

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

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

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ
В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Сборник научных трудов

В ы п у с к 169

Ташкент—1983

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

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

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Сборник научных трудов

Выпуск 169

УДК 626.8

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Сборник научных трудов, вып. I69, Ташкент, САНИИРИ
им. В.Д.Журина, 1983, с. I46.

В сборнике на основе научных и опытно-производственных исследований рассматриваются актуальные вопросы мелиорации засоленных земель Средней Азии в условиях намечающегося дефицита оросительной воды и ухудшения ее качества; предполагаются пути рационального использования водных ресурсов и снижения водопотребления на основе оптимального мелиоративного режима и комплексного переустройства гидромелиоративных систем, применения прогрессивной техники и технологии поливов; даются материалы по эффективности использования на орошение и промывки минерализованных вод, влияния их на физико-химические свойства почв.

Книга предназначена для научных работников, проектировщиков, работников службы эксплуатации гидромелиоративных систем, студентов и преподавателей гидромелиоративных техникумов и вузов.

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я

Духовный В.А. (отв. ред.), Кадыров А.А. (зам. ред.)
Лактаев Н.Т., Насонов В.Г., Пулатов А.Г., Усманов А.У.
Якубов Х.И. (отв. за выпуск).

© Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации
им. В.Д.Журина (САНИИРИ), 1983.

Х.И.ЯКУБОВ

канд.техн.наук

Р.В.САВЕЛЬЕВА

Р.К.ИКРАМОВ

канд.техн.наук

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

К вопросу оптимизации управления мелиоративным
режимом почв в аридной зоне

Ограниченность водных ресурсов требует все более обоснованных рекомендаций по управлению мелиоративным режимом орошаемых земель. Оптимальные мелиоративные режимы — важный резерв для экономии оросительной воды, получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

В настоящее время в достаточной степени разработаны требования к мелиоративному режиму, условиям, при которых создаются различные его типы, с технико-экономическим обоснованием /1,2/. При этом в расчетах учтены годовые величины элементов водного и солевого балансов или в лучшем случае за вегетационный и невегетационный периоды.

Обоснованию мелиоративного режима с учетом требований к водно-солевому режиму почв на засоленных землях в различные фазы вегетации растений была посвящена работа И.П.Айдарова и Э.Каримова / 3 /.

Нами проведены исследования по обоснованию мелиоративного режима с учетом формирования его во внутригодовом разрезе для целей оптимизации управления им. Следует отметить, что при проектировании такой детальный учет формирования мелиоративного режима окажет влияние и на выбор вариантов технических решений в структуре гидромелиоративной системы.

Для направленного регулирования мелиоративным режимом почв необходимо установить причинно-следственные связи между средой (водное, воздушное, солевое и питательное состояние корнесобитаемой толщи), управляющими факторами (водоподача, дренаж, климатические условия и др.) и индикатором их взаимодей-

ствия (рост и развитие возделываемой культуры). Однако связи между основными факторами, формирующими тот или иной мелиоративный режим в различных природно-хозяйственных условиях, и урожайностью сельскохозяйственных культур в настоящее время не установлены.

Вместе с тем существует вполне определенный водно-солевой режим корнеобитаемой зоны, соответствующий биологическим требованиям развития данной сельскохозяйственной культуры (эталон). Отсюда, главная задача заключается в регулировании поступления влаги, а вместе с ней и солей от различных источников, чтобы выбранный водно-солевой режим корнеобитаемой зоны сохранялся, а средства его достижения (орошение, дренаж и др.) были наивыгоднейшими.

Такая задача может быть решена путем анализа формирования и расходования отдельных статей водно-солевого баланса. Следует отметить, что применение балансового метода для обоснования управления гидромелиоративной системой позволяет достигнуть наибольшего соответствия расчетной модели конкретным природно-хозяйственным условиям и техническим способам воздействия на мелиоративный режим.

Для установления закономерности изменения структуры водного баланса и его влияния на мелиоративное состояние, мы предлагаем следующий способ выявления источников формирования и расхода основных его составляющих.

При мелиорации крупных массивов с помощью систематического дренажа боковые приток и отток подземных вод из расчета можно исключить. Тогда уравнение водного баланса зоны аэрации будет иметь вид

$$\Delta W_a = B + O_c - ET \pm q. \quad (I)$$

Здесь ΔW_a — изменение влагозапасов в зоне аэрации;

O_c — атмосферные осадки; B — водоподача нетто;

ET — эвапотранспирация; $\pm q$ — водообмен между зоной аэрации и грунтовыми водами.

Для территорий с системой вертикального дренажа составляется уравнение баланса грунтовых вод покровного мелкозема:

$$\Delta W_{gr} = \pm \mu \Delta h = \pm q - D_z \pm Q_{покp}, \quad (2)$$

где $\Delta W_{\text{гр}} = \pm \mu \Delta h$ - изменение запасов грунтовых вод;
 μ - водоотдача или недостаток насыщения; $\pm g$ - изменение уровня грунтовых вод;
 $D_{\text{г}}$ - выклинивание грунтовых вод в горизонтальную коллекторно-дренажную сеть;
 $\pm Q_{\text{покр}}$ - приток или отток грунтовых вод из покровного мелкозема.

При систематическом горизонтальном дренаже баланс грунтовых вод рассматривается в виде

$$\Delta W_{\text{гр}} = \pm \mu \Delta h = \mp g - D_{\text{г}} \pm P^* \quad (3)$$

Здесь $\pm P$ - водообмен балансового слоя с нижележащими.

На уровень грунтовых вод влияют $\pm g$; $D_{\text{г}}$; $Q_{\text{покр}}$; P . Обозначим $\pm Q = D_{\text{г}} \pm Q_{\text{покр}}$ и $\pm Q = D_{\text{г}} \pm P$, так как в обоих случаях они влияют на уровень грунтовых вод снизу. Положительный знак означает преобладание подземного притока снизу, над оттоком.

Водообмен зоны аэрации с грунтовыми водами более просто может быть найден из следующего уравнения:

$$\pm g = \mp \mu \Delta h \mp Q. \quad (4)$$

При рассмотрении различных вариантов сочетаний знаков Q и Δh для каждого случая определен знак водообмена между зоной аэрации и грунтовыми водами (по отношению к зоне аэрации) и его абсолютная величина.

При установлении источников формирования и расхода отдельных элементов водного баланса можно исходить из соображений энергетики расхода и заборов влаги в почве. В формировании эвапотранспирации, в первую очередь, участвует вода, поступающая с поверхности; затем влагозапасы с порового пространства, далее - грунтовые воды. Водоподача и атмосферные осадки расходуются на эвапотранспирацию, затем на пополнение влагозапасов зоны аэрации, далее - на инфильтрацию [4,5,6,7]. Имея $\pm g$ и $\pm \Delta W_{\text{а}}$ при различных сочетаниях $ET \approx (B + O_c)$ и руководствуясь соображениями энергетики почвенной влаги, рассчитывают источники формирования и расхода отдельных статей баланса для всех вариантов (таблица). При использовании этого аппарата проанализированы фактические балансы при раз-

Схема расчета для выявления источников формирования
водного

Но- мер п/п	Соотношение между подземным водооб- меном и изменени- ем уровня грунто- вых вод (Δh)	Вид вла- гообмена между поч- венными и грунтовы- ми водами. $\pm q$	Формула для расчета q'	Формула расчета изменения запасов влаги в зоне аэрации (ΔW_a)
				$\Delta W_a = (B + O_c) - ET - q$
1.	$ Q > \mu \Delta h $	$-q$	$ q = Q + \mu \Delta h $	$-\Delta W_a = (B + O_c) - ET - q$ $O = (B + O_c) - ET - q$
2.	$ Q = \mu \Delta h $	$\pm q = 0$		$\Delta W_a = (B + O_c) - ET$ $-\Delta W_a = (B + O_c) - ET$ $O = (B + O_c) - ET$
3.	$ Q < \mu \Delta h $	$+q$	$ q = \mu \Delta h - Q $	$\Delta W_a = (B + O_c) - ET + q$ $-\Delta W_a = (B + O_c) - ET + q$ $O = (B + O_c) - ET + q$
4.	$ Q \geq \mu \Delta h $	$-q$	$ q = Q + \mu \Delta h $	$-\Delta W_a = (B + O_c) - ET - q$ $O = (B + O_c) - ET - q$
5.	$ Q < \mu \Delta h $	$-q$	$ q = \mu \Delta h - Q $	$\Delta W_a = (B + O_c) - ET - q$ $-\Delta W_a = (B + O_c) - ET - q$ $O = (B + O_c) - ET - q$
6.	$ Q > \mu \Delta h $	$+q$	$ q = Q + \mu \Delta h $	$\Delta W_a = (B + O_c) - ET + q$ $-\Delta W_a = (B + O_c) - ET + q$ $O = (B + O_c) - ET + q$
		$-q$	$ q = Q + \mu \Delta h $	$-\Delta W_a = (B + O_c) - ET - q$
7.	$ +Q < \mu \Delta h $	$+q$	$ q = \mu \Delta h - +Q $	$\Delta W_a = (B + O_c) - ET + q$ $-\Delta W_a = (B + O_c) - ET + q$ $O = (B + O_c) - ET + q$
		$-q$	$ q = +Q + \mu \Delta h $	$\Delta W_a = (B + O_c) - ET - q$ $-\Delta W_a = (B + O_c) - ET - q$ $O = (B + O_c) - ET - q$
8.	$ +Q > \mu \Delta h $	$+q$	$ q = +Q + \mu \Delta h $	$\Delta W_a = (B + O_c) - ET + q$ $-\Delta W_a = (B + O_c) - ET + q$ $O = (B + O_c) - ET + q$
9.	$ +Q < \mu \Delta h $	$-q$	$ q = \mu \Delta h - +Q $	$\Delta W_a = (B + O_c) - ET - q$ $-\Delta W_a = (B + O_c) - ET - q$ $O = (B + O_c) - ET - q$
10.	$ +Q = \mu \Delta h $	$q = 0$		$\Delta W_a = (B + O_c) - ET$ $-\Delta W_a = (B + O_c) - ET$ $O = (B + O_c) - ET$

