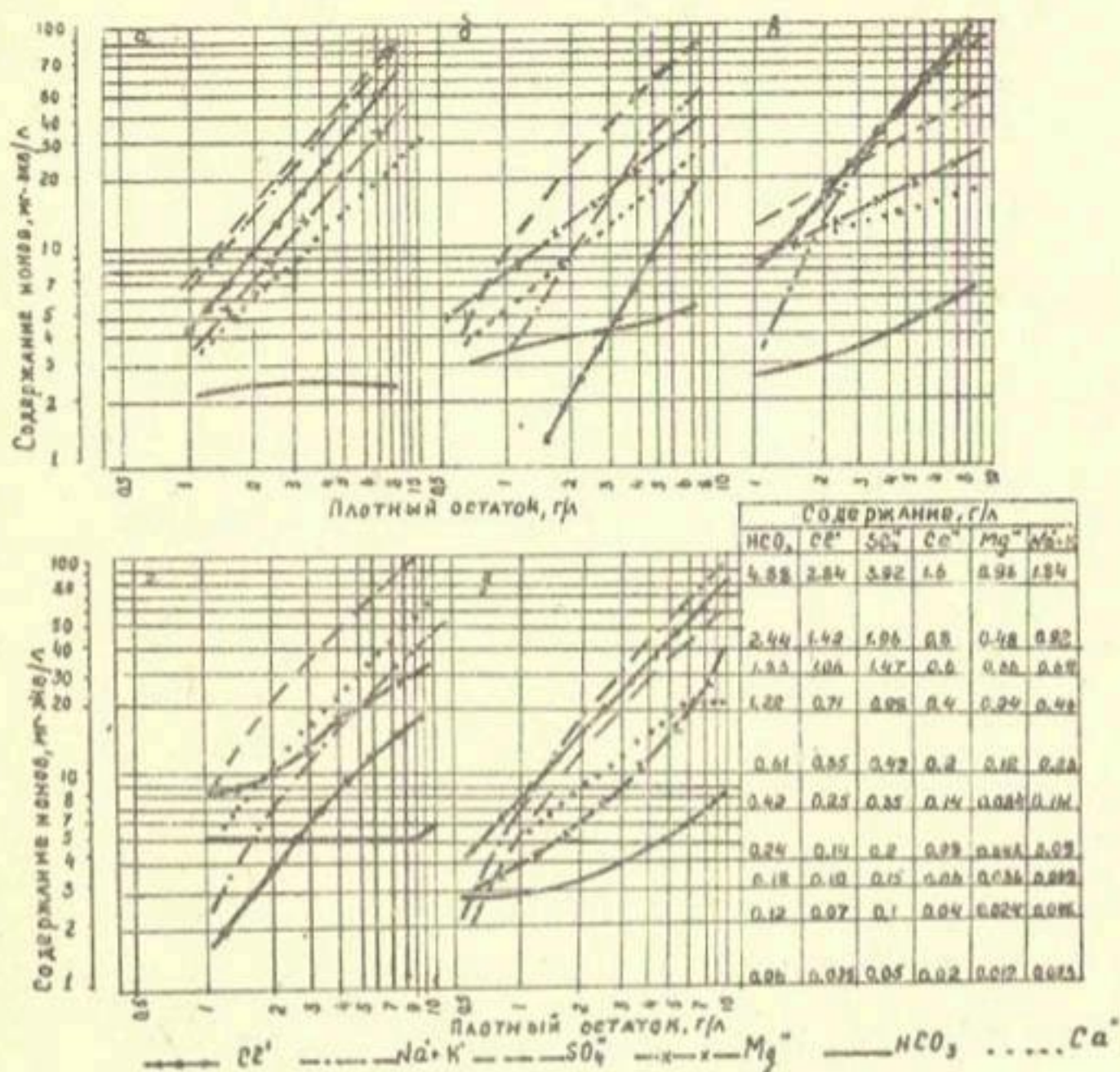
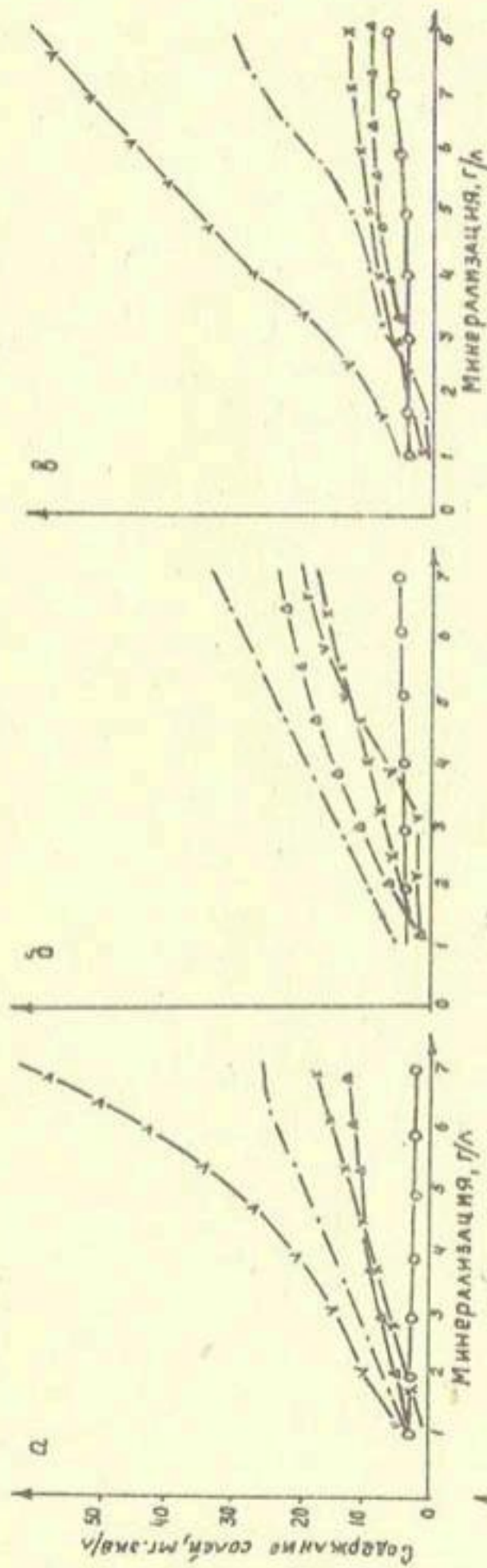


Рис. I. Зависимость химического состава дренажных вод от общей их минерализации по отдельным орошаемым регионам Узбекистана: а - откачиваемые воды старой зоны орошения Голодной степи; б - дренажные воды Ферганской области; в - то же, Хорезмской области; г - то же, Бухарской области; д - то же, КК АССР.

Ниже рассмотрены особенности химического состава дренажных вод по этим объектам.

Химический состав дренажных вод Ферганской области.

Анализ материалов показывает, что в анионной части солей преобладают ионы сульфата, и они составляют 70-82% от суммы анионов. Наблюдается некоторое снижение после минерализации 6 г/л. Содержание хлора иона закономерно растет по мере увеличения общей минерализации и составля-



г - Хорезмская область;
 д - Бухарская область.

