

**МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР**

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

**СБОРНИК
научных трудов**

Выпуск 163

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ
ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ**

Ташкент — 1981

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

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

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Выпуск 163

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ
ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

Ташкент—1981

УДК 626.8

В сборнике освещаются результаты научных и производственных исследований САНИИРИ в области мелиорации и изучается надежность дренажных систем, построенных механизированным и полумеханизированным способами. Исследуются системы вертикального и закрытого горизонтального дренажа. Определяется их экономическая эффективность и пути ее повышения.

Книга рассчитана на научных работников, сотрудников проектных и оросительных организаций и служб эксплуатации гидромелиоративных систем.

Редакционная коллегия:

В.А.Духовный (отв.редактор), Валентини Г.Г.,
Милькис Б.Е., Насонов В.Г., Павлов Г.Н., Пулатов У.Ю.,
Пулатов А.Г., Усманов А.У., Якубов Х.И. (зам.ред.).

С

Среднеазиатский научно-исследовательский
институт ирригации им. В.Д.Журина
(САНИИРИ), 1981

В.А. ДУХОВНЫЙ, канд. техн. наук
Х.И. ЯКУБОВ, канд. техн. наук
В.Г. НАСОНОВ, канд. геол.-мин. наук
П.Д. УМАРОВ
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СКВАЖИН-УСИЛИТЕЛЕЙ КОМБИНИРОВАННОГО ДРЕНАЖА И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

Комбинированный дренаж, отводящий грунтовые воды путем непосредственного их забора из подстилающего слоя с помощью самоизливающихся вертикальных скважин, известен давно. Однако до недавнего времени этот вид дренажа широкого применения не находил. Это в немалой степени определялось низкими дебитами, обусловленными конструктивным несовершенством скважин-усилителей и примитивной технологией их строительства (табл. I).

В результате проработок институтов САНИИРИ и „Сред-азгипроводхлопок“ в условиях Каршинской степи, где комбинированный дренаж только на землях первой очереди освоения намечен на площади более 60 тыс. га, применена новая конструкция скважин-усилителей из неметаллических труб с песчано-гравийным фильтром большой толщины.

Первые скважины-усилители были построены на опытно-производственном участке комбинированного дренажа в совхозе I4.

Конструктивно эти усилители представлены в виде скважин полуметрового диаметра, пробуренных методом прямой промывки чистой водой агрегатом УРБ-ЗАМ и обсаженных полиэтиленовыми трубами диаметром 0,1 м. Трубы перфорировались в пределах водоносного горизонта вертикальными щелевыми отверстиями длиной $l = 100$ мм и толщиной

$\delta = 2-4$ мм с общей скважностью 3-5%. Фильтр создавался путем засыпки в затрубное пространство гравийно-песчаной смеси с диаметром частиц от 1 до 5 мм с последующей откачкой до чистой воды.

Однако применение такой смеси, с одной стороны, ус-

Характеристика основных показателей конструкций опытных скважин-усилителей, испытанных
в различных зонах орошаемого земледелия

Но- мер	Показатель	Ед. изм.	Чуйская доли- на (КиргССР)	Пархаро-Чубекская впадина (ТаджССР)	Ташаузский оазис (ТуркмССР)
1	Мощность покровного мелкозема	м	5-20	5-15	5-9
2	Проницаемость покровного мелкозема	м/сут	0,7-1,0	0,5-3,0	0,6-1,0
3	Проводимость подстилающего слоя	м ² /сут	15-25	15000-35000	250-400
4	Метод бурения		Ручной	Ручной гидроразрывом	Ручной гидроразры- вом
5	Диаметр бурения	м	0,15	0,15	0,15
6	Конструкция водоприемной части		Неармирован- ная полость	Неармированная гра- вийная скважина	Металлическая перфо- рированная труба с сетчатым фильтром
7	Диаметр фильтрового каркаса	м	-	-	0,1
8	Длина фильтровой части	м	3,0	0,1-0,2	5,5-7,8
9	Приведенный дебит	л/с	0,005-0,02	0,5	1,19-1,32

ложняло технологию устройства усилителей, требуя специального рассева материалов существующих карьеров или их перемешивания перед засыпкой, что почти никогда не выполняется, с другой – создавался узкопористый фильтр, обладающий относительно повышенным сопротивлением.

С целью поиска путей дальнейшего повышения водозахватной способности усилителей, на опытно-производственном участке комбинированного дренажа в совхозе им. К.Маркса Каршинской степи испытывались варианты конструкций с толщиной фильтровой обсыпки 0,2 и 0,45 м из смеси с диаметром частиц 5-20 мм.

Работоспособность самоизливающихся скважин испытываемых конструкций изучали путем наблюдений за семью усилителями, устроенными вдоль водоводов Д-6 и Д-7, лишенными искажающего действия вскрытий подстилающего слоя, характерных для остальных дрен опытно-производственного участка в совхозе I4 /I/, и десятью усилителями различного конструктивного сочетания на опытно-производственном участке в совхозе им. К.Маркса /2/. Здесь для сопоставления приводятся фильтрационные сопротивления (табл.2), определенные нами путем обработки наблюдений В.С.Седова по четырем усилителям, испытанным в условиях Ташаузского оазиса.

Фильтрационные сопротивления определялись по рассмотренной ранее методике /2/ путем преобразования формулы Дюпюи

$$Q = \frac{2\pi k m S}{\ln \frac{R}{r_0} + C},$$

где

- km – проводимость водоносной толщи, $m^2/сут$;
- S – понижение, м;
- R – радиус действия скважины, м;
- r_0 – радиус скважины, м;
- C – фильтрационное сопротивление конструкции скважины-усилителя.

Сравнительная оценка работоспособности различных

Т а б л и ц а 2

Сравнительная оценка работоспособности различных конструкций скважин-усилителей

Но- мер	Показатель	Кд. изм.	Ташаузский оазис	Совхоз I4	Каршинская степь	Совхоз им. К.Маркса
1	Мощность покровного мелкозема	м	5-9	3-6	5-15	5-15
2	Проницаемость покровного мелкозема	м/сут	0,6-1,0	0,1-0,4	0,5-2,5	0,5-2,5
3	Проводимость подстилаю- щего слоя	м ² /сут	250-400	150-200	250-400	250-400
4	Диаметр бурения	м	0,15	0,5	0,5	1,0
5	Конструкция водоприемной части		Металлическая перфорирован- ная труба с сетчатым филь- тром	Неметалличе- ская перфори- рованная тру- ба с песчано- гравийным филь- тром с диаметром частей 5-20 мм	Неметалличе- ская перфори- рованная тру- ба с песчано- гравийным филь- тром с диаметром частей 5-20 мм	Неметаллическая перфорированная труба с песчано- гравийным филь- тром с диаметром частей 5-20 мм
6	Приведенный дебит	л/с	1,19-1,32	2,0-1,5	3,0-4,0	3,0-4,5
7	Фильтрационное сопротив- ление		+(6,7÷8,5)	+(0,7÷1,2)	-(1,2÷1,3)	-(0,9÷1,0)

усилителей (см. табл. 2) показывает, что наиболее перспективны конструкции скважин, оборудованных песчано-гравийным фильтром с диаметром частиц 5–20 мм. При этом незначительное расхождение в приведенных дебитах метровых и полуметровых усилителей указывает на нецелесообразность увеличения диаметра бурения более 0,5 м.

Следует отметить, что эти усилители, наряду с высокой работоспособностью, обладают достаточной надежностью конструкции водоприемной части, о чем свидетельствует сохранение исходной глубины и устойчивости скважин в течение всего четырехлетнего периода наблюдений.

Весьма важным для обобщения накопленного опыта устройства усилителей повышенной водозахватной способности является сопоставление установленной и проверенной в натурных и лабораторных условиях контактной устойчивости в двух наиболее ответственных зонах, которыми являются перфорация труб – фильтровая обсыпка; защищаемый грунт – фильтровая обсыпка с имеющимися теоретическими проработками по проектированию фильтровой защиты дренажных сооружений.

Так, исследованиями А.Н.Патрашева, М.П.Павчича, Т.Х.Праведного, Н.И.Хрисанова и др. выявлено, что просыпание частиц контактируемого грунта в перфорацию предотвращается при создании над водоприемными отверстиями сводиков из частиц диаметром равным или большим $0,6$ при ширине щели δ . Причем устойчивое сводообразование достигается при наличии таких частиц в примыкающем грунте в количестве не менее 40%. Отсюда следует, что при устройстве усилителей в грунтах с $d_{60} \geq 0,6\delta \approx 1,8-2,0$ мм можно обходиться без специальной фильтровой защиты.

Исходя из условия наилучшего сводообразования на контакте перфорационных отверстий, минимальный диаметр частиц фильтровой обсыпки, меньше которого частицы будут выноситься при строительной откачке, принимается равным $D_{min} = 1,8$ мм. Максимальные диаметры частиц фильтровой

обсыпки назначаются из условия технологии изготовления гравийного материала в различных зонах мелиоративного строительства и принимаются для мелкозернистых водоносных грунтов в пределах 10–20 мм, среднезернистых 20–30 и для крупнозернистых 30–40. При этом коэффициент неоднородности обсыпки η_{ϕ} , как показал обширный опыт строительства скважин вертикального дренажа, при гравитационном способе ее загрузки должен находиться в пределах 2–5.

Один из главных критериев, определяющих устойчивость водоприемной части скважин по аналогии с вертикальным дренажем – соотношение средних диаметров частиц фильтровой смеси и каптируемых грунтов, выражаемое через межслойный коэффициент $\eta_{\kappa} = \frac{D_{50}}{d_{50}}$. Однако особенность работы скважин-усилителей – небольшие значения скоростей, градиентов и удельных дебитов – при заложении их в хорошо проницаемых породах позволяет снизить требования, предъявляемые к фильтрам вертикального дренажа, расширив диапазоны межслойных коэффициентов /3/, и для крупнозернистых песков рекомендовать

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} = 30-35;$$

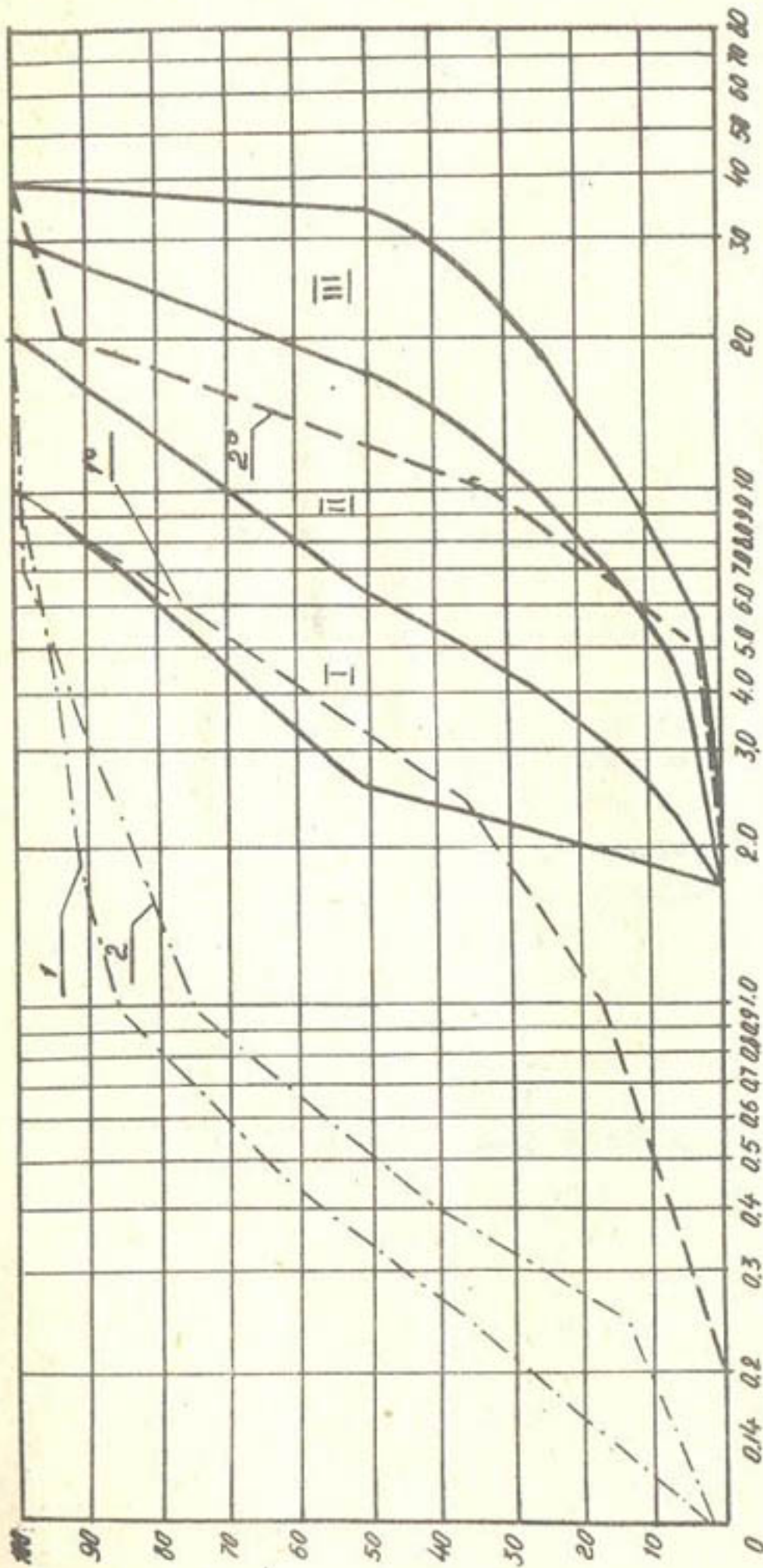
для среднезернистых –

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} = 25-30;$$

мелкозернистых –

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

Анализ указанных материалов и сопоставление их с результатами полевых исследований позволили уточнить и наметить области оптимального состава обсыпок скважин-усилителей повышенной водозахватной способности (рисунок).



фракционный состав водоносных грунтов в совхозах I4 (I) и им. К.Маркса (2), фильтровых обшпок (I⁰ и 2⁰) испытанных усилителей соответствующих опытно-производственных участков, а также рекомендуемые области оптимального состава при устройстве усилителей в мелкозернистых (I), среднезернистых (II) и крупнозернистых (III) песках.

Правильность составленных по результатам полевых исследований рекомендаций можно проверить также из условия непросыпаемости частиц дренируемого грунта в обсыпку расчетом действующего диаметра D_{17} и сравнением его с соответствующим показателем фактической обсыпки.

Так, определив процентное содержание сводообразующих частиц в дренируемом грунте совхоза им. К.Маркса по формуле

$$P_{cr} = 10 \left[(58 - 5) \frac{\eta_r}{\eta_r - 1} \right]^{\frac{1}{x}} = 10 \left(20 \frac{3,3}{2,3} \right)^{0,6} = 10 \cdot 28,7^{0,6} = 75\%,$$

где

B — коэффициент, учитывающий размер пор в зависимости от раскладки частиц грунта обсыпки, $B = 5$;

$\eta_r = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ — коэффициент неоднородности грунта, $\eta_r = 3,3$;

$x = 1 + 1,28 \lg \eta_r = 1 + 1,28 \times 0,52 = 1,665$,
по кривой гранулометрического состава дренируемого грунта установим соответствующий для $P_{cr} = 0,75\%$ диаметр сводообразующих частиц $d_{cr} = 1,0$ мм.

Приняв коэффициент неоднородности фильтра $\eta_\phi = 5$, определим пористость фильтра n_ϕ

$$n_\phi = n_0 - 0,1 \lg \eta_\phi = 0,4 - 0,1 \times 0,7 = 0,33.$$

Здесь

$n_0 = 0,4$ — для гравийно-галечниковых грунтов.

Тогда действующий диаметр фильтра составит:

$$D_{17} = \frac{1}{0,252 \sqrt[6]{\eta_\phi}} \cdot \frac{1 - \eta_\phi d_\phi}{n_\phi} = \frac{1}{0,252 \sqrt[6]{5}}$$

$$\frac{1 - 0,33}{0,33} = \frac{3,05 \times 0,67}{0,33} = 6,2 \text{ мм},$$

что свидетельствует о хорошей согласованности теоретических представлений с результатами наших полевых опытов.

Подбор параметров фильтровой обсыпки должен определяться не только составом водоносной породы, но и гидродинамическими условиями движения воды на контакте защищаемый грунт – фильтровая обсыпка. Поэтому проверку достаточности толщины фильтровой обсыпки при рекомендуемом диаметре бурения проведем установлением оптимальных размеров водоприемной поверхности, исходя из условия сохранения допустимых скоростей в прифилтровой зоне скважин.

Существуют различные предложения оценки допустимых скоростей. Если по мнению одних ученых (В.Гросс, Е.Зихардт, С.К.Абрамов, И.Ф.Володько) определяющими являются размеры частиц водоносных пород или их коэффициенты фильтрации, то по мнению других (С.В.Избаш, Л.И.Козлова, В.М.Гаврилко, Х.И.Якубов) учитываются не только коэффициенты фильтрации пород, но и соотношения расчетных диаметров частиц породы и обсыпки или же ее пор (В.С.Истомина, В.М.Кондратьев, А.Н.Патрашев, В.И.Фоменко). Последняя группа предложений более обоснована, поэтому установление оптимальной толщины обсыпки принятого состава можно выполнять с учетом обеспечения скоростей, не превышающих допустимые по формуле

$$T = \frac{Q}{10000 \cdot K \ell_{\phi}} \left(\frac{D_{50}}{d_{50}} \right)^2 - \gamma_k,$$

где

Q – дебит скважины, м³/сут;

K – коэффициент фильтрации породы, м/сут;

ℓ_{ϕ} – длина фильтра, м;

γ_k – радиус фильтрового каркаса, м.

Подсчеты также подтверждают данные, полученные в полевых условиях.

Л и т е р а т у р а

- И. С е д о в В.С., У м а р о в П.Д. Дренаживание новых земель Каршинской степи. Ж. "Хлопководство", 1977, №12.

2. Умаров П.Д. Оценка фильтрационных сопротивлений конструкции скважин-усилителей с песчано-гравийным фильтром большой толщины. Сб. научных трудов, вып. 160, Ташкент, САНИИРИ, 1980.
3. Духовный В.А., Якубов Х.И., Умаров П.Д., Любар Р.Г. Технология строительства комбинированного дренажа в Каршинской степи и на юге Каракалпакии. Сб. научных трудов, вып. 159, Ташкент, САНИИРИ, 1979.

У.Ю. ПУЛАТОВ, канд. техн. наук
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА НОРМ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДРЕНОУКЛАДОЧНЫХ МАШИН

Эффективность использования техники в строительстве определяется в основном объемом работы, выполняемой в единицу времени. Поэтому от точного выявления производительности машин зависят расчетные значения технико-экономических показателей строительства.

Из существующих видов производительности машин наибольшее применение находит сменная, которая лежит в основе расчета производственных норм и расценок, себестоимости и приведенных затрат на единицу продукции. Этим объясняется большое значение, которое уделяется в технической литературе методике расчета норм выработок машин [1].

В свете сказанного особого внимания заслуживают исследования вопросов расчета производительности дреноукладочных машин, получивших широкое распространение на мелиоративных работах зоны орошения в последние два десятилетия. В настоящей статье излагаются рекомендации автора по основным положениям общей методики расчета норм производительности машин, занятых на прокладке закрытого горизонтального дренажа.

Для строительных машин непрерывного действия, к которым относятся существующие дреноукладчики — траншейные, узкотраншейные (щелевые) или бестраншейные, имеющие активный или пассивный роющий орган, формула сменной производительности $\mathcal{T}_{см}$ имеет вид:

$$\mathcal{T}_{см} = T \cdot V_p^c \cdot K_\delta, \quad (I)$$

где

- T — продолжительность смены, ч;
 V_p^c — средняя (фактическая) рабочая скорость дреноукладчика, м/ч;
 K_δ — сменный коэффициент использования машины по времени.

Теория производительности строительных машин охватывает широкий круг вопросов — конструктивных, технологических, организационных и др., влияющих на выработку машины. Поэтому трудность построения теории производительности состоит не в сложности математического обоснования, а в необходимости учета весьма большего числа факторов, воздействующих на производственный процесс. Причем, влияние этих факторов неодинаково и непостоянно, а величина и количество их может меняться в сравнительно больших пределах, особенно в разнообразных условиях мелиоративного строительства.

Ниже рассматриваются компоненты, составляющие формулу производительности дреноукладчиков и методы их определения, а также факторы, прямо или косвенно влияющие на выработку машин.

Продолжительность смены T . В настоящее время в расчетах среднюю продолжительность смены, исходя из 41-й часовой недели при шести рабочих днях и одном выходном дне принимают равной 6,82 часа; при пяти рабочих днях и двух выходных — 8,2 часа. Исключением являются особо тяжелые и вредные работы, где продолжительность рабочего дня составляет, соответственно, 6 и 7,2 часа. В ряде случаев, например, в периоды, благоприятные для ведения

строительных работ, или при необходимости быстрой прокладки дренажа до начала посевных работ, смена может продолжаться более 7-8 часов с предоставлением отгула в менее напряженный период.

Средняя рабочая скорость дреноукладчика V_p^c . В зависимости от типа роющего органа, параметров разрабатываемой траншеи, категории грунта, мощности двигателя базовой машины и других факторов рабочие скорости дреноукладчиков меняются в больших диапазонах. В табл. I даны основные параметры используемых в зоне орошения дренажных машин.

Т а б л и ц а I

Основные параметры дренажных машин

Тип роющего органа	Глубина траншеи, м	Ширина траншеи, м	Мощность двигателя, кВт	Рабочая скорость, км/ч
Многоковшовый	2,5-4,0	0,6-0,8	55-118	0,01-0,15
Скребовый	2,0-3,0	0,2-0,3	35-70	0,01-0,20
Шнековый	1,6-1,8	0,2-0,3	40-100	0,05-0,20
Плужный (ножевой)	2,0-3,0	0,2-0,3	185-735	0,80-2,50

Дреноукладчики с активными роющими органами многоковшового, скребового или шнекового типа ведут обычно укладку дрен со скоростью 50-65 м/ч (грунт I-II категории, глубина траншеи 2,0-3,0 м). Машины с пассивными рабочими органами прокладывают дрены на больших скоростях - от 800 до 1800 м/ч, в зависимости от числа и мощности тягачей и трудности разработки грунта.

Таким образом, определить численное значение второго компонента формулы (I) - среднюю рабочую скорость машины V_p^c - не представляет большого труда. Для этого паспортная скорость передвижения дреноукладчика V_p умножается на коэффициент K_9 , учитывающий факторы, снижающие паспортную скорость машины, например, в периоды трогания с места и остановок, пробуксовок ходового обо-

дования, т.е.

$$V_p^c = V_p \cdot K_g \quad (2)$$

Значение коэффициента K_g зависит от величины скорости перемещения машины, количества остановок, приходящихся на единицу времени непрерывной работы, и др., и, как правило, находится в пределах 0,90–0,95.

Сменный коэффициент использования машины по времени характеризует долю чистой (непрерывной) работы машины в общей продолжительности смены. Для установления его численного значения составляется сменный режим работы дреноукладочной машины, т.е. выявляется характер распределения рабочего времени в течение смены с указанием доли времени на каждый элемент затрат, связанных с технической и технологической эксплуатацией машины и работой обслуживающего персонала.

Состав затрат времени по элементам сменного режима не меняется и не зависит от продолжительности рабочего дня. Поэтому для всех приведенных выше продолжительностей смен режимы работ дреноукладчиков в структурном отношении не будут различаться. Абсолютные значения этих затрат по элементам режима будут пропорциональны относительному изменению длительности смены /2/.

Структура сменного режима зависит от способа строительства, конструкции дрены, типа дреноукладчика, условий и общей организации работ.

При механизированном труде продолжительность смены в зависимости от занятости машины и обслуживающего персонала можно разбить на 3 группы времени: I – время, когда одновременно работают машина и персонал; II – время, в течение которого работает только персонал, а машина простаивает; III – время, когда простаивает и машина и рабочие.

Первую группу составляют полезные затраты в течение рабочей смены. Это время, в течение которого дреноукладчик строит дренаж, загружается фильтром, переходит с дрены на дренаж, устанавливается в забой и выглуб-

ляется из забоя. Вторая группа складывается из рабочего времени, затрачиваемого на подготовительно-вспомогательную работу как организацию труда бригады и технический уход за машиной, на заправку трубами. Третья группа – время, отводимое на регламентированные перемены. К этой группе отнесены затраты времени на периодический отдых и личные надобности рабочих.

Изложенное выше позволяет следующим образом распределить элементы затрат рабочего времени в сменном режиме работы дренаукладочных машин, занятых строительством закрытого горизонтального дренажа в аридной зоне орошения (табл. 2).

Данные табл. 2 позволяют определить значение коэффициента использования машины в течение смены. Если

$$K_0 = \frac{t_{\text{з.р.}}}{T}, \quad (3)$$

то, подставив в числитель вместо $t_{\text{з.р.}}$ его значение, выраженное через разность продолжительности смены и всех элементов затрат времени, в течение которых дренаукладчик не выдает продукцию, получим

$$K_0 = \frac{T - (t_{\text{з.р.}} + t_{\text{пр.}} + t_{\text{заб.}} + t_{\text{опр.}} + t_{\text{тех.}} + t_{\text{одл.}} + t_{\text{лич.}})}{T} \quad (4)$$

Обозначив компоненты, взятые в скобки, через $\sum t$ и сделав соответствующее преобразование, получим:

$$K_0 = 1 - \frac{\sum t}{T}. \quad (5)$$

Таким образом, расчет сменной производительности дренаукладочных машин по существу сводится к определению величины коэффициента использования их по времени смены. Выявление остальных компонентов, составляющих формулу производительности I – продолжительности смены T и скорости рабочих перемещений V_p^c – не составляет большого труда. Для определения же коэффициента K_0 , как следует из формулы (5), необходимо установить все непроизводительные, хотя и неизбежные затраты времени дренаукладчика.

Т а б л и ц а 2

Состав элементов рабочего времени в сменном
режиме работы дреноукладочных машин

Элементы затрат времени	Условные обозначения
I. Полезная работа	$T_{п.р.}$
1. Чистая работа	$t_{ч.р.}$
2. Загрузка бункера фильтром	$t_{зар.}$
3. Переход с дрены на дрену	$t_{пер.}$
4. Установка в забой и выглубление из забоя	$t_{заб.}$
II. Подготовительно-вспомогательная работа	$T_{п.в.р.}$
1. Работы по организации труда бригады и подготовке к строительному процессу — прием и сдача смены, получение задания, знакомство с объектом работы, установ- ка вех по трассе, заправка машин бухта- ми пластмассовых труб или раскладка короткомерных труб вдоль пути машины и др.	$t_{орг.}$
2. Технический уход за машиной — ежесмен- ный уход, пуск и остановка двигателя, заправка горючим и водой, мелкий ава- рийный ремонт	$t_{тех.}$
III. Регламентированные перерывы	$T_{рег.}$
1. Кратковременный периодический отдых рабочих	$t_{одх.}$
2. Личные надобности обслуживающего персонала	$t_{лич.}$

Определение $t_{згр}$. Время, необходимое на разовую загрузку бункера фильтром $\Delta t_{згр}$, устанавливается опытным путем и зависит от соотношения емкости фильтровых отсеков Q бункера, типа, грузоподъемности и конструкции транспортных средств, занятых на перевозке материала фильтра от приобъектного склада до дренаукладчика (обычно $\Delta t_{згр}$ составляет 25–40 с).

Интервал загрузки ℓ , т.е. протяженность участка дрены, после прокладки которого необходима очередная загрузка дренаукладчика фильтром, можно определить из выражения:

$$\ell = \frac{Q \cdot K_0}{S - 0,785d^2}, \quad (6)$$

где

K_0 — коэффициент, учитывающий остаток фильтра в бункере между загрузками и принимаемый равным 0,9;

S — площадь поперечного сечения дренажной линии, m^2 ;

d — наружный диаметр дренажной трубы, м; при раструбных трубах диаметр умножается на коэффициент 1,05.

Зная протяженность участка дрены ℓ между загрузками фильтром, можно сравнительно точно установить длительность времени чистой работы дренаукладчика $\Delta t_{ч.р.}$ на каждом участке из выражения

$$\Delta t_{ч.р.} = \frac{\ell}{V_p^c}. \quad (7)$$

Не нуждается в доказательстве, что

$$\frac{\Delta t_{згр}}{\Delta t_{ч.р.}} = \frac{t_{згр}}{t_{ч.р.}}. \quad (8)$$

Следовательно, можно записать:

$$t_{згр} = f \cdot t_{ч.р.}, \quad (9)$$

где

f — коэффициент зависимости между затратами времени на загрузку и временем чистой работы дренаукладочных машин.

Так как оба компонента — $t_{\text{з.р.}}$ и $t_{\text{ч.р.}}$ — являются искомыми и на данном этапе неизвестными величинами, обозначим $\sum t - t_{\text{з.р.}} = \sum t'$, тогда

$$T - \sum t' = t_{\text{ч.р.}} + t_{\text{з.р.}} \quad (10)$$

Сделав соответствующие преобразования, получим

$$t_{\text{ч.р.}} = \frac{T - \sum t'}{1 + f} \quad (11)$$

При подключении закрытых горизонтальных дрен к открытому или закрытому дренируемому коллектору конечная (устьевая) часть сооружения на отрезке $C = 30 \div 35$ м прокладывается без фильтра из длинномерных труб, соединенных в стыках наглухо. Для учета этого фактора следует в качестве множителя в формулы (8), (9) и (11) ввести коэффициент K_y :

$$K_y = \frac{L - C}{L}, \quad (12)$$

где

L — длина дрены, м.

Наименьшее численное значение коэффициент f имеет при прокладке дрен траншейными и щелевыми дренаукладчиками ($f = 0,06 \div 0,07$), а наибольшее — при прокладке дрен бестраншейными дренаукладчиками ($f = 0,7 \div 0,8$). Поэтому проблема безостановочной загрузки дренаукладчиков фильтром требует быстрого разрешения для машин, имеющих высокие рабочие скорости передвижения и простой под загрузкой фильтром до 80% времени чистой работы.

Определение $t_{\text{прх.}}$. Эксплуатация дренажной техники связана с периодической перебазировкой ее с дрены на дрину. При этом доля времени на переходы в общей продолжительности смены зависит от многих факторов: длины дре-

ны L , междренного расстояния B , состояния пути передвижения, величины рабочих V_p и транспортных V_x скоростей машины, конструктивного исполнения дре-ноукладчика и др.

Существующие нормы на строительство дрен траншей-ными дреноукладчиками ЭД-3,0 отводят на перебазировку машин с объекта на объект 10% рабочего времени, исходя из условий перевозки бункера дреноукладчика на специаль-ных санях, выполнения операций по погрузке и разгрузке автомобильным и тракторным краном.