Т а б л и ц а

и расхода основных составляющих
баланса

Варианты соотношения между ΔW_a и $(B+O_c)$ и ET	Структура статей водного баланса зоны аэрации									
	Формирование ET			Расход $(B+O_c)$		Формирова- ние ин- фильтрации		Расход грунтовых вод		
	ET	ET $(B+O_c)$	ET W_a	ET $+q$	$(B+O_c)_B$	$(B+O_c)_{W_a}$	$(-q)_{(B+O_c)}$	$(-q)_{W_a}$	$(+q)_{ET}$	$(+q)_{W_a}$
$\Delta W_a > 0$	ET $< (B+O_c)$	+	-	-	+	+	+	+	-	-
$\Delta W_a < 0$	ET $> (B+O_c)$	+	+	-	+	-	+	-	+	-
	ET $< (B+O_c)$	+	-	-	+	-	+	+	-	-
$\Delta W_a = 0$	ET $< (B+O_c)$	+	-	-	+	-	+	+	-	-
$\Delta W_a > 0$	ET $< (B+O_c)$	+	-	-	+	+	-	-	-	-
$\Delta W_a < 0$	ET $> (B+O_c)$	+	+	-	+	-	-	-	-	-
$\Delta W_a = 0$	ET $= (B+O_c)$	+	-	-	+	-	-	-	-	-
$\Delta W_a > 0$	ET $> (B+O_c)$	+	-	+	+	-	-	-	+	+
$\Delta W_a < 0$	ET $> (B+O_c)$	+	+	+	+	-	-	-	+	-
$\Delta W_a = 0$	ET $> (B+O_c)$	+	-	+	+	-	-	-	+	-
$\Delta W_a > 0$	ET $< (B+O_c)$	+	-	-	+	+	+	+	-	-
$\Delta W_a < 0$	ET $< (B+O_c)$	+	-	-	+	-	+	+	-	-
	ET $> (B+O_c)$	+	+	-	+	-	-	+	-	-
$\Delta W_a = 0$	ET $< (B+O_c)$	+	-	-	+	-	+	+	-	-
$\Delta W_a > 0$	ET $< (B+O_c)$	+	-	-	+	+	+	+	-	-
$\Delta W_a < 0$	ET $< (B+O_c)$	+	-	-	+	-	+	+	-	-
$\Delta W_a = 0$	ET $< (B+O_c)$	+	-	-	+	-	+	+	-	-
$\Delta W_a > 0$	ET $> (B+O_c)$	+	-	+	+	-	-	-	+	+
	ET $< (B+O_c)$	+	-	-	+	+	-	-	-	+
$\Delta W_a < 0$	ET $> (B+O_c)$	+	+	+	+	-	-	-	+	-
$\Delta W_a = 0$	ET $> (B+O_c)$	+	-	+	+	-	-	-	+	-
$\Delta W_a < 0$	ET $> (B+O_c)$	+	+	-	+	-	-	+	-	-
$\Delta W_a > 0$	ET $> (B+O_c)$	+	-	+	+	-	-	-	+	+
$\Delta W_a < 0$	ET $> (B+O_c)$	+	+	+	+	-	-	-	+	-
$\Delta W_a = 0$	ET $> (B+O_c)$	+	-	+	+	-	-	-	+	-
$\Delta W_a > 0$	ET $< (B+O_c)$	+	-	-	+	+	+	+	-	-
$\Delta W_a < 0$	ET $> (B+O_c)$	+	+	-	+	-	-	+	-	-
$\Delta W_a = 0$	ET $< (B+O_c)$	+	+	-	+	-	+	+	-	-
$\Delta W_a > 0$	ET $< (B+O_c)$	+	-	-	+	+	-	-	-	-
$\Delta W_a < 0$	ET $> (B+O_c)$	+	+	-	+	-	-	-	-	-
$\Delta W_a = 0$	ET $= (B+O_c)$	+	-	-	+	-	-	-	-	-

личных типах мелиоративного режима для оценки и принятия решений по управлению.

Гидроморфный мелиоративный режим. По разработанной схеме расчета проанализированы водные балансы опытно-производственных участков (ОПУ) закрытого горизонтального дренажа в колхозе "Правда" и им. Ахунбабаева Ханкинского района в Хорезмской области за 1976-1980 гг. [9]. Природные и ирригационно-хозяйственные условия этих объектов типичны для значительной части Хорезмской области. По литологическому строению с поверхности сложены слабопроницаемыми маломощными отложениями (до 3 м). Причем, в колхозе "Правда" эти отложения представлены средне- и тяжелосуглинистыми почвогрунтами, а в колхозе им. Ахунбабаева - легкосуглинистыми.

Засоленность почвогрунтов зоны аэрации в колхозе "Правда" по плотному остатку 0,5-0,8 %, хлор-иону - 0,025 %, а минерализация грунтовых вод 4,5-6,0 г/л; по колхозу им. Ахунбабаева, соответственно, 0,15-0,24 %, 0,025-0,045 % и 2-4 г/л.

Для получения зависимости структуры баланса от уровня грунтовых вод, как одного из режимобразующих факторов, были объединены данные одного и того же месяца разных лет. Структура статей баланса была представлена в долях единицы таким образом, чтобы сумма всех частей одной статьи была равна единице.

Полученные результаты в виде графиков приведены на рис. 1; 2

Как видно, формирование элементов баланса в колхозе "Правда" резко отличается от того же в колхозе им. Ахунбабаева. Так, при более глубоких грунтовых водах и более тяжелом сложении почвогрунтов в колхозе "Правда" эвапотранспирация формируется в основном за счет поступления поверхностных вод (водоподачи). Сама же водоподача, кроме расходования на эвапотранспирацию, идет еще на увеличение влагозапасов и питание грунтовых вод. Последнее вряд ли можно считать рациональным как с точки зрения экономии воды, так и формирования водного режима. Вместе с тем следует отметить, что по месяцам каждого года структура элементов водного баланса более или менее стабильна, претерпевает лишь некоторые количественные изменения.

В колхозе им. Ахунбабаева при более близких к поверхности грунтовых водах и легком механическом составе почвогрунтов структура элементов водного баланса в течение одного и того же месяца может изменять свое направление; наблюдается явление

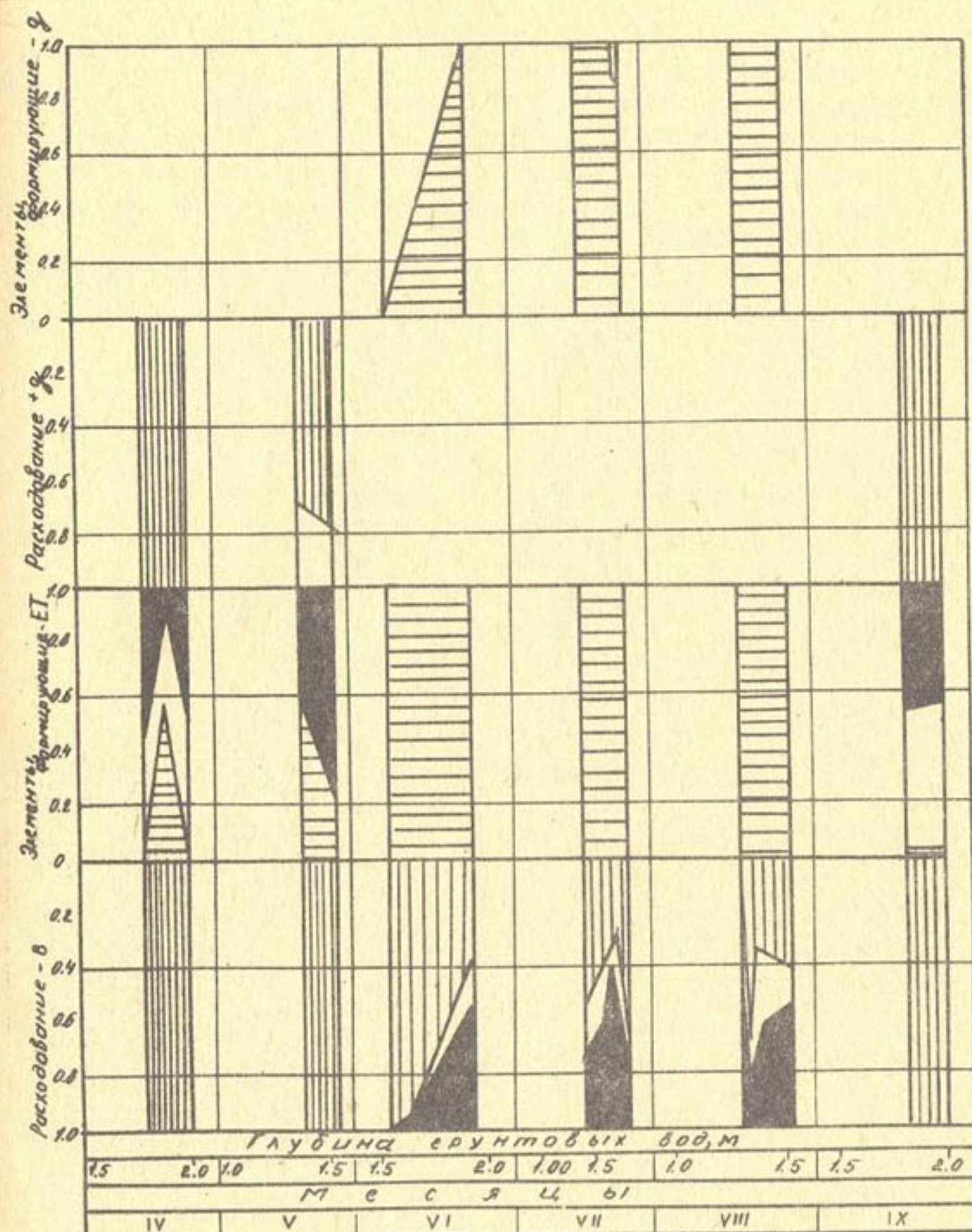
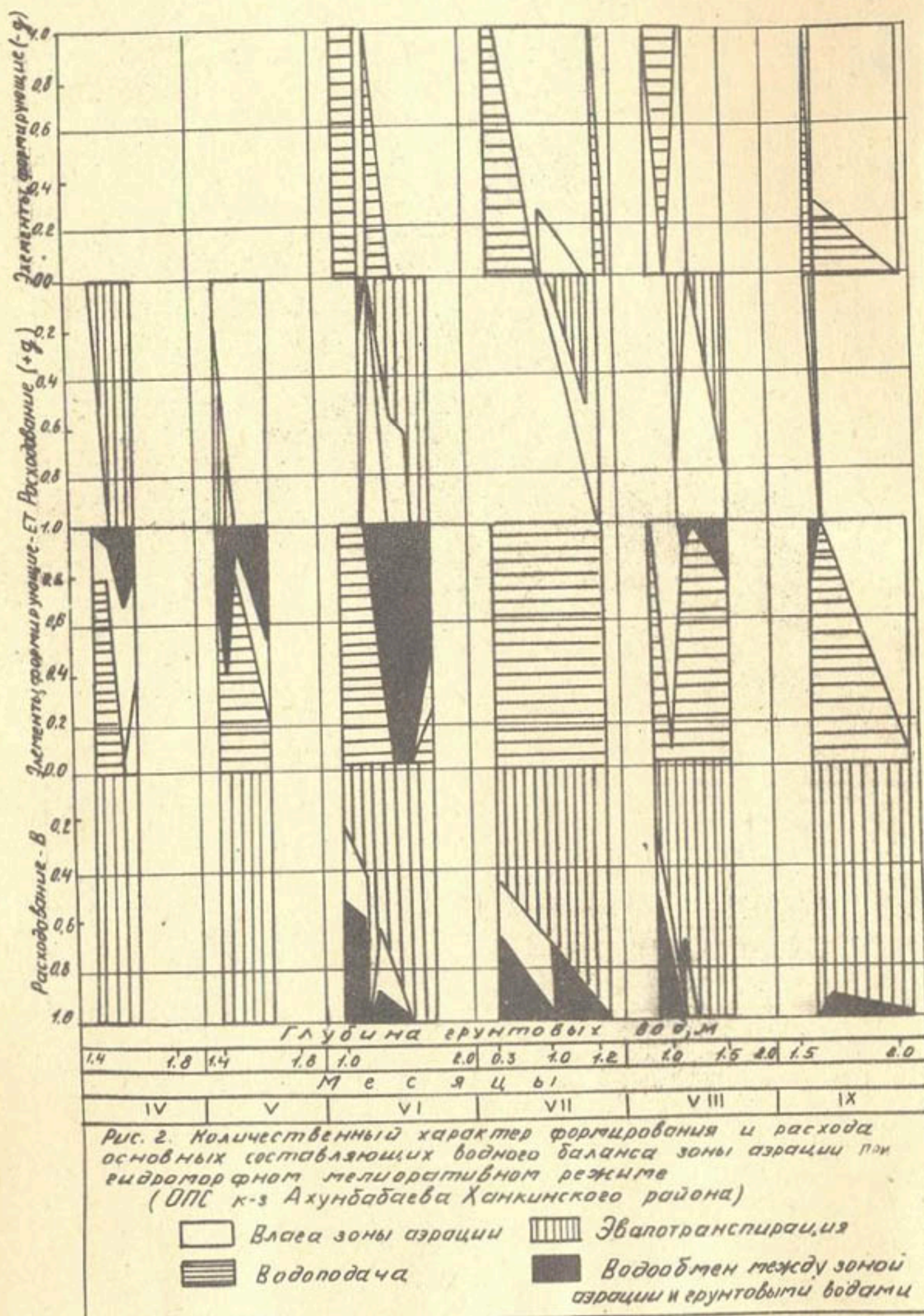