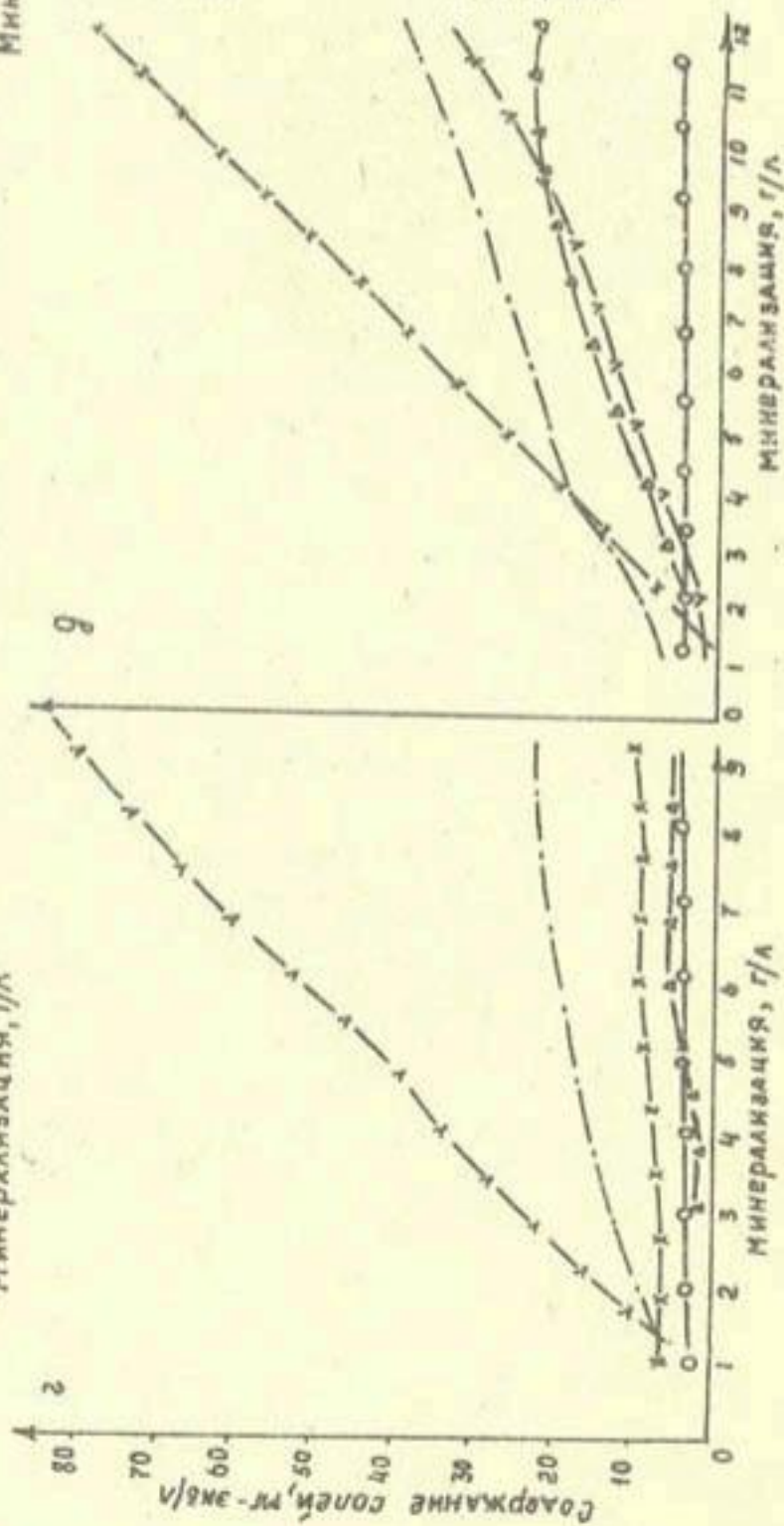


Рис. 2. Изменение содержания гипотетических солей (мг. экв./л) в дренажных водах от общей минерализации (г/л) вод в отдельных орошаемых районах Узбекистана.

от 5–20% от суммы анионов. Количество гидрокарбонатов уменьшается с 25% при минерализации 1 г/л до 5% при 7 г/л.

Преобладающими катионами являются ионы Mg^{++} и Na^{+} в зависимости от общей минерализации. При минерализации воды до 3 г/л преобладает ион Mg^{++} и по мере увеличения минерализации удельное содержание его закономерно убывает с 45 при минерализации 1 г/л до 34% при 7 г/л. С повышением общей минерализации ионы натрия увеличиваются с 22 до 44%. Выравнивание удельных содержаний двух катионов происходит при минерализации 3–3,5 г/л.

Ионы кальция составляют 22–34% от общего содержания катионов. Наблюдается резкое снижение после 2 г/л, а затем темпы снижения удельного содержания кальция замедляются.

По содержанию гипотетических солей преобладают соли $MgSO_4$, затем Na_2SO_4 , $CaSO_4$ и $NaCl$. Начиная с 4,5 г/л общей минерализации содержание $MgCl$ возрастает и преобладает над $CaSO_4$. Содержание солей $MgCl_2$ и $Ca(HCO_3)_2$ с увеличением общей минерализации особых изменений не претерпевает.

Химический состав дренажных вод Бухарской области.

Здесь среди анионов преобладают ионы сульфата, который в анализируемых пределах минерализации (10 г/л) на логарифмической сетке дает выпуклую кверху кривую. Удельное содержание его составляет 56–82% от суммы анионов. Ионы хлора располагаются ниже и по мере роста общей минерализации пропорционально увеличиваются и составляют 9–18% от суммы анионов. Содержание ионов гидрокарбоната практически не изменяется, некоторое незначительное повышение наблюдается после 8 г/л. Необходимо отметить, что до 2 г/л содержание гидрокарбоната превалирует над ионом хлора.

В катионной части солей преобладают ионы кальция и по мере роста общей минерализации растут пропорционально и составляют 32–46% от суммы катионов.

Ионы магния до 2 г/л растут медленно. С 2 до 5 г/л прирост резко увеличивается, а затем несколько замедляется. Удельное содержание в процессе роста минерализации закономерно убывает с 53 до 22%.

Ионы натрия до 1-2 г/л составляют незначительную величину (10-14%), а затем растут быстро, а после 5 г/л общей минерализации пересекают линию "магния" и составляют 29-32% от общей суммы катионов.

В солевом составе с 3-4 г/л значительно преобладает $CaSO_4$, до этой минерализации наблюдается некоторое превалирование $MgSO_4$. Соли Na_2SO_4 и $NaCl$ имеют относительно ровный прирост вследствие увеличения минерализации. Выше 9 г/л общей минерализации прирост $NaCl$ увеличивается и превалирует над Na_2SO_4 . Содержание $Ca(HCO_3)_2$ особых изменений не претерпевает с ростом общей минерализации.

Химический состав дренажных вод Хорезмской области.

Дренажные воды Хорезмской области представлены в основном сульфатно-хлоридным типом минерализации. Здесь до 2,0-2,5 г/л преобладающим анионом является ион сульфата, который составляет 45-57%, затем его содержание снижается и при 9 г/л общей минерализации составляет 30% от суммы анионов. Ионы хлора при малых значениях общей минерализации (до 2 г/л) составляют 30-40%, затем они резко увеличиваются и с 3 г/л составляет 50-65% от суммы анионов и занимает первое место. Удельное содержание иона гидрокарбоната с увеличением общей минерализации уменьшается с 11,5 до 4,5%. Основное уменьшение происходит при общей минерализации воды 1,5-2 г/л.

Из катионов преобладают ионы натрия, содержание которых по мере увеличения общей минерализации закономерно повышается. Удельное содержание их колеблется от 15% (при 1 г/л) до 70% (при 9 г/л) от суммы катионов. Необходимо отметить, что ионы натрия по эквивалентному содержанию начиная с 2,5 г/л занимают первое место не только среди катионов, но и анионов.

Удельное содержание ионов магния закономерно снижается с 44% (при 1 г/л) до 18% (при 9 г/л), а абсолютное — повышается. Аналогичный ход изменения прослеживается с ионами кальция, удельное содержание которых снижается с 42 до 13%. Но в отличие от магния, прирост кальция после 6 г/л общей минерализации практически прекращается.

В солевом составе преобладает $NaCl$, которая дает прямо пропорциональный прирост общей минерализации, затем $MgSO_4$, но ее прирост значительно меньше.

Соли $CaSO_4$, Na_2SO_4 и $Ca(HCO_3)_2$ больших приростов не имеют, их содержание остается стабильным по мере увеличения общей минерализации.

Химический состав дренажных вод старой зоны орошения Голодной степи. В химическом составе воды, в анионной части, преобладают ионы сульфата, удельное содержание которых колеблется в пределах 45–60% от суммы анионов. По мере увеличения общей минерализации содержание сульфатов растет прямолинейно, этот рост прекращается после достижения минерализации 6 г/л в плотном остатке. Несколько меньше содержится ионов хлора, его удельное содержание в сумме анионов постоянно повышается с 33% (при 1 г/л) до 50% (при 7 г/л). Особенно прирост увеличивается начиная с 5 г/л, на 1 г/л увеличения общей минерализации он составляет 4–5%. Содержание HCO_3 относительно стабильно, наблюдается некоторое увеличение до достижения общей минерализации 4 г/л.

Из катионов ведущим является ион натрия, составляющий 50–62% от суммы катионов. С увеличением общей минерализации содержание натрия растет прямолинейно, с 6 г/л прирост еще более усиливается.