Не оспаривая обоснованности доли отводимого на пе-ребазировку дреноукладчиков времени, равного $0,1 T$, следует отметить тот бесспорный факт, что величина $t_{прх.}$ для каждого типа дреноукладчика должна устанавливаться дифференцированно в зависимости от абсолютных значений отмеченных выше факторов и их соотношений.

Определение $t_{заб.}$. Используемая на строительстве закрытого горизонтального дренажа техника имеет большие габариты, например, длина дреноукладчика ЭТЦ-406 — 19150 мм, высота — 8760 мм при массе 45 т. Вследствие этого процесс установки машин в забой и вывода из забоя требует затраты некоторого, определенного для одной дрены, количества рабочего времени, которое нужно учи-тывать при расчете выработки машины в смену.

Абсолютные значения времени, необходимого для вы-полнения начальной и конечной операций по строительству одной дрены $\Delta t_{заб.}$, определить сравнительно несложно. Трудность решения задачи заключается в установлении чис-ла прокладываемых машиной за рабочую смену дрен n , так как

$$t_{заб.} = n \cdot \Delta t_{заб.} \quad (13)$$

Расчет обобщенных величин выработок дреноукладочных машин для условий строительства, идентичных условиям Голодной и Джизакской степей, можно вести, принимая зна-чения $n = 0,4-0,5$ для траншейных и щелевых дреноук-ладчиков и $n = 2-2,5$ для бестраншейных.

При определении производительности машин с целью составления норм выработок и расценок на механизированное строительство закрытого горизонтального дренажа значения Π необходимо дифференцировать по длине дрен, междренному расстоянию и другим факторам.

Определение $t_{\text{орг.}}$. Затраты времени на организацию труда бригады дренаукладочного комбайна вызываются непроизводительными, но нужными операциями, без которых практически нельзя осуществить ни один механизированный строительный процесс. Это прием и сдача смены, если работа ведется в 2 или 3 смены; временная консервация дренаукладчика при односменной работе на период отсутствия обслуживающего машину персонала; знакомство с трассой и участком работы; изучение чертежей и установок проекта производства работ; получение и сдача нарядов на работу; составление различных заявок и оформление их; раскладка труб вдоль трассы и т.д.

В технической литературе отсутствуют единые и обоснованные данные о величине затрат времени на организацию труда бригады дренаукладочного комбайна. Если предположить, что длительность этого элемента времени сменного режима взять аналогично длительности его у одноковшовых экскаваторов, занятых в ирригации, то время на организацию труда бригады можно принять равным $t_{\text{орг.}} = 35-40$ мин. В дальнейшем, численное значение $t_{\text{орг.}}$ требует уточнения и корректировки на практике, в зависимости от общего уровня организации работ на строительстве.

Определение $t_{\text{тех.}}$. Затраты времени на техническое обслуживание машины характеризуются коэффициентом γ_o :

$$\gamma_o = \frac{T - t_{\text{тех.}}}{T} \quad (14)$$

При этом величина коэффициента γ_o зависит от таких факторов, как количество узлов и механизмов, нуждающихся в ежесменном обслуживании; доступности расположения мест, требующих обслуживания и сложности операций; применяемого инструмента и инвентаря, а также организации технического обслуживания. Факторы, характеризующие

отрасль строительства и вид работы, в данном случае не влияют на длительность выполнения работ по техническому обслуживанию (заправка, запуск, смазка, регулирование механизмов). Значения коэффициента γ_0 для различных марок одноковшовых экскаваторов колеблются в пределах от 0,88 до 0,93.

Если принять, что по сложности обслуживания дренажно-укладочные машины можно приравнять к одноковшовым экскаваторам, то, подставив значения γ_0 в преобразованную формулу (12)

$$t_{\text{тех}} = T(1 - \gamma_0), \quad (15)$$

нетрудно найти численные значения $t_{\text{тех}}$ для каждой продолжительности смены.

Определение $t_{\text{отх}}$ и $t_{\text{лиз}}$. Регламентированные перерывы $T_{\text{рег}}$ включают в себя периодические кратковременные паузы в работе, когда персонал, обслуживающий машину, отдыхает или занят личной гигиеной и удовлетворением личных надобностей.

Продолжительность перерывов, связанных с периодическим отдыхом рабочих $t_{\text{отх}}$, зависит от множества факторов и определить степень влияния каждого из них расчетом или экспериментальным путем из-за отсутствия специальной методики практически невозможно. Такие показатели, как трудоемкость и сложность выполнения операций по управлению машиной, производственные и климатические условия протекания механизированного труда, удобство расположения рычагов и педалей управления, степень обзорности и освещенности участка работы, возраст и физическое здоровье рабочего и т.п., далеко не одинаково сказываются на утомляемости рабочего и, следовательно, на продолжительности потребного отдыха.

Современная теория и практика технического нормирования труда в строительстве, не давая метода решения вопроса, который учитывал бы все или основные факторы, влияющие на утомляемость рабочего, рекомендуют величину затрат времени на регламентированные перерывы

$T_{\text{рег.}} = t_{\text{одх.}} + t_{\text{мч.}}$ принимать в зависимости от профессии рабочих. Численное значение $T_{\text{рег.}}$ для машинистов экскаваторов установлено в размере 10% от нормы затрат труда или нормы времени.

Для механизированного строительства дренажа численное значение $T_{\text{рег.}}$ по аналогии с экскаваторными работами можно с достаточной для практических расчетов точностью принять равным $(0,1 \div 0,07) T$. При этом большая продолжительность перерыва принимается в сменном режиме работы бестраншейных дреноукладчиков, где процесс прокладки дрен проходит на высоких скоростях перемещения машины, а меньшая — при расчете производительности траншейных и щелевых дреноукладчиков, имеющих незначительные рабочие и холостые скорости.

Рекомендуемые выше методы определения элементов непроизводительных затрат рабочего времени дреноукладочных комбайнов $\sum t$ и $\sum t'$ позволяют установить время чистой работы техники $t_{\text{ч.р.}}$ и численные значения коэффициентов использования машин в течение смены K_8 . Зная эти компоненты, нетрудно по приведенным выше формулам (1) и (2) рассчитать норму производительности дреноукладчиков.

Предлагаемая автором методика расчета норм производительности дреноукладочных машин является одной из первых попыток разработать единый научно обоснованный подход к решению задачи, который в отдельных деталях может трансформироваться в значительных пределах в зависимости от конкретных производственных и организационных условий ведения работ, конструктивного исполнения прокладываемых дрен и используемых машин, применяемых материалов и способов строительства. Ближайшей очередной задачей является выявление характера и степени влияния этих факторов на производительность дреноукладочных машин.

Л и т е р а т у р а

1. П у л а т о в У.Ю. Классификация и обоснование видов производительности одноковшовых экскаваторов. Труды САНИИРИ, вып. 113, Ташкент, 1967.
2. П у л а т о в У.Ю. Сменные режимы работы строительных одноковшовых экскаваторов в ирригации и методика их расчета. Ташкент, Изд. "Фан", 1969.

В.И.БАТОВ
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

И.Б.ГУСАРЕВИЧ
(Голодноостепстрой)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ БЕСТРАНШЕЙНОГО ДРЕНАЖА

В настоящее время строительство дренажа бестраншейным способом ведется высокими темпами. Только подразделениями Глав-оредазирсовхозстроя на землях Голодной, Джизакской и Каршинской степей ежегодно вводится в эксплуатацию более 400 км дренажа.

Вскрытие дрен показало, что при строительстве дренажа бестраншейным способом дрена по вертикали располагается с отклонениями ± 10 см, а иногда и более.

С целью установления причин появления отклонений были проведены исследования на опытном участке площадью 50 га, расположенном между оросителем З-У-22 и коллектором З-К-1 в хлопсовхозе З Мехнатабадского района Сырдарьинской области.

Величину отклонений и их количество определяли при помощи инструментов. После подготовки спланированной трассы наблюдатель с нивелиром располагался в начале трассы (в нашем случае на бровке коллектора). В процессе укладки дрены за положением её по вертикали наблюдали по рейке, закрепленной на рабочем органе дреноукладчика. Определение по рейке контрольного отсчета, точно соответствующего проектному уклону, производили следующим образом.

В начале трассы нивелир приводили в горизонтальное положение. От оси инструмента отмеряли лентой 100 м. В этой точке устанавливали рейку и брали отсчет A_1 . Отсчет по рейке, соответствующий уклону $0,002$, $- A_2 = A_1 + 20$.

Микрометрическим винтом уровня визирную ось трубы устанавливали на отсчет A_2 (в этом положении наклон визирной оси точно соответствует проектному уклону дрены). Затем со стороны коллектора или через заходный шурф рабочий орган залубляли на проектную глубину и по закрепленной на нем рейке брали контрольный отсчет A_3 .

В процессе укладки дрены отклонение визирной оси трубы от контрольного отсчета A_3 соответствует отклонению дрены по высоте от ее положения по проекту.

С момента начала движения дреноукладчика до его полной остановки для заправки бункера песком отсчеты по рейке велись с интервалом 0,6 – 1 м. Одновременно измеряли расстояние и продолжительность движения дреноукладчика между заправками, что позволяло определять скорость укладки дрены между заправками. По результатам нивелирования построены продольные профили дрен (рис. 1;2).

Математическая обработка материалов нивелирования методом наименьших квадратов показала, что суммарные среднеквадратичные отклонения дрены по высоте относительно проектных отметок не превышают ± 11 см. Отклонения подчиняются нормальному закону распределения с коэффициентом корреляции 0,89–0,98.

По некоторым дренам кривая нормального распределения находится от оси абсцисс на некотором расстоянии (рис. 1^б). Причина отклонения дрены по высоте – неудовлетворительная подготовка корыта (отклонения вида "а"). При этом на продольном профиле дрены можно выделить несколько участков длиной от 100 до 150 м, уклоны которых отличаются от проектного в 1,5 – 2 раза. Встречаются участки и с обратным уклоном. Этот вид отклонений имеет плавную амплитуду с длиной волны до 300 м. У дрен с хорошо подготовленным корытом кривая нормального распределения имеет вид, представленный на рис. 2^б.

На отклонения вида "а" накладываются те, которые вызваны рабочим органом дреноукладчика – отклонения вида "б". Число последних с амплитудой 5–11 см не превышает 40 на дренах. Между ними находятся более мелкие отклонения с амплитудой от 2 до 4 см и длиной волны от 3 до 5 м.

Если отклонения вида "а" легко исключить, выполняя более тщательно планировку корыта скрепером, то дать предложения по уменьшению величины отклонений вида "б" в настоящее время не представляется возможным, так как причины, их вызывающие, установлены лишь предположительно.

Наряду с отклонениями по вертикали отметок дрены от проекта, полевыми наблюдениями также были вскрыты отрицательные стороны в конструкции бестраншейной дрены и в технологии ее укладки. Остановимся на самых существенных.

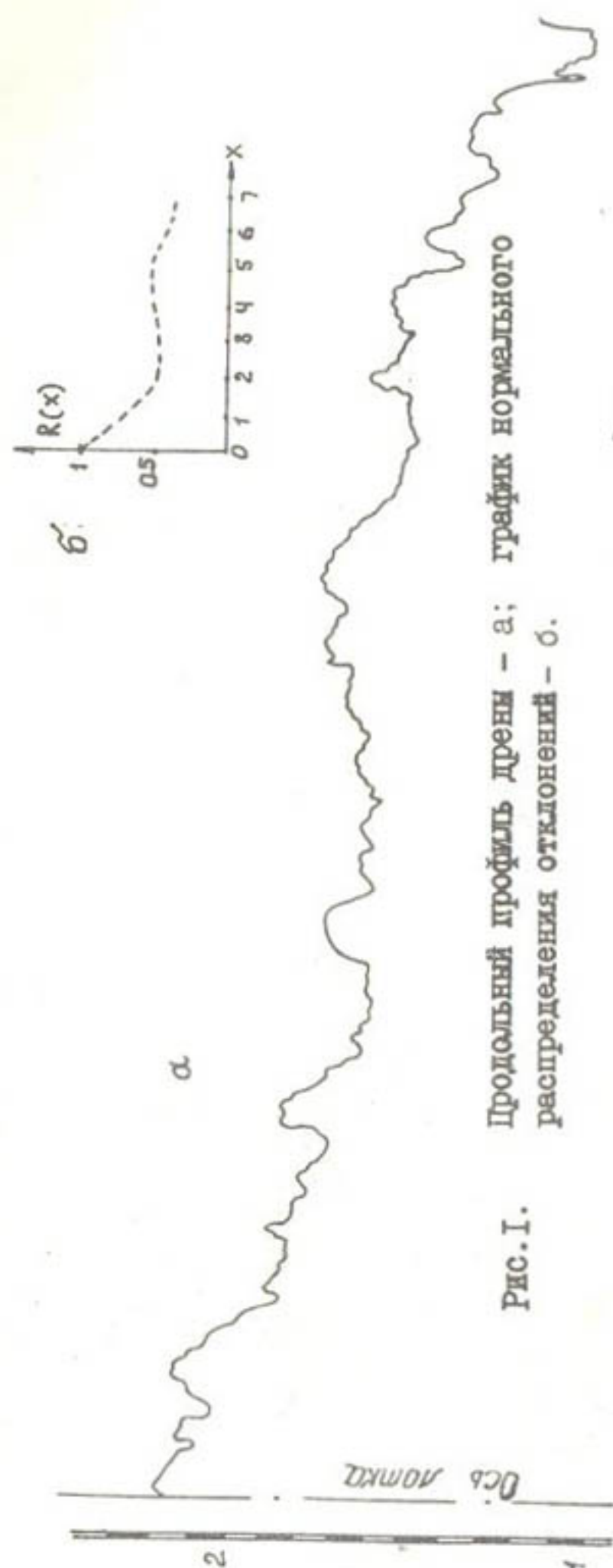


Рис. 1. Продольный профиль дрен - а; график нормального распределения отклонений - б.

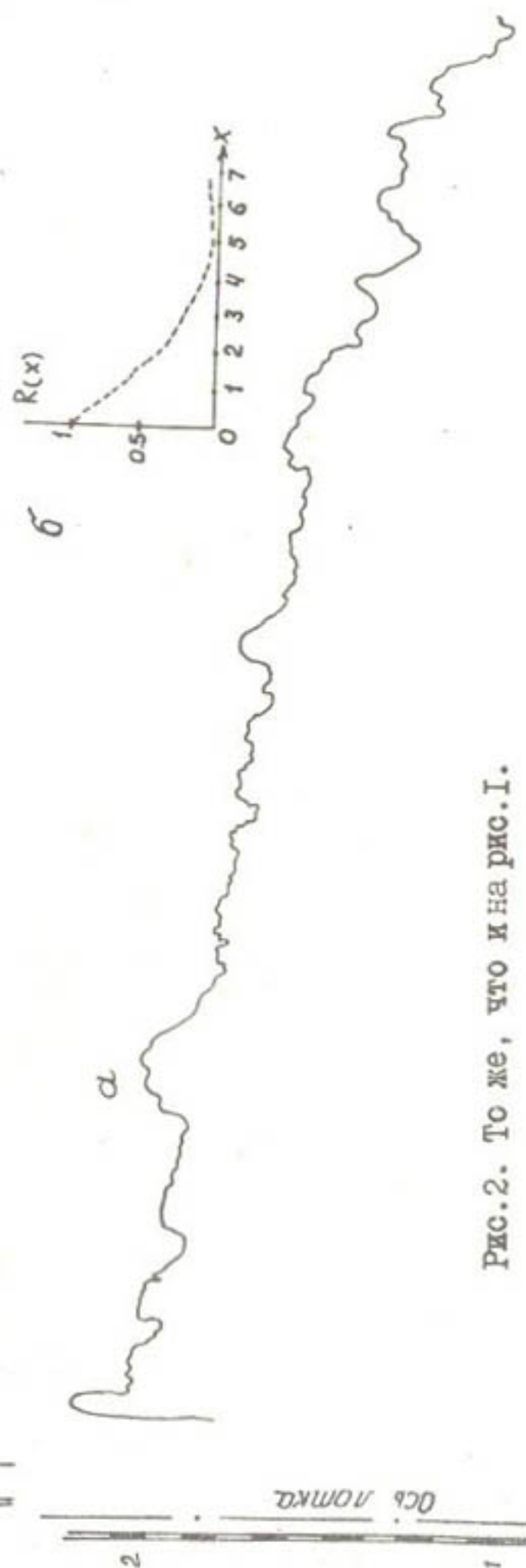


Рис. 2. То же, что и на рис. 1.

I. Высокая скорость укладки

Исследования, проведенные в хлопсовхозе 7 Ильичевского района Сырдарьинской области (ВНИИГим, Голодностепстрой, 1973) показали, что оптимальной скоростью, при которой геометрические размеры фильтровой обсыпки соответствуют проектным, является скорость 15 м/мин.

В настоящее время скорость укладки находится в пределах 30 – 40 м/мин, т.е. в два и более раза превышает оптимальную. При таких скоростях фильтр вокруг трубы укладывается неравномерно. Не исключается также наличие на дрене участков с полным отсутствием фильтра. В таких случаях нарушается одно из самых главных преимуществ бестраншейного дренажа – неразрывность дренажной линии.

В местах разрыва фильтра дренажная труба полностью или частично заилется; в результате часть дрены, расположенная от места разрыва фильтра в сторону истокового колодца, или совсем выключается из работы, или работает ниже своих возможностей.

2. Низкое качество фильтровой обсыпки

Эффективность работы бестраншейного дренажа во многом зависит от качества фильтра. На опытном участке использовалась песчано-гравийная смесь Илансайского карьера, по гранулометрическому составу и фильтрационным свойствам соответствующая ГОСТ на природные сыпучие материалы, используемые в качестве фильтра в горизонтальном дренаже.

Анализы показали, что песчано-гравийная смесь, находящаяся на приобъектном складе, содержит гравелистые фракции ϕ более 20 мм в количестве 5 – 8 %, а содержание мелких частиц ϕ менее 0,005 мм превышает 20 %.

Применять указанную смесь в бестраншейном дренаже можно лишь после ее предварительной подготовки: из смеси должны быть исключены фракции ϕ более 20 мм, а содержание частиц ϕ менее 0,1 мм, согласно существующим нормам, не должно превышать 10%. Без предварительной подготовки песчано-гравийной смеси из приобъектного склада нельзя также обеспечить ее равномерное просыпание из бункера в дренажную полость и, следовательно, невозможно гарантировать проектные размеры фильтра.

При диаметре дренажных труб 63 и 75 мм, имея в бункере дреноукладчика 1 м^3 качественной песчано-гравийной смеси, можно уложить 12,5 м дрена, учитывая при этом, что полное опорожнение бункера во избежание разрывов фильтра и оголения трубы допускать нельзя. По нашим наблюдениям, почти на каждой дрене существует два или три участка, на которых 1 м^3 фильтра расходуется на строительство отрезка дрена длиной 20 – 26 м.

Контроль за качеством укладки фильтра можно осуществлять, загружая в самосвал, подвозящий песчано-гравийную смесь, строго дозированное ее количество (например 2 м^3). С этим количеством фильтра можно построить 25 м дрена. Местоположение заправок по трассе дрена фиксируется колышками. Отклонение расстояния, фактически пройденного дреноукладчиком, от приведенного выше более чем на 1 м в сторону увеличения будет указывать на то, что геометрические размеры фильтровой обсыпки меньше проектных или на то, что на дренажной линии существуют участки без фильтра.

3. Недостаточное уплотнение дренажной щели после укладки дрена

Многочисленные вскрытия дрена в хлопсовхозе 7, выполненные нами после завершения их строительства, показали, что от верха фильтра до точки смыкания стенок имеется полость высотой 10–15 см; иногда она заполнена рыхлым грунтом. С увеличением высоты полости растет вероятность прямого попадания инфильтрационной воды в дрена.

При вскрытии дрена на опытном участке высота полости находилась в пределах 50–60 см, что свидетельствует о недостаточном уплотнении щели, выполняемом после укладки дрена, для грунтовых условий рассматриваемого района.

В различных грунтовых условиях необходимое число проходов может быть разным. Зависит оно и от положения грунтовых вод в момент строительства. Для каждого конкретного массива число проходов следует устанавливать опытным путем. То же можно сказать и о выборе скорости трактора ДЭТ-250: если уровень грунтовых вод находится ниже отметки заложения дрена, то скорость уплотнения должна быть минимальной; при высоком их положении — максимальной.

4. Несовершенство конструкции истоковой части дрены

По существующей технологии строительства бестраншейного дренажа каждая дрена состоит из трех участков:

- первый – устьевая (транспортирующая) часть, где труба, обернутая полиэтиленовой пленкой, укладывается без фильтра; длина устьевой части 32 м;
- второй – рабочая часть дрены длиной 400 м;
- третий – истоковая часть дрены или участок выглубления рабочего органа длиной от 7 до 10 м; этот участок выполняется без фильтровой обсыпки, а также защиты трубы полиэтиленовой пленкой.

Если в момент укладки дрены уровень грунтовых вод (УГВ) находится ниже отметки её заложения, то никакой опасности для истоковой части дрены в это время нет. С подъемом УГВ фильтрационные градиенты в области дрены резко возрастают. Величина их значительно превышает значения фильтрационной прочности грунтов, и в области дрены создается, так называемая, активная зона выпора и суффозии. При промывке, когда грунтовые воды выходят на поверхность, как показывают расчеты и лабораторные опыты /2/, мы имеем максимальную величину придренной зоны, в которой градиенты фильтрационного напора значительно превышают критические по фильтрационной прочности грунтов. Под действием фильтрационных градиентов связный грунт начинает отслаиваться от стенок полости и через отверстия перфорации с фильтрационной водой проникает в дренажную трубу, не защищенную ни фильтром ни полиэтиленовой пленкой.

Для предотвращения заиливания дрены в истоковой части мы предлагаем на участке выглубления рабочего органа отрезок дренажной трубы длиной 15 м укладывать без перфорации, а при наличии последней – обертывать трубу полиэтиленовой пленкой.

5. Нерациональное размещение истокового колодца

По данным многолетних наблюдений за работой бестраншейного дренажа, сама дренажная линия отличается высокой надежностью в работе. Дрена выходит из строя главным образом из-за повреж-

дения истоковых колодцев и устьевых сооружений.

Следует отметить, что истоковый колодец на рассматриваемом участке расположен так, что строителям мешает выполнять нарезку и разравнивание валиков; при освоении земель он мешает механизмам выполнять вспашку и обработку почвы. Кроме того, вокруг колодца растет сорная растительность.

Чтобы уберечь истоковый колодец от разрушения, СНИИРИ было предложено (протокол технического совещания Главсредазирсовхоз-строя от 19 сентября 1977 г.) устраивать его рядом с лотковой трассой. Для проверки этого предложения на опытном участке нами было построено пять опытных дрен. Как показали наблюдения, на новом месте колодец не мешает строительным механизмам выполнять нарезку и разравнивание валиков; с увеличением длины дрены на 20 м и более хорошо промывается площадь от лоткового оросителя до места прежнего расположения колодца, которая ранее промывалась неудовлетворительно; при весенней вспашке не был поврежден ни один колодец.

В ы в о д ы

— При бестраншейной укладке дрен отмечаются два вида отклонений их по вертикали:

вызванные неудовлетворительной подготовкой коры-
та и
рабочим органом дреноукладчика.

— Средняя скорость укладки дрен составляет 30–40 м/мин, что в два и более раз превышает оптимальную — 15 м/мин.

— Используемая в качестве фильтра песчано-гравийная смесь из приобъектного склада не может применяться в бестраншейном дренаже без предварительной подготовки. При этом из смеси необходимо удалить фракции диаметром более 20 мм, а содержание частиц диаметром 0,1 мм довести до 10%.

— Участок вытупления рабочего органа длиной 15 м, где труба не защищена фильтром, необходимо выполнять из труб без перфорации, а при наличии перфорации трубу необходимо обертывать полиэтиленовой пленкой.

— Расположение истокового колодца рядом с лотковой трассой дает возможность уберечь колодец от разрушения; за счет удлине-

ния дрены на 20 м обеспечить более качественную промывку земель; облегчить работу строительных и сельскохозяйственных механизмов; исключить на поле очаги появления сорной растительности; повысить эксплуатационную надежность бестраншейного дренажа.

Л и т е р а т у р а

1. Духовный В.А. Горизонтальный дренаж орошаемых земель. М., "Колос", 1979.
2. Мурашко А.И., Защита дренажа от заиливания. Минск, Сапожников Е.Г.. "Ураджай", 1978.
3. Инструкция по проектированию оросительных систем, ч. УШ. Дренаж на орошаемых землях (ВСН II - 8 - 74).

В.В.ХЕГАЙ
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

Н.С.КОЗУБ
(Голодисотепстрой)

НАДЕЖНОСТЬ ДРЕНАЖА, ПОСТРОЕННОГО РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ

В аридной зоне СССР развитая дренажная сеть впервые построена на целинных землях новой зоны орошения Голодной степи. Протяженность закрытого дренажа здесь составляет более 18 тыс. км. Основная часть его построена механизированным и полумеханизированным способами.

Применение того или иного способа строительства дренажа зависит от глубины залегания уровня грунтовых вод. При уровне залегания их 3-4 м от поверхности земли и более применяется механизированный метод, основанный на использовании дреноукладчиков, выполняющих одновременно рытье траншеи, а также укладку фильтра и дренажных труб. Обратную засыпку производят бульдозером.

В условиях высокого залегания уровня грунтовых вод дрены строят методом "полки" - полумеханизированный способ. При этом

одноковшовый экскаватором отрывают траншеидальную выемку с перебором дна дрени на 0,3-0,5 м против проекта для понижения уровня грунтовых вод, затем в одном из откосов дрени вручную устраивают полку, на которую укладывают фильтровую обсыпку и трубу. Засыпку производят бульдозером сначала со стороны неиспользованного откоса, затем - с противоположной/1/.

Дренаж, построенный двумя способами, эксплуатируется более 10 лет. Опыт эксплуатации позволяет оценить тот или иной способ строительства с позиции теории надежности. Такая оценка проводится с целью сравнения показателей надежности различных способов строительства закрытого дренажа и последующего выбора оптимальных сроков и методов дренирования земель в зависимости от режима уровня грунтовых вод.

Для выявления наиболее надежного способа строительства проведен анализ работоспособности дрен, имеющих одинаковые параметры: конструкции - трубы керамические и гончарные в круговой обсыпке толщиной 15 см агальского и илансайского карьеров;

год ввода в эксплуатацию - 1966, 1967;

количество исследуемых дрен - 150 шт.;

время эксплуатации - 10 лет.

Количественные характеристики надежности закрытого дренажа, построенного разными способами, - вероятности безотказной работы $P(t)$ и отказа $Q(t)$, поток отказов $\omega(t)$ - определены до первого отказа /2/ (табл. I, 2; рисунок).

Т а б л и ц а I

Характеристики надежности закрытого дренажа,
построенного механизированным способом

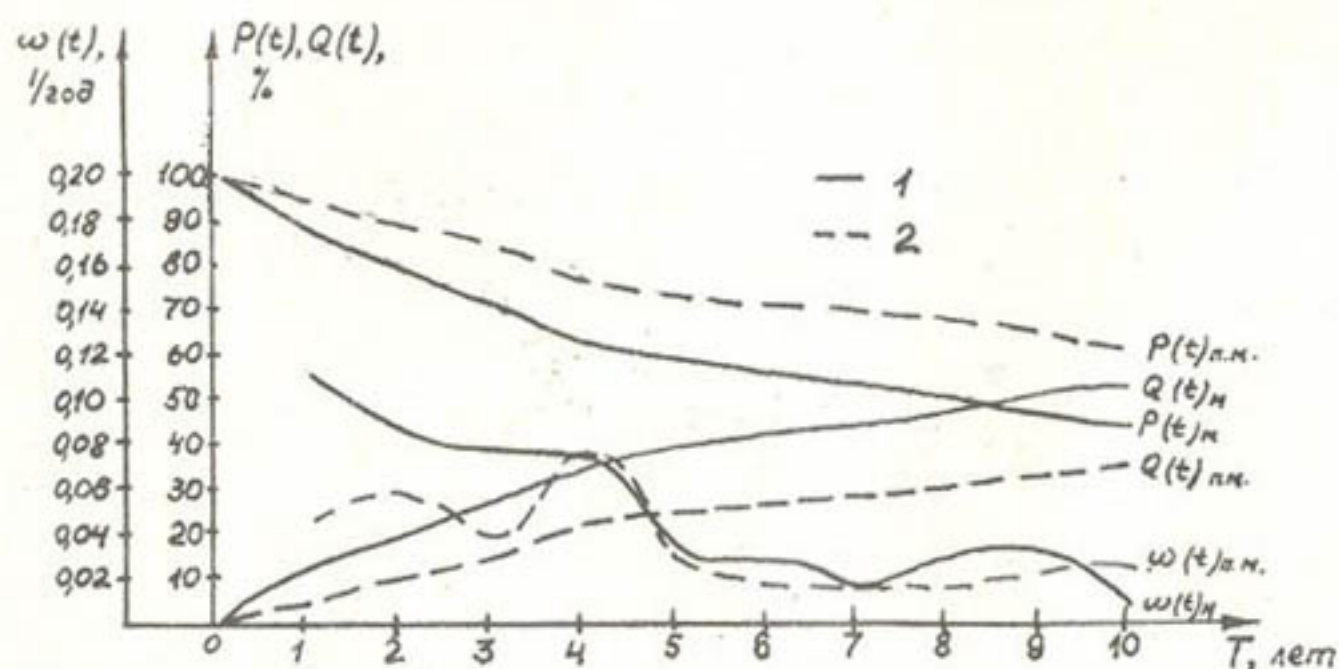
Число лет эксплуата- ции	Количество отказавших дрен		$P(t)$, %	$Q(t)$, %	$\omega(t)$, 1/год
	за год	за время экс- плуатации			
1	17	17	88,67	11,33	0,113
2	13	30	80,00	20,00	0,087
3	12	42	72,00	28,00	0,08
4	12	54	64,00	36,00	0,08
5	5	59	60,67	39,33	0,033
6	5	64	57,33	42,67	0,033
7	3	67	55,33	44,67	0,02
8	5	72	52,00	48,00	0,033

I	:	2	:	3	:	4	:	5	:	6
9		6		78		48,00		52,00		0,04
10		2		80		46,67		53,33		0,013

Т а б л и ц а 2

Характеристики надежности закрытого дренажа, построенного полумеханизированным способом

Число лет эксплуатации	Количество отказавших дрена		$P(t)$, %	$Q(t)$, %	$\omega(t)$, 1/год
	за год	за время эксплуатации			
1	7	7	95,34	4,66	0,047
2	9	16	89,33	10,67	0,06
3	6	22	85,33	14,67	0,04
4	12	34	77,66	22,34	0,08
5	4	38	74,66	25,34	0,027
6	3	41	72,67	27,33	0,02
7	3	44	70,67	29,33	0,02
8	3	47	68,67	31,33	0,02
9	4	51	66,00	34,00	0,027
10	4	55	63,33	36,67	0,027



Распределение характеристик надежности закрытого дренажа, построенного разными способами: 1 — дренаж построен механизированным способом; 2 — то же, полумеханизированным.