Рис. 1. Количественный характер формирования и расхода основных составляющих водного баланса зоны аэрации при гидроморфном мелиоративном режиме.
(ОПС к-з „Правда“ Ханкинского района.)

- | | |
|--------------------|--|
| Влага зоны аэрации | Эвапотранспирация |
| Водоподача | Водообмен между зоной аэрации и грунтовыми водами. |



как инфильтрации поверхностных вод, так и подпитывания зоны аэрации со стороны грунтовых вод. Кроме того, здесь подаваемая вода в значительной степени расходуется также на пополнение влагозапасов и грунтовых вод. Из сложившейся структуры формирования эвапотранспирации и расходования оросительной воды можно сделать вывод, что имеются возможности для сокращения в период вегетации водоподачи и пополнять потребность растений за счет грунтовых вод.

Полугидроморфный и полуавтоморфный мелиоративные режимы.

Для анализа формирования структуры элементов водного баланса при указанных типах мелиоративного режима рассмотрим данные, полученные с опытно-производственного участка (ОПУ) вертикального дренажа в совхозе "Пахтаарал" [8]. Территория ОПУ расположена на слабоуклонной аллювиальной террасе Сырдарьи. С поверхности залегает покровный мелкозем мощностью 15-30 м, сложенный относительно однородными лессовидными суглинками.

Водные балансы были проанализированы до ввода в эксплуатацию системы вертикального дренажа (осредненные данные 4-х верхних отделений за 1961-1964 гг.). Глубина грунтовых вод изменялась в течение вегетации от 1 до 3 м, а в период интенсивного испарения - в пределах 2-2,5 м. Поэтому годы до ввода дренажа в эксплуатацию нами рассматривались как годы формирования полугидроморфного типа почвообразования.

Результаты расчета структуры формирования и расходования элементов водного баланса в указанном случае приведены на рис.3.

Формирование эвапотранспирации в течение всего вегетационного периода в значительной мере происходит за счет почвенных и грунтовых вод. Структура восходящего тока из грунтовых вод показывает, что он в основном расходуется на водопотребление и в малом размере - на пополнение запасов влаги в зоне аэрации. Инфильтрационного питания грунтовых вод в период вегетации не происходит. Подаваемая вода полностью расходуется на формирование эвапотранспирации. В невегетационный период значительный объем водоподачи идет на пополнение влаги в зоне аэрации.

При таком мелиоративном режиме происходило большое накопление солей в зоне аэрации, рассоления ее в невегетационный период было недостаточно, что привело к положительному в годовом разрезе солевому балансу и резкому снижению урожайности [8].

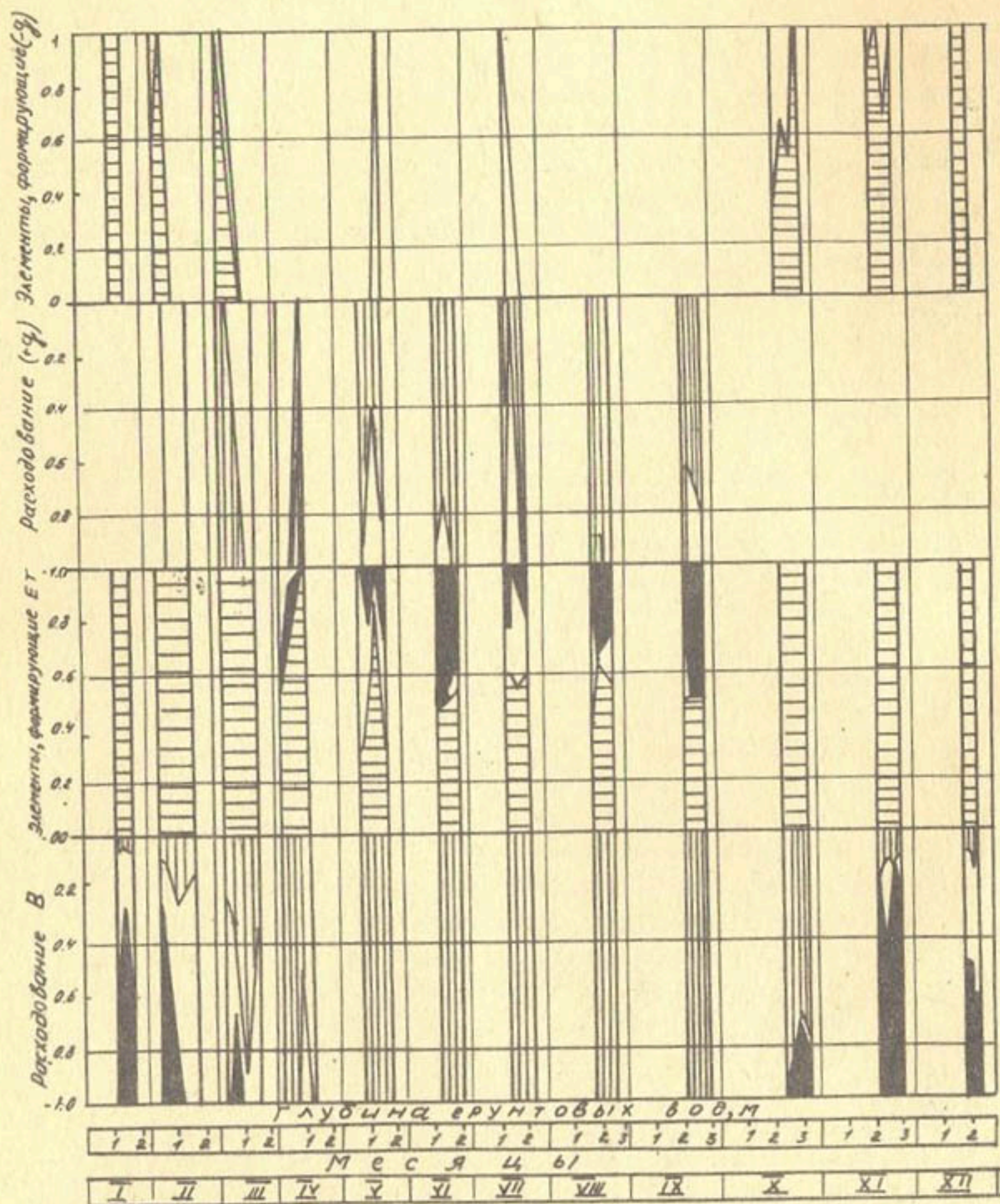


Рис. 3. Количественный характер формирования и расхода основных составляющих водного баланса зоны аэрации при гидроморфном мелиоративном режиме (ОПС в с-зе Пактаарал в бездренажных условиях)

Влага зоны аэрации
 Водоподача

Эвапотранспирация
 Водообмен между зоной аэрации и грунтовыми водами.

Нами были проанализированы также водные балансы после ввода в эксплуатацию системы вертикального дренажа (1964-1966 гг., осредненные балансы отделений совхозов им. Ильича и XXII партсъезда). При этом глубина грунтовых вод в период вегетации колебалась от 1,9 до 3,4 м, а в большей части периодов интенсивного испарения - 2,5-3,4 м. Этот период почвообразовательных процессов нами отнесен к полуавтоморфному типу. Результаты расчета структуры статей для этого случая приведены на рис. 4.

Эвапотранспирация при полуавтоморфном режиме почвообразования в течение вегетационного периода формировалась в основном за счет водоподачи, в меньшей мере - за счет влагозапасов зоны аэрации и грунтовых вод. Подаваемая вода в течение вегетационного периода полностью расходуется на эвапотранспирацию. В общем за вегетационный период наблюдается в небольшом объеме подпитывание грунтовыми водами сельскохозяйственных растений, что приводит к осени к незначительному положительному солевому балансу зоны аэрации.

Однако профилактические осенне-зимние промывки и выпадающие атмосферные осадки обеспечивают в годовом разрезе рассоление земель. В невегетационный период водоподача и атмосферные осадки расходуются в основном на инфильтрацию и пополнение влагозапасов в зоне аэрации.

А в т о м о р ф н ы й м е л и о р а т и в н ы й р е ж и м . Этот тип мелиоративного режима рассмотрен на материалах по совхозу № 7. Последний расположен в Южной части Голодной степи, образованной предгорными равнинами Туркестанского хребта. Четвертичные отложения представлены пролювиально-аллювиальными отложениями слившихся конусов выноса горных рек Заминская, Санзара и других, более мелких, рек.

Северная часть описываемой территории, где расположен рассматриваемый совхоз, находится в зоне погружения грунтовых вод. Грунтовые воды здесь до орошения располагались на глубине более 20 м. Породы представлены в основном мелкоземистыми отложениями. С началом орошения грунтовые воды начали подниматься. Расчет структуры статей водного баланса выполнен аналогично предыдущим (рис. 5).