После иона натрия по величине удельного содержания следует ион магния, который составляет 20–27% от суммы катионов. Причем удельное содержание сначала закономерно растет, а после 5 г/л в плотном остатке наблюдается некоторое уменьшение. Ион кальция составляет 16–25%, наблюдается уменьшение по мере увеличения общей минерализации воды.

III

В гипотетических солях преобладают соли $NaCl$, с ростом общей минерализации содержание их растет прямолинейно, а после 4 г/л прирост резко увеличивается. Затем по содержанию идут соли $MgSO_4$. Прирост их относительно равномерный до 6 г/л, а затем он резко снижается, приближаясь к постоянной величине.

Соли Na_2SO_4 и $NaCl$ по содержанию близки друг другу. Причем до 4–5 г/л преобладает Na_2SO_4 , затем прирост ее резко замедляется начиная с минерализации 4–5 г/л, содержание $NaCl$ преобладает, возрастает ее прирост. Содержание $Ca(HCO_3)_2$ близко к постоянной величине и наблюдается некоторое снижение с увеличением общей минерализации.

Химический состав дренажных вод Кызкеткенской оросительной системы (КК АССР). Здесь наблюдается значительное преобладание ионов хлора над ионами сульфатов, которое составляет 45–55% от суммы анионов. По мере роста минерализации удельное и абсолютное содержание закономерно растет. Второе место по величине занимают ионы сульфата, содержание которых составляет 35–43% от суммы анионов. С ростом минерализации оно растет, но удельное содержание сохраняется на уровне 40–43%. Доля ионов гидрокарбоната в сумме анионов уменьшается с 28 до 6%, хотя наблюдается закономерное повышение абсолютного содержания.

Из катионов преобладают ионы натрия, содержание составляет 44–63% от их суммы. Ионов кальция 16–35%, причем самая высокая величина наблюдается при минерализации до 1 г/л, а с 6 г/л прирост кальция прекращается.

Содержание ионов магния в процессе увеличения минерализации закономерно растет и составляет 17–27% от суммы катионов, а с 6 г/л превышает содержание кальция. В солевом составе значительно преобладает $NaCl$, в процессе роста минерализации содержание ее растет пропорционально. Второй по величине содержания и прироста на 1 г/л увеличения минерализации является $MgSO_4$. Прирост ее с 5 г/л резко увеличивается.

Соли $CaSO_4$, Na_2SO_4 и $Ca(HCO_3)_2$ имеют небольшое содержание и незначительный прирост по мере увеличения общей минерализации.

Несмотря на разнообразие химического состава дренажных вод и содержание гипотетических солей, четко прослеживаются следующие общие закономерности в формировании количественных показателей состава:

при меньших значениях общей минерализации (до 1-2 г/л) наблюдается превалирование гидрокарбоната над другими, а при больших – самое меньшее значение гидрокарбоната. Рост содержания его от увеличения минерализации незначительный;

наблюдается закономерное снижение удельного содержания ионов кальция и магния в процессе увеличения общей минерализации и прекращение роста содержания кальция при достижении минерализации воды до 6-9 г/л;

с ростом минерализации дренажной воды наблюдается повсеместный интенсивный рост удельного и абсолютного содержания ионов натрия и хлора. Рост натрия имеет прямую связь с ростом хлора, а с ионом сульфата – обратную;

наблюдается повышение удельного содержания ионов сульфата до достижения общей минерализации вод 4-6 г/л в зависимости от исходного его содержания, а затем – закономерное убывание.

Таким образом, в общей минерализации можно выделить три качественно различные зоны, при которых количественные соотношения ионного состава переформируются. Первая зона с минерализацией воды до 1,5-2 г/л, вторая – 2-6 г/л и третья – более 6 г/л. Степень изменчивости соотношений зависит от условий формирования дренажного стока и их взаимодействий.

Использование выявленных закономерностей изменения химического состава воды от повышения ее минерализации позволяет проводить типизацию территорий крупных орошаемых массивов по качеству дренажного стока при планировании орошения минерализованной водой и дифференцировать комплекс наблюдений за динамикой мелиоративного состояния орошаемых земель.

УДК 666.9

С.И.СТОРОЖУК, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)
И.Г.РЕЙТЕР, гл.инж.
(Вахшводстрой)
Е.Е.АДАМЕЦ, ст.препод.
(ТашПИ)

ИССЛЕДОВАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ДРЕНАЖА ИЗ ТРУБОФИЛЬТРОВ В ВАХШСКОЙ ДОЛИНЕ ТАДЖИКИСТАНА

За последние годы дренаж из трубофильтров, как наиболее экономичная конструкция дренажа, сочетающая в себе отводящую трубу и фильтр, завоевывает все большее признание в мелиоративном строительстве. В широких масштабах ведется строительство пористого дренажа в Дагестане, началось строительство в Голодной степи и Таджикистане.

В совхозе "Вахш" Вахшского района предполагалось строительство дренажа из гончарных труб с фильтровой обсыпкой из привозного материала. По предложению САНИИРИ на землях этого совхоза будет заложен дренаж из трубофильтров.

Проектирование закрытого горизонтального дренажа из трубофильтров ведется на основе разработанного нами фильтрационного расчета, изложенного в "Руководстве по технологии изготовления трубофильтров и их применению для дренажа орошаемых земель" /1/.

В качестве фильтрового материала трубофильтров могут использоваться несвязные грунты, например, барханные пески, крупность частиц которых меньше или соизмерима с диаметром пор.

Однако эти рекомендации распространяются на грунты, содержащие до 2% гипса. Грунты же Вахшской долины, как отмечает Э.Г. Ваксман, на глубине 2,5-4 м (глубина заложения дренажа) в основном представлены супесями, содержащими до 65% гипса /2/.

Исследованиями свойств загипсованных грунтов юго-западной части Таджикистана длительное время занимались в НИИПочвоведения ТаджССР /2,3/.

По классификации М.Н.Терлецкой /4,5/, вахшские грунты могут быть отнесены к 3-му типу, в которых суффозионные деформации вследствие растворения гипса достигают катастрофических

размеров. При фильтрации без возможности выноса частиц грунта в дренирующий слой или в атмосферу (без свободного оттока) механическая суффозия не проявляется, но при фильтрации со свободным оттоком способствует образованию сосредоточенных путей фильтрации, вдоль которых наблюдается максимальный вынос солей.

При работе закрытого горизонтального дренажа в прифилтровой зоне возможно развитие явлений химической и механической суффозии в грунтах за счет свободного оттока фильтрационных вод в дренажную трубу.

Размеры суффозионных явлений в значительной степени зависят от скоростей и градиентов напора, которые возникают в придренинной зоне и определяются параметрами заложения дренажа и его конструктивными особенностями.

Для определения оптимальных параметров заложения дренажа в совхозе "Вахш" нами были выполнены исследования методом ЭГДА и в фильтрационных приборах Дарси.