Наработка на отказ дрен, уложенных механизированным и полумеханизированным способами, соответственно равна

$$T_{\text{ср}}^{\text{м}} = 10,34 \text{ лет},$$

$$T_{\text{ср}}^{\text{пм}} = 14,34 \text{ лет}$$

Коэффициенты надежности закрытого дренажа составляют: готовности -

$$K_{\text{T}}^{\text{м}} = 0,896,$$

$$K_{\text{T}}^{\text{пм}} = 0,922;$$

простоя -

$$K_{\text{п}}^{\text{м}} = 0,104,$$

$$K_{\text{п}}^{\text{пм}} = 0,078;$$

профилактики -

$$K_{\text{пр}}^{\text{м}} = 0,116,$$

$$K_{\text{пр}}^{\text{пм}} = 0,084.$$

Сравнивая количественные характеристики надежности закрытого дренажа, построенного разными способами, можно сделать следующие выводы:

- надежность дренажа, построенного полумеханизированным способом, выше, чем при применении механизированного метода;
- значительное количество отказов дрен происходит в первые три года - период приработки дренажа. Однако если при полумеханизированном способе построения количество отказов дрен составляет 14,67% от общего их числа, то при механизированном - 28%. После трехлетней эксплуатации дренажа наступает период нормальной работы, характеризуемый снижением и стабилизацией потока отказов (см. рисунок).

- из предыдущего заключения вытекает, что для повышения уровня надежности дренажа, построенного механизированным способом, и приближения его к надежности дренажа, уложенного полумеханизированным способом, в период приработки необходимо снизить количество отказов дрен.

Интенсивный выход из строя дренажа, построенного механизированным методом, в начальный период эксплуатации вызван главным образом деформационными явлениями обратной засыпки. При

траншейном способе плотность обратной засыпки меньше, чем у материка, вследствие чего вода при поливах, прорываясь на над-дренную полосу, промывает рыхлый грунт обратной засыпки и зачастую разрушает не только ее, но и фильтр, и трубы, размывая одновременно устье.

Работы по защите закрытых дрен, построенных механизированным методом, от эрозии проводились в отделе организации и механизации водохозяйственных работ САНИИРИ /3/. Выведено, что наибольшая эффективность по защите закрытых дрен от эрозии достигается при тупиковом методе строительства дрен с комбинированной замочкой грунта обратной засыпки.

Применение указанной технологии уплотнения обратной засыпки в практике строительства закрытого дренажа будет способствовать повышению его надежности.

Л и т е р а т у р а

1. Д у х о в н ы й В.А. Горизонтальный дренаж орошаемых земель. М., "Колос", 1979.
2. М и р ц х у л а в а Ц.Е. Надежность гидромелиоративных систем. М. "Колос", 1974.
3. П у л а т о в У., А б р а р х о д ж а е в А., А ф а н а с ь - е в Э., К о р ш у н о в Е., Противоэрозионная защита закрытых горизонтальных дрен. "Гидротехника и мелиорация", 1980, №7.

Г.В.БАТУРИН, канд.техн.наук,

Н.И.ГОРОШКОВ

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЗАКРЫТЫХ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

В системе инженерно-мелиоративных мероприятий на подверженных засолению землях важное место отводится искусственному дренированию. К настоящему времени на целинных землях Голодной, Джизакской, Шерабадской и Каршинской степей построено около 25 тыс.км закрытого горизонтального дренажа. Постепенно этот тип дренажа находит все большее применение и на староорошаемых землях Узбекской ССР. По проработкам САНИИРИ, в перспективе протяженность закрытого горизонтального дренажа должна превысить 100 тыс.км.

Строительство закрытого горизонтального дренажа требует значительных капитальных вложений (10-20 и более руб/пог.м), поэтому особую актуальность приобретают вопросы его долговечности и эксплуатационной надежности.

Как показывают обследования технического состояния закрытого горизонтального дренажа, проведенные МММВХ УзССР, МСХ УзССР, Главселекхозуправлением, САНИИРИ и другими организациями, существующие конструктивные решения дренажной сети не всегда обеспечивают безотказность ее работы, в результате чего издержки на эксплуатацию довольно высоки (10...20 руб/га).

Нельзя признать удачными существующие конструкции и схемы размещения смотровых колодцев на орошаемом поле. Практика показывает, что смотровые колодцы, предназначенные в качестве вспомогательных средств для эксплуатации закрытой коллекторно-дренажной сети, довольно часто являются причиной выхода ее из строя.

При проведении сельскохозяйственных работ смотровые колодцы являются дополнительным препятствием на орошаемом поле и часто разрушаются сельскохозяйственной техникой. Кроме того, нередки случаи сброса поверхностных вод в смотровые колодцы, вследствие чего происходит засорение и заиление их, влекущее за собой снижение работоспособности дрен вплоть до выхода их из строя.

По данным обследования МСХ УзССР (1976 г.), в 14 совхозах новой зоны орошения Голодной степи из среднего имеющегося по каждому хозяйству числа смотровых колодцев 1070 штук разрушено

около 25%, то есть только в этих совхозах общее количество разрушенных смотровых колодцев составляет около 3600 штук.

Нашими исследованиями установлено, что на правильно запроектированных, качественно построенных и нормально эксплуатируемых закрытых дренах заиливание их трубчатой полости и отстойников смотровых колодцев наблюдается только в первые 2-4 года работы дрен при максимальных проектных нагрузках (орошение надренных полос, промывки), вследствие происходящего естественного процесса формирования фильтра. В дальнейшем работа водоприемной части дрен стабилизируется, после чего смотровые колодцы утрачивают свое назначение и остаются лишь источником возможного повреждения дрен.

Поэтому по истечении указанных сроков необходимо проводить профилактические промывки дрен, а также переустраивать колодцы в герметично потайные и располагать их ниже поверхности земли на 0,4-0,6 м.

В настоящее время возможность переустройства смотровых колодцев имеется на дренажных системах совхозов № I, 6, 7 и других хозяйств новой зоны орошения Голодной степи, где колодцы располагаются часто по длине дрен (через 150-300 м) и выполнены из метровых железобетонных колец. Следует также переосмотреть конструкцию смотровых колодцев из цельных 4-метровых блоков, с точки зрения необходимости их дальнейшего переустройства.

На существующих и вновь проектируемых системах закрытого горизонтального дренажа принято расположение истоковых (начальных) смотровых колодцев первичных дрен и собирателей в 20-30 м от оросительной сети. В последние годы истоковые смотровые колодцы выполняются из асбестоцементных труб небольшого диаметра (300-400 мм), что не позволяет применять дреноукладочную машину ЦДТ-125. На наш взгляд, более целесообразно либо располагать истоковые колодцы непосредственно около оросительной сети, либо (в условиях современной оросительной системы) отказаться от истокового колодца в старом понимании и подключать трубчатую линию дрен с помощью соответствующей арматуры непосредственно к лотковой сети или закрытым трубопроводам.

Данные изменения позволят предотвратить разрушение истоковых колодцев сельхозмашинами, а также заменить проведение промывок трубчатой полости дрен дренопромывочными машинами ЦДТ-125

на профилактические промывки. Расположение истоковых колодцев по существующей и предлагаемой схемам приведено на рис. 1.

Несомненным достоинством профилактических промывок являются оперативность и возможность проведения их силами мелиоративной службы хозяйства в любой период года. Они имеют и большое практическое значение, так как позволяют предотвратить уплотнение илистых отложений в трубчатой линии дрен, в состав которых входят и гипсообразующие соли. Как показывают проведенные исследования, содержание солей в отложениях увеличивается во времени, особенно это относится к ионам SO_4^{--} (рис. 2). Суммарное же содержание ионов Ca^{++} и SO_4^{--} определяет прочность наилка, его сопротивление механическому и гидродинамическому воздействию. Прочность наилка четвертого года отложения превышает, примерно, в 3 раза тот же показатель наилка первого года.

Прочностные характеристики образцов наилка в зависимости от содержания катионов и анионов ($Ca^{++} + SO_4^{--}$) приводятся на рис. 3. Как видно из рис. 3, при увеличении содержания Ca^{++} и SO_4^{--} в наилке прочность его значительно повышается, следовательно, ухудшаются условия очистки дрен, что влечет за собой увеличение усилий и затрат на очистку.

Опытно-производственная проверка эффективности профилактических промывок ряда дрен проведена в совхозах № 6 и I^а в Голлодской степи. Сравнение зависимостей расхода от действующих напоров для дрен I^а-Д-153 и I^а-Д-154 в совхозе I^а до и после проведения промывок показывает, что после промывок при одних и тех же напорах расход дрен увеличивается в 2-3 раза (при $H_p = 0,5$ м с 0,1 до 0,29 и с 0,3 до 0,62 л/с соответственно для дрен I^а-Д-153 и I^а-Д-154). При этом дренажи обеспечили проектную норму осушения.

Таким образом, своевременное удаление наилка из полости дрен, которое осуществляется путем пропуска воды через истоковый колодец, позволяет избежать дорогостоящих промывок с помощью агрегата ПДТ-125.

Очевидно, что капитальные вложения в строительство или реконструкцию существующей дренажной сети при расположении начальных колодцев около оросителей или подключении к ним несколько возрастут (по укрупненным показателям, примерно, на 200...300 руб. по каждой дрене, в зависимости от варианта расположения). Однако будет получена экономия средств от снижения эксплуатаци-

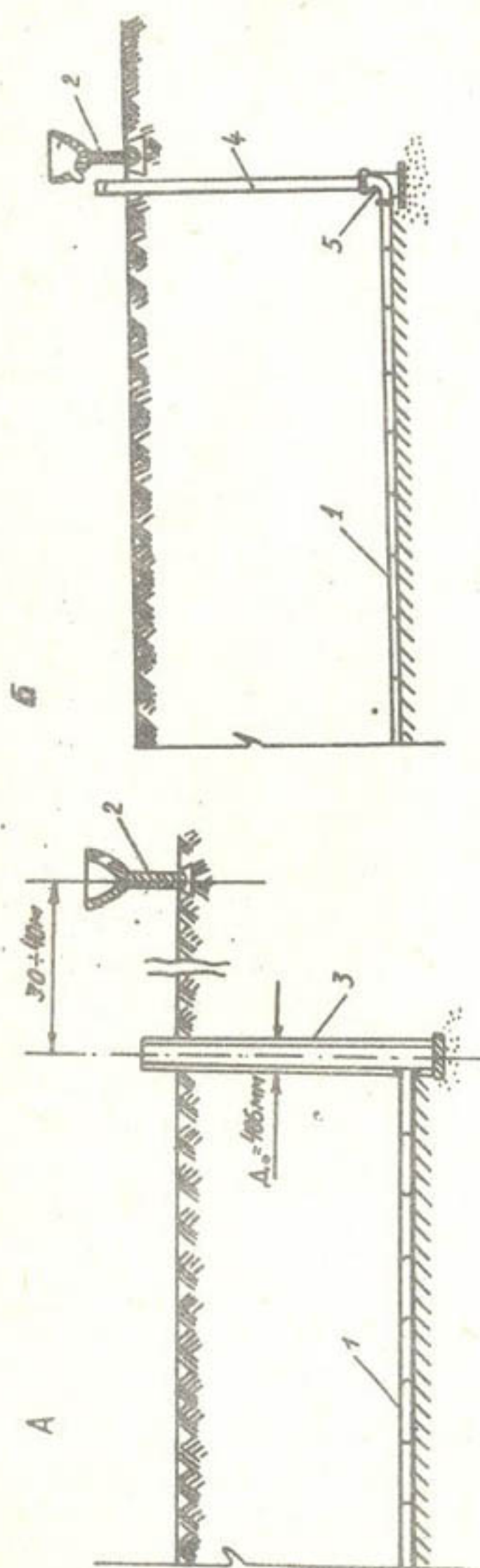


Рис. 1. Схемы размещения истоковых колодцев:

а) существующая, б) рекомендуемая,

1 — дренажный трубопровод; 2 — лоток; 3 — начальный колодец; 4 — асбестоцементная или пластмассовая труба; 5 — сопрягающее колесо (раструбные соединения зачеканиваются)

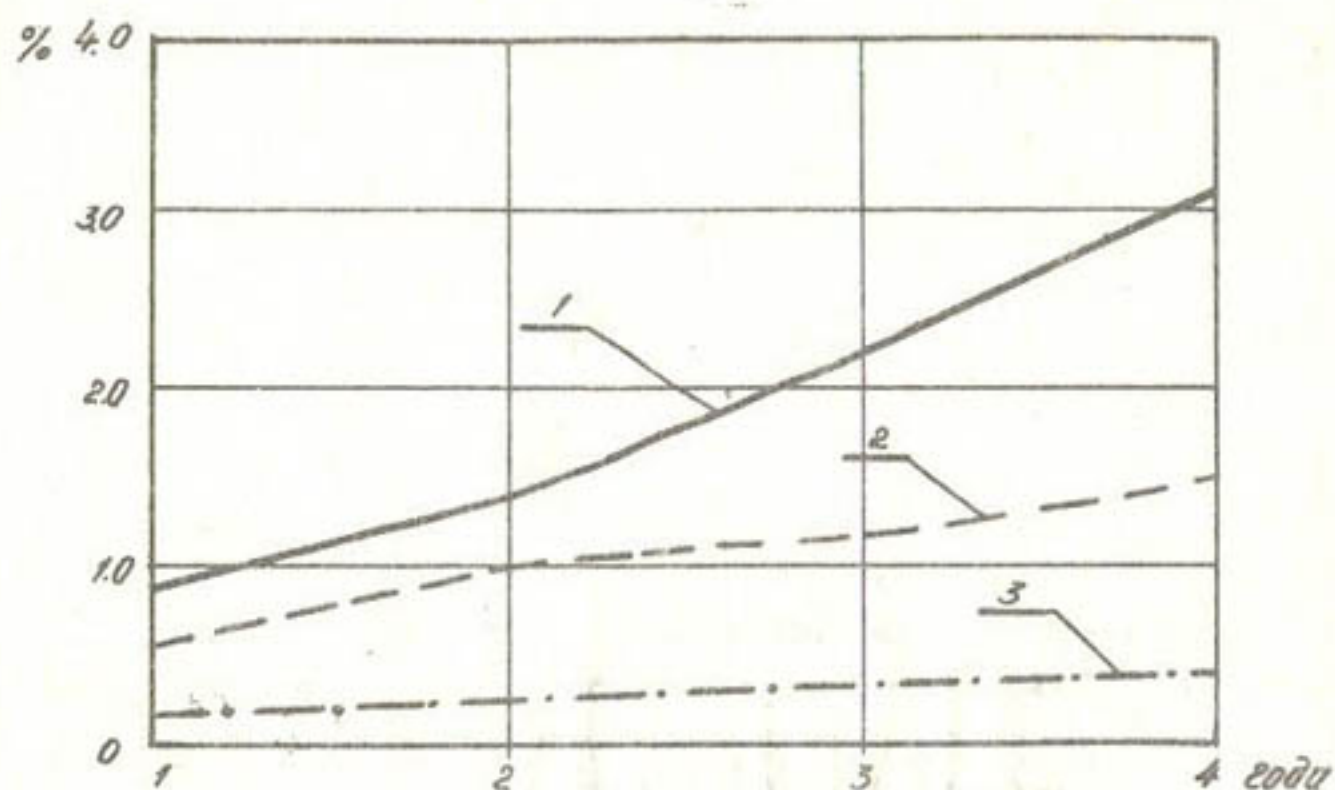


Рис. 2. Содержание солей в образцах отложений в зависимости от продолжительности эксплуатации дрена: 1- плотный остаток ; 2- катион SO_4^{--} ; 3- анион Ca^{++} .

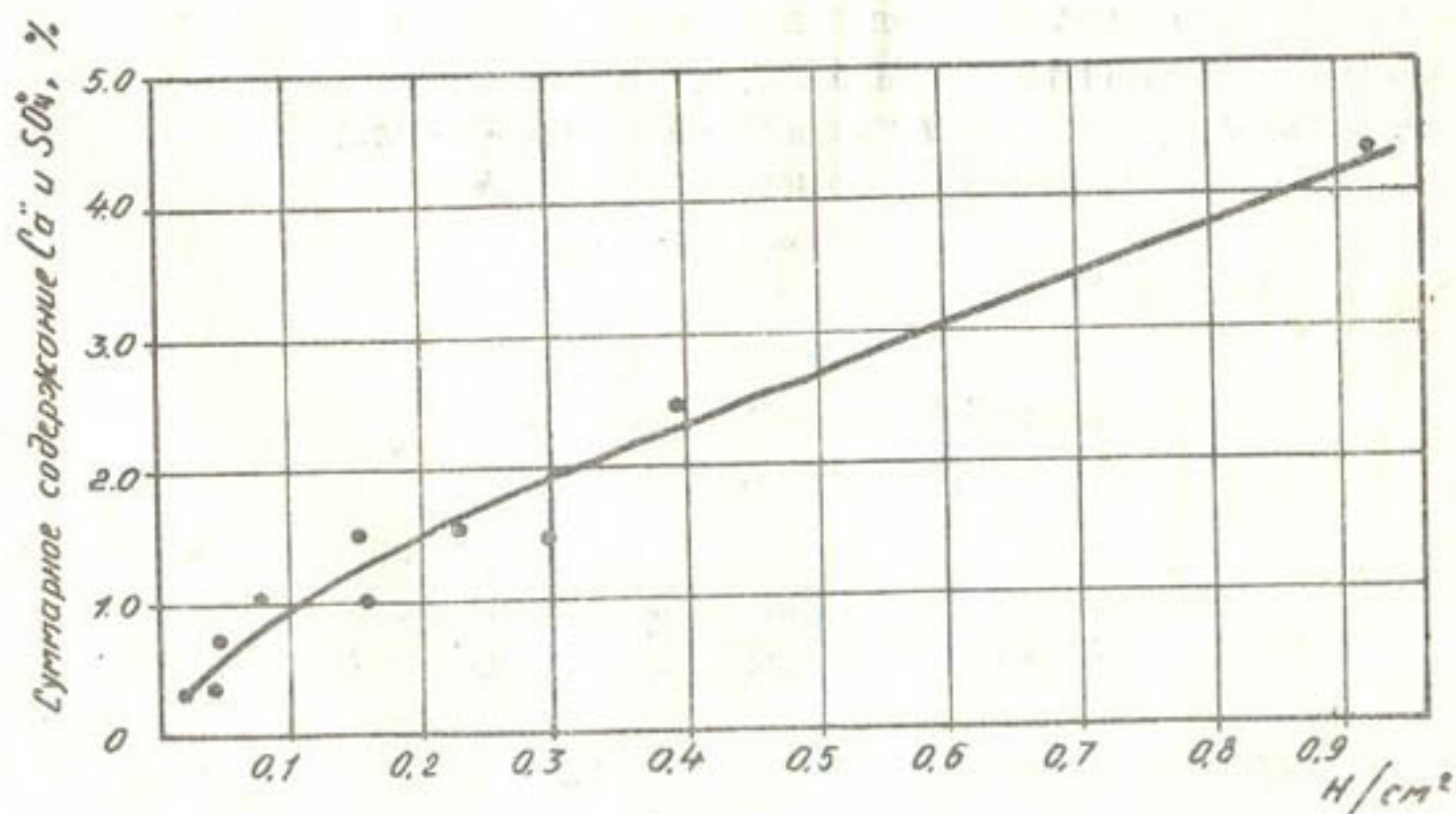


Рис. 3. Кривая зависимости предела прочности образцов на раздавливание от суммарного содержания Ca^{++} и SO_4^{--} .

онных затрат. По данным "Голодноостепстроя", стоимость промывки I м дрены агрегатом ПДТ-125 составляет I руб. 45 коп., т.е. при средней протяженности дрен 400 м общие затраты на промывку достигают 580 руб. на дренах. При применении профилактических промывок отпадает необходимость в проведении промывок с помощью агрегата ПДТ-125, а ориентировочный экономический эффект составит 230-380 руб. на одну дренах.

Кроме того, в настоящее время на внутривосхозяйственной оросительной сети не предусмотрены сооружения для пропуска катастрофических и эксплуатационных сбросов воды в коллекторно-отводящую сеть (например, в новой зоне орошения Голодной степи). В результате чего сбросы часто осуществляются по поверхности земли и при этом резко ухудшается техническое состояние коллекторной сети. Размещение начальных колодцев непосредственно у оросителей позволит в случае необходимости производить организованный пропуск воды в коллектора без каких-либо повреждений.

В заключение отметим, что осуществление рекомендуемых предложений в перспективе даст еще дополнительный экономический эффект, пока трудно поддающийся расчетам, за счет улучшения культуры землепользования и повышения производительности сельскохозяйственных механизмов; незначительного повышения КЗИ; повышения сохранности открытой коллекторно-дренажной сети и стабильности работы закрытых горизонтальных дрен.

Т. ДЖАЛИЛОВА

(САНИИРИ им. В. Д. Журина)

Г. С. БАШИРОВА, канд. биол. наук

(Ин-т микробиологии)

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЬМАТАЖА СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

На производительность скважин вертикального дренажа особо влияет физико-химический кольматаж в водоприемной части скважин.

Процессы химического кольматаж, происходящие в при-фильтровых зонах скважин, интенсифицируются биологической деятельностью бактерий, которые в различных видах присут-

ствуют во всех водоносных породах и подземных водах.

Процессы биологического кольматажа скважин более подробно проанализированы в условиях гумидной зоны. Известный микробиолог С.И. Кузнецов классифицировал все организмы, способные осаждать железо-марганцевые компоненты из подземных вод, на четыре основные группы [1].

I группа - железо-марганцевые бактерии, которые составляют *Leptothrix ochracea*, *Gallionella*, *Siderocapsa* и др.

II группа - ряд гетеротрофных организмов из рода *Cladophila*, покрытых слизистой оболочкой, способной адсорбировать из раствора окисные или закисные соединения, пропитывать их гидратом окиси Fe или Mn.

III группа - организмы *Siderocapsa treibii*, способные использовать органические соединения гуматов железа.

IV группа - представители высшей водной растительности и нитчатых водорослей, т.е. *Conferva*, которые встречаются в коллекторно-дренажной сети Голодной степи [2].

В водозаборных скважинах европейской части СССР наблюдаются железисто-марганцевые отложения солей, где определенную роль играет развитие вышеуказанных микроорганизмов, обусловленных наличием в подземной воде не только компонентов железа и марганца, но и значительного содержания растворенного органического вещества.

Размножение железобактерий тесно связано с химическим составом pH, ОВП или Eh подземных вод, который отражает соотношение растворенных в воде окисляющих-восстанавливающих веществ. Железобактерии преимущественно развиваются в кислых водах при $pH < 7$.

Биологические исследования условий развития бактерий и других микроорганизмов в зависимости от минерализации откачиваемых вод в прифилтровых зонах скважин вертикального дренажа проводились в староорошаемой зоне Голодной степи.

По общей минерализации откачиваемых вод рассматриваемую зону Голодной степи можно характеризовать тремя гидрохимическими типами /3/.

К первому типу относятся подземные воды гидрокарбонатного типа, со слабой минерализацией откачиваемых вод — до 3,0 г/л, в состав которых входят в основном ионы CO_3^{2-} , HCO_3^- , частично Cl^- и SO_4^{2-} , распространенные в Шурузякском массиве.

Второй тип — сульфатный или гидрокарбонатно-сульфатный. К нему относятся солоноватые воды с минерализацией от 3 до 5 г/л. Данный тип характерен для откачиваемых вод из скважин хозяйств "Баяут", "Коммунизм", "Коммуна", "Большевик", "Победа" и др. В откачиваемых водах из скважин этих хозяйств преобладают ионы сульфата — $1,399 \pm 2,304$, гидрокарбоната — $0,084 \pm 0,183$ и хлора — $0,50 \pm 1,10$ г/л.

Третий тип — это сульфатные или хлоридно-сульфатные воды, характерные для подземных вод Сардобинского и Джетысайского массива. Здесь повышенная минерализация откачиваемых вод — более 5 г/л, т.е. вода соленая. Такие воды с повышенной минерализацией и преобладанием ионов сульфата от 2,4 до 4,4 г/л и хлора от 0,66 до 2,14 г/л встречаются на территории хозяйств — "Новый путь", "Пахтаарал", им. Ленина, "Красный луч", "Узбекистан", "Славянский", "Джетысайский" и др.

Биологические анализы для всех типов воды проводились в лабораторных условиях. Одновременно изучалась биологическая активность, интенсивность накопления коагулирующих отложений в фильтре и прифильтровой зоне, развитие коррозионных процессов путем отбора проб (твердых осадков) из фильтра и водоподъемных труб, а также проводили исследование химического состава откачиваемых вод.

Физико-химические анализы показывают, что для всех типов откачиваемых вод Голодной степи характерно практическое отсутствие развития ионов железа, марганца и биогенных веществ. На основе биологических анализов

твердых осадков, отобранных с поверхности фильтра, насоса и труб, доказано, что обнаруженные организмы в скважинах Голодной степи не характерны для систем водозаборных скважин европейской части Союза ССР.

Результаты биологического исследования показывают, что высокие концентрации сульфатно-хлоридных компонентов и отсутствие железа задерживают развитие железоразрушающих и других групп организмов. Обнаруженные микроорганизмы не участвуют в образовании кольматажа железистыми и карбонатными отложениями, так как встречаются они очень редко и не характерны для химического состава кольматажа скважин.

Таким образом, в условиях Голодной степи процессы химического кольматажа скважин главным образом связаны с процессом карбонатизации и коррозионными явлениями фильтров и прифильтровых зон. Отсюда конструкция и методы восстановления дебита эксплуатационных скважин вертикального дренажа должны подбираться с учетом физико-химических свойств подземных вод.

Л и т е р а т у р а

1. Г а в р и л к о М.В., А л е к с е е в В.С.
Фильтры буровых скважин. М., "Недра", 1976.
2. Э р г а ш е в А.С. Флора водорослей коллекторно-дренажной сети Голодной степи и ее значение.
Ташкент, Изд-во "Фан", 1968.
3. Д ж а л и л о в а Т. Особенности кольматажа скважин вертикального дренажа в зависимости от минерализации откачиваемых вод. Сб. научных трудов САНИИРИ, вып. 160, Ташкент, 1980.

А.У. УСМАНОВ, канд.сельхоз.наук

Р.И. ПАРЕНЧИК

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

СХЕМАТИЗАЦИЯ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ
ОБОСНОВАНИЯ СОВЕРШЕННЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА
ЗЕМЛЯХ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ОРОШЕНИЯ (на примере Цен-
тральной Ферганы)

Мелиорация засоленных и подверженных засолению земель Центральной Ферганы осуществляется в основном с помощью открытого горизонтального дренажа. Анализ накопленных материалов показывает, что до настоящего времени значительные площади находятся в неблагоприятном мелиоративном состоянии. Это объясняется, с одной стороны, недостаточностью существующей коллекторно-дренажной сети, с другой — ее несовершенством.

В то же время гидрогеологические условия позволяют широко внедрять в этом районе вертикальный, комбинированный и закрытый горизонтальный дренаж с несомненно более высокими техническими параметрами. Эффективность таких совершенных систем для отдельных частей Ферганской долины доказана исследованиями САНИИРИ, Средазгипроводхлопка, Узгипроводхоза и других проектных и научно-исследовательских организаций.

В последние годы в целях регулирования водного и солевого режимов орошаемых земель, получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур широкое распространение получили системы вертикального дренажа. В Центральной Фергане и на примыкающих к ней территориях Ферганской долины построены и находятся в постоянной эксплуатации 461 скважина вертикального дренажа и 1721 скважина "на воду".

Наиболее крупной является система вертикального дренажа Кувинского и Багдадского районов, построенная для перехвата подземного потока и осушения орошаемых земель и поселков района. Следует отметить, что большин-

ство построенных скважин расположены в зоне площадного и руслового выклинивания грунтовых вод и выполняют задачи осушения сельскохозяйственных угодий.

Ведется строительство и закрытого горизонтального дренажа. В Ферганской области построено 44,2 км дрен и 13,3 км находится в стадии строительства. Практически весь этот дренаж расположен на участках экспериментальных исследований. Строительство закрытого горизонтального дренажа, как и вертикального, осуществляется по разрозненным проектам. Поэтому назрела необходимость проведения комплексных исследований по обоснованию совершенных типов дренажа и его размеров для всей территории Центральной Ферганы.

Проектированию совершенных дренажных систем, равно как обоснованию любых составляющих комплекса мелиоративных мероприятий, должна предшествовать схематизации природно-хозяйственных условий. Один из видов схематизации — районирование, т.е. выделение на территории отдельных частей, имеющих идентичные условия. При этом в каждом конкретном случае принципы и таксономическая схема районирования должны соотносываться с требованиями конечной задачи.

На современном этапе развития мелиоративной науки районирование, отвечающее поставленной задаче, называется инженерно-мелиоративным. Схема инженерно-мелиоративного районирования для земель существующего орошения должна обеспечить основу:

- для определения видов и объемов необходимого комплекса мелиоративных мероприятий,
- организационно-техническую для реализации комплекса мероприятий на территории, а также определить очередность их выполнения,
- для планирования и организации надежной эксплуатации всей гидромелиоративной системы, включая контроль за мелиоративным состоянием орошаемых земель и рациональным использованием мелиорируемых земель и водных ресурсов,

— для планирования мероприятий по ограничению водоподачи в оросительных системах и внутрисистемного использования минерализованных дренажных и подземных вод на орошение и промывки в условиях маловодья.

В зависимости от масштаба районирования и реализации всех или отдельных требований строят таксономическую схему. основополагающим при этом должно быть первое требование, так как осуществление комплекса мелиоративных мероприятий связано с единовременными крупными капиталовложениями.

Инженерно-мелиоративному, как правило, предшествуют другие виды районирования, основными из которых являются почвенно- и гидрогеолого-мелиоративное. Существуют много методов каждого из указанных видов районирования; принципы их широко освещены в работах Д.М.Каца, Н.В.Роговской, Н.Н.Ходжибаева, А.А.Рачинского, Н.А.Федорова, Ю.А.Розанова, В.А.Ковды, В.М.Дегостаева и др.

Не останавливаясь на принципах выделения таксономических единиц различных видов районирования, для решения конкретной задачи совершенствования существующих мелиоративных систем за основу мы приняли положения Д.М.Каца (гидрогеолого-мелиоративное районирование), Б.В.Федорова и В.Р.Шредера (почвенно-мелиоративное районирование) и А.А.Рачинского (инженерно-мелиоративное районирование).