Анализ формирования и расходования элементов водного баланса показывает, что с апреля по август подаваемая вода расходуется не только на эвапотранспирацию, но и на пополнение

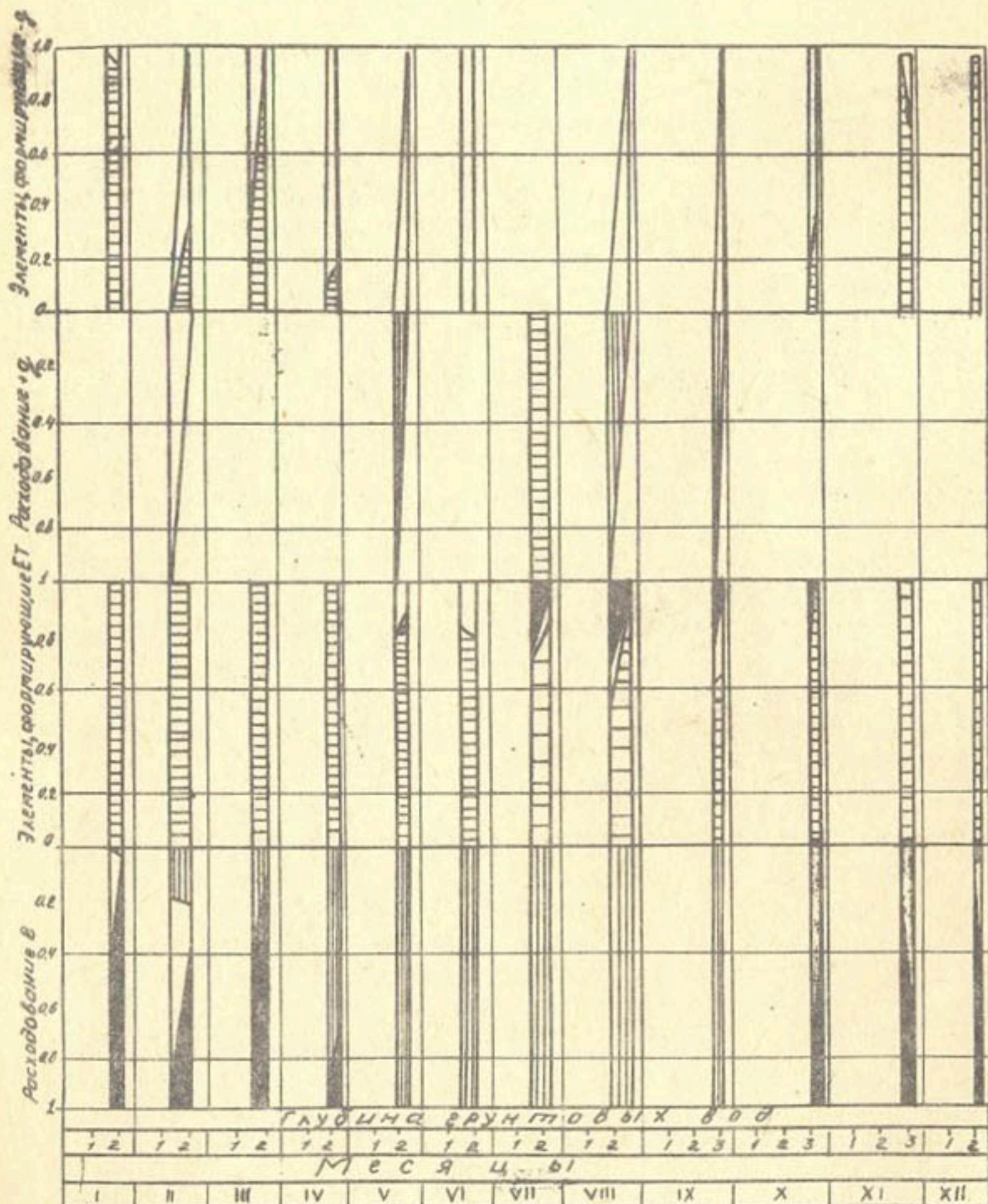


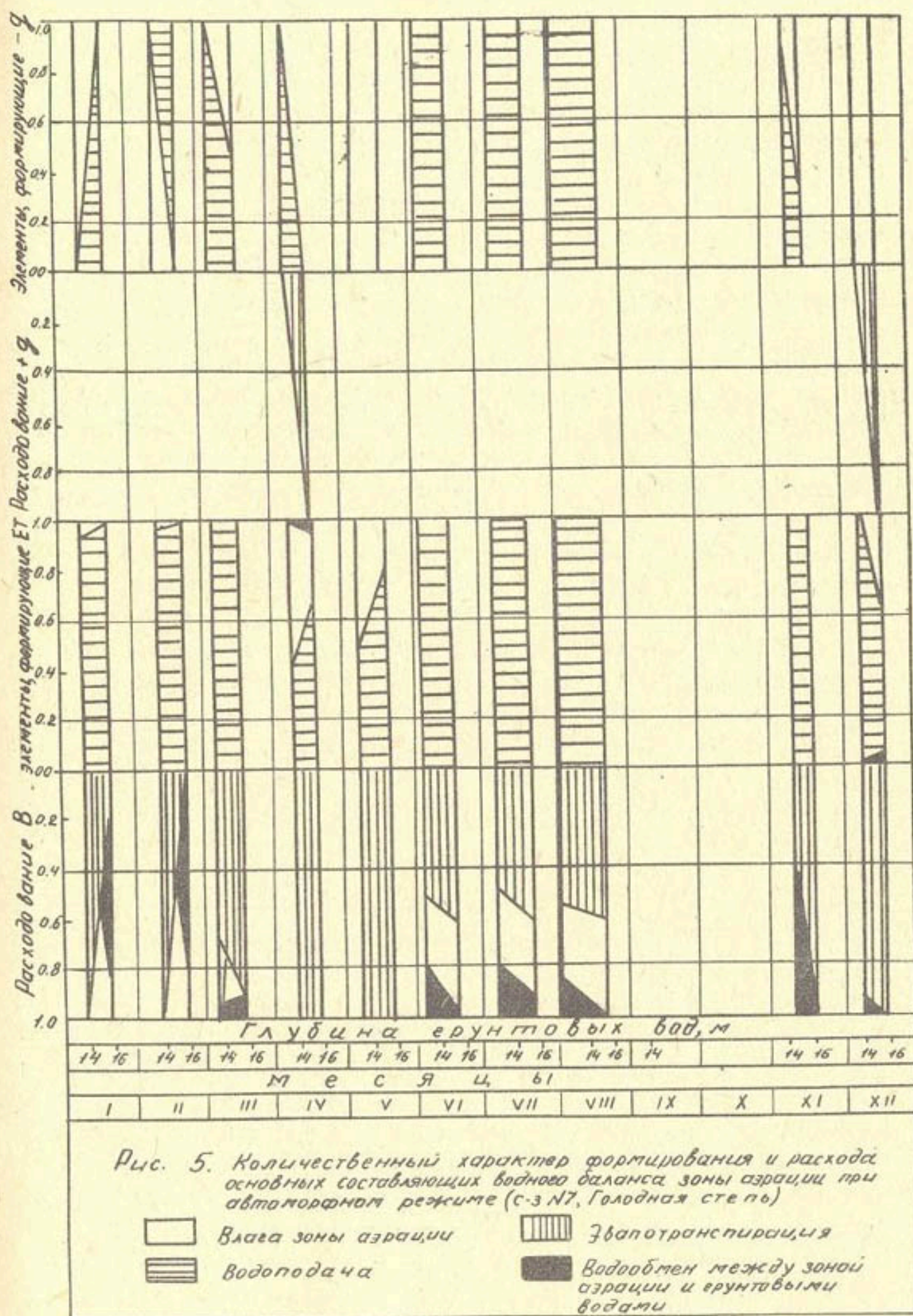
Рис. 4 Количественный характер формирования и расхода основных составляющих водного баланса зоны аэрации при полувлажном мелкоритмичном режиме (опс в с-зе Пахтаарал после ввода в эксплуатацию вертикального дренажа).

Влага зоны аэрации

Водоподача

Эвапотранспирация

Водообмен между зоной аэрации и грунтовыми водами



влагозапасов и инфильтрацию. Пока грунтовые воды находятся достаточно глубоко, это приводит только к их подъему (около 2 м в год); сами грунтовые воды почвенные горизонты не подпитывают, и поэтому ухудшения солевого режима не наблюдалось. Однако со временем такая угроза должна непременно возникнуть.

Другой особенностью формирования водного режима в данных условиях является то, что эвапотранспирация в основном формируется за счет водоподачи и атмосферных осадков, за исключением IV и V месяцев, когда часть объема испарившейся влаги берется из влагозапасов почвы.

Итак, как видно из проведенного анализа, предлагаемый метод позволяет оценить фактические мелиоративные режимы и выявить пути экономии оросительной воды во внутригодовом разрезе. Кроме того, результаты исследований показывают также, что полуавтоморфный режим наиболее рационален с точки зрения сокращения непроизводительных потерь воды в вегетационный период. Эвапотранспирация в основном формируется за счет водоподачи и влагозапасов зоны аэрации и в минимальном размере — за счет грунтовых вод.

Однако окончательный вывод об оптимальности мелиоративных режимов можно сделать только после совместного анализа водно-солевого баланса и технико-экономических расчетов.

Несомненно также, что оптимизация управления мелиоративным режимом почв во внутригодовом разрезе позволяет наиболее эффективно использовать гидромелиоративную систему в целом.

Л и т е р а т у р а

1. Решеткина Н.М., Якубов Х.И. Вертикальный дренаж. — М.: Колос, 1978. — 320 с.
2. Духовный В.А. Ирригационные комплексы на новых землях Средней Азии. — Ташкент: Узбекистан, 1983. — 184 с.
3. Айдаров И.П., Каримов Э. Вопросы обоснования мелиоративных режимов орошаемых земель при проектировании оросительных систем. — Водные ресурсы, 1974, № 2, с. 105-113.
4. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Энерго- и массообмен в системе растение-почва-воздух. — Л.: Гидрометеоиздат, 1975. — 357 с.

5. Мичурин Б.Н. Энергетика почвенной влаги. — Л.: Гидрометеиздат, 1975. — 139 с.

6. Будаговский А.И. Испарение почвенных вод. — В сб. Физика почвенных вод. — М.: Наука, 1975; с. 13-96.

7. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. — М.: Наука, 1978. — 127 с.

8. Якубов Х.И., Корелис Л.М. Краткие итоги исследования системы вертикального дренажа в совхозе "Пахтаарал" (1961-1969 гг.). — В кн.: Сб. науч. тр. САНИИРИ, вып. 132. Мелиорация земель. Ташкент, 1971, с. 3-30.

9. Хамзин С.Х. Разработка проектов норм и укрупненных показателей водопотребления и водоотведения для орошения и обводнения земель для различных зон страны. Научно-техн. отчет (заключительный), Ташкент, САНИИРИ, 1980.