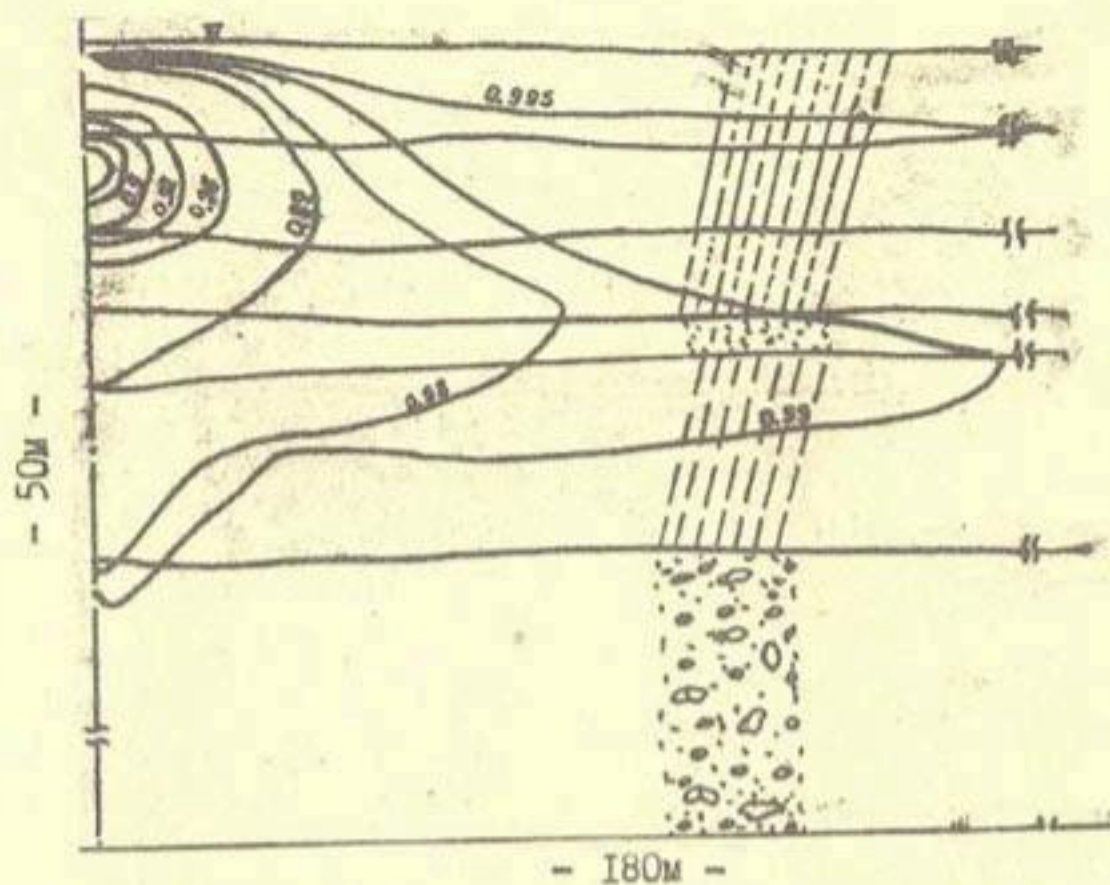
Методом ЭГДА был замоделирован гидрогеологический разрез 3-й зоны (рисунок). Условия заложения дренажа: междреннее расстояние - 180 м (в соответствии с проектом), глубина заложения дренажа - 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 м; коэффициенты фильтрации грунтов: мелкозема - 0,6 м/сут, песка - 5 м/сут, гравийно-галечниковых отложений - 15-17 м/сут. Максимальный дренажный модуль определен институтом "Таджикгипроводхоз" - 0,7 л/с с га или с учетом протяженности дренажа - 60,4 м³/сут с га.

Величины входных скоростей и градиенты напора были определены на моделях по гидродинамическим сеткам (таблица).

Т а б л и ц а

Значения входных скоростей и градиентов напора
в зависимости от конструкции дренажа

Конструкция дренажа	: Входная скорость, м/сут	: Градиент напора в придренинной зоне
Трубофилтр $d = 25$ см без обсыпки (среднепористый)	2,6	3,35
То же, с обсыпкой мелкозернистым песком толщиной 5 см	1,8	2,80
То же, с обсыпкой толщиной 10 см	1,1	2,20



Гидрогеологический разрез совхоза "Вахш" и эквипотенциальные линии, полученные методом ЭГДА.

При глубине укладки дренажа 2,5 м моделировали приток к дрене диаметром 250 мм без фильтра и с фильтровой обсыпкой толщиной 5 и 10 см.

Установлено, что наличие обсыпки значительно снижает величину входных скоростей и градиентов.

Полученные значения входных скоростей и градиентов могут быть приняты в расчетах при проектировании дренажа из трубофильтров. Эти же значения были использованы нами при изучении фильтрационной прочности грунтов на контакте с трубофильтрами.

Исследование 6 проб грунтов в совхозе "Вахш" в фильтрационных приборах Дарси по общепринятой методике показало, что грунты обладают низкой фильтрационной прочностью.

Выпор произошел при градиентах напора 0,4–0,5. Коэффициент фильтрации грунтов 0,1–0,3 м/сут. Грунты нуждаются в филь-

тровой защите.

При изучении фильтрационных деформаций грунтов на контакте с трубофильтрами в трубы Дарси укладывались пористые диски с первоначальной проницаемостью 50, 100, 250 м/сут. Поверх дисков укладывался грунт с объемным весом $1,3 \text{ т/м}^3$.

Все эксперименты можно разделить на 2 серии: с грунтами, содержащими до 5% гипса и более 60%.

В I-й серии опытов напоры на образец были доведены до 160 см, градиенты напора — 5–6. Коэффициенты фильтрации грунта и контактного слоя оставались практически постоянными на всем протяжении экспериментов, длившихся от 2 до 6 месяцев. Явления механической и химической суффозий обнаружены не были. Фильтрат оставался практически постоянным. Следовательно, стенки трубофильтров выполняли роль фильтров.

Во 2-й серии экспериментов с сильнозагипсованными грунтами получены следующие результаты.

В грунтах, уложенных на среднепористые диски ($K_{\phi} = 50\text{--}100 \text{ м/сут}$), при незначительной величине напора 10–15 см и скорости более 1,2 м/сут начинали образовываться трещины. При напоре 30 см в центре образца и около диска образовались каверны, которые увеличивались от опыта к опыту, пока не слились. Химический анализ фильтров показал, что при фильтрации в грунте происходят явления химической суффозии и выщелачивания гипса.

За время месячного эксперимента количество гипса уменьшилось с 63,5 до 37,4%, однако механической суффозии не наблюдалось. При разгрузке грунты имели ярко выраженную агрегатную структуру.

С увеличением водопроницаемости дисков процессы химической суффозии и выщелачивания гипса протекали более интенсивно.

Одной из мер, значительно снижающей интенсивность развития процессов суффозии и образования крупных полостей и каверн, является применение обсыпки из мелкозернистых песков типа барханных, способствующее снижению скорости фильтрационного потока при входе в придренную зону.

Нами были проведены эксперименты по изучению фильтрационной прочности загипсованных грунтов на контакте с крупнопористыми дисками с обсыпкой из несуффозионного колхозабадского песка. Коэффициент фильтрации песка — 4–5 м/сут, максималь-

ная крупность частиц - 2 мм, гипс отсутствует. Среднестатистический диаметр пор трубофилтра - 1,7 мм.

Напор на образец постепенно увеличивали.

При загрузке песка на поверхность дисков он просыпался в поры. Просыпание частиц в поры стенок трубофильтров допускается, однако просыпавшийся грунт должен быть несуггезионным во избежание заиливания полости. При скоростях фильтрации 1,3-1,5 м/сут видимых кавер и пустот в процессе экспериментов, длившихся 2 месяца, не наблюдалось. Плотный остаток фильтра составлял 1,7-2,3 г/л. Количество гипса за время эксперимента в грунте уменьшилось с 61 до 45,5%. В колхозабадском же песке осело 0,29% гипса. Следовательно, за более длительный период выщелачивания гипса не наблюдалось. Явления механической суггезии в грунтах на контакте с крупнопористыми трубофилтрами отсутствовали.

Таким образом, применение обсыпки из колхозабадского песка значительно снизило скорости фильтрационного потока в грунте и полностью предотвратило явления механической суггезии.

С учетом результатов выполненных экспериментов нами предлагаются следующие рекомендации по строительству дренажа на территории Вахшской долины Таджикистана.

1. Водопроницаемость стенок трубофильтров не должна превышать 50-100 м/сут.

2. Целесообразно применять обсыпку трубофильтров из колхозабадского песка, близкого по составу барханному песку толщиной 10 см, это позволит снизить скорости фильтрационного потока в придренной зоне до 1 м/сут и предотвратит выщелачивание гипса, а также значительно затормозит развитие химической суггезии в грунтах.

3. Максимальный расчетный градиент напора при проектировании трубофильтров: без обсыпки - 3,4, с 10-сантиметровой обсыпкой из колхозабадского песка - 2,2.

4. Проектирование трубофильтров, укладываемых в грунты с содержанием гипса до 5%, должно проводиться на основе "Руководства по технологии изготовления трубофильтров и их применению для дренажа орошаемых земель".

5. Учитывая сложность и недостаточную изученность фильтрационных деформаций в сильнозагипсованных грунтах, рекомендации по применению трубофильтров в подобных грунтах должны

базироваться на экспериментах.