В соответствии со сформулированными требованиями инженерно-мелиоративное районирование базируется на природных, организационно-технических основах реализации мелиоративных мероприятий.

Нами предлагаются следующие таксономические единицы по природным основам в пределах одного бассейна:

— водохозяйственный район, характеризующийся идентичными климатическими условиями, ландшафтом, геоструктурой.

В пределах каждого водохозяйственного района выделяются инженерно-мелиоративные области, характеризую-

щиеся необходимостью проведения мелиоративных мероприятий: не требующие искусственного дренажа (А), требующие искусственного дренажа (Б) и земли, исключаемые из контура орошения (В).

В свою очередь в каждой области " Б " можно выделить инженерно-мелиоративные районы, характеризующиеся сложностью проведения мероприятий:

І - район, требующий несложного комплекса мелиоративных мероприятий,

ІІ - район, требующий сложного комплекса мелиоративных мероприятий,

ІІІ - район, требующий очень сложного комплекса мелиоративных мероприятий.

Комплекс мелиоративных мероприятий для земель старого орошения включает в себя совершенствование гидромелиоративных систем (переход на более совершенные типы дренажа), обеспечивающих благоприятный мелиоративный режим; мероприятия по регулированию водно-солевого режима орошаемых земель (капитальные или профилактические промывки, влагозарядковые поливы и др.); мероприятия по мелиорации слабопроницаемых гипсоносных и других с плохими водно-физическими свойствами почв (рыхление, глубокая вспашка, внесение химвелиорантов и др.). В зависимости от потребности того или иного состава мероприятий определяется степень сложности мелиоративного комплекса.

Каждый инженерно-мелиоративный район можно разделить на мелиоративные участки, характеризующиеся общностью почвенных, гидрогеологических и мелиоративных условий (литологическим и геофильтрационным строением, степенью освоенности, наличием дренажных систем и др.).

В пределах указанной единицы районирования определяются состав и объем мероприятий во всех возможных вариантах решения проблемы мелиорации земель. Выделение таксономических единиц инженерно-мелиоративного районирования по природным основам целиком базируется на гидрогеолого-почвенно-мелиоративном районировании. Процесс

выделения облегчается наличием в рассматриваемых видах районирования эквивалентов.

Так, эквивалентом водохозяйственного района является провинция в гидрогеолого-мелиоративном районировании по Кацу; инженерно-мелиоративной области — геоморфологические комплексы; инженерно-мелиоративного района — зоны по дренированности при гидрогеолого-мелиоративном районировании по Кацу; и области при почвенно-мелиоративном районировании по Федорову и Шредеру.

Мелиоративный участок определяется сочетанием идентичных почвенно- и гидрогеолого-мелиоративных условий, а следовательно, эквивалентом его могут быть самые низкие единицы того или другого вида районирования. Самой крупной единицей инженерно-мелиоративного районирования по организационно-техническим основам может быть принят бассейн реки. Последний делится на водохозяйственные районы, в которых, в свою очередь, выделяются крупные ирригационные системы или группы их; они и определяют организационно-технические основы и очередность реализации намечаемых мероприятий. В этом звене самая низкая единица — водоотведение. Она определяется зоной обслуживания отдельных крупных магистральных коллекторов, транспортирующих дренажно-сбросные воды до водоприемника. В случае чрезмерно большой площади обслуживания магистрального коллектора, ее можно разбить на подсистемы более низкого порядка.

При реализации положений по инженерно-мелиоративному районированию на конкретной территории Центральной Ферганы мы пытались использовать максимум накопленных к настоящему времени исследовательских данных.

Основой почвенно-мелиоративных условий явилась карта, составленная институтом "Средазгипроводхлопок". Уточняя ее, по имеющимся материалам многолетних исследований, мы пришли к выводу, что в пределах рассматриваемой территории область "Б" не должна выделяться.

Граница между областями "Б" и "В" является весьма условным разделением по интенсивности водообмена в пределах одной области "Б". Несколько уточнены границы отдельных районов и подрайонов.

Большой объем работ выполнен при схематизации территории гидрогеолого-мелиоративному районированию, особенно по двум основным факторам: фильтрационному строению и величине подземного водообмена, которые легли в основу инженерно-мелиоративного районирования.

В качестве исходных материалов для анализа нами использованы фактические материалы изысканий ПМСТ, Узгипровхоза, Средазгипровхозлопка, наблюдений службы мелиорации Ферганского ОблУОС, исследований гидрогеологических и метеорологических станций, а также Ферганской экспедиции САНИИРИ, данные НПО "Узбекгидрогеология".

На основе исследований выполнено районирование территории Ферганской котловины по типовым геофильтрационным схемам (А.У.Усманов, В.Н.Нейман). Под геофильтрационной схемой понимается часть геоморфологически определенной территории с присущим ей литологическим разрезом и определенными гидрогеологическими параметрами основных литологических разностей. При этом за условный водоупор или отдельный пласт, согласно исследованиям В.М.Шестакова и А.Я.Олейника (1966), принимались породы или комплекс пород, коэффициент фильтрации которых меньше, чем у водопроницающего пласта на порядок. Водоносные горизонты с близкими значениями коэффициентов фильтрации объединялись в единый слой.

Выполненная проработка является первой как с позиции отсутствия таковых для всей рассматриваемой территории, так и детальности и глубины фильтрационных резервов (100 м и более). Районирование территории по геофильтрационному строению 100-метровой толщи отвечает требованиям проектирования всех видов дренажа, возможных в рассматриваемых природных условиях Центральной Ферганы.

Большое внимание уделено вопросу схематизации территории по величине подземного водообмена. Это связано с отсутствием таких проработок не только для всей территории Центральной Ферганы, но и для отдельных ее частей, что затрудняет обоснование любых мелиоративных мероприятий и, в первую очередь, дренажных.

Величину питания грунтовых вод за счет напорного вертикального перетока определяли в основном по данным пьезометрических наблюдений И.Г.Иваненко и сопоставляли с данными водно-балансовых исследований, выполненных для отдельных частей рассматриваемой территории (С.Каимов, К.Я.Опрышко, М.М.Махкамов и др.).

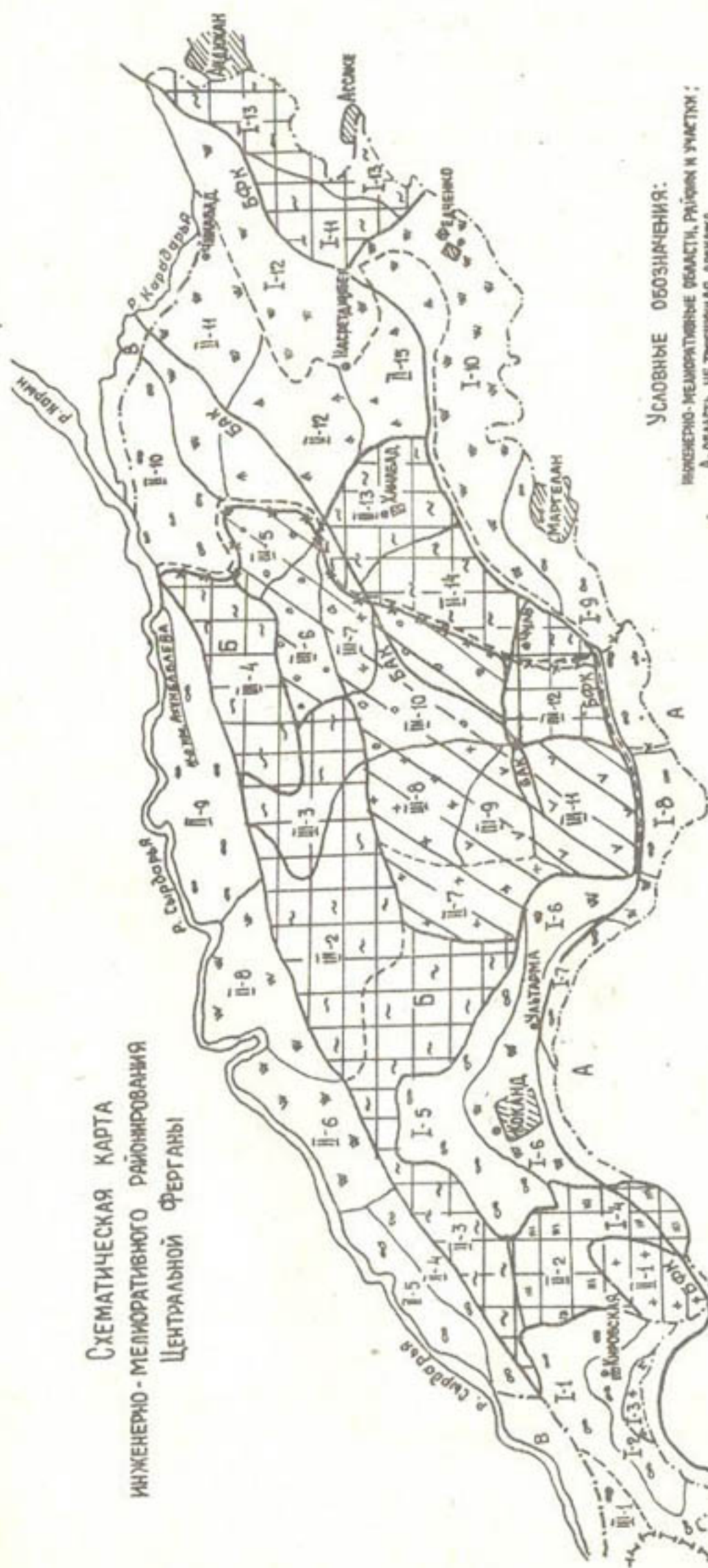
В результате обобщения выполненных расчетов и материалов ранее проведенных исследований нами построена схематическая карта питания грунтовых вод за счет вертикального перетока на подстилающих напорных водоносных горизонтах для территории Центральной Ферганы.

С учетом выполненных проработок и уточнений в районировании рассматриваемой территории по отдельным факторам или группам природных факторов по принятой таксономической схеме проведено инженерно-мелиоративное районирование территории (рисунок). В пределах Центральной Ферганы выделяются 2 области — "Б" и "В", а также все 3 района по сложности комплекса мелиоративных мероприятий.

К области "В" относятся незначительные площади — Наукатская гряда и эродированная пойма Карадарьи; пески, ранее исключавшиеся из сельхозоборота, в настоящее время интенсивно осваиваются. Следовательно, практически вся территория Центральной Ферганы относится к области "Б".

К первому району относится зона интенсивного выклинивания грунтовых вод периферии Сохского и Исфаринского конусов выноса, а также периферийной части слившихся конусов выноса Алтынаркская, Кувася, Шариханская и Ан-

СХЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТА ИНЖЕНЕРНО-МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФЕРГАНЫ



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

ИНЖЕНЕРНО-МЕЛИОРАТИВНЫЕ ОБЛАСТИ, РАЙОНЫ И УЧАСТКИ:

А - ОБЛАСТЬ, НЕ ТРЕБУЮЩАЯ ДРЕНАЖА

Б - ОБЛАСТЬ, ТРЕБУЮЩАЯ ДРЕНАЖА

В - ОБЛАСТЬ, ИСПОЛНЯЮЩАЯ КЗ КОНТУРА ОРОШЕНИЯ

Г - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ НЕКОТОРЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ

Д - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

Е - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

Ж - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

З - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

И - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

К - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

Л - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

М - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

Н - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

О - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

П - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

Р - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

С - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

Т - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

У - РАЙОН, ТРЕБУЮЩИЙ СЛОЖНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНА

ПЛОЩАДИ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

УДЕЛЬНАЯ НАГРУЗКА НА ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ

ПЛОЩАДИ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСИРОВАННОГО ДРЕНАЖА

ПРОТЯЖЕННОСТЬ КОМПЛЕКСИРОВАННОГО ДРЕНАЖА

ПЛОЩАДИ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

ПРОТЯЖЕННОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

ПЛОЩАДИ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

ПРОТЯЖЕННОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

ПЛОЩАДИ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

ПРОТЯЖЕННОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

ПЛОЩАДИ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

ПРОТЯЖЕННОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

диганная. Величина питания грунтовых вод за счет напорного перетока снизу составляет 5-9 тыс.м³/га. В литологическом строении преобладают галечники с линзами суглинков и покровом мелкоземов небольшой мощности — до 5-10 м. Грунтовые воды в основном пресные, гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатные; почвы луговые, местами лугово-болотные и болотные.

Второй район представлен периферией конусов выноса рек Соха, Исфары, поймой первой и второй надпойменными террасами р. Сырдарьи и Карадарьи. Величина питания грунтовых вод здесь составляет 3-5 тыс.м³/га. Литологическое строение почвогрунтов представлено в основном галечниками с прослоями суглинков и глин, перекрытыми супесчано-суглинистыми отложениями мощностью 10-20 м. Грунтовые воды хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные, слабо- и среднеминерализованные (3-5 г/л, реже 10). В почвенном покрове в отличие от первого района в комплексе с луговыми и лугово-болотными встречаются пятна солончаков.

Третий район представляет собой весьма слабодренированные и бессточные гидрогеологические зоны, куда относятся Сарыксу-Дамкульское понижение, третья левобережная терраса р. Сырдарьи, а также Сох-Исфаринская и Сох-Шахмарданская межконусные депрессии. Этот район характеризуется величиной питания грунтовых вод за счет вертикального водообмена 0,5-3 тыс.м³/га.

Территория третьего района сложена породами, представленными супесчано-суглинистыми и глинистыми отложениями с маломощными (5-10 м) прослоями песков и галечников. Характерна для этого района повышенная минерализация грунтовых вод (до 5-10 г/л и более). По химическому составу они изменяются от сульфатных до хлоридно-сульфатных, сульфатно-хлоридных, а на отдельных участках и собственно хлоридных. Почвенный покров представлен в разной степени засоленными почвами с преобладанием сульфатно-хлоридного типа. В почвенном разрезе встречаются слабопроницаемые прослойки (арзыки, шохи и др),

которые осложняют мелиорацию этих земель. В этом же контуре расположены трудномелиорируемые песчаные почвы.

В пределах каждого района выделены мелиоративные участки, для которых определяются состав и объем мелиоративных мероприятий. В первом инженерно-мелиоративном районе выделено I3, втором - I5 и третьем - I2 мелиоративных участков.

Проведенная схематизация природно-хозяйственных условий служит обоснованием совершенствования существующих мелиоративных систем.

А. АБИРОВ, канд. техн. наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

Показатель надежности эксплуатации систем вертикального дренажа, характеризующий в общем виде коэффициентом полезной работы (КПР), в значительной степени зависит от правильного выбора типа фильтра и качественного его исполнения.

В связи с этим в данной работе рассматривается влияние различного состава гравийно-песчаной обсыпки и технологии строительства их на работоспособность дренажных скважин. Под работоспособностью дренажных скважин подразумеваем состояние вертикального дренажа, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных проектно-технической документацией.

Исследования проводили на дренажных скважинах, построенных на различных орошаемых массивах Голодной степи, с резко отличающимися гидрогеолого-литологическими условиями.

По данным Управления мелиоративной службы Сырдарьинской области ММИВХ УзССР, для северо-восточной части староорошаемой зоны КИР систем скважин для мелиоративного и эксплуатационного периодов составляет 0,49–0,71. Простой в работе скважин вертикального дренажа изменяется от 29 до 42%. Такой высокий процент простоев объясняется отсутствием необходимой производственной базы, плохой оснащенностью служб эксплуатации систем вертикального дренажа и главным образом рядом технических причин, которые рассматриваются ниже.

Анализ многолетних натурных исследований работы скважин вертикального дренажа, проведенных на Шурузякском и Сырдарьинском массивах орошения позволил выявить причины простоев и свести их в три основные группы: связанные с ремонтом насосно-силового оборудования; из-за отсутствия электроэнергии; по просьбе хозяйства и прочие (ремонт и очистка отводящей сети и гидротехнических сооружений на них).

На рис. I приведены количественные показатели основных видов простоев систем скважин в совхозе "Социализм" и колхозе им. Навои. Данные показывают, что из всех видов простоев 45–50% связаны с ремонтом насосно-силового оборудования, играющего главную роль в снижении КИР скважин. Причем, простой за последние годы заметно уменьшились: до 25–35% от общего. Это объясняется заметным улучшением качества сооружения дренажных скважин.

Простой, вызванные отсутствием электроэнергии, по просьбе хозяйств и прочие можно свести до минимума путем четкой организации служб эксплуатации систем скважин. Поэтому подробнее рассмотрим изменения в простоях, связанные с преждевременным ремонтом насосно-силового оборудования скважин, построенных в различных литологических разностях водоносного пласта. Так, КИР скважин, расположенных на Шурузякском и Сардобинском массивах орошения при одинаковых условиях технологии

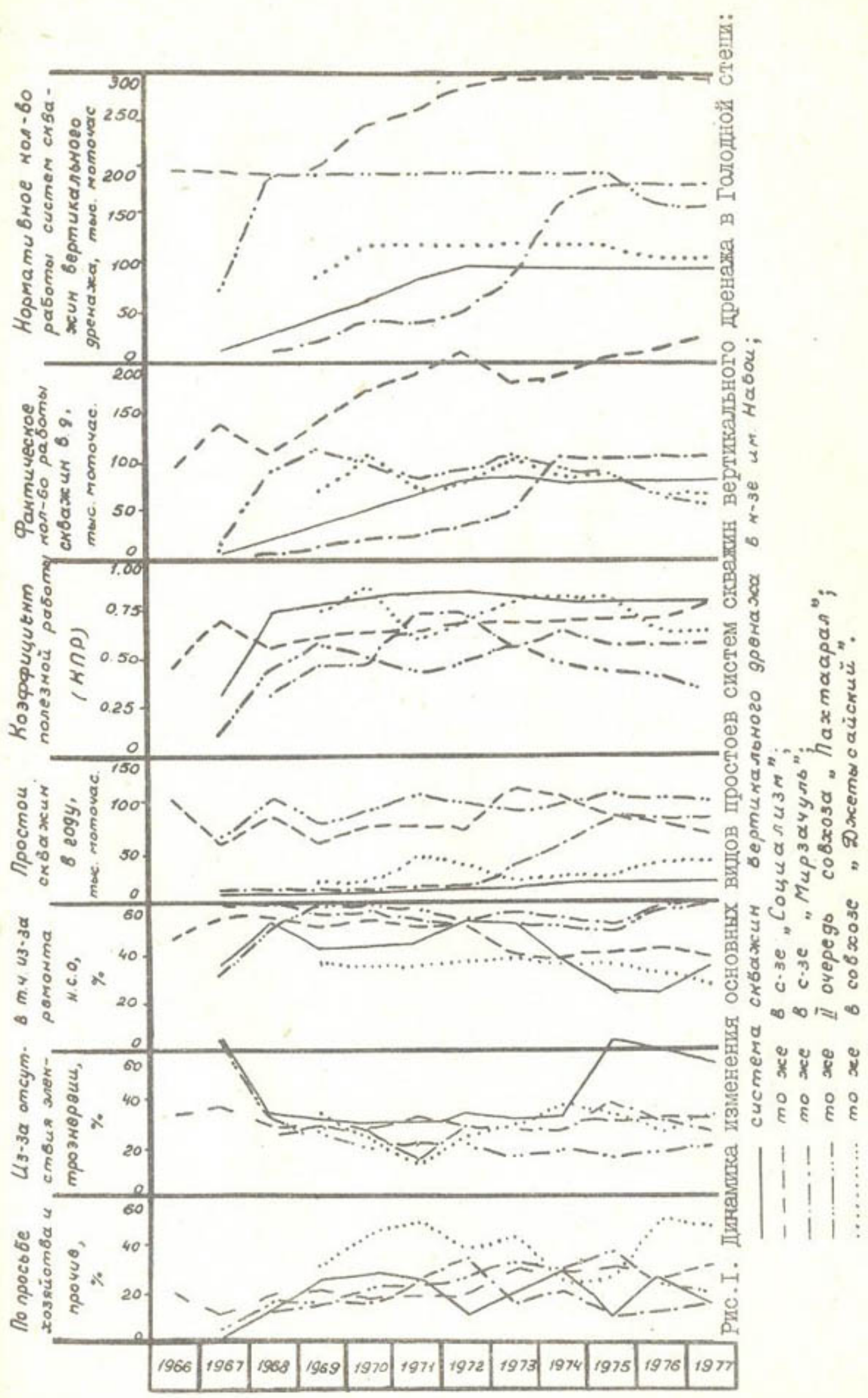


Рис. 1. Динамика изменения основных видов простоев систем скважин вертикального дренажа в Голодной степи:

строительства и использования гравийной обсыпки различные: 0,68–0,75; 0,55–0,58. Отсюда простои скважин в системах Шурузякского массива составляют 12–20%, а Сардобинского – 32–36% от проектного количества часов работы. При этом остановки, связанные с преждевременным ремонтом насосно-силового оборудования в системах вертикального дренажа, построенных в мелко- и тонкозернистых песках, составляют 60–65% от общих, тогда как в системах Шурузякского массива – 45–50%.

При этом составы гравийных обсыпок здесь почти одинаковые, а междуслойные коэффициенты ($\frac{D_{50}}{d_{50}}$) разные в связи с различным гранулометрическим составом водоносного пласта: на первом объекте $\frac{D_{50}}{d_{50}}$ изменяется в пределах 42–49, на втором – от 60 до 65.

Влияние качества гравийной обсыпки на изменение КПР систем были изучены также на скважинах вертикального дренажа, построенных в северо-западной части Голодной степи в совхозах "Пахтаарал" и "Джетысай", где водоносный каптируемый пласт представлен мелко- и среднезернистыми песками ($d_{50} = 0,19–0,25$ мм) мощностью от 25 до 70 м. Несмотря на идентичность грунтов водоносных пластов, системы скважин вертикального дренажа в совхозах "Пахтаарал" и "Джетысай" имеют различные КПР и процент простоев, связанных с ремонтом насосно-силового оборудования 0,52–0,55; 50–60% и 0,75–0,8; 30–35%, соответственно.

Результаты анализа исследований КПР систем вертикального дренажа на этих массивах показывают, что простои, связанные с ремонтом насосно-силового оборудования скважин, при одинаково использованном составе гравийной обсыпки во многом зависят от гранулометрического состава водоносного пласта (табл. I).

По данным Джетысайского управления эксплуатации вертикального дренажа за 1970–1971 гг., замена насосно-силового оборудования в составе скважин в совхозе "Пахтаарал" в среднем на одну скважину составляет 2,55 и 2,05 раз, тогда как в совхозе "Джетысайский" – 1,25–1,5 раза (табл. 2). Это доказывает, что преждевременный ремонт

Гранулометрический состав гравийной обсыпки на скважинах вертикального дренажа, построенных до 1969 г. в Голодной степи

Наименование хозяйств	Номер скважины	Содержание фракций, % и диаметр, мм					Характерные частицы обсыпки, мм				$\gamma_{\text{об}}$	$\frac{d_{50}}{d_{50}}$	
		20-10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1,0	d_{10}	d_{50}			d_{60}
Шурузякский массив													
Колхоз им. Навои 24		54,10	20,40	15,50	7,60	2,10	0,20	0,10	5,0	10,5	12,5	2,50	42
Совхоз "Социализм" 9		45,3	27,9	16,50	6,3	2,80	0,20	0,90	5,1	11,2	12,7	2,5	40,2
72		57,40	23,60	11,50	5,35	1,10	0,89	0,16	5,9	11,02	12,09	2,05	44
73		52,0	21,90	12,30	8,80	3,05	1,45	0,50	4,5	10,8	13,5	3,0	49
Сардобинский массив													
Совхоз "Мирзачуль" 23		51,15	21,4	19,3	6,4	1,90	0,4	0,1	6,1	10,2	12,1	2,0	60
25		49,51	22,95	18,15	7,49	1,30	0,31	0,07	5,8	10,4	11,9	2,40	65
35		45,25	25,30	16,70	10,25	1,44	0,55	0,40	4,7	9,5	11,28	2,40	60
Северо-западная часть Голодной степи													
Совхоз "Пахта-арал" 48		52,0	22,80	11,40	8,90	3,0	1,50	0,5	4,6	9,2	10,6	2,3	49
50		51,0	20,55	18,3	8,4	3,5	0,7	0,1	4,3	9,2	11,6	2,7	47
56		70,34	4,64	3,20	1,41	0,43	0,57	12,09	9,4	13,2	18,2	1,94	54:5
58		52,40	24,60	15,20	7,0	0,7	0,10	-	5,8	11,6	15,0	2,72	70,0
Совхоз "Джети-сайский" I		37,17	23,60	17,48	17,08	3,23	1,60	3,84	3,3	8,3	9,6	2,90	37,6
6		27,0	19,10	18,21	22,30	8,20	3,50	2,01	2,6	6,5	8,0	3,08	26,5
7		23,75	17,15	18,15	25,30	9,89	4,37	1,40	2,5	6,0	7,2	2,87	32,6
8		40,97	19,0	16,40	13,80	2,70	0,90	6,18	3,1	8,8	10,2	3,28	34,5
18		36,92	20,80	18,70	18,0	4,0	0,89	0,56	3,5	8,2	9,5	3,37	36,5

насосно-силового оборудования увеличивает количество остановок, а отсюда и резкое снижение КПР системы скважин.

Т а б л и ц а 2 -

Моточасы и количество производственного ремонта насосно-силового оборудования скважин вертикального дренажа

Наименование хозяйства	Но-мер сква-жины	Плановое кол-во работы скв. в году, моточас	фактическое кол-во работы скважин по годам, моточас		Кол-во произ-вед. ремонтов, н.с.оборуд.	
			1970	1971	1970	1971
Совхоз "Пахта-арал"						
	41	7200	2712	3635	3	2
(отд. Ок-тябрь-ское)	44	7200	3828	3535	2	2
	45	7200	2944	4788	3	3
	46	7200	5326	5364	3	2
	47	7200	954	-	3	4
	48	7200	4497	4033	3	3
	49	7200	6369	4082	4	2
	50	7200	6328	5165	3	2
	56	7200	4320	4723	4	2
К П Р скважин			0,50	0,43		
Совхоз "Джетысай-ский" (отд. Амангель-ды)						
	I	7200	7894	6000	2	I
	2	7200	6037	6677	I	I
	3	7200	6652	5369	I	I
	4	7200	6939	6933	I	2
	7	7200	6333	6615	2	I
	8	7200	7208	6439	I	I
	9	7200	7422	4841	2	I
	10	7200	7094	3313	I	I
	18	7200	7355	6744	I	I
К П Р скважин			0,88	0,60		

Преждевременный отказ насосно-силового оборудования объясняется, в свою очередь, частым выходом из строя деталей насоса в результате усиленного пескования скважин.

Высокая степень пескования резко снижает срок безотказной работы насосно-силового оборудования, значительно усложняет организацию службы и увеличивает текущие затраты на эксплуатацию систем вертикального дренажа /1, 2/. Скважины, расположенные в хозяйстве "Социализм", где в составе водоносного пласта содержание гравийно-галечникового материала составляет от 10 до 30-40%, интенсивность пескования изменяется в пределах 0,19-1,37%, а продолжительность до 2 ч.

При аналогичном составе гравийной обсыпки интенсивность пескования еще выше на скважинах, построенных в мелко- и среднезернистых водоносных пластах. Так, интенсивность пескования скважин в совхозе "Пахтаарал" составляет 0,20-1,5% по весу откачиваемой воды, а продолжительность равняется 3-6 ч. Самый высокий уровень пескования имеют скважины, каптирующие тонко- и мелкозернистые водоносные грунты (Сардобинский массив). Интенсивность пескования здесь составляет 0,4-2,20% по весу откачиваемой воды, а длительность выноса достигает 6-12 ч.

Следовательно, процесс пескования тем интенсивнее и дольше, чем больше мелкозернистых пород в каптируемом пласте (рис. 2).

Проведенные многолетние натурные исследования работоспособности скважин вертикального дренажа, построенных в различных по механическому составу водоносных грунтах и с различными составами гравийно-песчаных обсыпок позволили выявить закономерности безотказности работы насосно-силового оборудования в зависимости от состава обсыпки (рис. 3). Из рис. 3 видно, что если $\frac{D_{50}}{d_{50}} > 35$, то продолжительность работы насоса резко сокращается и составляет 1,5-2,5 тыс.моточасов вместо нормативной 7,5-9,0 тыс.моточасов (табл.3).

Многолетними натурными исследованиями работоспособности и технического состояния скважин, а также эксплуатации крупных систем вертикального дренажа установлено следующее.

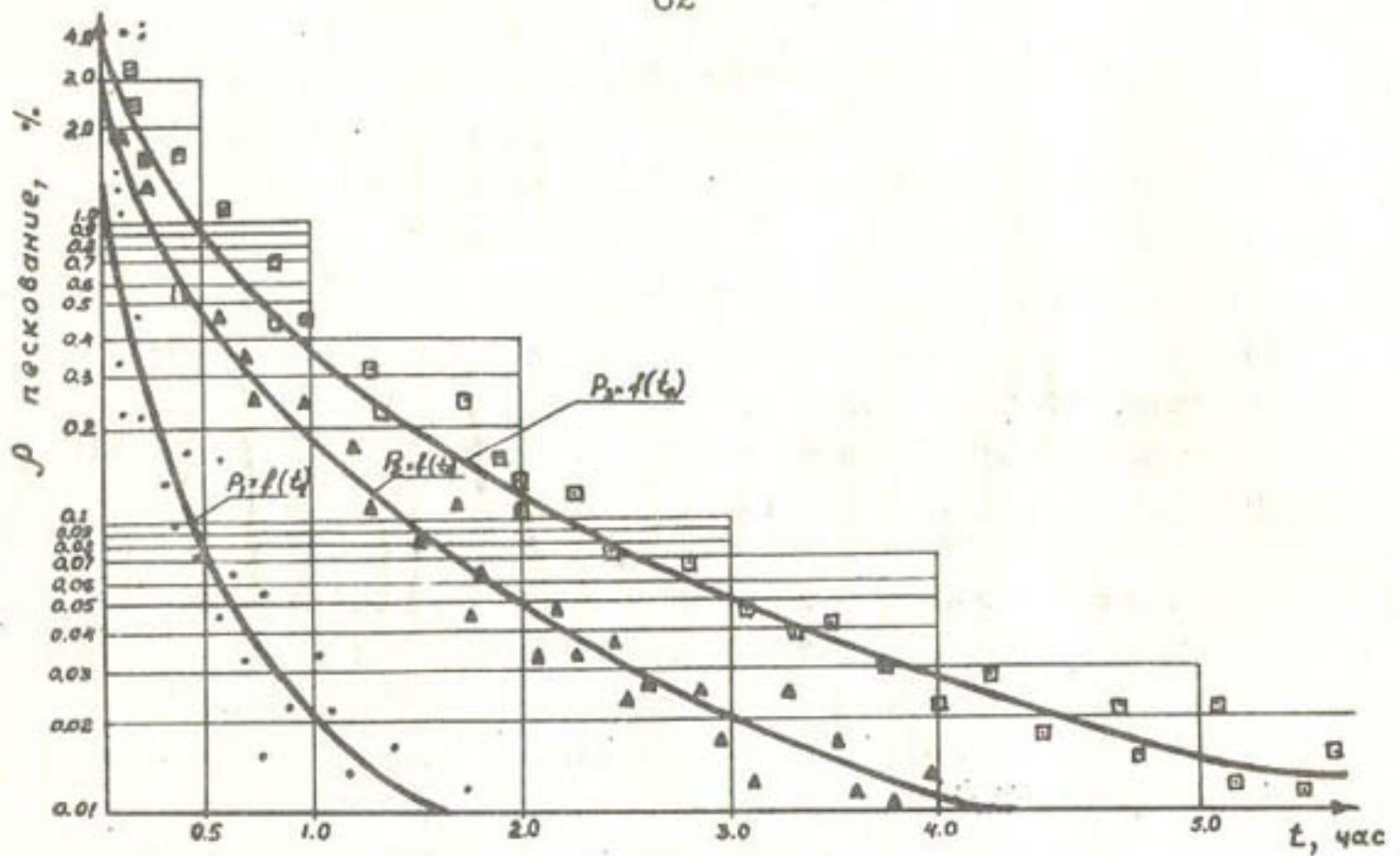


Рис.2. График зависимости интенсивности пескования скважин от зернового состава каптируемого пласта:

$P_1 = f(t_1)$ – пескование скважин, построенных в крупнозернистых грунтах; $P_2 = f(t_2)$ – то же, в мелко- и среднезернистых песках; $P_3 = f(t_3)$ – то же, в тонко- и мелкозернистых песках.