С.А. ПОЛИНОВ

канд. техн. наук

М.С. МЕРИШЕНСКИЙ

канд. техн. наук

(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

Пути рационального использования водных ресурсов

в низовьях Амударьи

(на примере Хорезмской области)

Низовья Амударьи — зона древнего и высокоинтенсивного современного орошения представляют собой обособленный водохозяйственный район. Они занимают территорию более 4,6 млн. га дельтовых пространств р. Амударьи, окаймленных песчаными пустынями Кызылкум и Каракум, от теснины Тямурн до Аральского моря. Интенсивное освоение новых площадей орошения на современном уровне и намечаемый переброс части стока сибирских рек, прежде всего в данную зону, позволят превратить низовья Амударьи в крупнейший водохозяйственный район орошаемого земледелия в бассейне Аральского моря.

Развитию земледелия здесь благоприятствует целый ряд факторов: огромные, пригодные к орошению земельные ресурсы (3,0 млн. га), плодородие почв, продолжительный безморозный период (200–240 дней при сумме эффективных температур 1900° – 2300°) и т.д. Кроме того, командное положение Амударьи над территорией, а также наличие до 70-х годов достаточного количества водных ресурсов в режиме водотребований орошаемым земледелием (практически при отсутствии регулирования стока реки и бесплотинном водозаборе) обеспечили развитие орошения в этой зоне хлопково-рисового комплекса на площади 0,75 млн.га (эта цифра является оптимальной для данных условий).

И хотя ввод в строй Нурекского водохранилищного гидроузла, Тахиаташского речного водозаборного гидроузла, завершение строительства Тьямунского водохранилищного гидроузла и позволяет несколько увеличить площадь орошения в Низовьях, однако, с реализацией плана орошения на одиннадцатую пятилетку практически закрывается перспектива дальнейшего роста площадей в целом по бассейну Амударьи. Решить данную проблему возможно лишь путем экономного расходования водных ресурсов.

Интенсивно осваиваемая зона орошения Низовьев представлена гидрографически разветвленной сетью, рассредоточенными контурами орошения на дельтовых образованиях, сложенных мощной толщей аллювиальных отложений, затрудненным (необеспеченным при ирригационном освоении) оттоком грунтовых вод, неустойчивыми глубинами их залегания, зависящими от местных источников питания, с преимущественно вертикальным водообменом и развитием солончаковых процессов. Низкий коэффициент земельного использования, а также низкий коэффициент полезного действия большинства старых оросительных систем в земляных руслах, нерегулируемый режим водных ресурсов, волнообразный мезорельеф, требующий поддержания высоких горизонтов воды в каналах для обеспечения командования частью (30–35%) орошаемой территории, – все эти факторы обусловили увеличение объема водозабора Низовьев. Этому в немалой степени способствовало развитие рисоводческих хозяйств (особенно на песчаных землях), а также рост минерализации речного стока. Характеристика использования земельных и водных ресурсов на современном этапе приводится ниже.

Использование земельного фонда. Земельный фонд Низовьев, пригодный к орошению, по валовой площади, оценивается в 4,67 млн.га

(нетто 3,07 млн.га). О распределении земельного фонда по зонам командования Тямуюнским и Тахиаташским гидроузлами свидетельствуют следующие данные (табл.1).

Отсюда видно, что Низовья Амударьи располагают огромным резервом свободного земфонда – 2,3 млн.га. В перспективе на собственных водных ресурсах Амударьи планируется освоить еще 450 тыс.га (с учетом переустройства старых мелиоративных систем).

Т а б л и ц а 1

Земельный фонд Низовьев Амударьи, тыс.га

	Всего	В том числе в зоне		
	:	Тяньгуанского	:	Тахиаташского
	:	гидроузла	:	гидроузла
	:	всего	:	в т.ч.
	:	:	:	Хорезм-
	:	:	:	ская обл.
Площадь, пригодная к орошению:				
валовая	4764	1645	455	3119
нетто	3074	692	320	2382
Площадь существующего орошения (1980 г.)	760	360	194	400
Предельная площадь развития орошения на собственных водных ресурсах - "Генсхема... Амударьи"	1210	560	220	650

Использование водных ресурсов. Об изменении стока воды Амударьи в верхнем створе Низовьев – Тямуюн за последние 20 лет дают представление данные табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Использование водных ресурсов в Низовьях Амударьи

	В среднем за год в период			
	1960	1971-1975	1976-1980	предполагается на 1981-1985
Сток в створе Тямуюн, млрд.м ³	45,0	37,0	32,0	27,0
Водозабор, млрд.м ³	9,0	17,0	22,0	25-26,0

продолжение табл. 2.

Свободный сток реки, млрд.м ³	36,0	20,0	10,0	1-2,0
Площадь орошения, тыс.га	478	550	685	800
Удельный головной водозабор, тыс.м ³ /га	18,7	30,5	32,0	32,0

Из данных табл. 2 следует, что с 1960 по 1980 г., в связи с развитием орошения и ростом отбора воды в верхних зонах, сток в створе Тямуун уменьшился с 45 млрд.м³ до 32 млрд.м³. В годы одиннадцатой пятилетки ожидается его снижение до 27 млрд.м³. Водозабор же Низовьев за этот период увеличился с 9 до 22 млрд.м³, а по планируемому объему ввода площадей в 1981-1985 гг. ожидается его возрастание до 25-26 млрд.м³. Обусловлено это тем, что водные ресурсы Амударьи в этот период будут исчерпаны, а следовательно, будет невозможен дальнейший рост площадей орошения как в целом по бассейну, так и в низовьях Амударьи. В условиях современного уровня использования водных ресурсов предельная площадь орошения в Низовьях определяется в 800 тыс.га. За счет экономного использования водных ресурсов, а в дальнейшем пополнения бассейна водными ресурсами можно значительно увеличить площадь орошения.

Анализ современного состояния использования водных ресурсов в Низовьях ("Экономическая оценка использования минерализованной воды на орошение сельхозкультур в бассейне реки Амударьи ниже Тямуунского водохранилища". Отчет, Д-21/79, САНИИРИ, 1980 г.), проведенный Отделом водохозяйственных проблем САНИИРИ (табл.3 и 4), показывает, что из общего водозабора 22 млрд.м³ в год на орошение площади 685 тыс.га производительное испарение составляет 7,7 млрд.м³ (35%), коллекторно-дренажный сток, определяющий мелиоративное состояние земель, - 6,3 млрд.м³ (29%). Остальная часть - 8 млрд.м³ (36%) от водозабора приходится на непроизводительное испарение, которое вызвано недостаточной дренированностью орошаемой территории, низким КЗИ, высоким уровнем грунтовых вод. Вместе с тем непроизводительное испарение усиливает процесс засоления орошаемой территории. Взаимосвязь составляющих водного баланса орошаемых территорий можно проследить, сопоставляя хорошо дренированную зону (Хорезмская область) с зонами недостаточной дренированности (например, с ККАССР). Если в Хорезмской области из головного водозабора коллекторно-

дренажный сток составляет 51% (возвратный сток, хотя и относится к "водным ресурсам" более низкого качества, но в определенных целях может быть использован в народном хозяйстве), производительное испарение – 33%, непроизводительное – 16%, и при этом идет устойчивое рассоление уже не зоны аэрации, а фактически грунтовых вод, то в ККАССР при коллекторно-дренажном стоке 19%, производительном испарении 33%, непроизводительные потери составляют 48%, т.е. непроизводительное испарение почти половины забираемых водных ресурсов увеличивает поступление солей при водозаборе оросительной воды и из грунтовых вод. В результате ежегодно на территории накапливается солей до 5 т/га. Подобная картина наблюдается и в Ташаузской области.

Однако не следует полагать, что Хорезмская область является примером рационального использования водных ресурсов в складывающихся условиях их дефицита.

Положение I. В табл.5 и 6 представлена фактическая динамика развития площадей орошения, объема водозабора и возвратного стока в Хорезмской области в 1950–1980 гг. (в среднем за год по пятилеткам). Данные табл.5 свидетельствуют, например, о том, что за 20 лет среднедействующая площадь орошения увеличилась со 147 тыс.га (1961–1965 гг.) до 180 тыс. (1976–1980 гг.), т.е. ее прирост составил 22%, а водозабор, соответственно, возрос с 3 млрд.м³ до 5,7 млрд. или на 90%, но при этом повысилась урожайность сельхозкультур – хлопчатника и риса и увеличилась среднедействующая (по пятилеткам) площадь под рисом – с 5 до 15 тыс.га. В 1980 г. она достигла 21,7 тыс.га., причем резко возрос водозабор на земли рисового комплекса – до 1,5 млрд.м³, или до 25% от общего водозабора. Анализ внутригодового распределения возвратного стока КДС показывает, что примерно 40% возвратного стока (800 млн.м³) с земель хлопкового комплекса, который составляет 2,1–2,2 млрд.м³, можно использовать в режиме орошения риса (IV–VIII м). Причем минерализация коллекторно-дренажного стока в этот период не превышает 3 г/л.

Экспериментальные исследования, проведенные Отделом почвенных исследований САНИИРИ в новых рисоводческих совхозах Хорезмской области, подтверждают, что на песчаных землях при водоподаче 40 тыс.м³/га и минерализации оросительной воды 2–3 г/л урожайность риса сох-

Т а б л и ц а 3

Показатели использования водных ресурсов и мелиоративного состояния земель Низовьев Амударьи в 1976-1980 гг.
(в среднем за год)

	Административная зона		
	Хорезм- ская область	ККАССР	Таша- узская область
Площадь орошения, тыс.га	180	300	205
Головной водозабор, млрд.м ³	5,7	11,0	5,3
Коллекторно-дренажный сток, млрд.м ³	2,9	2,1	1,3
Безвозвратное водопотребление, млрд.м ³	2,8	8,9	4,0
В том числе:			
производительное испарение	1,9	3,6	2,2
непроизводительное испарение	0,9	5,3	1,8
Минерализация оросительной воды, г/л	0,8	0,9	0,85
Поступление солей с оросительной водой, млн.т.	4,5	9,9	4,6
Минерализация коллекторно-дренажного стока, г/л	3,9	4,0	3,0
Вывос солей КДС, млн.т.	11,5	8,4	3,9
Баланс солей	-7,0	+1,5	+0,7
Протяженность КДС, тыс.км	6,15	6,30	5,05

Т а б л и ц а 4

Удельные показатели^{х)} использования водных ресурсов и мелиоративного состояния земель Низовьев Амударьи в 1976-1980 гг. (в среднем за год)

	Административная зона			По ни- зовьям Амударьи
	Хорезм- ская обл.	ККАССР	Таша- узская обл.	
Головной водозабор, тыс.м ³ /га	31,5	36,5	26,0	32,0
Коллекторно-дренажный сток, тыс.м ³ /га	16,0	7,0	6,5	9,2
Безвозвратное водопотребление, тыс.м ³ /га	15,5	29,5	19,5	23,0

х) Приведенные к орошаемому гектару.