Л и т е р а т у р а

1. Р у к о в о д с т в о по технологии изготовления трубо-
фильтров и их применению для дренажа орошаемых
земель. ВТР-С-12-78. М., Минводхоз СССР, 1979.
2. В а к с м а н Э.Г. Мелиорация засоленных почв Юго-Западно-
го Таджикистана. Душанбе, "Дониш", 1976.
3. М е х а н и к а грунтов. Лессовые грунты Таджикистана.
Душанбе, АН ТаджССР, 1966.
4. Т е р е ц к а я М.Н. О просадочности лессовидных загипсо-
ванных четвертичных отложений Грузии и возможных
деформациях сооружений. В сб. "Вопросы строитель-
ства гидротехнических сооружений на просадочных
грунтах". Баку, 1969.
5. Т е р е ц к а я М.Н., М е т о н и д з е Н.В. Методика
определения деформативности загипсованных лессо-
видных суглинков по спектрографическим особеннос-
тям. Сб. научн. трудов ГрузНИИГиМ, вып. 4. Тбилиси,
1977.

УДК 626.8:65.0,12.011.56

В.Т.НАСЫРОВ, инженер
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

СРАВНЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ СКВАЖИНАМИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА ПО ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

В технологическом цикле получения требуемого мелиоративного эффекта на мелиорируемых землях с помощью систем вертикального дренажа (СВД) можно выделить три этапа:

сбор исходной информации, отражающей мелиоративное состояние территории (в табл. I указаны основные параметры с интенсивностью сбора, принятой в практике в результате длительной эксплуатации СВД);

обработку исходной информации;

выработку управляющего воздействия на мелиоративное состояние территории (включение и отключение скважин, промывки).

Т а б л и ц а I

Исходная информация с интенсивностью сбора

Номер: п/п :	Наименование информации :	Интенсивность сбора :
1	Состояние скважины (работает - не работает)	ежедневно
2	Управление скважиной (включить или отключить)	2-4 раза в году (по режимам откачек)
3	Уровень грунтовых вод	1 раз в 10-20 дней
4	Уровень напорных вод	1 раз в 10-20 дней
5	Расход откачиваемой воды	1 раз в месяц
6	Минерализация грунтовых вод	1 раз в месяц
7	Минерализация напорных вод	1 раз в месяц
8	Засоленность почвогрунтов	2 раза в год

Весь объем работ для трех указанных этапов выполняется специально для этого выделенным персоналом, т.е. ручным способом. Телемеханизацию представляют обычно как замену существующего ручного способа управления объектами и получение некоторой исходной информации телемеханическим способом. При

такой замене необходимо решить экономическую задачу — определить, какой из предлагаемых способов наиболее эффективный, т.е. сравнить их по основным показателям.

Телемеханизация систем вертикального дренажа СВД — явление новое, и хотя уже имеется ряд технических и рабочих проектов и некоторые из них уже реализованы, а другие близки к этому, вопрос об экономической целесообразности телемеханизации СВД (целесообразность функционального объема телемеханизации и типов применяемых технических средств) еще не решен.

В настоящее время нет строго обоснованного опубликованного экономического расчета эффективности телемеханизации СВД. Известны попытки подсчета, сводящиеся к выявлению прямого экономического эффекта (повышение урожайности основных сельскохозяйственных культур за счет улучшения дренажного модуля, сокращения численности персонала, экономии электроэнергии и т.п.). В этих расчетах авторы пытаются установить величину доли экономического эффекта, приходящуюся на телемеханизацию, от эффекта применения вертикального дренажа для получения нужного мелиоративного режима земель.

Указанный подход к решению задачи определения экономической эффективности телемеханизации СВД в методическом плане неверный. Задачи подобного типа, согласно [1], решаются методом сравнения вариантов, в качестве критерия экономической целесообразности того или иного варианта принимается минимум приведенных затрат.

Для управления СВД с целью поддержания нужного мелиоративного режима необходимо контролировать состояние скважин и управлять ими (или другими объектами) и получать исходную информацию о состоянии дренируемой территории. Необходимый объем работ можно выполнить двумя способами:

способ 1 (существующий) — ручной способ;

способ 2 (предлагаемый) — телемеханический.

Учитывая, что реализация обоих способов способствует получению одинакового экономического эффекта (мелиоративный эффект от применения СВД), выбрать наиболее экономичный.

Следует отметить, что еще в 1973 г. [2] была предложена методика расчета сравнительной эффективности для исследования диспетчерских систем в гидромелиорации, которая в прин-

ципе могла бы быть использована для обоснования телемеханизации СВД.

В связи с тем, что существующие проекты на телемеханизацию СВД не содержат экономического обоснования, а также отсутствуют соответствующие опубликованные экономические расчеты, в данной работе сделана попытка сравнения способов управления и сбора информации о мелиоративном состоянии территории. Сравнение способов выполнено по методу сравнения вариантов с целью

а) выявить, какой из способов экономически более выгоден в соответствии с поставленной задачей;

б) определить величины целесообразных затрат на телемеханизацию СВД.

Сравнение двух способов проведено на примере получения информации по п.1-3 табл.1; для наглядности оно выполнено на конкретных СВД, для которых имеются проекты телемеханизации. В табл.2 сведены основные технико-экономические показатели сравниваемых способов для каждой СВД. Некоторые из них взяты из проектов, другие получены в результате экономических расчетов. Здесь сначала приведены показатели 1 и 2 способов для 5 СВД, проекты на телемеханизацию которых выполнены в следующем объеме: телесигнализация о состоянии скважины ТС, телесигнализация аварии на скважине ТСА, телеуправление ТУ (включение и отключение скважины) и телефонная связь ТФ. На трех последующих СВД, кроме перечисленных функций телемеханизации, выполнено телеизмерение ТИ уровня грунтовых вод — в среднем одно на каждую скважину.

Сопоставление технико-экономических показателей по способам для первых пяти СВД позволяет сделать вывод о том, что первый способ (ручной) более эффективный: по приведенным затратам в 16 раз (усредненные показатели); численности персонала (диспетчерская служба не учитывается) в 3,5. То есть телемеханизация СВД с такими сравнительными показателями неэффективна.

Значит ли это, что телемеханизация СВД в таком объеме экономически нецелесообразна вообще?

Для того, чтобы способ 2 мог конкурировать со способом 1, необходимо создать такое устройство телемеханики, приведенные затраты на телемеханизацию одной скважины с которым

были бы соизмеримы с суммой 0,085 тыс.руб., а капитальные затраты ориентировочно составят 0,25 тыс.руб. В эту сумму входит стоимость аппаратуры КП, часть стоимости аппаратуры ПУ, ЛС, помещения, приходящаяся на одну скважину, стоимость пуско-наладочных работ.

В табл.3 приведены стоимости аппаратуры телемеханики и линии связи ЛС, каналобразующей аппаратуры КОА, приходящиеся на телемеханизацию одной скважины для различных устройств. На одну скважину в среднем по проекту приходится 0,9 км ЛС (п. II табл.2) при стоимости около 1000 руб. за 1 км, что определило стоимость ЛС, приходящуюся на одну скважину. Стоимость КОА СРТМ складывается из стоимости радиостанции (623 руб.), строительно-монтажных работ на установку радиостанции и антенны и пуско-наладочных работ.

Т а б л и ц а 3

Стоимость аппаратуры телемеханики и линии связи (каналобразующей аппаратуры), приходящаяся на телемеханизацию одной скважины, для различных типов устройств телемеханики, тыс.руб.

Наименование устройств телемеханики	Функции	Стоимость комплекта аппаратуры КП	Стоимость линии связи (каналобразующей аппаратуры)	Суммарная стоимость
СРТМ САННИРИ	ТС, ТСА, ТУ, ТФ	1,65	0,85	2,5
Темир-2	ТС, ТСА, ТУ, ТСА, ТН, ТФ	1,38	0,9	2,3
ТМ-201	ТС, ТСА, ТУ, ТР, ТИ-2, ТФ	1,2	0,9	2,1
УТМ НИПТИЭМ	ТС, ТСА, ТУ, ТФ	1,00	0,02-0,04	1,03

В устройстве телемеханики, разработанном научно-исследовательским проектным и технологическим институтом электромашиностроения НИПТИЭМ г.Владимира для телемеханизации СВД в объеме ТС, ТСА, ТУ и ТФ по заказу Голодностепостроя, в качестве канала связи используется канал нулевой последовательности распределительных сетей 6-35 кВ /3/; в качестве КОА - однофазный трансформатор, присоединяемый к электрическому нулю силово-

го трансформатора на скважине или на подстанции.