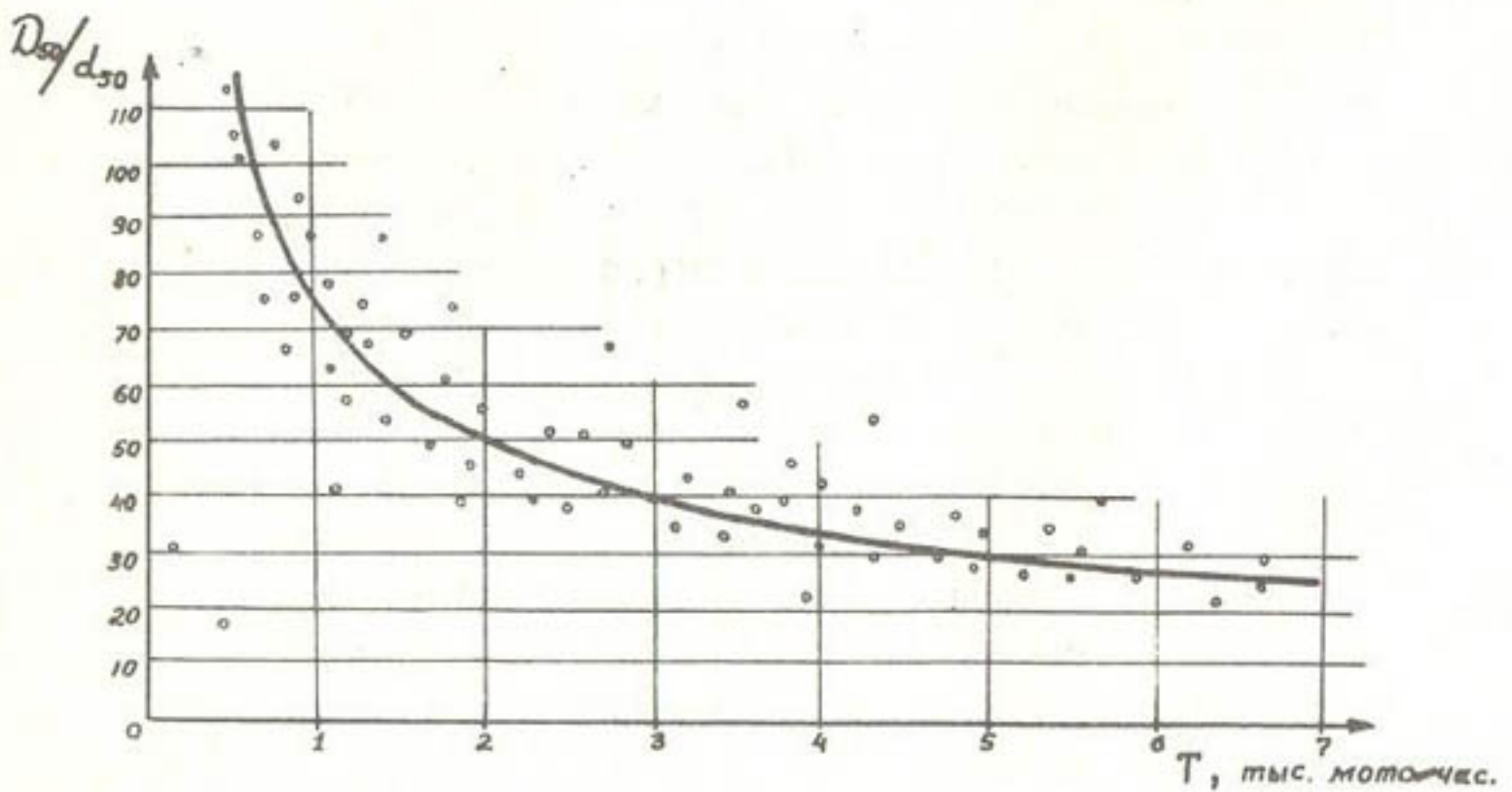


Рис.3. График зависимости безотказной работы насосно-силового оборудования от состава обсыпки.

Т а б л и ц а 3

Данные о работе скважин, построенных с различными
составами гравийных обсыпок

Объект	Номер сква- жины	Характеристика обсыпки		Безотказность скважин, мото- часы		Замена на- сосов, шт.	
		$\frac{D_{50}}{d_{50}}$	η	1973	1974	1973	1974
Скважи- ны, по- строены в 1964- 1968 гг.	23	55÷65	1,5-2,0	2180	2540	1	1
	25	"	"	2240	2750	2	1
	53	"	"	2050	2690	2	2
Опытно- экспл. скв., построены в 1969- 1970 гг.	15	24÷26	3,34-6	6180	5740	1	-
	87	"	"	5970	6135	-	1
	88	"	"	6990	6100	-	1

1. Фактическая величина КНР системы скважин как на опытно-производственных участках, так и на больших массивах изменяется от 0,4 до 0,65, т.е. на 20-30% ниже проектной. КНР скважин значительно выше на массивах, где литологическое строение представлено крупнозернистыми породами.

2. Низкий КНР системы обусловлен многими причинами, главные из них: нарушение подбора гранулометрического состава фильтровой обсыпки и технологии строительства высокодебитных скважин, вызывающее интенсивное пескование. Последнее, в свою очередь, преждевременно выводит из строя насосно-силовое оборудование, увеличивает простои в работе и затраты на эксплуатацию. На усиленно пескующихся скважинах продолжительность работы насосно-силового оборудования до первого отказа составляет 2500-3500 моточасов, тогда как на непескующихся она достигает 6500-7500 моточасов.

3. Пескование, наряду с сокращением долговечности работы насосно-силового оборудования и самой скважины, усложняет организацию службы эксплуатации (очистка

сбросных сетей и самих скважин, частые ремонты насосно-силового оборудования и т.д.) и увеличивает эксплуатационные затраты в среднем на 20-25% в год.

4. Интенсивность и продолжительность пескования зависит в основном от состава гравийной обсыпки и грунта каптируемого пласта, расхода скважины и режима строительных откачек. При одинаковой величине $\frac{\Phi_{50}}{d_{50}}$ с улучшением гранулометрического состава водоносного горизонта резко сокращается интенсивность и продолжительность пескования скважин, т.е. пескование меньше на скважинах, где в составе грунта каптируемого пласта имеются частицы для формирования устойчивого фильтра.

Следовательно, при проектировании и строительстве вертикального дренажа особое внимание необходимо уделять правильному подбору состава фильтра и качественному его устройству.

Л и т е р а т у р а

1. Б е л о у с о в А.Я. Работоспособность насосно-силового оборудования на скважинах вертикального дренажа в Голодной степи. Сб. научных трудов, вып. 156, САНИИРИ, Ташкент, 1978.
2. Б е л о у с о в А.Я. Некоторые вопросы повышения надежности погружных электронасосов типа ЭЦВ на скважинах вертикального дренажа в Узбекской ССР, Труды САНИИРИ, вып. 135, Ташкент, 1972.

Р.А. ФАТРАХМАНОВ, канд.техн.наук
Х.И. ЯКУБОВ, канд.техн.наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

К ВОПРОСУ НАДЕЖНОСТИ СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА НА ПРИМЕРЕ ДЖЕТЫСАЙСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА (ДУЭВД)

Широкое применение в мелиорации земель Средней Азии и других республик Союза нашел вертикальный дренаж.

На сегодняшний день многие эксплуатационные организации оценку работы скважин вертикального дренажа производят по показателю КПР (отношение фактического времени работы скважин к календарному).

Проектная среднегодовая величина КПР для различных регионов изменяется от 0,65 до 0,85, фактическая же значительно ниже из-за простоев скважин.

Так, по Пахтааральскому району (1970-1977 гг.) из-за ремонта насосно-силового оборудования и сооружений на скважинах простой оборудования составляли 30-47%; из-за отсутствия электроэнергии - 19,5-21,8%; из-за отключения скважин по просьбе хозяйств - 4,8% (1973 г.), 49-53% (1974-1975 гг.) от общего времени простоя /I/.

Повышение КПР входит в функцию эксплуатирующих организаций. Необходимо отметить, что мелиоративная эффективность вертикального дренажа снижается не только из-за низкого КПР, но и падения дебита скважин.

С целью установления причин снижения дебита по трем районам было исследовано 80 скважин (из них 61 находится в Пахтааральском районе). В период обследования работали лишь 33, в том числе 10 скважин с проектным дебитом.

Техническое состояние обследованных скважин характеризовалось такими показателями: задвижки не работали на 22 скважинах (27,5%), остальные имели ограниченные проворачивание, отсутствовали гнезда под манометр у 22 (27,5%), не имели доступа в полость обсадной колонны 23 (29%), невозможны были замеры расходов из-за фланцев на

сливе у 21 (26%). Неисправна электросеть на 48 (60%), а на 15 (19%) электроэнергия не подавалась в течение 6 мес. (май-август).

Для исключения пескования значительное число скважин работает при низких дебитах с прикрытыми задвижками, что приводит к резкому снижению коэффициента использования насосной установки $\eta_{исп}$ почти в 2 раза ($\eta_{исп} \approx 24,14\%$ вместо 49%) и повышению стоимости откачки 1 м³ воды.

Причины снижения дебита скважин следующие:

заполнение полости скважин на уровне фильтра наносами водоносного горизонта (почти все скважины в период пуска пескуют), очистка которых производится эрлифтной установкой;

кольматация гравийного фильтра глинистыми частицами (характерно для скважин, заложенных в песчаных водоносных слоях с прослойками илистой глины). Для растворения глинистых кольматирующих соединений применяют смеси соляной и плавиковой кислот (глинокислота) HF ;

отложение химических кольматантов, коррозия, продукты реакции на фильтровом каркасе и гравийной обсыпке (распространение повсеместное).

Кольматация фильтров и прифильтровой зоны железистыми отложениями происходит при заборе подземных вод, содержащих закисное железо и залегающих в основном в песчаных пластах. Закисное железо мигрирует в подземных водах в ионной форме и в осадок не выпадает /2/.

Анализ взятых проб показал: а) в воде, откачиваемой из скважин, ионы закисного железа отсутствуют; б) концентрация водородных ионов pH около 7, следовательно, среда в основном нейтральная. Лишь в пьезометрах этот показатель доходит до 9; в) окислительно-восстановительный показатель значителен, следовательно, возможны коррозионные процессы. Основными составляющими твердых осадков на стенках фильтра являются Fe_2O_3 (гетит) до 80% и FeO до 3,45% (скв. 58 с-х "Пахтараал"). Лишь на скважине 15 с-х "Дже-

тысайский" содержание CaO в коьматанте составило 22,43%, труднорастворимые соединения SiO_2 в пределах 1,8–9,2%, SO_2 до 2%, $\text{MgO} \approx 1\%$, остальные соединения менее 1%.

Характер осадков хорошо виден по куску фильтра, извлеченного с глубины 29 м. Срок работы скважин в среднем около 10 лет, за это время дебит уменьшился до 10% от проектного. Основными составляющими отложений являются Fe_2O_3 и более 80% FeO . Толщина отложений 2–5 мм, большой плотности, неравномерного распределения, шерошатая, буро-красного цвета, хрупкая, ломкая при ударах.

Данные анализов проб воды, твердых осадков и динамики падения дебитов позволяют заключить, что в исследуемых скважинах происходят в основном коррозионные процессы с последующим отложением указанных и других соединений на фильтре и внутренней поверхности обсадной колонны. Значительное выпадение в осадок CaO наблюдается лишь на скв. 15 (в с-зе "Джетысайский", а на остальных – до 7% и имеет вспомогательный характер.

Составы коьматантов определяют способы борьбы с ними.

Для восстановления (регенерации) производительности скважин используется комплекс физических (взрывной с использованием торпеды, детонирующего шнура, пневмовзрывной, электро-гидравлический и т.д.) и химических методов. По характеру отложений проб в наших условиях предпочтительнее детонирующий шнур. Реже применяются комбинированные методы /2, 3, 4/.

Наиболее активным реактивом для растворения железосодержащих коьматирующих отложений, а также солей жесткости является дитионит натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), обеспечивающий полное растворение дегидратированных гидроокислов железа только при кипячении в соляной кислоте.

Несколько ниже по химической активности и себестоимости триполифосфат натрия. Главное преимущество рассматриваемых реактивов перед солянокислотной обработкой – отсутствие специальных мер по технике безопасности. Эти

реактивы могут быть рекомендованы для регенерации скважин исследованных районов. Трудность введения реактивов в зону фильтра в том, что уровень грунтовых вод от устья скважин находится на глубине 1,5–2,5 м.

Недостатком существующей оценки скважин по КНР является то, что здесь не учитываются изменения их параметров скважин в период эксплуатации. Такое положение часто приводит к снижению эффективности систем вертикального дренажа по сравнению с проектными параметрами.

В связи с этим пределы изменения надежности систем в случае отсутствия резерва скважин должны подбираться исходя из зависимости

$$H_c^{\delta g} \rightarrow K \sum_{i=1}^n q_{oi} h_{qi} e^{-\beta t} \geq D - \frac{\Delta D}{n} n, \quad (1)$$

где

$H_c^{\delta g}$ – надежность системы скважин вертикального дренажа;

K – коэффициент работы системы учитывает переменность нагрузки от времени года;

q_{oi} – начальный удельный дебит;

h_{qi} – динамическое понижение;

β – коэффициент "старения" скважины;

t – время;

D – проектная нагрузка на дренаж, установленная исходя из обеспечения оптимального мелиоративного режима;

$\frac{\Delta D}{n}$ – допустимая величина занижения нагрузки на одну дренаж в вегетационный период;

n – количество скважин вертикального дренажа в системе.

Надежность системы скважин вертикального дренажа находим по формуле

$$H_c^{\delta g} = \prod_{i=1}^n H_i^{\delta g} \cdot H_z \cdot H_{нса} = \prod_{i=1}^n H_{ер.ф.} \cdot H_{ф.к} \cdot H_z \cdot H_{нса} \quad (2)$$

где

$H_i^{\delta g}$ – надежность отдельной скважины;

H_z – надежность электрической части;
 H_{HCA} – надежность насосно-силового агрегата;
 $H_{ep.ф}$ – надежность гравийного фильтра;
 $H_{ф.к}$ – надежность фильтровой колонны.

Преобразуем формулу (I) в общем виде

$$H_c^{69} = \prod_{i=1}^n H_{ep.ф} \cdot H_{ф.к} \cdot H_z \cdot H_{HCA} \longrightarrow K \sum_{i=1}^n q_{oi} \cdot h_{qi} \cdot e^{-\beta t} \geq D - \frac{4D}{n} n(3)$$

Как видно, установление пределов (параметрических) надежности скважин вертикального дренажа – предмет исследований нескольких ведомств.

В первом приближении рекомендуем считать наступление отказа скважины при уменьшении дебита на 25% от номинальной величины. Такой предел наступления отказа связан с требованиями по ремонту электронасосов, обслуживающих скважины /6/.

В 1981 г. нами совместно с Иркинской каротажной партией с целью повышения дебитов скважин, повышения их надежности проведены взрывы детонирующего шнура ДШУ-33 на скважинах 4, 27 и 32 Пахтааральского района.

В таблице дана краткая техническая характеристика этих скважин, их техническое состояние на 1981 г. и результаты проведенных взрывов.

Все скважины перед взрывными работами прошли эрлифтную прокачку.

Отметим некоторые их особенности. Скважина 4 размещена в песках-плывунах, сильно пескует. В 1972 г. ее глубина уменьшилась с 48,9 до 23 м, т.е. фильтр работал лишь на высоте 3 м. С помощью эрлифтной прокачки (27.03-11.04) глубина ее была доведена до 48 м, в 1981 г. она уменьшилась до 38 м.

Скважина 27, согласно акту от 17.X.1977 г., восстановлению не подлежит, требуется перебурка или поднятие обсадной колонны с последующей ее заменой или реставрацией. Дебит скважины перед взрывом не превышал 30 л/с, удельный – 2,6 л.м/с, а по данным строительной откачки, он рав-

Т а б л и ц а

Параметры	Номер скважин		
	4	27	32
Дата ввода в эксплуатацию	28.06-64	10.II-64	15.07-66
Проектная глубина, м	48,9	63,5	61
Фактическая глубина			
до эрлифтной прокачки			
в 1972 г.	23	46	50
после "	48	52	60
состояние на 1981 г.			
до взрыва	38	53,5	54
Длина, м			
отстойника	4	5	5
глухой части	20,5	30,2	26,2
фильтра	24	28	29,8
Дебит после строительной			
откачки, л/с	50	60	56
Удельный дебит, л/с на			
1 м			
до взрыва	2,1	2,6	1,8
после взрыва	2,3	5,2	5,3

нялся 60 л/с. Вероятно, неизменность дебита после эрлифтной прокачки связана с кольматацией фильтра.

Скважину 32 следует рассматривать как вторую (более качественную) очередь строительства. Дебит снизился почти в 2 раза (около 30 л/с), удельный дебит 1,8 с.м/с. Эти параметры сохранились и после эрлифтной прокачки в 1981 г, когда ее глубина составила 54 м. Из данных следует, что нижняя часть фильтра занесена наносами глубиной 6 м на скв. 4; 5 м — на скв. 27 и 2 м — на скв. 32.

Работы по взрывам в скважинах проводились в следующей последовательности; после извлечения насоса из скважины на специальной треноге трос с прикрепленным детонирующим шнуром ДШУ-33 был опущен в скважину до нижнего уровня

фильтра. Если длина шнура была меньше длины фильтра, то шнур располагали равномерно от верхнего и нижнего уровня. Затем электроимпульсом от магнето производился взрыв патрона, а от него — детонирующего шнура, продолжительность взрыва около 0,1 мкс; далее монтировался насос, производилась откачка воды до полного осветления и замерялись дебит, удельный дебит скважины и ее глубина.

Взрывы проведены в следующих вариантах: на скв. 4 длина шнура 15 м в две ветви, на скв. 27 последовательно два взрыва через день, длина шнура 20 и 15 м; на скв. 32 один взрыв, длина шнура 18 м.

В результате взрыва дебит и удельный дебит скв. 4 почти не изменились.

На скв. 27 удельный дебит повысился почти в 2 раза, но расход составил лишь 42÷44 л/с, что связано с наличием насоса после капитального ремонта с подрезанным колесом и максимальным дебитом около 45 л/с.

На скв. 32 удельный дебит и дебит повысились почти в 2 раза. Проведенные взрывные работы показали, что дебиты и удельные дебиты могут увеличиться до показателей строительной откачки, если скважина полностью очищена. Если фильтр забит наносами, проводить взрывы на большую глубину не рекомендуется.

Эффект взрыва не зависит от частоты, количества взрывов, числа ветвей детонирующего шнура. Оптимальным является один взрыв детонирующим шнуром ДШУ-33, длина шнура равна или меньше свободной, очищенной длины фильтра. Если же длина шнура меньше длины фильтра, то шнур необходимо установить так, чтобы его концы находились на одинаковом расстоянии от нижней и верхней кромки фильтра.

Стоимость всех взрывов по калькуляции каротажной партии составила 2200 руб. Каждые 2 м шнура считается как один заряд стоимостью 69 руб.

Если же принять длину шнура в 20 м, т.е. 10 зарядов, то стоимость взрыва одной скважины составит 690÷700 руб, это намного дешевле перебурки, стоимость которой в сред-

нем 5 тыс.руб. При взрыве скважина не повреждается, так как при гидроударе она деформируется в пределах зоны упругости и хрупкие колымаганы разрушаются.

Необходимо опробовать реагентную обработку скважин триполифосфатом натрия и рекомендовать в производство наиболее эффективный способ.

Выводы и предложения

1. Вертикальный дренаж по ДУЭВД имеет КПР ниже проектного из-за простоев, связанных ремонтом насосно-силового оборудования, электрооборудования, сооружений, отсутствия электроэнергии и простоями по просьбе хозяйства.

2. Дебиты ряда скважин за 10 лет эксплуатации (1965-1976 гг.) снизились более чем в 2,6 раза. Исследования 80 скважин по трем районам ДУЭВД, проведенные нами в 1979 г., показали, что лишь 10 скважин (12,5%) работают с оптимальными дебитами.

3. Снижение дебита скважин связано главным образом с коррозией фильтрового каркаса и отложениями этих продуктов в отверстиях фильтра и внутренней стенке.

4. Для борьбы с колымаганами и повышением надежности скважин рекомендуем проводить взрывы детонирующего шнура ДШУ-33 длиной равной или меньше длины фильтра.

5. Для удаления отложений на фильтрах необходимо также опробовать реагентную обработку скважин дитионитом натрия или триполифосфатом натрия.

6. Ожидаемый экономический эффект от внедрения обработки взрывом одной скважины около 3500 руб.

Л и т е р а т у р а

1. М М и В Х С С С Р, С А Н И И Р И. Рекомендации по улучшению режима работы скважин и ускорению расселения земель Пахтааральского района Чимкентской области на фоне вертикального дренажа, Ташкент, 1979.

2. Г о с с т р о й, В о д Г е о. Рекомендации по восстановлению производительности скважин реагентными методами. М., 1975.
3. В И Н Т И, Г о с к о м и т е т С С С Р, А Н СССР. Итоги науки и техники. Серия Гидрогеология, инженерная геология, т. 6, М., 1979.
4. Г р е б е н н и к о в В.Т. Восстановление производительности скважин дитионитом натрия. "Гидротехника и мелиорация", 1976, № I, с. 92-95.
5. Р е ш е т к и н а Н.М., Я к у б о в Х.И. Вертикальный дренаж. М., Колос, 1978.
6. Н а с о с ы центробежные скважинные для воды ЭЦВ (паспорт, инструкция, формуляр), Кишинев, с.16.

В.Т. НАСЫРОВ
(С А Н И И Р И им.В.Д.Журина)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ СКВАЖИН МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

При создании систем вертикального дренажа (СВД) еще на стадии проектирования возникает необходимость в определении длительности простоев скважин из-за отказов и последующего восстановления всех типов технологического оборудования системы.

Определив длительность простоев по различным причинам, в том числе по причине отказов, можно будет подсчитать коэффициент полезной работы проектируемой СВД, а следовательно, и количество дополнительных скважин в системе, предназначенных для компенсации этих простоев.

Отказ — событие, после которого оборудование теряет работоспособность (выход из строя фильтра скважины, перегорание обмотки статора погружного электродвигателя, пробой диодов в станции управления и т.п.). С

точки зрения надежности скважина представляет группу последовательно соединенных элементов (типов оборудования):

- 1) фильтра,
- 2) электронасоса,
- 3) станции управления,
- 4) трансформатора,
- 5) высоковольтной линии,
- 6) водоотводящей лотковой сети.

Отказ любого из перечисленных типов оборудования приводит к остановке скважины, прекращению откачки дренажных вод. Пока отказ не будет устранен, скважина будет простаивать.

Время простоя СВД по причине устранения отказов всех типов оборудования зависит от частоты возникновения отказов и длительности восстановления.

Время простоя складывается из времени обнаружения отказа $\tilde{\tau}^{ко}$ и восстановления $\tilde{\tau}$.

Среднее время простоя ВСД из k скважин за время T вследствие q отказов на m типах оборудования равно

$$\bar{T}_{отк} = \sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^m \sum_{\eta=1}^q (\lambda_{ij}(t) T \tilde{\tau}_{cmij}(t)) \right],$$

где

$\lambda_i(t)$ - интенсивность отказов i -го типа оборудования;

$\tilde{\tau}_{cmij}(t)$ - время простоя на η -ом отказе i -го типа оборудования.

Время простоя $\tilde{\tau}_{cmij}(t)$ складывается из

$$\begin{aligned} \tilde{\tau}_{ij}^{cm}(t) = & \tilde{\tau}_{ij}^{ко}(t) + \tilde{\tau}_{ij}^{\delta p}(t) + \tilde{\tau}_{ij}^{\delta n}(t) + \tilde{\tau}_{ij}^v(t) + \\ & + \tilde{\tau}_{ij}^{nd}(t) + \tilde{\tau}_{ij}^{nep}(U(t), d) + \tilde{\tau}_{ij}^p(t), \end{aligned} \quad (I)$$

где

$$\tilde{\tau}_{ij}^{ко}(t), \tilde{\tau}_{ij}^{\delta p}(t), \tilde{\tau}_{ij}^{\delta n}(t), \tilde{\tau}_{ij}^v(t), \tilde{\tau}_{ij}^{nd}(t), \tilde{\tau}_{ij}^{nep}(U(t), d), \tilde{\tau}_{ij}^p(t)$$

— соответственно время обнаружения отказа, ожидания бригады, запасных изделий, начала рабочего дня и рабочей недели, переезда бригады к месту работы и ремонта оборудования.

Все составляющие времени устранения отказа (I) взаимосвязаны. Учесть многообразие факторов, влияющих на продолжительность времени устранения, с помощью аналитических методов не предоставляется возможным. Эту задачу можно решить экспериментально, однако для практической реализации, чтобы обеспечить требуемую точность и объем результатов, потребуется большой промежуток времени.

Задачи подобного типа можно решить методом имитационного моделирования /I/. Предлагается алгоритм моделирования процесса восстановления оборудования СВД (рисунок), в результате можно получить все составляющие времени простоя (I), а также некоторые другие величины, необходимые для проектирования и организации систем технического обслуживания СВД (табл. I).