продолжение табл. 4

В том числе:				
производительное испарение	10,5	12,0	10,5	11,2
непроизводительное испарение	5,0	17,5	8,7	11,6
Минерализация оросительной воды, г/л	0,8	0,9	0,85	0,86
Поступление солей с оросительной воды, т/га	25,0	33,0	22,5	27,8
Минерализация коллекторно-дренажного стока, г/л	3,9	4,0	3,0	3,75
Вывос солей КДС, т/га	64,0	28,0	19,0	35,0
Баланс солей, т/га	-39,0	+5,0	+3,5	-7,2

раняется на уровне 55-60 ц/га. Это определяет первое направление в плане экономии водных ресурсов. Если перевести внутриоазисные земли рисосеяния на орошение возвратным стоком с земель хлопкового комплекса, то площадь рисосеяния 20-22 тыс.га можно вполне обеспечить за счет этого вида "водных ресурсов", что даст возможность сэкономить 1,5 млрд.м³ речных водных ресурсов при водозаборе.

Положение 2. Анализ роста площадей орошения под хлопковый комплекс и роста водозабора за рассматриваемый период позволили выявить следующую закономерность (табл.6). При увеличении водозабора на 1 га хлопкового комплекса с 1961 по 1980 гг. прирост составил 43 %, а урожайность хлопчатника возросла соответственно на 27 %. Причем при средних затратах стока (по водозабору) на 1 ц хлопка-сырца, возросших с 640 м³/ц (1961-1965 гг.) до 720 м³/ц (1976-1980 гг.), увеличение затрат воды на один дополнительный центнер хлопка-сырца сопровождалось ростом водозабора с 670 м³/ц до 2000 м³/ц и соответственно повышением возвратного стока с 800 м³/ц до 2100 м³/ц (т.е. дополнительный водозабор идет фактически в сброс).

Отсюда видно, что в условиях ограниченности водных ресурсов цель - максимум единиц урожайности противоречит цели - максимум урожая на единицу водных ресурсов, т.е. и в этом соизмерении имеется значительный резерв эффективной экономии водных ресурсов (достаточно сказать, что 1 м³ используемых водных ресурсов дает чистой продукции в среднем по бассейну Амударьи 10 коп., т.е. 2000 м³/ц эквивалентны эффекту 200 руб.; в этом же случае макси-

Т а б л и ц а 5

Фактическая динамика развития площади орошения, водозабора и возвратного стока в Хорезмской области в 1950-1980 гг.

	В среднем за год в период									
	: 1950	: 1956-1960	: 1961-1965	: 1966-1970	: 1971-1975	: 1976-1980	: 1981	: 1982	: 1983	: 1984
Вся площадь орошения, тыс.га	140	145	147	151	160	180	194			
под хлопчатником	89	99	100	103	105	105	105			
под рисом	4,5	4,5	5,0	6,0	9,0	15,0	21,7			
Водозабор, млрд.м ³										
на хлопковый комплекс	2,2	2,5	3,0	3,7	4,5	5,7	6,2			
на рисовый комплекс	2,0	2,3	2,8	3,4	3,9	4,6	4,7			
на рисовый комплекс	0,2	0,2	0,2	0,3	0,6	1,1	1,5			
Сток КДС, млрд.м ³	-	0,2	0,7	1,4	2,0	2,9	3,3			
с хлопкового комплекса	-	0,1	0,6	1,2	1,6	2,1	2,2			
с рисового комплекса	-	0,1	0,1	0,2	0,4	0,8	1,1			
Безвозвратное водопотребление	2,2	2,3	2,3	2,3	2,5	2,8	2,9			
Сток КДС, % от водозабора	0	8,0	23,5	37,5	44,5	51,0	53,0			
Безвозвратное водопотребление, % от водозабора	100	92,0	76,5	62,5	55,5	49,0	47,0			

Т а б л и ц а 6

Фактическая динамика удельных показателей водозабора и возвратного стока
в Хорезмской области за 1950-1980 гг.

	В среднем за год в период					
	1950	: 1956-	: 1961-	: 1966-	: 1971-	: 1976-
	: 1960	: 1965	: 1970	: 1975	: 1980	
Удельный водозабор, тыс.м ³ /га	15,7	17,2	20,4	24,5	28,0	31,5
на хлопковый комплекс	14,2	16,3	19,7	23,2	25,8	27,8
Удельный сток КДС	-	1,4	4,8	9,3	12,5	16,0
с земель хлопкового комплекса	-	0,70	4,2	8,3	10,6	12,7
Урожайность хлопчатника, ц/га	16,5	25,0	30,5	35,7	37,8	38,8
Удельный водозабор на I ц хлопка-сырца, тыс.м ³ /ц	0,86	0,65	0,64	0,65	0,68	0,72
Прирост водозабора на прирост I ц хлопка-сырца	-	-	-	0,67	1,24	2,0
Удельный сток КДС на I ц хлопка-сырца	-	0,03	0,14	0,23	0,28	0,33
Прирост стока КДС на прирост I ц хлопка-сырца	-	-	-	0,8	1,1	2,1

мальный эффект одного дополнительного центнера равен 80 руб.).

Целесообразно, на наш взгляд, на староорошаемых землях Низовьев Амударьи установить предельную норму удельной затраты воды на выращивание одного центнера хлопчатника — 650–700 м³. Съэкономленную же воду можно будет использовать на освоение новых земель, что позволит довести площадь орошаемых земель до лимита, установленного Генеральной схемой Амударьи. В частности, площадь орошаемых земель Хорезмской области можно увеличить до 220 тыс. га против 194 тыс., имеющих в настоящее время.

Положение 3. Среди целого ряда факторов (например, таких, как "перезабор" воды и др.), влияющих в какой-то мере на повышение продуктивности орошаемого гектара, основным фактором, формирующим завышенную величину объема водозабора, является его негарантированность по режиму стока реки в обеспечении научно обоснованного оптимального промывного режима орошения в годовом разрезе. Иначе говоря, недостаточная зарегулированность стока и вероятностный характер режима горизонтов реки в условиях многоярусной системы самостоятельных бесплотинных водозаборов большинства каналов не могут служить гарантией оптимального водообеспечения.

Данные (табл. 7), полученные в результате экспериментальных исследований (с учетом природных закономерностей водных процессов, происходящих на орошаемой территории), показывают, что при зарегулированности стока, а следовательно, и обеспечении гарантированной подачи воды, согласно режиму орошения, обеспечивающего современный уровень мелиоративного состояния земель Хорезмской области, удельное водопотребление по головному водозабору может быть снижено на 6–8 тыс. м³/га, т.е. достаточно, чтобы водозабор равнялся 21–22 тыс. м³/га (из них водоподача на поля составляет 11,5–12 тыс. м³/га и на промывку — 3,5–4,7).

Целесообразность снижения головного водозабора до указанных величин подтверждают многолетние исследования СоюзНИИ, САНИИРИ, ТИИМСХ, ТуркменНИИГиМа и ККНИИЗ, а также практика передовых хозяйств Ташаузской, Хорезмской областей и ККАССР. На наш взгляд, этот оптимальный лимит удельного водопотребления по водозабору, отвечающий современному уровню технического состояния систем, следует принять за норму для реализации его на практике в хозяйствах Хорезма, на Тямуринском водохранилищем гидроузле и Объединительном канале. Именно с целью эконо-

Возможное использование
возвратного стока в режиме
рисосеяния:
без мероприятий
при компенсации дефицита
"чистой" водой из
оросительной сети в раз-
мере 20-25% от водотребо-
вания риса (май) или
при возделывании риса
на I мес. позже.

25%	20%	3%	15%
40%	40%	40%	40%

мии водных ресурсов и было запланировано строительство Тяньмуянского водохозяйственного комплекса (капитальные вложения в него превысили 400 млн.руб.) и Тахиаташского гидроузла (стоимостью 200 млн.руб.).

Положение 4. Для сложившейся в целом для Хорезма благоприятной мелиоративной обстановки характерно близкое стояние уровней грунтовых вод на орошаемой территории в вегетационный период (средняя глубина 1,3 м) и ее снижение до 2 м в невегетационный период. Известно, что близкое стояние уровня грунтовых вод по сравнению с более глубоким стоянием увеличивает непродуктивные потери воды с их уровня (например, на испарение) как с орошаемой, так и с гидродинамически связанной с ней грунтовым потоком неорошаемой территории. При испарении минерализованных грунтовых вод в зону аэрации вносятся соли. Чтобы погасить процесс соле-накопления требуется значительно увеличить долю поверхностной водоподдачи. Вот почему фактор оптимальности глубины уровня грунтовых вод в мелиоративном и водном аспектах является одним из основных в формировании водотребования орошаемых территорий.

Близкое стояние уровня грунтовых вод в Хорезме обусловлено спецификой литологического строения зоны и прежде всего существующим состоянием открытой коллекторно-дренажной сети. В общем зона аллювиального происхождения литологически представлена с поверхности слоем супесчано-суглинистых грунтов различной мощности: на значительной части территории – от 0,5 до 2,5 м, иногда – немного больше, но во всех случаях подстилаемых мощной толщей разнотернистых песков с высоким коэффициентом фильтрации – от 10 до 35 м/сут. При врезке КДС в толщу песков их высокие коэффициенты фильтрации обуславливают высокую водозахватную способность и соответственно необходимость создания более редкой сети. Однако под воздействием воды грунты легко оплывают, что является основной причиной снижения водозахватной способности и высокого стояния уровня грунтовых вод. Поддержание КДС соответствующей глубины с помощью очистных работ, проводимых каждые 1-2 года, усиливает развитие широких и плоских сечений, что оборачивается потерей земельных угодий.

В связи с этим необходим переход на технически совершенный – закрытый горизонтальный или комбинированный вид дренажа. Многолетние исследования закрытого горизонтального дренажа, проводимые в САНИИРИ Мершенским М.С., на площади 304 га в колхозе

"Правда" Янгиарыкского района и применение этого метода на практике подтвердили его высокую водно-мелиоративную эффективность. Используя особенности литологии – врезку КДС в песчаную толщу с заложением 2–3 м – уровень грунтовых вод в вегетационный период устанавливали на глубине 1,7–2 м, т.е. ниже на 0,3–0,7 м, чем на окружающей орошаемой территории. По степени засоленности земли перед освоением квалифицировались как сильнозасоленные – 1,5 % по плотному остатку, а через четыре года – уже как незасоленные – 0,4 %. Минерализация грунтовых вод снизилась с 8,8 до 3 г/л. В результате снижения уровня грунтовых вод до указанных пределов установлено, что поддержание благоприятного солевого режима достигается при вегетационной водоподаче 8 тыс.м³/га, годовой – 11 тыс.м³/га, использовании грунтовых вод – до 2 тыс.м³/га, т.е. чисто орошаемый гектар расходовал 13 тыс.м³/га, при объективно необходимом КПД 0,82. В этой связи целесообразно строительство закрытого горизонтального дренажа, врезанного в песчаную толщу, с глубиной заложения 2,5–3 м через 600–700 м. Причем устройство фильтровой обсыпки из местных материалов сокращенного профиля и возможность освоения на второй год наддренных полос увеличивает площадь сельскохозяйственного использования.