В связи с тем, что данное устройство было изготовлено в виде макетного образца и серийно не выпускалось, можно говорить лишь об ориентировочной стоимости аппаратуры КП и элемента присоединения. Стоимость аппаратуры, устанавливаемой на диспетчерском пункте (ПУ, мнемощиты, печать и т.п.), при сравнении не учитывается, потому что будучи разнесена на каждый КП, каких в каждом устройстве может быть 200-250 шт., она не окажет существенной поправки на стоимость аппаратуры КП.

Ни одно устройство телемеханики, использующее проводную или кабельную ЛС, не может быть упрощено до стоимости, при которой телемеханизация становится эффективной, так как только стоимость ЛС уже почти в четыре раза больше возможной стоимости, отпускаемой на ЛС и аппаратуру КП.

Самым дорогим из всех является устройство телемеханики СРТМ не только по стоимости аппаратуры КП при соизмеримых стоимостях КОА с ЛС, приходящейся на одну скважину. СРТМ выпускается с функциями ТС, ТСА, ТУ и ТФ, в то время как ТМ-201 и Темир-2, сверх того, с одним или несколько ТИ (известно, что стоимость функции ТИ составляет до 1/3 стоимости всех функций).

Принимая во внимание, что СРТМ, кроме радиостанций, которые выпускаются серийно, изготавливалась мелкосерийно на экспериментальном предприятии, а это, естественно, отразилось на ее стоимости, трудно представить, что крупносерийное производство, улучшенная технология и некоторые упрощения в устройстве телемеханики, а также радиостанции позволят сократить стоимость СРТМ и приблизить к требуемой.

Наиболее перспективным из всех является устройство УТМ НИПТИЭМ. Хотя следует отметить также, что при использовании в качестве канала связи ЛЭП и нового элемента присоединения — однофазного трансформатора НИПТИЭМ — возникает много организационных и технических трудностей. Но если они будут преодолены, то можно будет создать устройство с требуемой стоимостью, возможно даже за счет исключения некоторых телеопераций, например, ТФ или ТСА, ТУ.

Сопоставление технико-экономических показателей по вариантам для следующих трех СВД также указывает на эффектив-

ность способа I. В цифрах усредненных показателей это выглядит так: по приведенным затратам в 34 раза; численности персонала (диспетчерская служба не учитывается) в 4.

Дополнение к функциям ТС, ТСА, ТУ, ТФ только одной функции телеизмерения уровня грунтовых вод потребовало увеличения капитальных затрат в 2,7 раза, приведенных затрат в 2,5, численности персонала в 1,3 раза. В то же время по варианту I для сбора этой же информации потребовалось увеличить приведенные затраты в 1,2 раза, численности персонала в 1,3.

Для того, чтобы вариант 2 мог конкурировать с вариантом I, приведенные затраты на телемеханизацию одной скважины в объеме ТС, ТСА, ТУ, ТФ и ТИ-I должны быть соизмеримы с суммой 0,11 тыс.руб., а капитальные затраты ориентировочно составлять 350 руб.

Стоимость применяемых для телемеханизации СВД технических средств в настоящее время не позволяет уложиться в указанные приведенные затраты. Следовательно, телемеханизация СВД с таким функциональным объемом существующими техническими средствами с требуемой интенсивностью сбора экономически нецелесообразна. Необходимо разработать принципиально новые технические средства, простые по устройству, надежные и недорогостоящие.

Общий подход к решению данной экономической задачи без изменений может быть распространен для обоснования телемеханизированного сбора информации по остальным пунктам табл. I. Таким образом, для всех проектов телемеханизации СВД более эффективным оказался способ I.

Что же послужило основанием для разработки и внедрения проектов телемеханизации этих 8 и других СВД? Все предложенные расчеты и выводы, как уже отмечалось, основаны на интенсивности сбора различных видов информации, полученных из опыта длительной эксплуатации. Других данных нет и может быть потому, что они вполне удовлетворяют требованиям существующей эксплуатации. Кстати, их не было и тогда, когда разрабатывались указанные проекты. При появлении каких-то сомнений, по нашему мнению, необходимо провести или потребовать от специалистов проведения дополнительных исследований или расчетов, чтобы избежать ошибок, которые могут принести ог-

ромный убыток хозяйству не в один десяток миллионов рублей.

В ы в о д ы

1. Телемеханически управлять скважинами и собирать исходную информацию о мелиоративном состоянии территории (табл.1) существующими техническими средствами, используемыми при проектировании управления СВД, экономически нецелесообразно.

2. Телемеханический способ получения информации может стать эффективнее "ручного", если приведенные затраты на телемеханизацию составят около 0,085 тыс.руб. по пп I-2 и 0,11 тыс.руб. по пп I-3 табл.1 на одну скважину.

3. Наиболее перспективным для телемеханизации СВД является устройство телемеханики, где в качестве канала связи используется КНП ЛЭП с элементом присоединения однофазным трансформатором НИПТИЭМ (табл.3).

Л и т е р а т у р а

1. М е т о д и к а (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М., "Экономика", 1977.
2. Х а л и л Ф.А. Разработка рекомендаций по повышению надежности систем телемеханики, работающих в ирригации, Гос.регистр. № 72041753, М., ВНИТИЦентр, 1973.
3. Р а з р а б о т к а аппаратуры для диспетчеризации систем скважин вертикального дренажа с использованием ЛЭП-10 кВ, НТО НИПТИЭМ (Отв.исполнитель Ю.В. Алексеев), г.Владимир, 1975.

УДК 626.8

М.КУРАМБАЕВ, канд.сельхоз.наук,
А.Р.ДСУПОВ, канд.сельхоз.наук,
Б.Г.ОСТРОБРОД, канд.хим.наук

(САНИИРИ)

ПРИМЕНЕНИЕ КУЛЬТУР-ОСВОИТЕЛЕЙ И СЛОЖНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ОСВОЕНИИ СОЛОНЧАКОВ ХОРЕЗМСКОГО ОАЗИСА

Весь предыдущий опыт мелиорации показывает, что в настоящее время ускоренное освоение засоленных земель немислимо без разработки специального комплекса мероприятий, который должен включать в себя:

- создание надежного дренажного стока в виде интенсивного горизонтального или вертикального дренажа, обеспечивающего достаточные дренажные модули, и
- двухстадийное рассоление земель, состоящее из капитальных промывок сниженными в 1,5-2 раза нормами и последующего углубления рассоления профилактическими промывками в течение двух-трех лет на фоне промывного режима орошения сельскохозяйственных культур повышенной солеустойчивости в сочетании со специальными агротехническими приемами.

С целью отработки указанного комплекса Хорезмский отдел САНИИРИ совместно с лабораторией промывок земель и почвенных исследований в течение последних четырех лет проводил исследования по ускоренному освоению тяжелых солончаков приозерных отложений. Опытный участок был заложен на территории Хорезмского опытно-производственного хозяйства САНИИРИ.

Почвы опытного участка представлены луговыми солончаками, сложенными из переслаивающихся супесей, суглинков и глин мощностью до двух метров, ниже расположены разнoзернистые пески с резкими линзами суглинков и глин (рисунок).

К моменту освоения по всему генетическому горизонту отмечалось большое скопление солей, особенно в его верхних слоях, где величина плотного остатка составляла 26-44% (табл. I). Вниз по профилю концентрация солей постепенно падала до 0,9%.