Т а б л и ц а I

Перечень параметров, получаемых в результате
моделирования

Параметры	Обозначение
Количество требований на обслуживание за моделируемый период	j
Время простоя скважин	$d_{\sim \text{см}}$
Расстояние до места работы	d
Время, затрачиваемое на переезды	$\gamma_{\sim \text{пер}}$
Время одного обслуживания	γ^p
Время простоя бригад	$\gamma_{\sim \text{пр}}$
Время простоя скважин из-за сменности работы	$\gamma_{\sim \text{см}}$
Время простоя скважин из-за отсутствия запасных частей	$\gamma_{\sim \text{зп}}$
проведения ремонтов	$\sum \gamma^p$
занятости бригады	$\sum \gamma^{\text{бр}}$

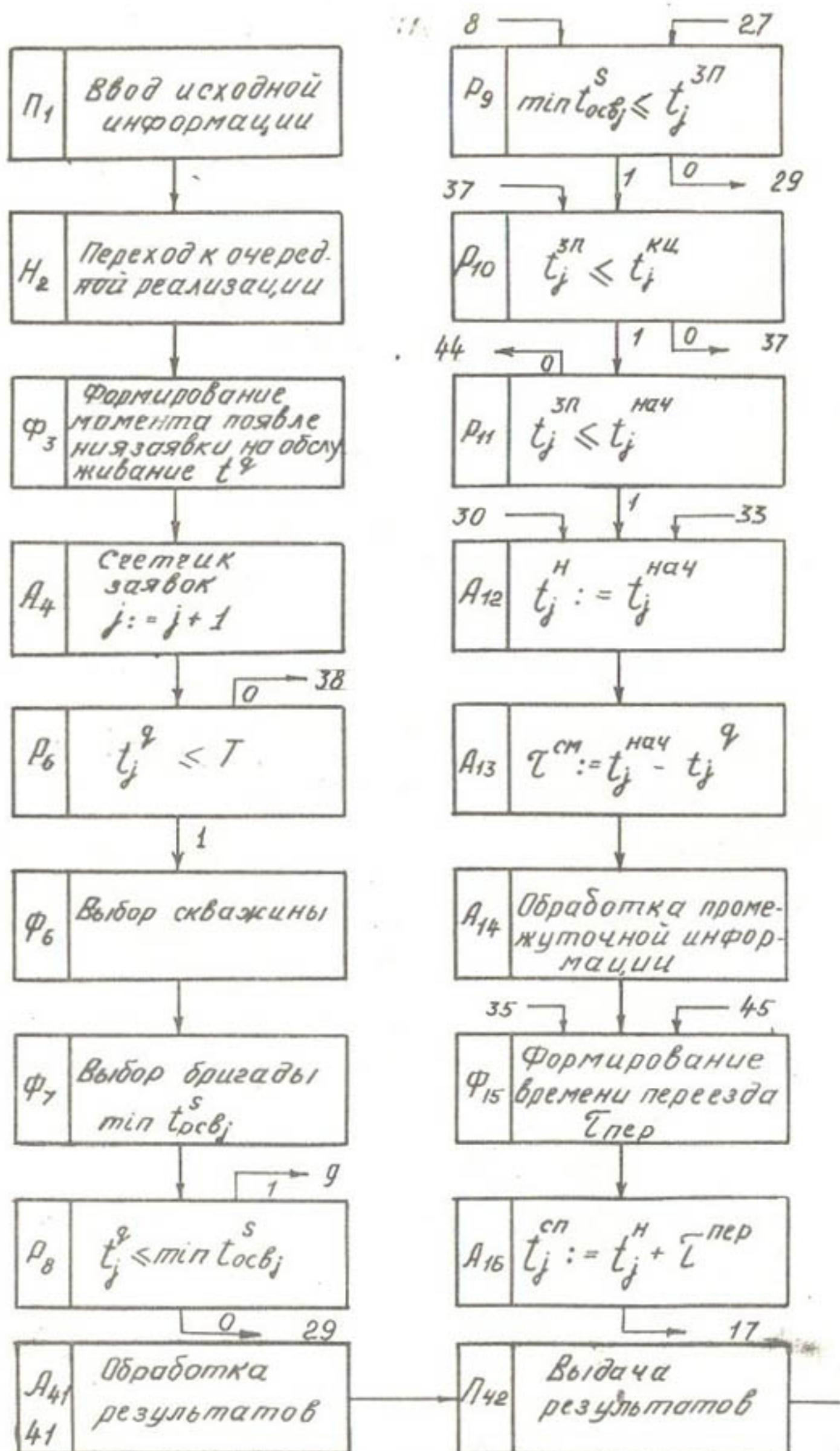
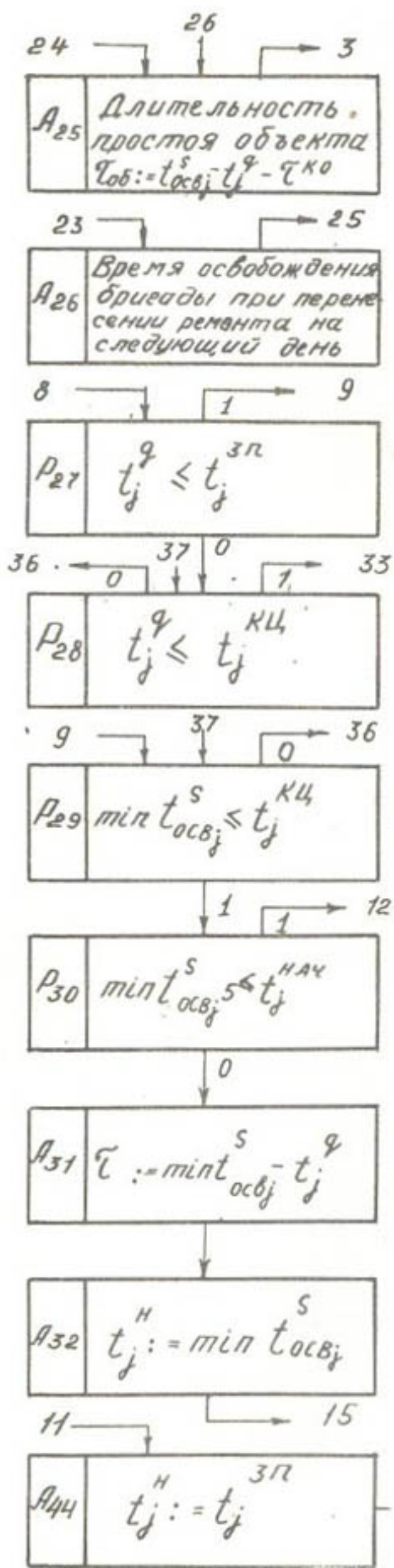
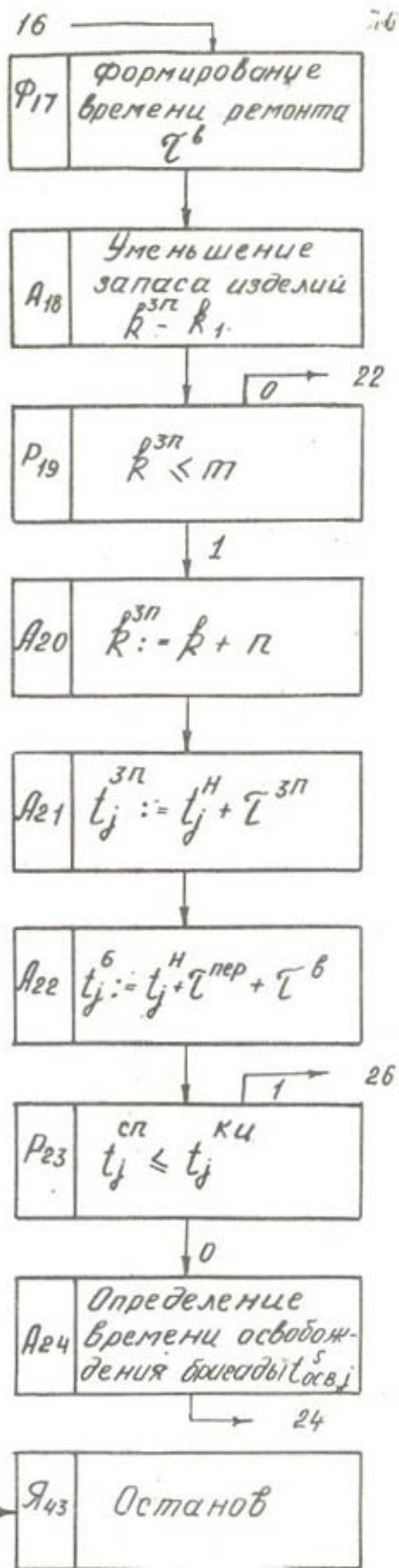
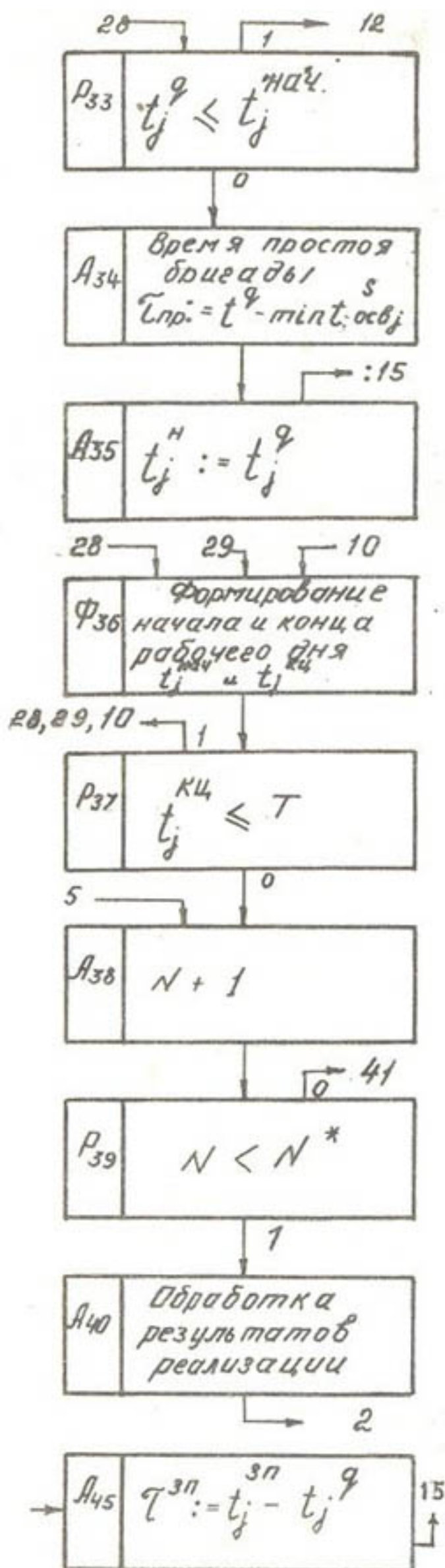


Схема алгоритма моделирования восстановления оборудования СВД.





Описание работы алгоритма моделирования составлено в соответствии с общепринятой терминологией систем массового обслуживания.

На центр технического обслуживания (ЦТО) определенного типа оборудования, где сосредоточено S^* равноценных обслуживающих бригад, поступает поток требований в случайные моменты времени с заданной частотой $\lambda(t)$. Закон распределения промежутков времени между поступлениями принят простейшим.

Дисциплина обслуживания — требования обслуживаются в порядке поступления, первой обслуживается та заявка, которая поступила раньше. Требования, поступающие на обслуживание, могут образовать очередь.

Длительность обслуживания требования является случайной величиной с заданным законом распределения (принят простейший закон с параметром μ). В алгоритме применен способ последовательного проведения заявки.

Бригада представляет собой укомплектованную всем необходимым (транспортом, оборудованием, инструментом, специалистами и т.п.) рабочую единицу. Подразумевается наличие бригад по обслуживанию

фильтров, электронасосного и т.п. оборудования.

Получив требование на обслуживание (номер скважины и объем работы), бригада выезжает на место работы со скоростью U . Причем, в момент поступления требования бригада может находиться либо в ЦТО, либо на другой скважине.

Время, затраченное на переезд, определяется по формуле

$$\tau^{\text{пер}} = d/U,$$

где

U — скорость перемещения,

d — расстояние до скважины.

Расстояние между двумя точками в прямоугольных координатах находим по формуле

$$d = \alpha \cdot \beta \cdot \sqrt{(x_{j-1} - x_j)^2 + (y_{j-1} - y_j)^2},$$

где

α — коэффициент искривления пути, учитывающий действительное расстояние между скважинами, которое больше принимаемого расстояния по прямой;

β — масштаб карты;

x_{j-1}, y_{j-1} — координаты скважины и ЦТО, откуда бригада выезжает;

x_j, y_j — координаты скважин и ЦТО, куда направляется бригада.

Если в момент поступления требования имеется несколько свободных бригад, требование на обслуживание принимает та, которая освободилась раньше других.

Если в момент поступления требования нет свободных бригад, требование ставится в очередь до освобождения бригады. Как только освобождается бригада, она приступает к обслуживанию очередной заявки.

Приехав на скважину, бригада приступает к устранению отказа с интенсивностью μ , время устранения отказа принимает случайные значения, распределенные по показательному закону.

Окончив работу, бригада ожидает появления требований на обслуживание и в конце рабочего дня возвращается в ЦТО. Если до конца рабочего дня бригада не успевает выполнить работу, то на следующий день она возвращается снова на эту же скважину.

Опишем функционирование схемы моделирующего алгоритма. Оператор (0) Π_1 осуществляет ввод исходной информации (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Исходные данные для моделирующего алгоритма

Исходные данные	Обозначение
Количество скважин	k
Количество обслуживающих бригад	s^*
Продолжительность моделируемого периода	T
Продолжительность рабочего дня	τ
Продолжительность выходных дней	$\tau_{\text{во}}$
Время обнаружения отказа	$\tau_{\text{ко}}$
Коэффициент искривления пути	α
Скорость перемещения	v
Интенсивность потока требований на обслуживание	λ
Интенсивность выполнения требований	μ
Требуемое количество реализаций моделируемого алгоритма	N^*
Координаты скважин и ЦТО	$x, y[1:k+1]$
Масштаб карты	β
Объем запасных изделий	$k_{\text{зн}}$
Объем заказываемой партии запасных изделий	n
Объем сокращения запасных изделий	$k'_{\text{зн}}$
Время пополнения запаса	$T'_{\text{зн}}$

О. Π_2 выполняет присваивание нулевых значений всем текущим величинам, связанным с судьбой j -го требования.

О Φ , формирует момент поступления требования по формуле

$$t_j = t_{j-1} + \xi,$$

где

t_{j-1} — момент поступления предыдущей заявки;
 ξ — случайное число в соответствии с принятым законом распределения входящего потока заявок.

С помощью QA_4 подсчитывается число поступивших заявок по правилу $j = j + 1$. Затем OP_5 проверяет не вышел ли момент t_j поступления заявки за пределы интервала моделирования $[0, T]$ по условию

$$t_j < T \quad (2)$$

Если условие (2) не выполняется, т.е. интервал моделирования исчерпан, следует переходить к OA_{28} для подсчета числа реализаций $N + 1$ и далее P_{29} , сравнивающему текущее число реализаций N с заданным N^* . Если условие $N < N^*$ соблюдается, то управление передается к OA_4 для обработки результатов реализации.

OF_6 выбирает номер скважины, от которой поступило требование на обслуживание. Выбор номера скважины, претендента на обслуживание, производится моделированием испытаний в схеме случайных событий. Процедура моделирования испытаний состоит в последовательном сравнении случайных чисел η в интервале $[0, 1]$ с вероятностью поступления требования от каждой скважины до тех пор пока не будет выполнено условие

$$\eta \leq 1/q, \quad q = \overline{1, k}. \quad (3)$$

Объект Q , для которого выполняется условие (3), будет претендентом на обслуживание.

Для выполнения требования на скважине назначается обслуживающая бригада, причем согласно выбранной стратегии обслуживания, с минимальным моментом освобождения

$$t_j^s \text{ осв} = \min \{ t_{\text{осв}}^s \}, \quad S = \overline{1, S^*}$$

После этого определяется $O. \Phi$, номер бригады с минимальным временем освобождения

$$S := S \sim \min t_{j\text{осв}}^s.$$

Далее следует ряд операторов, определяющих расположение момента появления требования на обслуживание на оси времени между моментом начала $t_j^{\text{нач}}$ и конца $t_j^{\text{кц}}$ рабочего дня, минимально время освобождения обслуживающих бригад $\min t_{\text{осв}}^s$, время выполнения заявки на пополнение запаса $t_j^{\text{зн}}$

Соответствующие операции исполняются О.О.

$$P_8, P_9, P_{10}, P_{11}, P_{27}, P_{28}, P_{29}, P_{30}, P_{33}$$

$$t_j^q \leq \min t_{j\text{осв}}^s, \quad t_j^q \leq t_j^{\text{зн}}, \quad \min t_{j\text{осв}}^s \leq t_j^{\text{нач}}.$$

$$\min t_{j\text{осв}}^s \leq t_j^{\text{зн}}, \quad t_j^q \leq t_j^{\text{кц}},$$

$$t_j^{\text{зн}} \leq t_j^{\text{кц}}, \quad \min t_{j\text{осв}}^s \leq t_j^{\text{кц}},$$

$$t_j^{\text{зн}} \leq t_j^{\text{нач}}, \quad t_j^q \leq t_j^{\text{нач}}$$

В зависимости от того, какой из моментов будет наибольшим, определяются причина и длительность простоя скважин в ожидании обслуживания $O. A_{13}, A_{31}, A_{43}$ по формулам

$$\tau^{\text{ом}} := t_j^{\text{нач}} - t_j^q \quad (\text{сменность работы}), \quad (4)$$

$$\tau^{\text{бр}} := \min t_{j\text{осв}}^s - t_j^q \quad (\text{занятость бригады}), \quad (5)$$

$$\tau^{\text{зн}} := t_j^{\text{зн}} - t_j^q \quad (\text{отсутствие запасных изделий}), \quad (6)$$

Кроме того, $O. A_{34}$ определяет время простоя бригады по формуле

$$t_j^{\text{н}} := \min t_{\text{осв}j}^s, \quad t_j^{\text{н}} := t_j^q, \quad t_j^{\text{н}} := t_j^{\text{зн}}.$$

В соответствии с причиной простоя назначается время начала обслуживания $O.A_{32}, A_{33}, A_{44}$

$$t_j^n := \min t_{осб,j}^s, t_j^n := t_j^q, t_j^n := t_j^{sn}.$$

$O.A_{14}$ проводит обработку промежуточной информации, необходимой для определения среднеквадратичного отклонения каждой из величин (4-6).

$O. \Phi_{36}$ вычисляет начало и конец рабочего дня.

Начало рабочего дня последующего после выходного определяется по формуле

$$t_j^{нач} := t_j^{нач} + \gamma^{вг} + 24,$$

где

$\gamma^{вг}$ — продолжительность выходных дней, а в середине недели

$$t_j^{нач} := t_j^{нач} + 24.$$

Конец рабочего дня определяется по формуле

$$t_j^{кц} := t_j^{нач} + \gamma,$$

где

γ — продолжительность рабочего дня.

Причем $O. \Phi_{36}$ следит за моментами появления отказов t_j^q и делает так, чтобы было условие

$$t_j^{нач} \leq t_j^q < t_j^{кц}.$$

Одновременно $O. P_{37}$ проверяет условие

$$t_j^{кц} \leq T. \quad (7)$$

Если условие (7) не выполняется, тогда управление передается к $O.A_{38}$, в противном случае моделирование цикла продолжается. $O. \Phi_{15}$ определяет время переезда в соответствии с номером скважины и суммирует все время, затрачиваемое на переезды.

$O. A_{16}$ определяет промежуточную величину

$$\begin{aligned} t_j^{\text{сп}} &:= t_j^{\text{н}} + \gamma_{\text{пер}}, \quad \text{если } (O.P_{23}) \\ t_j^{\text{сп}} &\geq t_j^{\text{кц}}, \end{aligned}$$

(8)

тогда бригада не выезжает на обслуживание, а возвращается в ЦТО и приступает к обслуживанию на следующий день.

Время освобождения бригады в этом случае определяется $O.A_{26}$.

$O.F_{17}$ формирует продолжительность ремонта γ^8 в соответствии с принятым законом.

Если условие (8) не выполняется тогда $O.A_{24}$ определяет время освобождения бригады.

Если бригада не успевает закончить работу до конца рабочего дня, т.е.

$$t_j^5 \geq t_j^{\text{кц}}$$

(величина t_j^5 определяется $O.A_{22}$), то она возвращается в ЦТО и заканчивает работу на следующий день. Время освобождения в этом случае тоже определяется $O.A_{26}$.

После выполнения ремонта $O.A_{18}$ уменьшает запас изделий на несколько единиц k_1 . С помощью моделирующего алгоритма возможен выбор оптимальной стратегии управления запасами, которая характеризуется параметрами: общий размер запаса $k^{\text{сп}}$, точка заказа m , размер партии p и время пополнения запаса $T^{\text{сп}}$. Выбор значений этих параметров определяется $O.P_{19}, A_{20}, A_{21}$. Длительность простоя объекта ($O.A_{25}$) определяется по формуле

$$\gamma^{\text{ом}} := t_{\text{осв}j}^5 - t_j^4 - \gamma^{\text{ко}},$$

где

$\gamma^{\text{ко}}$ — время обнаружения отказа.

Управление передается к $O.F_3$ и моделирование продолжается до тех пор, пока число реализаций N не достигнет заданного значения N^* . Это условие проверяет

$O.P_{39}$, после чего производятся обработка ($O.A_{41}$) и выдача ($O.P_{42}$) результатов. На этом моделирование

заканчивается (О. Я₄₃).

Статистическая оценка математического ожидания любой из величин X (табл. I) рассчитывается по формуле

$$\bar{X} = \frac{1}{N^*} \sum_{(j)}^{N^*} x_j$$

где

x_j - значение величины X для j -й реализации моделируемого процесса.

Статистическая оценка среднеквадратичного отклонения величины X определяется по формуле

$$\sigma_X = \sqrt{M[X^2] - (M[X])^2},$$

где

$M[X^2]$ - математическое ожидание;

$(M[X])^2$ - квадрат математического ожидания величины X .

Данная схема алгоритма моделирования была реализована в виде алгол-программы с использованием ЭВМ для решения задач статистической оптимизации обслуживания СВД.

Л и т е р а т у р а

И. Б у с л е н к о Н.П. Моделирование сложных систем.
М., Наука, 1968.

Т. ДЖАЛИЛОВА

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАБОТУ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СКВАЖИНЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

По данным исследований, проведенных в староорошаемой зоне Голодной степи, основная причина снижения дебита скважин - кольматация фильтров, обусловленная особенностями физико-химических процессов, происходящих в прифилтровой зоне (рис. I).

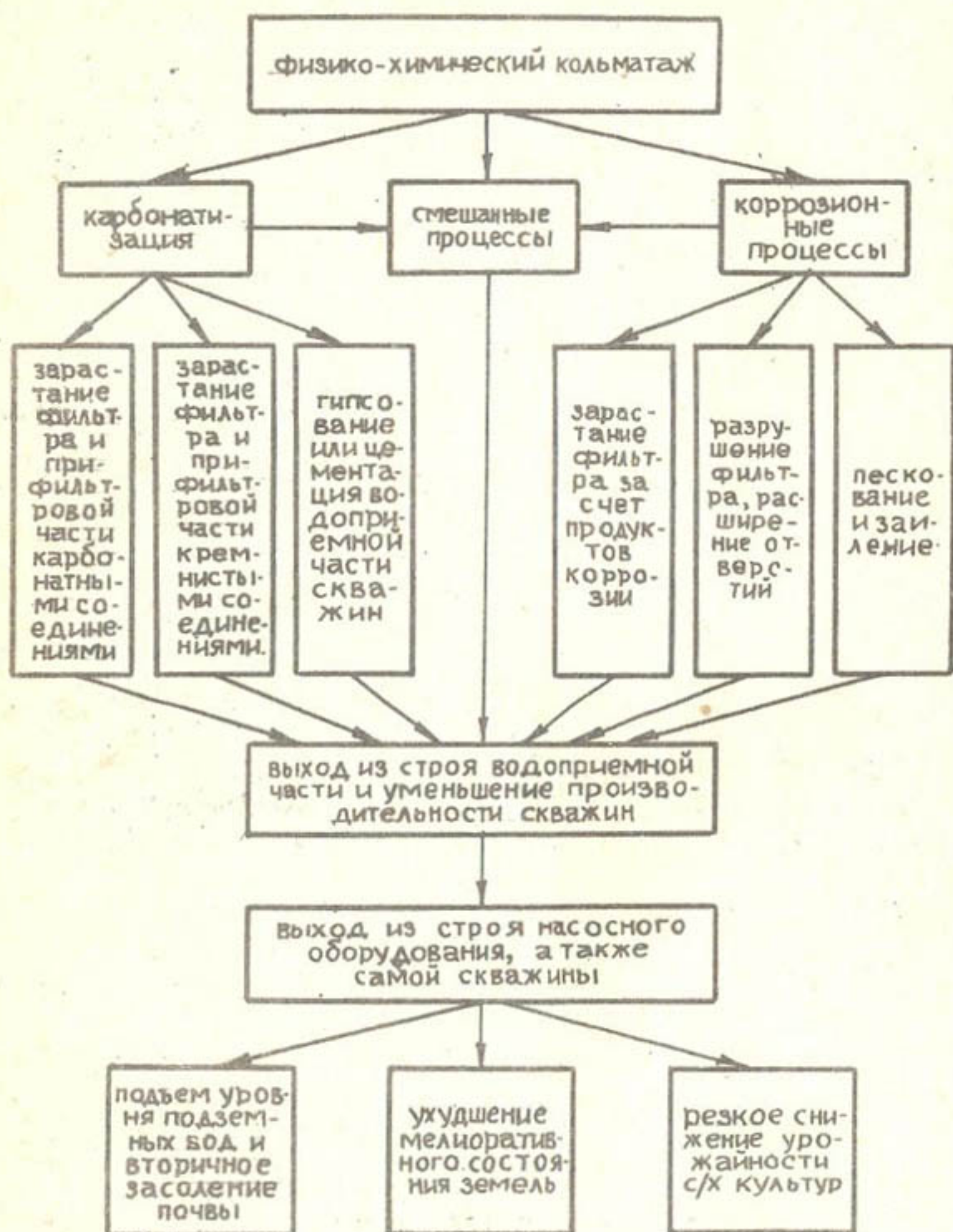


Рис. I. Схематическое изображение физико-химических процессов, происходящих в водопримной части скважин.

Процесс коьматации скважин зависит от ряда факторов, в частности, от литологического, гидрогеологического, инженерно-геологического строения почвы, почвенно-мелиоративных условий территории, присутствия железобактерий и микроорганизмов, минерализации подземных вод; химического, а также гидрохимического состава откачиваемых вод.

Сам процесс коьматации в зависимости от типа и конструкции фильтра и гравийной обсыпки делится на механический, химический, биологический.

Анализ физико-химических процессов, происходящих в прифилтровой зоне, показывает, что для условий Голодной степи характерны, в основном, процессы химического и, частично, механического коьматажа. Из-за отсутствия в подземных водах железобактерий и группы микроорганизмов биологического коьматажа здесь не происходит.

Для разработки мер по борьбе с коьматацией, какими являются обычно профилактические и ремонтно-восстановительные работы в водоприемной части скважины, необходимо выявить характер и степень воздействия подземных вод на фильтр, а также возможность и интенсивность процессов коьматации. Методически правильная оценка территорий Голодной степи по воздействию подземных вод на водоприемную часть скважины без специального их районирования невозможна [1].

В связи со сказанным, нами проведено районирование территории Голодной степи; в основу таксономической схемы районирования положены естественные факторы, определяющие формирование химического состава подземных вод, и особенности физико-химических процессов, протекающих в подземных водах при поступлении их в водоприемную часть скважины.

Для условий Голодной степи в водоприемной части скважины, в зависимости от перечисленных выше факторов, протекают физико-химические процессы: карбонатизация, смешанные, а также коррозионные, т.е. зарастание и разрушение фильтров за счет коррозии. Поэтому при

разработке принципов районирования за первую таксономическую единицу предлагается район, выделяемый по характеру и степени коагуляционных процессов, являющихся основной причиной снижения дебита и выхода из строя скважины (рис. 1; 2).

По степени интенсивности каждого процесса (слабой, средней, сильной) выделяются участки. Эта таксономическая единица необходима для выбора типа дренажа и конструкции фильтров при проектировании скважины, установления сроков и очередности планирования эксплуатационных мероприятий по восстановлению дебита скважины. Разработанная классификация позволяет прогнозировать тип осадка, коагулирующего фильтр скважины по характеру и степени минерализации подземных вод.

Согласно этому районированию в нижних террасах (первой и второй) р. Сырдарьи, где подземные воды гидрокарбонатного типа, слабоминерализованы, в водоприемной части скважины протекает процесс карбонатизации. В третьей надпойменной террасе, в пределах которой расположена часть Сардобинского и Джетысайского понижений, подземные воды высокоминерализованные (соленые); в прифилтровой зоне в основном наблюдаются коррозионные процессы. Во всех террасах, где подземные воды солоноватые, в прифилтровой зоне происходят смешанные процессы.

В табл. I и рис. 3 приведено районирование территории Голодной степи по воздействию подземных вод на водоприемную часть скважины вертикального дренажа.

Для рассматриваемой территории (рис. 3) по материалам откачиваемых вод, их гидрохимическим характеристикам и интенсивности процессов коагуляции были произведены расчеты по формуле Ланжелье /2/, Хема и Крошера /3/, показателю Ризнера /4/, диаграмме Пурба /5/ и по графику Апелцина [2].

Из результатов расчета (табл. I) видно, что подземные воды старой зоны Голодной степи в основном склонны к

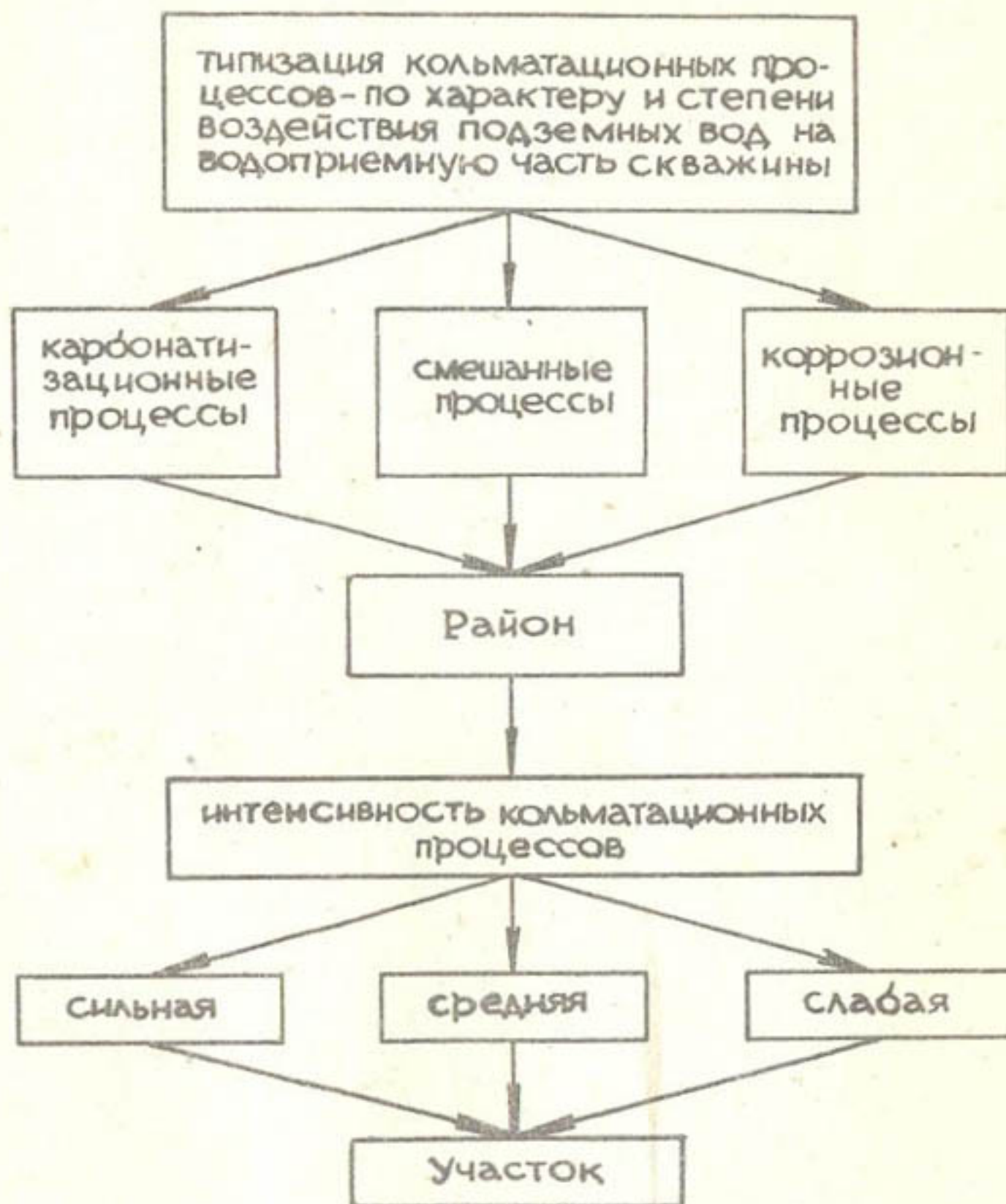


Рис.2. Схематическое районирование кольматационных процессов, происходящих в прифильтровой зоне.