На основе данного материала, научных положений по мелиорации засоленных земель Хорезма, разработанных группой ученых и проведенных в 1979–1980 гг. в Отделе водохозяйственных проблем САНИИРИ, технико-экономических обоснований в плане поиска водосберегающих режимов установлено, что оптимальная глубина уровня грунтовых вод для вегетационного периода – 2–2,3 м. При соблюдении мелиоративного режима орошения, а также создании технического КПД оросительной системы на уровне 0,72 гарантированный головной водозабор на земли хлопкового комплекса в размере 14–14,5 тыс.м³/га (табл.7) является оптимальным, что обеспечивает эффективную водную мелиорацию земель и высокую урожайность. Регулирование уровня грунтовых вод – это процесс регулирования водотребования орошаемых территорий. Снижение уровня грунтовых вод как для Хорезма, так и для Низовьев Амударьи неизбежно в связи с имеющейся тенденцией роста минерализации оросительной воды – речного стока. Солевые процессы увеличивают водотребование, снизить которое можно только путем углубления уровня грунтовых вод (например, чтобы обеспечить равнопродуктивные мелиоративные условия при глубине грунтовых вод 1,3 м и минерализации ороси-

тельной воды 2 г/л требуется 28,0 тыс.м³/га на земли хлопкового комплекса, а при 2 м – 17,0 тыс.м³/га).

Водообеспечение планируемой площади орошения 220 тыс.га в Хорезмской области собственными водными ресурсами Амударьи необходимо проводить в такой последовательности:

в 1985 г. потребности рисоводческих хозяйств следует удовлетворять за счет возвратного стока, формируемого в пределах каждого района, при условии, что возможный головной водозабор по стоку реки не превышает 5 млрд.м³;

в 1985–1990 гг. в связи с развитием орошения в верхнем и среднем течении резко снизится объем водозабора в Низовьях Амударьи. В этот период ввиду гарантированности водозабора за счет регулирования стока реки полным объемом Тьямуйнским водохранилищем, водозабор будет возможен и достаточен в размере 4 млрд.м³. Поэтому для предотвращения ухудшения мелиоративного состояния земель необходимо в настоящее время проводить мероприятия по реконструкции (КДС).

После 1990 г. водообеспечение возможно только при комплексном переустройстве ГМС с КПД=0,72. С учетом роста минерализации речного стока лимит водозабора будет определяться 3,5 млрд.м³.

Таким образом, водные ресурсы в Низовьях р.Амударьи неизбежно количественно снижаются и качественно ухудшаются. В одиннадцатой пятилетке гарантированный сток в створе Тьямуйн будет на уровне ожидаемого водотребования Низовьев. В перспективе освоение площадей возможно лишь на основе повышения продуктивности используемых водных ресурсов при снижении их количества.

В связи с этим целесообразны следующие методы применения водных ресурсов:

максимальное использование возвратного стока КДС для возделывания водоемкой культуры – риса;

введение организационным путем ограничений водозабора из реки;

установление лимита по водозабору в соответствии с условиями наличия стока, зарегулированности водных ресурсов и плотинных водозаборов;

целенаправленное и безотлагательное комплексное переустройство ГМС в соизмерении со снижением объема речного стока и ростом его минерализации.

В.Г.НАСОНОВ
канд.геол.-мин.наук

И.А.ЗАКС
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

Прогноз водного режима зоны аэрации на орошаемых землях

Рациональное использование водных ресурсов в орошаемом земледелии в значительной степени определяется правильной организацией водного режима корнеобитаемого слоя.

Влажность корнеобитаемого слоя в оптимальных пределах регулируется водоподачей и уровнем грунтовых вод. Для того, чтобы найти длительность межполивных периодов, сроки и количество поливов, необходимо разработать способ расчета динамики влажности корнеобитаемого слоя с учетом основных факторов, ее определяющих (кроме солевого режима почвогрунтов).

Рассмотрим случай глубокого залегания грунтовых вод. Если скорость изменения средневзвешенных запасов влаги в расчетном слое почвы прямо пропорциональна сумме приходных и расходных статей баланса почвенной влаги, то

$$\ell \gamma \frac{dW}{dt} = - \varepsilon(W) + O_c, \quad (1)$$

где ℓ — расчетный слой почвы;

$\varepsilon(W)$ — суммарное испарение;

γ — объемный вес почвы;

O_c — осадки;

W — средняя объемная влажность расчетного слоя.

Для потенциала почвенной влаги

$$\text{здесь } \delta = \frac{dW}{dP}; \quad \ell \gamma \delta \frac{dP}{dt} = - \varepsilon(P) + O_c, \quad (2)$$

$\varepsilon(P)$ — суммарное испарение, зависящее от потенциала почвенной влаги;

P — потенциал почвенной влаги.

Для решения уравнений (1) и (2) воспользуемся экспериментальными зависимостями суммарного испарения от влажности почвы или потенциала почвенной влаги. Зависимость суммарного

испарения хлопкового поля от потенциала влаги в пределах активной влажности корнеобитаемого слоя мощностью 0,76 м имеет вид / 5 /:

$$\varepsilon(P) = \varepsilon_0(0,99 + 0,00059 P), \quad (3)$$

где ε_0 — испаряемость, принятая по И.Н.Иванову.

Зависимость суммарного испарения от влажности почвы в общем случае может быть описана многочленом типа

$$\varepsilon(W) = aW^2 + bW + c,$$

где a, b, c — коэффициенты, определяемые по эмпирическим данным. Как показывают результаты обработки данных экспериментальных наблюдений в различных районах (рисунок, табл. I), в диапазоне активной влажности связь суммарного испарения с влажностью можно принять линейной. Тогда решение уравнения (1) с учетом данных табл. (I) будет иметь вид:

$$W = W_0 \exp\left(-\frac{\beta T}{\ell \cdot \gamma}\right) + \frac{Q - aT}{\ell \cdot \gamma} \left[1 - \exp\left(-\frac{\beta T}{\ell \cdot \gamma}\right)\right], \quad (4)$$

где W_0 — начальная влажность;

a и β — коэффициенты, значения которых для соответствующих районов берутся из табл. I.

Для зависимости суммарного испарения от потенциала влаги решение уравнения (2) будет иметь вид:

$$P = P_0 \cdot e^{\delta t} + \frac{Q - \bar{a}}{\delta} (e^{\delta t} - 1) \quad (5)$$

$$\delta = \frac{\varepsilon_0 \cdot 0,00059}{\ell \cdot \gamma \cdot \delta}, \quad \bar{a} = \frac{0,99 \varepsilon_0}{\ell \cdot \gamma \cdot \delta}, \quad \bar{Q} = \frac{Q}{\ell \cdot \gamma \cdot \delta};$$

В случае близкого залегания грунтовых вод характер формирования водного режима зоны аэрации, включая корнеобитаемый слой, существенно меняется в зависимости от режима грунтовых вод.

Для постоянного уровня грунтовых вод баланс почвенной влаги корнеобитаемого слоя описывается уравнением

$$\ell \cdot \gamma \frac{dW}{dt} = -\varepsilon(W) + U_{\text{гр}}(W, h) + O_c, \quad (6)$$

где $U_{\text{гр}}(W, h)$ — расход влаги в корнеобитаемый слой из грунтовых вод.

Т а б л и ц а I

Статистические параметры связи суммарного испарения хлопкового поля с влажностью корнеобитаемого слоя почвы по некоторым орошаемым районам Узбекистана

Район	Параметры	Голодная степь	Каршинская степь	Хорезм	КК АССР	Вся выборка
Уравнение регрессии	$E = (0,0255 \bar{W} - 0,299)T$	$E = (0,0214 \bar{W} - 0,22)T$	$E = (0,0014 \bar{W} - 0,0096)T$	$E = (0,0155 \bar{W} - 0,095)T$	$E = (0,0168 \bar{W} - 0,13)T$	-
Диапазон изменения влажности, % объема	14-24,0	13-27,0	16,3-30,0	12,5-27,0	13,0-30,0	-
Коэффициент корреляции	0,848 ± 0,19	0,96 ± 0,14	0,78 ± 0,33	0,91 ± 0,13	0,86 ± 0,09	-
при 1 % уровне значим.	0,848 ± 0,27	0,96 ± 0,19	0,78 ± 0,45	0,91 ± 0,17	0,86 ± 0,12	-
Отметка коэф. регрессии						¥
при 5% уровне значим.	0,0255 ± 0,006	0,0214 ± 0,009	0,114 ± 0,005	0,016 ± 0,002	0,0169 ± 0,0	-
при 1% уровне значим.	0,0255 ± 0,008	0,0214 ± 0,0042	0,0014 ± 0,0067	0,016 ± 0,0027	0,0169 ± 0,0026	-
Оценка существенности по критерию при 1% уровне значимости						-
факт.	8,74	14,54	5,00	14,24	17,84	-
теор.	2,75	2,88	2,92	2,71	2,63	-
Объем выборки	32	20	18	44	114	-
Примечание:	$\bar{W} - 100 \cdot W$					-

W - Среднедекадная объемная влажность корнеобитаемого слоя, доли единицы;

T - сумма среднесуточных температур воздуха за декаду.

Для постоянной глубины грунтовых вод в диапазоне активной влажности корнеобитаемого слоя от 0,7 ППВ до ППВ расход влаги в зону аэрации с достаточной для практики точностью может быть аппроксимирован линейной зависимостью

$$q = a_1 - b_1 \bar{W}, \quad (7)$$

здесь $\bar{W} = W \cdot 100$

a_1, b_1 — коэффициенты, определяемые из опытных данных;

W — объемная влажность, доли единицы.

Ниже приводятся значения этих коэффициентов для лессовидных суглинков для суточных значений расхода грунтовых вод в зону аэрации (хлопчатник, июль-август, лессовидные суглинки средние).

Глубина грунтовых вод, м	a	b
1	295,1	9,83
2	150,6	5,03
3	60,3	2,01

Используя зависимость суммарного испарения и расхода грунтовых вод в зону аэрации от влажности (7), найдем динамику влажности корнеобитаемого слоя из уравнения (6):

$$W = W_0 \cdot e^{-\theta' t} + Q' (1 - e^{-\theta' t}) \quad (8)$$

$$\theta' = \frac{\theta_0 + \theta_1}{\ell \cdot \gamma}, \quad Q' = \frac{a_0 + a_1 + Q_c}{\ell \cdot \gamma \cdot \theta'}$$

При изменяющемся уровне грунтовых вод коренным образом меняется закономерность формирования влажности корнеобитаемого слоя.

Рассмотрим баланс почвенной влаги корнеобитаемого слоя при изменяющемся уровне грунтовых вод на фоне систематического горизонтального дренажа:

$$L \cdot \ell \cdot \gamma \frac{dW}{dt} = -\varepsilon_{\text{сум}}(W) + \varepsilon_{\text{зр}}(h, W) + Q_c, \quad (9)$$

здесь

L — междренние расстояния;

$\varepsilon_{\text{зр}}(h, W)$ — расход грунтовых вод в зону аэрации в зависимости от глубины их залегания и влажности корнеобитаемого слоя.

Остальные обозначения рассматривались выше.