ЭКСПЛИКАЦИЯ ПОЧВ ОПЫТНОГО УЧАСТКА

Номер почв. разно- стей	Название почв	Механический состав по горизонтам, см		
		0-30	30-100	100
1	Луговой солончак	Средне- и легкосугли- нистые	Тяжелосугли- нистые с песчанными прослойками	Тяжелосугли- нистые, под- стилаемые песком
2	То же	Легкосуг- линистые	Среднесугли- нистые	Тяжелосугли- нистые с про- слойками глины
3	То же	Среднесуг- линистые	Легкосугли- нистые	Среднесугли- нистые с про- слойками тя- желых суглин- ков

Т а б л и ц а I

Исходные засоление почвогрунтов опытного участка (%/мг-экв)

Выра-: Гори- ботка: зонт, см :	Плот- ный ос- тсток	3	4	5	6	7	8	9	10	11	токс. со- лех
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	токс. со- лех
Скв. 21 0-10	43,25	0,019	12,856	15,551	0,35	1,698	12,171	14,726	41,451		
10-30	3,58	0,012	362,14	323,98	17,50	139,75	529,18	306,79	2,381		
30-55	2,42	0,008	0,851	1,425	0,305	0,068	0,759	0,703	1,337		
55-80	1,17	0,008	23,97	29,69	15,25	5,60	33,01	14,64	0,960		
80-100	0,97	0,010	0,456	1,118	0,290	0,053	0,400	0,428	0,751		
100-125	0,94	0,010	12,85	23,29	14,50	4,36	17,41	8,95	0,814		
125-150	0,95	0,010	0,323	0,397	0,040	0,030	0,300	0,307	0,758		
0-100	6,13	0,16	9,10	8,27	2,00	2,47	13,03	6,40	5,347		
		0,16	0,272	0,289	0,032	0,025	0,234	0,330			
		0,16	7,66	6,02	1,60	2,06	10,18	4,58			
		0,16	0,282	0,313	0,030	0,021	0,262	0,249			
		0,16	7,94	6,52	1,50	1,73	11,39	5,18			
		0,16	0,225	0,383	0,045	0,009	0,241	0,283			
		0,16	5,34	7,98	2,25	0,74	10,49	5,89			
		0,16	1,705			0,210	1,59	1,841			

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
III 8	0-5	26,70	0,036	7,459	9,437	0,399	1,607	5,867	8,508	23,44
	5-25	2,34	0,007	210,11	196,60	19,95	132,26	255,09	177,24	
	25-50	1,72	0,006	0,379	1,777	0,305	0,258	0,261	1,05	1,948
	50-75	1,61	0,006	10,68	37,02	15,25	21,23	11,33	21,88	
	75-100	0,44	0,009	0,200	0,951	0,261	0,034	0,223	0,329	0,786
	100-125	0,94	0,007	5,63	19,81	13,05	2,80	9,69	6,86	
	0-50	4,47	0,11	0,175	0,862	0,240	0,039	0,179	0,291	0,684
	0-100	2,75	0,11	4,93	17,96	12,00	3,21	7,78	6,06	
			0,15	0,130	0,134	0,020	0,015	0,101	0,093	0,339
			0,15	3,66	2,79	1,00	1,23	4,37	1,94	
			0,11	0,151	0,482	0,110	0,028	0,152	0,223	0,554
			0,11	4,25	10,04	5,50	2,30	6,60	4,65	
				0,998			0,281	0,803	1,435	3,517
				0,575	1,315		0,154	0,471	0,814	2,014

72-85% плотного остатка представлены легкорастворимыми токсичными солями. По составу солей почвы относятся к сульфатно-хлоридным и хлоридно-сульфатным, а по содержанию карбонатов кальция (20-25%) и магния ($> 3\%$) к магниезально-шоховым. Содержание гипса в почве невелико ($< 1\%$), за исключением верхних горизонтов, где оно составляет 10-12%.

Глубина залегания грунтовых вод колеблется в течение года от 0,6 до 2,5 м. Исходная минерализация их высока - 23-26 г/л; по типу засоления грунтовые воды хлоридные с повышенным содержанием сульфатов.

Таким образом, в мелиоративном отношении земли опытного участка относятся к трудноосваиваемым и требуют капитальных промывок, окультуривания и дренажных мероприятий.

Окультуривание почв опытного участка после капитальной промывки проводилось через посевы культур, имеющих большую солеустойчивость в сравнении с хлопчатником и оказывающих положительное влияние на мелиоративное и агрохимическое состояние земель, - джугары, кукурузы и суданской травы.

Для усиления мелиоративного эффекта и с целью получения максимальной урожайности культур применяли сложные полимерные удобрения (СПУ). При этом по всем культурам-освоителям и хлопчатнику испытывались следующие варианты:

а) основное внесение СПУ в дозах по азоту - 250 кг/га и по фосфору - 200 кг/га;

б) основное внесение СПУ в дозах по азоту - 150 кг/га, по фосфору - 120 кг/га и

в) контроль, когда при годовых нормах внесения азота и фосфора, равных 250 и 200 кг/га, соответственно, применены аммиачная селитра и аммофос; при этом 100% фосфора и 50% азота вносились до сева, а остальное количество азота - равными долями в две подкормки.

В 1977 г. по всем испытуемым культурам-освоителям лучшие всходы были получены по фону СПУ (N - 250, P-200). Аммиачная селитра с аммофосом оказалась менее эффективной даже в сравнении с уменьшенной дозой СПУ (N - 150 кг/га, P-120 кг/га). В силу того, что растения заметно страдали от избытка солей в почве, влияние испытуемых удобрений на рост и развитие культур-освоителей проявилось в дальнейшем еще более отчетливо.

Так, к концу вегетации 1977 г. высота джугари на фоне СПУ (N-250, P-200) достигала 182 см, на фоне СПУ (N-150, P-120) — 134 см, а на фоне аммиачной селитры и аммофоса — 118 см, высота кукурузы 162, 133 и 121 см, суданской травы — 242, 219 и 161 см, хлопчатника — 71,56 и 46 см, соответственно.

Количество симподиальных ветвей у хлопчатника по фонам удобрений составило 7,6; 5,9 и 5,5, а количество коробочек — 5,3; 2,5 и 1,9 шт.

В 1978 г., как и в предыдущий год, лучшие всходы сельскохозяйственных культур были получены по фону СПУ (N-250, P-200). Следующее место занимал фон СПУ (N-150, P-120), затем контроль с аммиачной селитрой и аммофосом. Результаты дальнейших наблюдений за ростом и развитием культур-освоителей показали, что положительный эффект от внесения СПУ сохраняется и здесь, но с некоторой трансформацией (табл.2).

Т а б л и ц а 2

Влияние испытываемых удобрений на развитие сельскохозяйственных культур (1978 г.)

Куль- тура	Высота растений								
	I июля			I августа			I сентября		
	N-250: P-200	N-150: P-120	конт- роль	N-250: P-200	N-150: P-120	конт- роль	N-250: P-200	N-150: P-120	конт- роль
Джугара	24,7	18,1	9,5	92,6	49,3	45,8	139,9	87,8	76,8
Кукуруза	33,5	30,5	32,5	109,1	79,2	104,3	175,3	116,8	130,1
Суд.тра- ва	33,5	29,0	28,0	203,3	175,8	202,0	233,0	197,9	242,0
Хлопчат- ник	14,2	12,1	11,3	38,0	34,5	34,5	68,0	60,1	66,7

Из табл.2 видно, что культуры-освоители по-разному реагируют на применяемый фон удобрений: кукуруза, джугара и хлопчатник лучше развивались по фону СПУ (N-250, P-200), тогда как для суданской травы к концу вегетации более эффективным оказался фон с аммиачной селитрой и аммофосом.

Урожайность всех культур, кроме джугары, по фону СПУ (N-150, P-120) была значительно ниже, что легко объясняется недостатком минерального питания. Нам кажется, что с целью получения макси-

мального урожая необходимо в дальнейшем испытать вариант, сочетающий основное внесение СПУ с последующей подкормкой аммиачной селитрой. Судя по табл.2, хлопчатник на фоне СПУ (N-250, P-200) имел незначительное преимущество в сравнении с контрольным фоном: на I сентября высота растений равнялась 68,0 и 66,7 см, т.е. была практически одинаковой. Однако здесь, в первую очередь, следует принять во внимание развитие вегетативного и репродуктивного аппарата. Так, на I августа по фонам СПУ (N-250, P-200), СПУ (N-150, P-120) и контролю число симподиальных ветвей на растениях хлопчатника было равно 6,0; 5,6 и 4,7 при количестве плодоземелентов 7,7; 7,4 и 6,1, соответственно, а на I сентября количество коробочек составило 7,8; 5,3 и 5,4, т.е. растения хлопчатника, выращенные по фону СПУ (N-250, P-200), имели в среднем на 2,4 коробочки больше, чем на контроле.

Особый интерес представляют данные о влиянии культур-предшественников на урожай основной культуры аридной зоны — хлопчатник (табл.3).

Наилучшим из испытанных предшественников следует считать суданскую траву: по ее двухлетнему пласту на всех фонах удобрений получен наибольший прирост урожайности хлопчатника. Так, урожай хлопка-сырца в этом варианте был на 12,3 ц/га больше, чем по двухлетнему пласту хлопчатника, и на 8,4 ц/га больше, чем по двухлетнему пласту кукурузы.