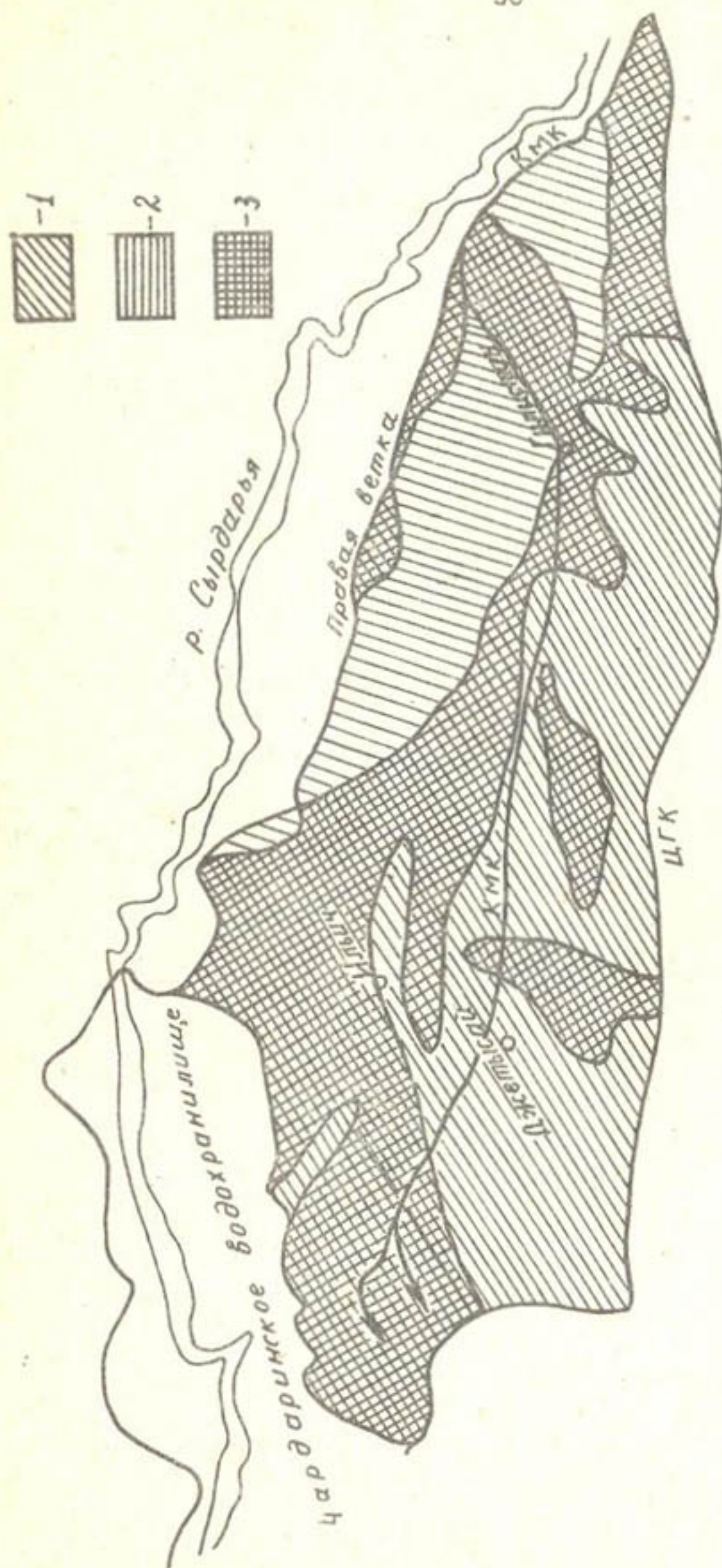


Рис.3. Схема районирования территории Голодной степи по воздействию подземных вод на водопримную часть скважины: 1 – карбонатные процессы; 2 – то же, коррозийные; 3 – то же, смешанные.

Т а б л и ц а I

Наименование комплек- са отложений, геомор- фологические условия	Гидрохимиче- ский тип воды	Степень минерали- зации подзем- ных вод	pH Eh , mV	Типиза- ция коль- матац. процес- сов по характе- ру и степени воздейст. подземн. вод	по Хему и Кроп- Пурба	по диаг- рамме желе неу	по Риз- нось про- цессов	
Голодностепский ком- плекс средне- и вер- хнечетвертичных про- лювиальных отложений второй террасы р. Сырдарьи	Гидрокарбо- натный или карбонатно- сульфатный	Слабоми- нерализо- ванные, до 3,0 г/л	7,5-8,0 130- 338	Карбо- натные процес- сы	>-2,5	Карбо- нати- зация	>0	7 Сильная Средняя Слабая
Четвертичные отложе- ния Голодностепского комплекса древне-ал- лювиальных отложений третьей террасы р. Сырдарьи	Сульфатный или хлорид- но-сульфат- ный	Соленые, 5-10 г/л	Около 7 79-290	Карро- зион- ные процес- сы	<-2,5	Карро- зия	<0	8-9 "
Часть II и III террасы р. Сырдарьи, являю- щейся границей между пролювиальными и аллю- виальными четвертич- ными отложениями	Сульфатный или гидро- карбонатно- сульфатный	Солоно- ватые, 3-5 г/л	7-8 60-335	Смешан- ные про- цессы	<-2,5 >-2,5	Пасси- вая	=0	6,5-9,0 "

образованию карбонатных солей и железистых соединений за счет продуктов коррозии на фильтрах и прифильтровых зонах скважин. Физико-химическая характеристика прифильтровой зоны, определяемая методами, и натурные исследования состава колюматирующих образований позволили произвести районирование территории по преобладающему составу осадков в прифильтровых зонах скважин. В результате выделены три района (рис. 3).

Первый район характеризуется распространением карбонатных колюматирующих соединений. В составе подземных вод здесь преобладают зоны кальция и магния, что вызывает выделение солей жесткости из состава откачиваемых вод. Формирование в прифильтровой зоне скважин карбонатного слоя создает крайне неблагоприятные условия для прохождения воды, в результате фактической приток ее сокращается во много раз по сравнению с возможным.

Второй район представлен железистыми (за счет коррозии) колюматирующими соединениями. Коррозионные процессы, т.е. зарастание и разрушение фильтрующих поверхностей под влиянием электрохимической коррозии происходит при повышенной кислотности, небольшой жесткости и высоком содержании минерализации подземных вод, оказывая большое влияние на эксплуатацию фильтра.

На высокодебитных хорошо работающих скважинах процесс коррозионного разрушения наблюдается по всем поверхностям каркасов фильтра, вследствие чего уменьшается их прочность, т.е. толщина стенок утончается и увеличиваются проходные отверстия. На плохо работающих низкодебитных скважинах происходит процесс коррозионного зарастания, т.е. продукты коррозии забивают отверстия фильтра, в результате на фильтрах и вокруг них образуются водонепроницаемые структуры.

Таким образом, в результате коррозии расширяются щели фильтра, что приводит к выносу песка; уменьшается прочность и разрушаются фильтры и обсадные трубы; про-

дукты коррозии забивают отверстия фильтра. Анализ проб, отобранных из фильтра и водоподъемных труб, показывают, что содержание железистой составляющей изменяется в осадках от 51,5 до 86,6%.

Третий район характеризуется тем, что в составе подземных вод имеются как карбонатные, так и железистые (за счет коррозии) колюматирующие соединения. В пределах этого района водоприемной части скважин протекают смешанные процессы, т.е. карбонатные отложения солей и коррозионные процессы, ведущие к разрушению и зарастанию фильтров и прифильтровых зон.

Данные проведенных исследований показывают, что степень и скорость каждого процесса, происходящего в водоприемной части скважин, неодинакова. По степени интенсивности колюматации процессов выделяются три участка: со слабой интенсивностью, средней и сильной (табл.2).

Т а б л и ц а 2

Характеристика колюматационных процессов, происходящих в водоприемной части скважин

Участок	П р о ц е с с ы		
	карбонатные (район I)	коррозионные (район II)	смешанные (район III)
И н т е н с и в н о с т ь			
I	слабая	слабая	слабая
2	средняя	средняя	средняя
3	сильная	сильная	сильная

Таким образом, районирование территории по воздействию подземных вод на водоприемную часть скважины дает возможность выявить основные причины снижения дебита скважин и наметить мероприятия по борьбе с ними при проектировании и строительстве эксплуатационных скважин, предусмотреть меры, обеспечивающие их долговременную эксплуатацию, целенаправленную профилактику и ремонт.

Л и т е р а т у р а

1. А л е к с е е в В.С., Г р е б е н н и к о в В.Т.,
А с т р о в а Н.В. Итоги науки и техники,
I серия, Гидрогеология. Инженерная геология,
т. 6. Гидрогеологическое обоснование методов
восстановления производительности скважин на
воду. М., 1979.
2. А п е л ь ц и н Е.И., К л я ч к о В.А. Очистка
природных вод. М., 1971.
3. „*Drainage Construction Techniques for
Vertical Tubewell Drainage*” *ICID*, 1978.
4. Р е к о м е н д а ц и и по восстановлению произво-
дительности скважин реагентными методами. М.,
Водгео, 1975.
5. Э в а н с Ю.Р. Коррозия и окисление металлов. М.,
Машгиз, 1962.

И.А. ЗАКС
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Обоснованием для строительства вертикального дренажа в Каршинской степи явились высокие фильтрационные свойства и большие мощности водоносных горизонтов. В литологическом отношении территория, оснащенная скважинами вертикального дренажа (совхозы I2, I3, I4, I5, I7, "Ленин-Юлы", "Аврора"), площадью 35,0 тыс.га, сложена аллювиально-дельтовыми отложениями четвертичного возраста, представленными песками и гравием мощностью 20-30 м и перекрытые сверху суглинками и супесями мощностью от 3 до 12 м. Фильтрационные параметры водоносных

пластов довольно высоки: коэффициент фильтрации колеблется от 39 до 42 м/сут, проводимость изменяется от 300 до 1200 м²/сут, коэффициент фильтрации покровных отложений составляет 0,06–0,4 м/сут.

Многолетние наблюдения за динамикой режима подземных вод и водно-солевым балансом позволили оценить мелиоративное состояние орошаемых земель рассматриваемой зоны, выявить эффективность вертикального дренажа с учетом условий эксплуатации и технического состояния системы. Для более детального рассмотрения была принята территория совхоза I4 (площадь 6,084 тыс.га) как наиболее изученная. До начала освоения земель (1970–1972 гг.) здесь были характерны небольшие участки с глубинами залегания грунтовых вод в интервале 1–2 м, площадь их распространения находилась в пределах 400 га. На остальной территории грунтовые воды залегали на глубинах 3–5 и 5–10 м. Минерализация грунтовых вод составляла в среднем 9,2 г/л, засоленность почвогрунтов имела слабую категорию с локальными участками среднесоленных земель.

Начатое строительство внутрихозяйственных коллекторов в 1974–1975 гг. (КК-6-5-2; КК-6-5-1) обеспечило снижение грунтовых вод до 2,8–3,0 м на прилегающих к коллекторам площадях, в то время как на остальной площади орошение привело к подъему грунтовых вод с 8–10 до 3–4 м, т.е. произошло выравнивание зеркала грунтовых вод с одновременным их подъемом практически по всей территории. Высокие темпы подъема грунтовых вод обусловлены тем, что водоподача в первые годы освоения, как правило, превышала проектную на 2,4–3,6 тыс.м³/га. Причем, вместо рекомендуемых промывных поливов нормами 1,2–1,4 тыс.м³/га фактически на поля подавалось 2,0–2,5 тыс.м³/га.

Строительство коллекторов и скважин вертикального дренажа привело к резкому, более чем вдвое, увеличению дренажного стока: с 800 до 2791 м³/га в год при росте протяженности с 23,2 до 30 км, а когда она достигла про-

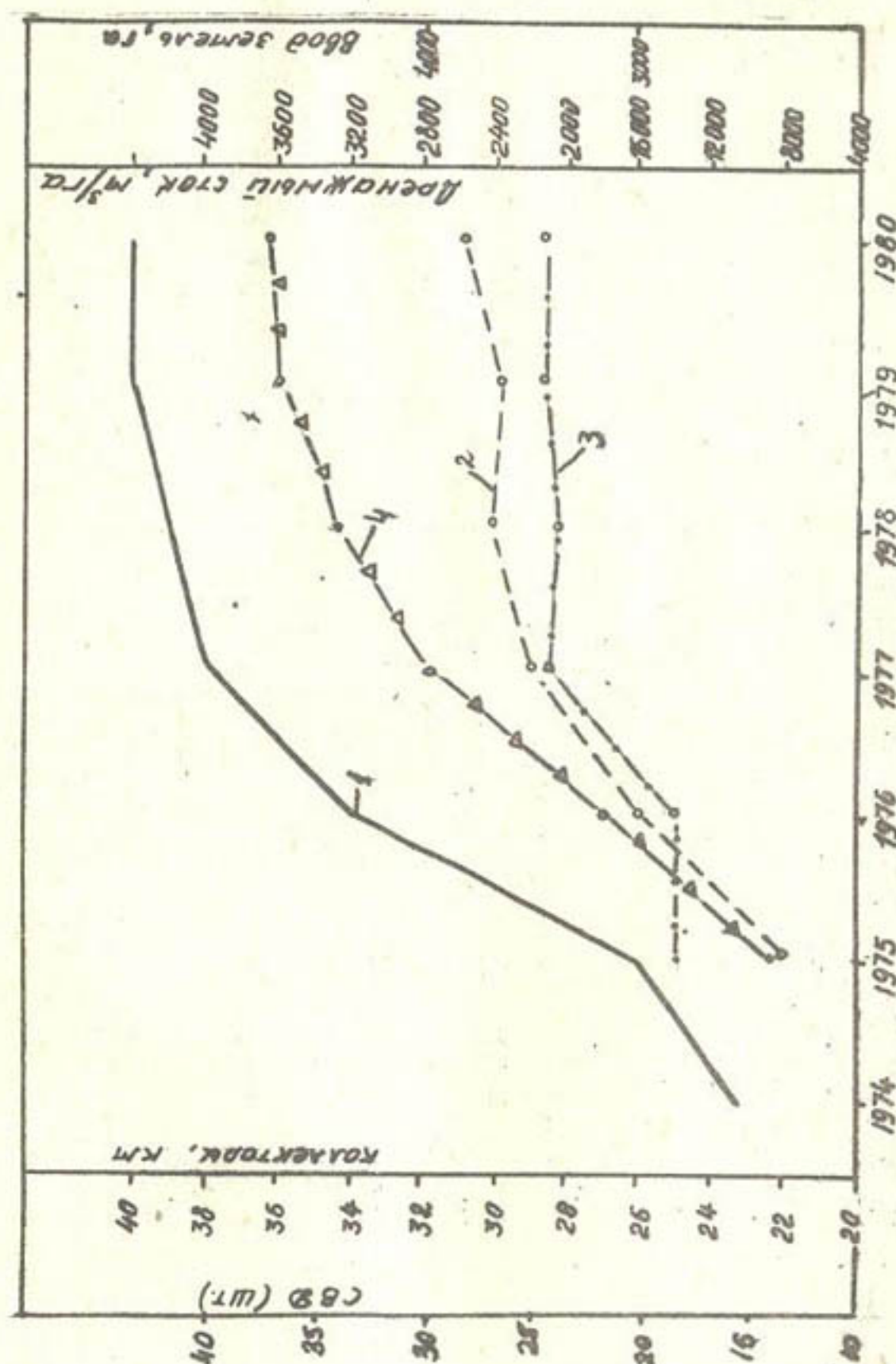
ектной величины — 40,9 км, дренажный сток составил 3609 км³/га в год (рисунок).

Количество работающих скважин вертикального дренажа при этом не изменилось, осталось на уровне 1976 г. Фактическая дренированность покровных мелкоземов в совхозе 14, определенная балансовым методом, составила 3,56 м³/га/сут. в 1975 г. и 9,0 в 1979 г. при 17,1 по проекту (табл. I).

Т а б л и ц а I
Составляющие общего водного баланса, м³/га
(брутто)

Статьи баланса	Годы			
	1975	1977	1978	1979
Приходные статьи:				
водоподача	6640	8848	8908	8810
атмосферные осадки	1430	1738	2316	2610
Итого:	8070	10586	11224	11420
Расходные статьи:				
коллекторно-дренажный сток за счет коллекторов	607	1585	1784	1996
за счет вертикального дренажа	—	508	716	862
сбросы	210	698	834	751
суммарное испарение	6480	7336	7109	7420
Итого:	7390	10127	10443	11029
Изменение запасов грунтовых вод	680	495	781	391
Дренированность за сутки	3,56	7,09	8,99	8,90

Наблюдения за грунтовыми водами показали, что их уровень стабилизировался на глубине 2,8–4,0 м, а минерализация с годами снизилась и в 1981 г. составила 0,7–3,4 г/л. Это подтверждается динамикой минерализации грунтовых вод на опытно-производственном участке совхо-



Динамика роста протяженности коллекторов скважин вертикального дренажа и дренажного стока в совхозе 14 Карпинской степи: 1 — протяженность коллекторов, км; 2 — ввод земель, га; 3 — количество рабочих скважин, шт; 4 — дренажный сток, $\text{м}^3/\text{га}$.

за I4, где за период 1975–1977 гг. минерализация снизилась с 20 до 6,0 г/л. Характерным в этом отношении является куст скважин 853, принадлежащий гидрорежимной партии НПО "Узбекгидрогеология", где за период 1972–1979 гг. наблюдалось снижение минерализации с 10,51 до 4,2 г/л.

На основании солевых балансов почвогрунтов установлено, что вынос солей из верхней двухметровой толщи составляет 2,8 т/га в год; земли совхоза I4 относятся к категории незасоленных и слабозасоленных.

В настоящее время в Каршинской степи построены 134 скважины вертикального дренажа в совхозах I2, I4, I5, I7, "Аврора", что составляет 73% от проектного количества. Обследование технического состояния скважин, проведенное САНИИРИ, и анализ материалов УКДС "Каршистроя" показали, что количество работоспособных скважин – 83 или 45% от проекта. Причем, КНР системы не превышает 0,4–0,45 при проектном 0,77. Тем не менее следует отметить хорошее мелиоративное состояние земель исследуемой зоны вот уже на протяжении 3–4 лет, несмотря на завышение объема водоподачи, которое приводит к подъему грунтовых вод (табл. 2).

Анализ структуры водного баланса показал, что дренажный сток формируется не только под влиянием откачек из скважин вертикального дренажа, но и за счет дренированности открытыми коллекторами, что недостаточно изучено и учтено в проектных решениях. Сказанное объясняется тем, что многие коллекторы такие, как КК-6-5-2, КК-6-5-1, имея глубину 4,0–5,0 м, вскрывают водоносные пласты и усиливают свое дренирующее действие, которое еще более увеличивается вследствие того, что коллекторы, построенные в понижениях рельефа, создают дополнительный напор над линией их вреза.

Следовательно, в определенных условиях коллекторная сеть обладает более высокой дренирующей способностью, не предусмотренной существующими нормативными документа-

Т а б л и ц а 2

Показатели технического и мелиоративного состояния земель
зоны вертикального дренажа в Карминской степи

Показатели	Совхозы					
	И2	И4	И5	И7	Аврора	Итого
Протяженность коллек- тора, км:						
проектная	35,8	40,9	22,5	20,6	5,0	124,8
фактическая	34,4	40,0	22,0	19,3	5,9	121,6
Кол-во скважин верт. дренажа, шт (проект)	50	37	38	58	-	198
факт. построено	30	37	26	27	14	134
факт. работает	19	24	13	17	10	83
К з и						
проект	0,73	0,81	0,75	0,88	0,88	0,85
фактич.	0,28	0,67	0,58	0,49	0,62	0,60
Объем откачиваемых вод верт. дренажем за год, млн. м ³	5,821	5,215	4,884	5,719	2,087	23,8
за вегетацию	4,54	3,754	3,791	3,995	1,383	17,473
Вывос солей за год, тыс. т	13,64	24,77	15,775	35,057	9,83	102,4
за вегетацию	10,63	17,87	12,224	24,49	6,513	71,75
Вывос солей за год, т/га	1,96	4,07	2,56	4,42	3,96	3,45
за вегетацию	1,53	2,49	2,01	3,09	2,62	2,47
Глубина грунтовых вод, м:						
средн. за год	3,28	3,37	2,91	2,48	2,31	
средн. за вегетацию	2,70	2,61	2,38	2,04	1,98	
Диапазон регулирования грунтовых вод, м	2,2- 3,4	2,8- 4,0	2,8- 3,8	1,9- 3,0	2,0- 2,8	
Минерализация грунтовых вод, г/л	2,12	4,19	3,8	2,82	7,6	
Засоленность почво- грунтов	неза- сол.	неза- сол.	неза- сол.	слабо- засол.	слабо- засол.	
Урожайность хлопчат- ника, ц/га	32,1	22,4	30,2	28,7	189 люцерны	

ми по проектированию дренажа. Отсюда требуется некоторая корректировка проектных решений относительно расчета количества скважин, особенно на территории тех хозяйств, где скважины вертикального дренажа построены и введены в неполном проектном количестве. Также следует обратить внимание на выявление факта дренированности коллекторов при изыскательских работах на вновь осваиваемых территориях, где предусматривается строительство дренажных систем, в том числе и вертикального дренажа.

Х. И. Якубов, канд. техн. наук
В. Г. Насонов, канд. геол.-мин. наук
Н. Зайнутдинова
(САНИИРИ им. В. Д. Журина)

ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

За последнее десятилетие вертикальный дренаж нашел широкое применение в различных природно-хозяйственных условиях СССР как техническое средство мелиорации земель. В пределах Советского Союза построено и эксплуатируется более 5750 скважин вертикального дренажа, которые обеспечивают мелиорацию 770 тыс. га орошаемых земель. В ближайшей перспективе на площади 2,5-3,0 млн. га будут эксплуатироваться около 17 тыс. скважин.

Обеспечение надежной работы систем — одна из главных задач водохозяйственных организаций страны. Основным эксплуатационным показателем надежности вертикального дренажа является установление продолжительности работы систем и распределение объема отбора подземных вод как в месячном, так и в годовом разрезе. Величина этого показателя обычно рассчитывается на основании прогноза оптимального мелиоративного режима почв с учетом метеорологических изменений данного года и мелиоративного состояния орошаемых земель и должна удовлетворять условиям

$$D \leq \sum_{i=1}^n Q \cdot t,$$

где

- D – дренированность (мощность дренажа) территории, устанавливаемая прогнозным расчетом водно-солевого режима почв;
- Q – дебит отдельных скважин, работающих на массиве;
- t – коэффициент полезной работы эксплуатируемых систем (отношение фактической продолжительности работы к календарному времени), устанавливаемый при расчете режима работы вертикального дренажа, исходя из требования удовлетворения оптимального мелиоративного режима почв.

Эксплуатация крупных систем вертикального дренажа в Средней Азии показала несоответствие их фактического суммарного дебита проектной (прогнозной) величине мощности дренажа (дренированности). Обычно фактическая мощность дренажа намного меньше прогнозной, хотя количество скважин в системе соответствует проектному. Такое положение объясняется изменчивостью как дебита скважин во времени, так и коэффициента полезной работы системы (КПР). В процессе эксплуатации систем происходит постепенное снижение дебита скважин из-за заиления, коагуляции и коррозии фильтра. Однако главной причиной необеспеченности проектной дренированности (нагрузки на дренаж) является низкий КПР систем (табл. I).

Таблица I.

Значения КПР СВД Узбекской ССР и
Кышного Казахстана

Район	Г о д ы			
	1976	1977	1978	1980
<u>Сырдарьинская область</u>				
Сырдарьинский	0,58	0,70	0,69	0,79
Ворошиловский	0,61	0,67	0,64	0,81
Гулистанский	0,67	0,70	0,76	0,94
Баяутский	0,58	0,60	0,64	0,81
Ак-алтынский			0,32	0,55
Комсомольский	0,63	0,6	0,60	0,76
<u>Бухарская область</u>				
Бухарский	0,213	0,313	0,380	0,46

продолжение таблицы I

I	2	3	4	5
Каганский	0,380	0,426	0,520	0,63
Вашкентский	0,317	0,294	0,158	0,45
<u>Ферганская область</u>				
Кувинский	0,64	0,638	0,70	0,76
Ташшакский	0,66	0,76	0,705	0,72
Багдадский	0,557	0,55	0,703	0,7
Кировский	0,47	0,42	0,522	0,51
<u>Чимкентская область</u>				
Пахтааральский	0,31	0,27	0,18	0,34
Зона Арысь-Туркестанс- кого канала	0,51	0,55	0,54	0,53

Данные табл. I показывают, что фактический КПР СВД на объектах УзССР и Южного Казахстана колеблется от 0,18 до 0,7, что на 15-60% ниже проектной величины (0,75-0,85). При этом КПР СВД на объектах Узбекистана выше (0,3-0,7), чем таковой по Южному Казахстану, что объясняется лучшей оснащенностью ремонтной базы и организацией службы.

Следует отметить, что широкий диапазон колебания КПР системы во внутригодовом разрезе проявляется еще сильнее: от 0,03 до 0,56 для Пахтааральской и от 0,055 до 0,48 для Бухарской систем (табл.2).

Таблица 2

Изменение КПР СВД во внутригодовом разрезе

Месяцы	Бухарская СВД : Пахтааральская СВД			
	1977	1978	1977	1978
Январь	0,313	0,456	0,35	0,21
Февраль	0,382	0,400	0,48	0,30
Март	0,501	0,500	0,54	0,25
Апрель	0,525	0,370	0,46	0,15
Май	0,402	0,318	0,05	0,06
Июнь	0,308	0,344	0,03	0,07
Июль	0,451	0,392	0,23	0,17
Август	0,360	0,455	0,18	0,10

продолжение таблицы 2

I	:	2	:	3	:	4	:	5
Сентябрь		0,263		0,480		0,23		0,24
Октябрь		0,055		0,454		0,22		0,25
Ноябрь		0,343		0,350		0,24		0,17
Декабрь		0,466		0,337		0,23		0,31
Средняя величина за год		0,361		0,400		0,27		0,18

Такие низкие показатели эксплуатации СВД, снижающие эффективность мероприятий по созданию оптимальных мелиоративных режимов орошаемых земель обусловлены рядом причин:

- невысокий технический уровень качества строительства скважин, прежде всего нарушение подбора состава гравийной обсыпки;
- слабая оснащенность ремонтных баз;
- недостаточность обменного фонда насосно-силового оборудования, запасных частей, а также недостаточная обеспеченность эксплуатационных организаций транспортными средствами, высококвалифицированными кадрами и др.

Анализ структуры основных видов простоев скважин вертикального дренажа показывает, что самая продолжительная остановка их связана с ремонтом насосно-силового оборудования. Простои по этой причине колеблются для Пахтааральской системы от 16 до 43,4 %, а для Бухарской от 23 до 43,8%.

Результаты испытаний электронасосов ЭЦВ-12-255-30, которыми, в основном, оборудованы скважины Голодной степи, показали, что основная часть электронасосов (47-60%) выходит из строя вследствие низкой износостойкости узлов и деталей. Заметная часть (до 30%) отказов происходит из-за нарушения правил технической эксплуатации. Анализ деталей вышедших из строя электронасосов показал, что наиболее слабым узлом в насосной части является подшипник насоса (до 66% отказов), а в электродвигателе - обмотка статора (до 56%).

Простои скважин из-за отсутствия электроэнергии составляют для Пахтааральской системы 7,6-22,3, а для Бухарской - 23,9-41,8%.

В казахской части Голодной степи продолжительное время

(от 4,8 до 57%) система простаивает по просьбам хозяйств, часто совершенно необоснованным. Хозяйства отключают скважины, не согласуя со службами эксплуатации, в ущерб мелиорации земель. Для систем Узбекистана этот вид простоя составляет 2,5–9 %.

Такие виды простоев, как ремонт отводящих сетей и сооружений на них, артезианские прокачки скважин, варьируют в пределах от 6–7 до 23–28%.

Анализ информации, полученной от эксплуатационной службы по структуре простоев исключив из нее простои, связанные с отсутствием электроэнергии, и по просьбе хозяйств, которые не регулируются техническими средствами, закладываемыми в проектах) позволил установить основные причины вынужденной остановки скважин:

повреждение насосно-силового оборудования;
ремонт и очистка водоотводящей сети и сооружений;
ремонт самих скважин вследствие заиливания, физического и химического колюматажа фильтра.

Простои, связанные с этими видами отказов, полностью устранить практически невозможно, но можно значительно снизить их за счет профилактических мероприятий и более высокого обеспечения эксплуатационных организаций материально-техническими ресурсами. При проектировании и эксплуатации указанные простои следует учитывать путем определения интенсивности отказов и времени восстановления всех элементов системы. Таким образом определяется возможность достижения проектной величины КПР, установленной прогнозом оптимального водно-солевого режима почв.

Для реализации такого подхода к обеспечению надежности и технического обслуживания систем необходимо разработать другую систему оценки работоспособности вертикального дренажа (до сих пор КПР является единственным показателем, принятым в эксплуатационных организациях для оценки технического уровня надежности скважин и работоспособности СВД). Прежде всего необходимо определить показатели и критерии, с помощью которых можно было бы, с одной стороны, количественно оценить

мелиоративную и технико-экономическую эффективность системы, а с другой – обеспечить повышение надежности скважин вертикального дренажа, создав основу оптимального планирования резервного оборудования и организации ремонтных работ.

Общими показателями мелиоративной эффективности дренажа являются дебиты, удельные дебиты, суммарная мощность системы, а также показатели, характеризующие мелиоративное состояние земель (режим грунтовых, напорных вод и их минерализация, засоленность почвогрунтов, дренажный модуль, изменение отдельных элементов водно-солевого баланса и др.) Методика определения этих показателей общеизвестна. Однако для учета изменения параметров по этим показателям следует ввести ряд коэффициентов.

Оценка мелиоративных процессов, происходящих на фоне вертикального дренажа, может быть установлена введением коэффициента, представляющего отношение площадей грунтовых вод, их минерализации, засоленности и урожайности сельхозкультур предыдущего года (S_0) к текущему (S_i):

$$K = \frac{S_0}{S_i}$$

(при: $K \geq 1,0$ система работает удовлетворительно). Более правильным будет определение этого коэффициента по отношению площадей грунтовых вод, их минерализации, засоленности и урожайности данного года наблюдений к прогнозным значениям, предусмотренным в проектах мелиорации. В этом случае приближение величины K к единице свидетельствует об удовлетворительной работе системы, а при резком уменьшении – о необходимости разработки эксплуатационных мер.

В процессе эксплуатации вертикального дренажа в результате постепенных отказов отдельных его элементов, происходящих за счет физико-химической коагуляции фильтров и заиливания скважин, работоспособность отдельных насосных колодцев и системы в целом снижается. Процесс изменения работоспособности зависит от характеристики водоносного комплекса, главным образом, от механического состава грунта, степени минерализации и химического состава вод каптируемого пласта. При ухудшении качества вод и грансостава водоносного комплекса процесс снижения работоспособности скважин и эффективности использо-

вания системы вертикального дренажа ускоряется. Опыт эксплуатации вертикального дренажа показал, что скорость снижения дебита за счет коагуляции при слабоминерализованных подземных водах (Шурузякский массив) составляет 2-5, а при сильно минерализованных - 5-7% в год от исходных величин. Эта закономерность снижения работоспособности скважин и системы должна учитываться при планировании эксплуатационных мероприятий с помощью коэффициента снижения производительности скважин и использования мощности СВД.

Коэффициент снижения производительности скважин определяется из отношения фактического дебита к величине расхода насосных колодцев, установленной в момент их приемки в эксплуатацию:

$$K_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{ф}}}{Q_{\text{нач}}},$$

где $K_{\text{ср}}$ - коэффициент снижения расхода скважин;

$Q_{\text{ф}}$ - фактическая производительность скважины, л/с;

$Q_{\text{нач}}$ - дебит, достигнутый при приемке скважин.

На **сильнопескующих** скважинах снижение дебита наблюдается сразу после первой их остановки. Скважины, характеризуемые $K_{\text{ср}} < 0,5-0,6$, подлежат перебурированию, а при $K_{\text{ср}} = 0,7-0,85$ требуют мероприятий по формированию устойчивого фильтра с помощью эрлифтной откачки. При $K_{\text{ср}} = 0,85$ окончательное формирование фильтра можно совместить с опытно-эксплуатационной откачкой.

На слабо- и непескующих скважинах процесс снижения расходов скважин происходит медленно за счет физико-химической коагуляции фильтра. В процессе эксплуатации при снижении дебита скважин до величины меньше 0,75-0,8 необходимо планировать мероприятия по восстановлению их производительности путем усиленной эрлифтной откачки. Откачку следует проводить до получения максимально возможного расхода, т.е. расхода, превышающего на 20-25% проектную производительность скважины. На скважинах с $K_{\text{ср}} = 0,5-0,75$ требуется осуществление более капитальных мероприятий путем проведения физико-химических обработок (взрыв с использованием торпеды и

детонирующего шнура, электрогидравлическая и соляно-кислая обработка и т.д.). Скважины с $K_{\text{ср}} = 0,5$ подлежат пере-
бурированию.

Аналогично оценивается уровень снижения мощности систем вертикального дренажа:

$$K_{\text{усмс}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{i\text{ф.о}}}{\sum_{i=1}^n Q_{i\text{нач}}},$$

где $K_{\text{усмс}}$ — коэффициент, характеризующий уровень снижения мощности системы;

$\sum_{i=1}^n Q_{i\text{ф}}$ — фактические суммарный дебит скважин и мощность откачек из системы, $\text{м}^3/\text{с}$, $\text{млн.м}^3/\text{год}$, соответственно.

$\sum_{i=1}^n Q_{i\text{нач}}$ — суммарный дебит системы и откачки в начальный период ее эксплуатации.

Опыт эксплуатации крупных СВД в Узбекистане показывает, что наибольший мелиоративный эффект на фоне этого дренажа достигается при $K_{\text{усмс}} \geq 0,9$. При снижении этого коэффициента до величины меньше 0,85 необходимо проводить мероприятия по восстановлению мощности дренажа, даже если система будет работать с проектной величиной КПР.

Необходимость проведения мероприятий по восстановлению мощности дренажа до проектной (прогнозной) величины устанавливается с помощью коэффициента использования мощности СВД, который представляет собой произведение коэффициентов полезной работы и уровня снижения мощности систем:

$$K_{\text{и.м.с}} = K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{усмс}} = \frac{T_{\text{ф.р.о.б.}}}{T_{\text{кал.}}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n Q_{\text{ф}}}{\sum_{i=1}^n Q_{\text{нач}}}$$

или

$$K_{\text{и.м.с.}} = \frac{T_{\text{ф}}}{T_{\text{кал}}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{\sum_{i=1}^n W_{\text{прог}}}.$$

При установлении величины этого коэффициента проектные размеры КПР принимаются за единицу. Фактические величины КПР, определяемые за счет простоев, вызываемых отказами различных элементов, устанавливаются от проектного его размера. Предельным значением $K_{\text{и.м.с.}}$ вертикального дренажа, при котором можно вести эксплуатацию системы без особого ущерба для плодородия почв, будет величина, близкая к 0,7–0,75. В критические периоды (например, период

проведения промывок) мероприятия по рассолению почв можно осуществлять путем подключения максимально возможного числа скважин ($K_{ПР}=0,9-I,0$) в эксплуатацию для регулирования уровня грунтовых вод в больших диапазонах — 4,5–5,0 м (создание свободной емкости). При $K_{н.м.с.} \leq 0,7-0,75$ следует провести ряд мероприятий по усилению мощности систем (восстановление дебита скважин, бурение дополнительных насосных колодцев).

Для достижения прогнозных мелиоративных и технико-экономических показателей необходимо обеспечить высокую эксплуатационную надежность скважин.

Надежность системы скважин вертикального дренажа характеризуется как свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения расчетных эксплуатационных показателей в установленных пределах, соответствующих заданному режиму откачек, и тем самым поддерживать требуемый мелиоративный режим почв.

Надежность работы СВД зависит от уровня проектирования, строительства и эксплуатации отдельных скважин. Ошибки, допущенные хотя бы на одном из этих этапов, могут свести на нет время и средства, затраченные на обеспечение надежности на остальных этапах. Поэтому надежность необходимо считать техническим параметром, который должен закладываться на этапе проектирования, соблюдаться в процессе строительства и служить оценочным показателем системы при ее эксплуатации.

На надежность вертикального дренажа существенное влияние оказывают многие факторы — условия и методы эксплуатации систем, применяемая система ремонта и технического обслуживания, квалификация персонала и пр. Поэтому связь между наработкой и ее техническим состоянием носит случайный характер.

Для решения практических задач надежности проектирования, строительства и эксплуатации СВД необходимы показатели и критерии, позволяющие количественно оценить уровень надежности всей системы скважин, что является предметом дальнейших исследований. Показатели надежности СВД зависят

от показателей надежности отдельных скважин системы. Оценка надежности последних должна состоять в определении количественных характеристик показателей, которые выбираются с учетом особенностей режимов, условий эксплуатации и последствий отказов.

Под надежностью скважин вертикального дренажа подразумеваются их основные свойства: безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость, долговечность [1].

Вероятность безотказной работы $P(t)$ – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказа скважины не произойдет

$$P(t) = 1 - F(t),$$

где $F(t)$ – функция распределения наработки на отказ

Средняя наработка на отказ T_{cp} – отношение наработки скважины к математическому ожиданию числа отказов в течение этой наработки

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n t_{pi}}{n},$$

здесь t_{pi} – интервал между последовательными отказами;
 n – число отказов за время наблюдений.

Интенсивность отказов $\lambda(t)$ – плотность вероятности отказа скважины к моменту времени t при условии, что до этого момента отказ не произошел [1]

$$\lambda(t) = \frac{n}{\sum_{i=1}^n t_{pi}}$$

Критерии $P(t)$, t_{cp} , $\lambda(t)$ характеризуют безотказность работы скважин вертикального дренажа.

Критерием восстанавливаемости и ремонтпригодности скважин является время восстановления γ , представляющее собой среднее время устранения одного отказа

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i}{n},$$

где γ_i – время, затраченное на устранение i -го отказа.

Вертикальный дренаж относится к объектам, допускающим в течение заданного времени перерывы в работе, поэтому большое значение для него имеет свойство готовности – способность находиться в процессе эксплуатации максимальное время в работоспособном и в готовом к применению состоянии.

Основным показателем для данных объектов является коэффициент готовности K_r – вероятность того, что скважина

окажется работоспособной в произвольно выбранный момент времени в установившемся режиме эксплуатации

$$K_r = \frac{\sum_{i=1}^n t_{pi}}{\sum_{i=1}^n t_{pi} + \sum_{i=1}^n \tau_i}$$

При подсчете этого коэффициента учитывается только время работы и простоя, но не учитывается время, когда система не используется. Таким образом, коэффициент готовности отражает техническое состояние скважины.

Работоспособность скважины характеризуют два показателя: КНР, о котором говорилось выше, учитывающий все простои и показывающий, с одной стороны, работоспособность скважины и уровень эксплуатации, с другой — косвенно, через объем откачиваемых вод, мелиоративную эффективность системы; межремонтный период, отражающий работу основного оборудования скважины, т.е. электронасоса. Последний показатель наиболее полно характеризует эффективность работы насосных установок, а также качество ремонта.

Межремонтный период насосной установки M определяется как отношение суммарного времени эксплуатации к общему числу ремонтов [2]

$$M = \frac{\sum_{i=1}^m T_i}{\sum_{i=1}^m a_i}, \quad (I)$$

где T_i — время эксплуатации i -й скважины;
 a_i — число ремонтов, произведенное на i -й скважине за рассматриваемый период;
 m — число скважин.

Межремонтный период является достаточно объективным критерием, но только в пределах данной группы скважин.

Применительно к группе скважин зависимость для определения межремонтного периода можно записать в виде

$$M = \frac{\sum_{i=1}^m (T_{ki} - T_{pi})}{\sum_{i=1}^m a_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} — время пребывания в ремонте i -й скважины.

Если категории ремонтов одни и те же, а календарное время T_{ki} есть сумма времени эксплуатации скважины и пребывания в ремонте, то в этом случае

формулы (1) и (2) тождественны.

Из формулы (2) видно, что межремонтный период зависит от времени пребывания скважины в ремонте T_p , а последнее не бывает одинаковым для скважин, работающих в различных гидрогеологических условиях даже при одном способе эксплуатации.

При подсчете количества ремонтов α_i учитываются простои, связанные с ремонтом насосно-силового оборудования.

По приведенной выше методике (для определения $T_{cp}, K_r, \tau, \lambda$) были найдены величины показателей эксплуатационной надежности большой группы скважин.

Чтобы установить эксплуатационную надежность скважины, необходимо выявить закон распределения наработки на отказ $F(t_p)$.

Для определения закона распределения случайной величины t_p в течение 9 лет проводились наблюдения за 50 скважинами, расположенными на территории совхоза "Пахтаарал" Чимкентской области. По результатам обработки данных наблюдений получены 1180 случайных отказов. При подсчете времени безотказной работы учитывались также отказы, связанные с техническим состоянием скважин.

На основе полученного экспериментального статистического материала, представленного в виде упорядоченного статистического ряда и обработанного по стандартной методике, определена эмпирическая функция распределения наработки на отказ, а затем построена кривая вероятности безотказной работы (рисунок).

Из характера полученной эмпирической кривой можно предположить, что исследуемая случайная величина наработки распределена по экспоненциальному закону. Согласие эмпирического и теоретического законов распределения было установлено с помощью критерия Пирсона χ^2 :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^z \frac{(m_i - nP_i)^2}{nP_i},$$

где n — количество случайных величин t_p ;

z — число интервалов статистического распределения;

m_i — число значений случайной величины, попавших в интервал;

P_i — теоретическая вероятность попадания случайной величины в i -й интервал.

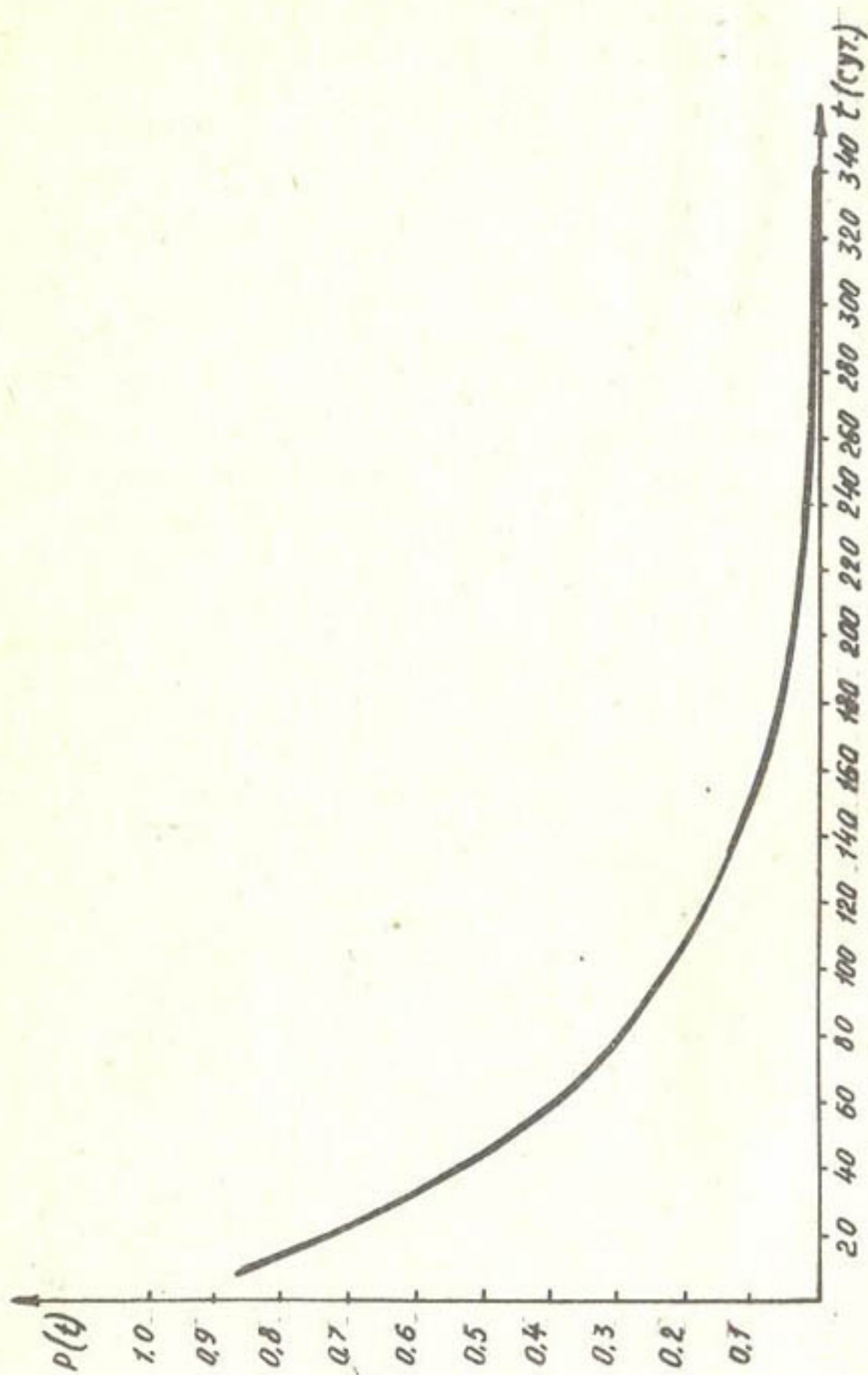


Рисунок. Вероятность безотказной работы скважин
в совхозе "Пахтаарал".

Результаты сведены в табл. 3

Результаты обработки эмпирических данных

Таблица 3

Номер интер- вала	Интервал	m_i	p_i	$n \cdot p_i$	$\frac{[m_i - n \cdot p_i]^2}{n p_i}$
1	0-20	324	0,255	300,9	1,77
2	20-40	256	0,191	225,4	4,15
3	40-60	149	0,141	166,4	1,82
4	60-80	105	0,105	123,9	2,88
5	80-100	73	0,078	92,04	3,93
6	100-120	69	0,060	70,8	0,045
7	120-140	49	0,043	50,7	0,057
8	140-160	33	0,032	37,76	0,60
9	160-180	32	0,025	29,5	0,211
10	180-200	18	0,018	21,2	0,48
11	200-220	19	0,013	15,3	0,89
12	220-240	16	0,010	11,8	1,49
13	240-260	11	0,007	8,2	1,92
14	260-280	4	0,06	7,0	0,95
15	280-300	7	0,005	5,9	0,20
16	300-320	8	0,003	5,4	0,18
17	320-340	2	0,0023	2,7	0,18
18	340-360	3	0,0017	2,10	0,50
19	360-380	1	0,0013	1,53	0,18

$$u = \sum = 23,5$$

По заданному уровню значимости $\varepsilon = 0,01$ по табл./2/ находим $\chi = 34,8$; $u < \chi$, следовательно, эксплуатационные данные подтверждают гипотезу об экспоненциальном распределении наработки на отказ.

Вероятность безотказной работы скважин, расположенных в совхозе "Пахтаарал",

$$P(t) = e^{-\lambda t},$$

где интенсивность отказов скважин $\lambda = 0,0147$ в сутки.

В табл. 4 приводятся показатели надежности работы некоторых скважин, расположенных в совхозе "Пахтаарал", в сопоставлении с высокими (1970, 1972 гг.) и низкими (1975, 1977 гг.) значениями КНР.

Средняя наработка на отказ $T_{\text{ср}}$ по скважинам составляет 67,7 суток. Среднее время восстановления одного отказа $\gamma_{\text{ср}}$ — 35,06 суток, при этом диапазон восстановления колеблется от 2–3 до 115 сут и выше, что говорит о неудовлетворительной работе ремонтных служб.

В тех случаях, когда скважина работает постоянно в течение года и простаивает, в основном, только по техническим причинам, коэффициенты готовности и полезной работы почти совпадают. Так, в 1970–1972 гг. значения этих коэффициентов близки между собой. Например, по скважине № 57 в 1970 г. $K_r = 0,69$, КНР=0,7. В 1975–1977 гг. скважины очень часто простаивали из-за отсутствия электроэнергии и по просьбе хозяйств, это сразу сказалось на различии коэффициентов готовности и полезной работы. Например, по той же скважине № 57 в 1977 г. $K_r = 0,59$, КНР=0,162, что говорит об удовлетворительном состоянии самой скважины и недостаточном использовании ее в течение года.

Таким образом, основным показателем эффективности использования скважин вертикального дренажа является КНР, но наличие показателей надежности позволяет выявить причины низкой эффективности работы скважин и принять меры к их устранению.

Так, например, КНР скважины № 57 в 1975 г. составлял всего лишь 0,068 при $K_r=0,118$, что объясняется неудовлетворительным состоянием скважины.

Интенсивность отказов этой же скважины составляла $\lambda = 0,121$ в сутки (табл. 4). Следовательно, причина низкого КНР кроется в ней, а не в критерии восстановления и ремонтпригодности. Высокая интенсивность отказов на этой скважине может быть объяснена повышенным пескованием (до 0,5%), с одной стороны, а с другой — низким техническим ресурсом нового или отремонтированного насос-

Таблица 4

Показатели эксплуатационной надежности скважин в совхозе "Пахтаарал"

№ скв.	1970 г					1972 г					1975 г		
	T _{ф.} сут	γ, сут.	K _r	KПР	λ, % _{фр}	T _{св.} сут	γ, сут	K _r	KПР	λ, % _{фр}	T _{ф.} сут	γ, сут	K _r
50	52,5	9,0	0,875	0,863	0,019	49,5	57	0,53	0,539	0,0202	21,6	10,2	0,689
57	25,6	12,4	0,69	0,70	0,039	42,0	5,75	0,927	0,805	0,0238	8,33	10,55	0,118
58	57,4	11,67	0,811	0,786	0,0174	44,2	39,0	0,653	0,605	0,0256			
60	49,0	27,0	0,745	0,40	0,0204	53,3	11,0	0,879	0,876	0,0187	39,2	30,2	0,56
61	23,0	115	0,167	0,067	0,033	24	31,67	0,469	0,460	0,0316			
62	35,0	17,5	0,070	0,671	0,028						35,0	18,0	0,795
70						32,3	15,75	0,755	0,531	0,0308	21,0	48,0	0,247
71	67,0	7,25	0,92	0,91	0,0149	94,3	25,67	0,789	0,775	0,0111	23,5	27,0	0,367
72						87,75	5,66	0,953	0,950	0,0118	20,6	35,6	0,49

I 9 7 7 Г

КПР	$\lambda, \frac{1}{\text{см}}$	Т, сут.	$\lambda, \text{см}$	К _r	КПР	$\lambda, \frac{1}{\text{см}}$
0,309	0,045	11,7	7,75	0,693	0,192	0,085
0,068	0,121	29,5	20,5	0,59	0,162	0,034
0,536	0,0255	25,3	19,0	0,666	0,208	0,039
0,383	0,0286	62,0	53,0	0,824	0,679	0,0161
0,172	0,0476	32,2	40,3	0,471	0,441	0,031
0,128	0,0425	21,85	25,25	0,602	0,419	0,045
0,282	0,048	30,0	3,0	0,952	0,164	0,033
		65,0	7,5	0,928	0,534	0,015

но-силового оборудования.

Анализ показателей надежности работы скважины № 61 за 1970 г. показал, что низкий КНР=0,067 при средних значениях интенсивности отказов и наработки на отказ вызван огромными затратами времени на ремонт оборудования скважины, которые составили в среднем 115 суток, что и оказало свое отрицательное влияние на коэффициент готовности $K^g=0,167$. Это говорит о неудовлетворительном качестве ремонта и технического обслуживания скважин.

В результате апробирования предложенной нами методики определения показателей эксплуатационной надежности были получены фактические показатели, с помощью которых можно проанализировать работу скважин, работающих в разных гидрогеологических условиях, выявить причины их неудовлетворительной работы. Обобщение полученных данных даст возможность разработать систему мероприятий, осуществление которых позволит значительно улучшить эффективность работы скважин вертикального дренажа.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 13377-75. Надежность в технике. Термины и определения. М., 1975
2. Б.А.КАРЛОВ, И.А.УШАКОВ. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. М., "Сов.радио", 1975.

С о д е р ж а н и е

1. В.А.Духовный, Х.И.Якубов, В.Г.Насонов, П.Д.Умаров. Исследование работоспособности скважин-усилителей комбинированного дренажа и пути ее повышения	3
2. У.Ю. Пулатов. К методике расчета норм производительности дреноукладочных машин	12
3. В.И. Батов, И.Б. Гусаревич. Повышение эффективности работы бестраншейного дренажа	25
4. В.В. Хегай, Н.С. Козуб. Надежность дренажа, построенного разными способами	32
5. Г.Е. Батурин, Н.И. Горошков. К вопросу повышения эксплуатационной надежности дренажных систем	37
6. Т. Джалилова, Г.С. Баширова. Биологические исследования кольматажа скважин вертикального дренажа в Голодной степи	42
7. А.У. Усманов, Р.И. Паренчик. Схематизация природно-хозяйственных условий для обоснования совершенных мелиоративных систем на землях существующего орошения (на примере Центральной Ферганы)	46
8. А. Абиоров. Исследование работоспособности вертикального дренажа в Голодной степи	55
9. Р.А. Фатрахманов, Х.И. Якубов. К вопросу надежности скважин вертикального дренажа на примере Джетысайского управления эксплуатации вертикального дренажа (ДУЗВД)	65

10. В.Т. Н а с ы р о в. Определение времени простоя сква-
жин методом имитационного моделирования . . . 73
11. Т. Д ж а л и л о в а. Оценка естественных факторов,
влияющих на работу конструктивных параметров
скважины вертикального дренажа 85
12. И.А. З а к с. Эффективность вертикального дренажа в
Каршинской степи 94
13. Х.И. Я к у б о в, В.Г. Н а с о н о в, Н. З а й н у т-
д и н о в а. Показатели оценки надежности
систем вертикального дренажа (СВД) 100

РЕФЕРАТЫ

к сборнику научных трудов, вып. 163 (Эффективность и надежность дренажных систем)

УДК 633:511:631.62

Исследование работоспособности скважин-усилителей комбинированного дренажа и пути ее повышения.
В.А.Духовный, Х.И.Якубов, В.Г.Насонов, П.Д.Умаров.
Сборник научных трудов САНИИРИ, 1981, вып. 163

Рассмотрены результаты испытаний различных конструкций скважин-усилителей комбинированного дренажа. Путем сравнительной оценки работоспособности этих усилителей рекомендована наиболее перспективная конструкция, обладающая повышенной водозахватной способностью и надежностью. В результате обобщения этих исследований даны рекомендации по подбору песчано-гравийных фильтров оптимального состава и толщины.

Иллюстр. 1, табл. 2, библиогр. 3.

УДК 626.8.002.5:69.03.001.2

К методике расчета норм производительности дренажно-укладочных машин. У.Ю.Пулатов. Сборник научных трудов САНИИРИ, 1981, вып. 163.

В статье рассматривается общая методика расчета сменной производительности дренажноукладочных машин, занятых на строительстве закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения.

Предлагается методика определения компонентов, составляющих формулу сменной производительности, состава элементов рабочего времени в сменном режиме работы дренажноукладочных машин и расчета сменного коэффициента использования дренажных машин по времени.

Табл. 2, библиогр. 2.

УДК 626.8

Повышение эффективности работы бестраншейного дренажа. В.И.Батов, И.Б.Гусаревич. "Сборник научных трудов САНИИРИ", 1981, вып. 163

В статье вскрываются недостатки в конструкции бестраншейной дрены и в технологии ее укладки; даются предложения по их устранению.

Иллюстр. 2, библиогр. 3.

УДК 626.8

Надежность дренажа, построенного разными способами. В.В.Хегай, Н.С.Козуб. "Сборник научных трудов САНИИРИ", 1981, вып. 163

В статье приводится анализ характеристик надежности закрытого дренажа, построенного разными способами. Установлен наиболее надежный способ строительства, научно выявлена причина надежности; предложены мероприятия, повышающие надежность закрытого дренажа.

Иллюстр. 1, табл. 2, библиогр. 3.

УДК 626.8:004.1

К вопросу повышения эксплуатационной надежности закрытых дренажных систем. Г.Е.Батулин, Н.И.Горшков. "Сборник научных трудов САНИИРИ", 1981, вып. 163.

В статье рассмотрены пути повышения работоспособности и эксплуатационной надежности закрытого дренажа. В частности, на основании проведенных исследований рекомендуется изменение конструкции истоковых и смотровых колодцев, а также проведение профилактических промывок дрен.

Указанные мероприятия позволят при незначительном увеличении капитальных затрат на строительство дренажа

резко сократить эксплуатационные затраты и повысить культуру землепользования.

Иллюстр. 3.

УДК 626.8:631.432.26

Биологические исследования коьматажа скважин вертикального дренажа в Голодной степи. Т.Джалилова, Г.С.Баширова. "Сборник научных трудов САНИИРИ", 1981, вып. 163

Рассматриваются биологические процессы, протекающие в прифильтровой зоне скважин вертикального дренажа в Голодной степи.

Результаты биологических анализов показывают, что высокие концентрации сульфатно-хлоридных компонентов и отсутствие железа в откачиваемых водах задерживают развитие железоразрушающих и других групп микроорганизмов, а обнаруженные организмы не участвуют в образовании коьматажа железистыми и карбонатными отложениями.

Библиогр. 3.

УДК 631.6.511.491.7 (575.4)

Схематизация природно-хозяйственных условий для обоснования совершенных мелиоративных систем на землях существующего орошения (на примере Центральной Ферганы). А.У.Усманов, Р.И.Паренчик. "Сборник научных трудов САНИИРИ", 1981, вып. 163

Освещены принципы инженерно-мелиоративного районирования для земель существующего орошения. Приводится ряд новых проработок по типизации территории Центральной Ферганы по отдельным природным факторам. Выполнено инженерно-мелиоративное районирование рассматриваемой территории, которое может послужить основой

для разработки инженерно-мелиоративных мероприятий.

Иллюстр. I.

УДК 626.862.626.81/84

К вопросу надежности скважин вертикального дренажа на примере Джетысайского управления эксплуатации вертикального дренажа (ДУЭВД). Р.А.Фатрахманов, Х.И.Якубов. "Сборник научных трудов САНИИРИ", 1981, вып. I63

Рассматриваются вопросы надежности скважин вертикального дренажа, допустимые пределы снижения дебита.

Для восстановления дебита скважин проведены взрывы детонирующего шнура ДШУ-33 в скважинах 4, 27, 32, дебиты которых малы. Получены положительные результаты, в среднем удельные дебиты повысились более чем в 2 раза.

Ожидаемый экономический эффект на одну единицу от применения взрывных работ около 3500 руб.

Табл. I. библиогр.6.

УДК 626.8

Исследование работоспособности вертикального дренажа в Голодной степи. А.Абиров. "Сборник научных трудов САНИИРИ", 1981, вып. I63

Приводятся результаты многолетних натурных исследований работоспособности систем вертикального дренажа, построенного в различных гидрогеолого-литологических условиях орошаемых массивов в Голодной степи. Исследуются причины простоев скважин, приводящие к снижению их работоспособности.

Дается оценка влияния различного гранулометрического состава гравийной обсыпки на безотказность работы дренажных скважин. Приводятся зависимости интенсивности пескования от литологического состава строения водоносных пластов и продолжительности работы насосно-силового

оборудования, от состава фильтровой обсыпки и каптируемого грунта.

Иллюстр. 3, табл. 2, библиогр. 2.

УДК 626.8

Определение времени простоя скважин методом имитационного моделирования. В.Т.Насыров.

"Сборник научных трудов САНИИРИ", 1981, вып. 163.

Предлагается алгоритм моделирования процесса восстановления после отказа оборудования систем вертикального дренажа, который позволяет получить общее за моделируемый период и составляющие общего времени простоя скважин системы по различным причинам (переезд к месту работы, восстановление отказавшего оборудования, отсутствие запасных частей, занятость бригады), а также некоторые другие величины, необходимые для проектирования и организации систем технического обслуживания СВД (время простоев обслуживающих бригад, среднее расстояние до места работы, количество требований на обслуживание за моделируемый период, наличие запасных частей).

В алгоритме имеется возможность учесть непроизводительные затраты времени на обслуживание, а также выбрать продолжительность рабочего дня, выходных дней, обнаружения отказа, скорость перемещения, интенсивности потоков требований на обслуживание и их выполнение, время пополнения запасов.

Иллюстр. 1, табл. 2, библиогр. 1.

УДК 626.8:556.3

Оценка естественных факторов, влияющих на работу конструктивных параметров скважины вертикального дренажа. Т.Джалилова. "Сборник научных трудов САНИИРИ", 1981, вып. 163

Приводится районирование Голодной степи по воздействию подземных вод на водоприемную часть скважины, что

дает возможность выявить основные причины физико-химического кольматации, который приводит к снижению дебита скважин.

Иллюстр.3, табл.2, библиогр.5.

УДК 626.8

Эффективность вертикального дренажа в Каршинской степи. И.А.Закс. "Сборник научных трудов СНИИРИ", 1981, вып. 163

Оценены мелиоративное состояние земель зоны распространения вертикального дренажа в Каршинской степи и эффективность вертикального дренажа с учетом технического состояния и условий эксплуатации скважин.

Выявлена повышенная дренирующая способность некоторых коллекторов, что требует корректировки проектных решений при определении количества скважин.

Иллюстр. I, табл. 2.

УДК 626.8

Показатели оценки надежности систем вертикального дренажа. Х.И.Якубов, В.Г.Насонов, Н.Зайнутдинова. "Сборник научных трудов СНИИРИ", 1981, вып. 163.

На основе анализа опыта эксплуатации крупных систем вертикального дренажа в Средней Азии и Южном Казахстане устанавливаются группы показателей мелиоративной и технико-экономической эффективности этого вида дренажа. Наряду с известными показателями введены коэффициенты, характеризующие темпы и направленность применения мелиоративного состояния земель, динамику производительности систем вертикального дренажа. Оценивается эксплуатационная надежность вертикального дренажа. Расчет коэффициента полезной работы системы предлагается проводить на основе показателей надежности.

Иллюстр. I, табл.5, библиогр.8.