Возделывание суданской травы, джугары и кукурузы с последующей заправкой корневых и пожнивных остатков оказало благотворное влияние на агрохимический состав почвы.

Но наиболее важен в данном случае мелиоративный эффект — под покровом указанных культур, хорошо затеняющих поверхность почвы, не только не происходила реставрация засоления в верхних слоях почвы, но и наблюдалось их дальнейшее опреснение. Так, если на хлопчатнике отмечалось некоторое увеличение засоления к концу вегетационного периода (плотный остаток увеличился на 0,22%, а содержание хлора — на 0,028%), то в вариантах с кукурузой, джугарой и суданской травой эти показатели уменьшились, при этом наибольшее снижение отмечено на участках с суданской травой и джугарой, где к концу вегетационного периода засоление метровой толщи почвогрунтов по плотному остатку

Т а б л и ц а 3

Влияние предшественников и фона удобрений
на урожайность хлопчатника

Год наб- люде- ний	Культуры - предшествен- ники	Фон удобрений					
		СПУ (N-250, P-200)		СПУ (N-150, P-120)		контроль	
		густо- та стоя- ния, тыс. шт./га:	уро- жай- ность, ц/га	густо- та стоя- ния, тыс. шт./га:	уро- жай- ность, ц/га	густо- та стоя- ния, тыс. шт./га:	урожай- ность, ц/га
1977	1976 - хлоп- чатник	62,8	7,3	51,0	4,0	47,0	4,2
1978	1976 и 1977 - хлопчатник	71,2	11,2	51,5	4,6	54,3	5,2
1977	1976 - куку- руза	72,0	13,5	59,0	7,3	55,3	6,4
1978	1976 - куку- руза 1977 - хлоп- чатник	73,1	14,2	59,3	7,6	59,8	8,6
1978	1976 и 1977 - кукуруза	75,3	17,1	62,7	11,4	65,4	12,8
1977	1976 - суданка	85,4	13,9	69,2	9,0	67,2	8,2
1978	1976 - суданка 1977 - хлопок	110,0	20,4	83,0	11,0	68,1	9,5
1978	1976 и 1977 - суданка	127,0	23,5	85,5	13,6	97,3	16,6

уменьшилось на 0,31 и 0,26%, а по хлор-иону - на 0,019 и 0,016%, соответственно.

Таким образом, изложенные результаты исследований позволяют рекомендовать для успешного освоения трудномелиорируемых засоленных земель Хорезмского оазиса систему мероприятий, в обязательном порядке включающих проведение промывных поливов сниженными нормами и возделывание культур-освоителей, при котором промывной режим орошения должен сочетаться с применением сложных полимерных удобрений-мелиорантов.

УДК 626.8

Э.Д.ЧОЛПАНКУЛОВ, канд.геогр.наук,

Т.А.ГАПИЧ, инженер

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ ЗА НЕВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

В 1975-1977 гг. в Каршинской степи на территории совхоза 24 проводилась работа по определению суммарного испарения методом теплового баланса.

По данным полевых исследований, основным фактором, влияющим на величину суммарного испарения за невегетационный период, является радиационный баланс. Мы анализировали зависимость величины испарения за невегетационный период от радиационного баланса. Оказалось, что величина суммарного испарения и радиационного баланса связаны между собой уравнением вида

$$y' = a_0 + a_1 x + a_2 x^2, \quad (1)$$

где y' значения y , взятые по кривой регрессии. Производные по коэффициентам будут иметь вид

$$\frac{\partial y'}{\partial a_0} = 1; \quad \frac{\partial y'}{\partial a_1} = x; \quad \frac{\partial y'}{\partial a_2} = x^2.$$

Соответственно, минимуму функции

$$\sum_1^n [y_i - f(x_i)]^2 = \min! \quad (2)$$

будет отвечать следующая система уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \sum_1^n y_i - \sum (\alpha_0 + \alpha_1 x_i + \alpha_2 x_i^2) &= 0 \\ \sum_1^n y_i x_i - \sum (\alpha_0 x_i + \alpha_1 x_i^2 + \alpha_2 x_i^3) &= 0 \\ \sum_1^n y_i x_i^2 - \sum (\alpha_0 x_i^2 + \alpha_1 x_i^3 + \alpha_2 x_i^4) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Решение данной системы уравнений позволило получить па-

параметры $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$. С учетом полученных коэффициентов зависимость испарения от радиационного баланса имеет вид

$$E = 0,968R - 0,037R^2 - 0,272, \quad (4)$$

где E — суммарное испарение, R — радиационный баланс.

Среднеквадратическое отклонение составляет 0,0047, что не превышает максимальной погрешности отдельного измерения.

Уравнение (4), рассчитанное для условий Каршинской степи, проверено нами на экспериментальных материалах отдела водного баланса САНИИРИ (Б.Е.Милькис и др., 1975), полученных для условий Каракалпакской АССР. Результаты проверки показали хорошую сходимость расчетных и наблюдаемых величин суммарного испарения за невегетационный период; отклонение наблюдаемых величин от расчетных за невегетационный период составило 12%.

Расчетное уравнение (4) проверено нами по данным И.Г.Мушкина, В.К.Гафурова (1973 г.) для условий Туркменской ССР. Отклонение наблюдаемых и рассчитанных величин суммарного испарения за невегетационный период равнялось 3%.

Данные экспериментов подтверждают возможность применения предлагаемой зависимости для расчетов суммарного испарения хлопкового поля за невегетационный период.

Л и т е р а т у р а

1. М и л ь к и с Б.Е., Т у й ч и е в Т., Ф е д о р о в - с к а я Н.Н., Д а н а т и Т.А. Испарение с сельскохозяйственного поля в невегетационный период в Каракалпакской АССР. Труды САРНИИМИ, вып.23. Л., Гидрометеиздат, 1975.
2. М у ш к и н И.Г., Г а ф у р о в В.К. Тепловой баланс хлопкового поля. Л., Гидрометеиздат, 1973.

С о д е р ж а н и е

1. Б.Н.К а д и р о в. Выбор первоочередных объектов переустройства	3
2. В.А.Д у х о в н ы й, Р.Г.Д ю б а р. Технология строи- тельства комбинированного дренажа в Карши- нской степи и на юге Каракалпакии	5
3. А.Р.Р а м а з а н о в, Д.А.З у п а р о в а, А.Ж.Р а - ж а б о в. Изменение физико-химических свойств почв рисовых оросительных систем в низовьях Амударьи	18
4. Т.Д ж а л и л о в а. Некоторые вопросы физико-хими- ческой коагуляции скважин вертикально- го дренажа в Голодной степи	28
5. А.А.А б д у р а х м а н о в. Особенности изменения агрохимических свойств засоленных почв при промывке	35
6. Н.И.К а л ю ж н а я. Исследование гравийного филь- тра скважин при слоистом строении пласта	44
7. К.А л ь ж а н о в, И.А.С о р о к и н а, Х.И.Я к у - б о в. О длине фильтров скважин верти- кального дренажа в трехслойном пласте	52
8. В.В.Х е г а й, Р.А.Ф а т р а х м а н о в, Г.Е.Б а - т у р и н. Надежность закрытого горизон- тального дренажа и пути ее повышения (на примере новой зоны Голодной степи)	60
9. Ш.М а х м у д о в, С.А л и м о в. К вопросу приме- нения бетонов на основе жидкого стекла в мелиоративном строительстве	71
10. Г.Р.К л и м о в а. О влиянии скорости фильтрации на интенсивность выщелачивания солей	80
11. Б.А.К е л е с б а е в. Решение задачи влагоперено- са при внутрипочвенном орошении	90
12. А.У.У с м а н о в. Закономерности формирования хи- мического состава дренажных вод основ- ных массивов орошения Узбекистана	102

13. С.И.Сторожук, И.Г.Рейтер, Е.Е.Адам-
иц. Исследования и рекомендации по
строительству дренажа из трубофильтров
в Вахской долине Таджикистана 113
14. В.Т.Насыров. Сравнение существующих способов
контроля и управления скважинами верти-
кального дренажа по экономическим пара-
метрам 119
15. М.Курамбаев, А.Р.Юсупов, Б.Г.Остро-
брод. Применение культур-освоителей
и сложных полимерных удобрений при осво-
ении солончаков Хорезмского оазиса 128
16. Э.Д.Чолипанкулов, Т.А.Гапич. К вопросу
определения суммарного испарения за не-
вегетационный период 136