Многочисленные лизиметрические данные по расходу грунтовых вод в зону аэрации в зависимости от глубины их залегания предлагается описывать различными зависимостями, в общем случае нелинейными / 1,2,4/. Для решения уравнения (I) удобнее воспользоваться аппроксимацией лизиметрических данных следующим многочленом:

$$\varepsilon_{\text{гр}} = a_2 + b_2 h + c_2 h^2, \quad (10)$$

где h — глубина залегания уровня грунтовых вод;

a_2, b_2, c_2 — эмпирические коэффициенты, значения которых для различного мехсостава почвогрунтов приведены в табл.2.

Т а б л и ц а 2

Сельхозкультура : Почвогрунты :		a_2	b_2	c_2
-----		-----	-----	-----
Хлопчатник	Суглинки	82,86	52,38	8,87
	Супеси	51,01	26,49	3,50
Люцерна	Суглинки	81,88	38,31	4,57
	Супеси	76,17	52,47	9,82
-----		-----	-----	-----

При изменяющемся уровне грунтовых вод в послеполивной период формируется квазистационарный режим и соответствующий ему квазистационарный профиль влажности. В этом случае между влажностью корнеобитаемого слоя и глубиной залегания грунтовых вод существует тесная однозначная связь, что позволяет учитывать приближенно зависимость расхода грунтовых вод только от глубины их залегания. Чтобы найти изменение влажности, необходимо определить уровни грунтовых вод, изменяющиеся под влиянием расхода грунтовых вод в зону аэрации и работы горизонтального систематического дренажа. Баланс грунтовых вод для этого случая описывается уравнением

$$L \cdot \mu \frac{dH}{dt} = -q(H) - \varepsilon_{\text{гр}}(h, w), \quad (11)$$

где

H — уровень грунтовых вод, отсчитываемый от плоскости заложения дрена;

L – междренние расстояния;
 M – водоотдача;
 $q(H)$ – расход дрены в зависимости от уровня грунтовых вод на единицу длины.

Для диапазона колебаний УГВ, сопоставимых с глубиной заложения дрены, зависимость расхода дрены от напора в междренье оказывается существенно нелинейной / 3 /. Следуя А.П.Вавилову, эту зависимость для небольшого диапазона колебаний грунтовых вод в условиях нестационарного режима фильтрации можно принять линейной:

$$q = mH, \quad (12)$$

где m – коэффициент пропорциональности, который с высокой степенью точности может быть увязан с соответствующим решением теории фильтрации.

Для двухслойной толщи

$$m = \frac{\mu_n \cdot T}{L}, \quad \text{ctg } \mu_n = \frac{L}{T \cdot L_{ng}} \mu_n$$

где L_{ng} – несовершенство дрены по степени вскрытия;
 T – водопроницаемость.

Учитывая, что действующий напор над дренажной (Н) можно выразить через глубину заложения дрены (H_0) и глубину залегания грунтовых вод (h) и используя (10) и (12), решение уравнения (II) запишем, опуская промежуточные выкладки, в виде:

$$h(t) = \frac{P}{1 - \frac{h_0 - q}{h_0 - P} \cdot \exp\left(-\frac{\alpha T}{P - q}\right)} - q \cdot \frac{\frac{h_0 - q}{h_0 - P} \cdot \exp\left(-\frac{\alpha T}{P - q}\right)}{1 - \frac{h_0 - q}{h_0 - P} \cdot \exp\left(-\frac{\alpha T}{P - q}\right)}, \quad (13)$$

здесь h_0 – начальная глубина залегания грунтовых вод;

$$\alpha = \frac{m}{L \cdot \mu},$$

P и q – действительные корни многочлена $\bar{c}_2 h^2 - \bar{b}_2 h + \bar{a}_2$,

где $\bar{c}_2 = \frac{c_2}{m}$, $\bar{b}_2 = 1 - \frac{b_2}{m}$, $\bar{a}_2 = H_0 - \frac{a_2}{m}$.

С учетом (13) уравнение (9) после преобразований примет вид:

$$L \cdot \delta e \frac{dw}{dt} + \tilde{\delta} w = f(t), \quad (14)$$

где $f(t) = \tilde{a} - \tilde{b}_2 h(t) + c_2 h^2(t)$,

$$\tilde{a} = Q + a_1 T - a_2, \quad \tilde{\delta} = \delta \cdot T;$$

$h(t)$ — определяется по зависимости (13);

T — декадная температура.

Выражение (6) является неоднородным линейным дифференциальным уравнением первого порядка. Запишем его решение:

$$W = e^{-\frac{\tilde{\delta}}{L \cdot \tau e}} \left[W_0 + \frac{1}{L \cdot \tau e} \cdot \int_0^t f(t) \cdot e^{-\frac{\tilde{\delta}}{L \cdot \tau e}} dt \right] \quad (15)$$

Полученное выражение позволяет достаточно уверенно рассчитывать продолжительность межполивного периода и сроки очередного полива с учетом напряженности метеоусловий, параметров дренажа, начальных влажности и уровня грунтовых вод, мехсостава почвогрунтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов С.Ф. Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод. — В кн.: Влияние оросительных систем на режим грунтовых вод. — М.: АН СССР, 1956.
2. Алимов М.С. Опыт и методика оценки элементов баланса грунтовых вод орошаемых территорий Узбекистана. — Ташкент: Фан, 1979.
3. Духовный В.А., Якубов Х.И., Насонов В.Г., Закс И.А. Анализ эффективности коллекторно-дренажной сети и рекомендации по совершенствованию методов проектирования дренажа. — Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции по проектированию, строительству и эксплуатации закрытых дренажных систем в зоне орошения. — Ташкент: САНИИРИ, 1981.
4. Кац Д.М. Режим грунтовых вод в орошаемых районах и его регулирование. — М.: Колос, 1963.
5. Насонов В.Г., Нигманов Т., Емидт С.М. Влияние потенциала влажности почвы на суммарное испарение хлопчатника. — Сб. научных трудов САНИИРИ. Вып. 160 — Ташкент; 1980.

А.РАМАЗАНОВ
канд.с.-х. наук

А.УТЕПОВ

Е.КУРБАНБАЕВ
канд.техн. наук

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

К вопросу орошения хлопчатника минерализованной водой в условиях ККАССР

Опыты по орошению хлопчатника минерализованной водой проводились на территории колхоза "Коммунизм" Ходжелийского района Каракалпакской АССР.

Участок расположен в зоне действия межхозяйственного коллектора. Почвы опытного участка — староорошаемые, луговые — характеризуются исключительной пестротой литологического строения как по профилю, так и в пространстве. По данным анализа механического состава, верхние 0-20 см (разрез 2) и 0-40 см (разрез 5) слои представлены суглинками, а нижние горизонты — супесчаными и песчаными отложениями (табл. I).

Т а б л и ц а I

Механический состав почвы опытного участка

Горизонт, см	Р а з р е з ы			
	2		5	
	Сумма частиц < 0,01 мм, %	Название почвы по Н.А.Качинскому	Сумма частиц < 0,01 мм, %	Название почвы по Н.А.Качинскому
0-5	25,32	суглинок легкий	34,20	суглинок средний
5-20	24,96	суглинок легкий	35,96	суглинок средний
20-40	10,92	супесь	23,34	суглинок легкий
40-60	16,64	супесь	4,52	песок рыхлый
60-80	8,36	песок связный	4,20	песок рыхлый
80-100	2,92	песок рыхлый	5,14	песок связный
100-125	5,70	песок связный	7,54	песок связный

Продолжение табл. I

I25-I50	7,40	песок связный	4,48	песок связный
I50-I75	5,72	песок связный	5,64	песок связный
I75-200	6,16	песок связный	4,46	песок связный

Коэффициент фильтрации почвогрунтов - 0,58 м/сут, объемная масса - 1,45-1,50 г/см³. Почвы участка до закладки опыта (весна 1979г.) в целом относились к средnezасоленным с содержанием солей в верхней метровой толще 0,24-0,40% по плотному остатку и 0,02-0,04% по хлор-иону. Перед посевом хлопчатника были обнаружены на глубине 1,58-1,64 м грунтовые воды с минерализацией 8,5-9,0 г/л по плотному остатку.

Опытный участок был расположен в контуре У и УП гидроомдульных районов^{х)} с полугидроморфным типом почвообразования. Оросительные нормы хлопчатника рекомендовались в пределах 3500-4500 м³/га при 3-4 вегетационных поливах. Согласно рекомендации Каракалпакского научно-исследовательского института земледелия (ККНИИЗ) для зоны в целом оросительные нормы хлопчатника колеблются в довольно широком диапазоне - 2700-3800 м³/га при 2-3, а в редких случаях - 4-5 вегетационных поливах.

В опытах применялся режим орошения хлопчатника, фактически сложившийся на территории к-за "Коммунизм". Оросительная норма хлопчатника (сорт 4727) в 1979 и 1981 гг. при трех вегетационных поливах составляла соответственно 2700 и 3200 м³/га, а в 1980 г. при четырех поливах - 3100-3400 м³/га. Поливные нормы и минерализация воды по вариантам опыта и годам исследований сведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Поливные нормы и минерализация оросительной воды
в опытах

Год	Вариант опыта	Вегетационные поливы								Оросительная норма, м³/га
		I		II		III		IV		
		м³/га	г/л	м³/га	г/л	м³/га	г/л	м³/га	г/л	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
1979	I	1143	0,45	1582	0,41	540	0,67	-	-	3265

х) по СоюзНИИ, 1971.

Продолжение табл. 2

	II	III3	2,54	I360	2,60	638	3,96	-	-	3III
	III	I040	5,61	II75	6,29	482	5,54	-	-	2697
1980	I	I064	0,70	I090	0,56	656	0,68	600	0,55	3410
	II	I095	2,18	I032	2,58	605	2,16	790	3,44	3522
	III	I000	5,24	I048	4,66	535	4,46	548	4,69	3131
1981	I	I309	0,55	II54	0,77	558	0,672	-	-	3021
	II	I308	2,02	I273	2,43	460	0,672	-	-	3041
	III	I339	3,95	II50	6,03	502	0,672	-	-	2991

В опытах применялась агротехника, рекомендованная Каракалпакским НИИЗ и СоюзНИХИ для данной зоны. Ежегодно в конце вегетационного периода после уборки гузапай (ноябрь-декабрь) проводились профилактические промывные поливы нормой 3000-3500 м³/га. При этом ликвидировалась сезонная (от весны к осени) реставрация засоления и создавался необходимый запас влаги в почвенной толще.

Предпосевная обработка почвы включала в себя вспашку на глубину 27-30 см и боронование. Посев хлопчатника (сорт 4727) в основном производили во II и III декадах мая. За период вегетации было проведено 3 культивации. Минеральные удобрения вносились в виде гранулированного суперфосфата (из расчета 250-300 кг/га под пахоту) и аммофоса (во время проведения второй и третьей культиваций нормой 280-300 кг/га). Уборку урожая начинали в конце сентября и в I декаде октября.

В I варианте опытов содержание солей в поливной воде колебалось от 0,41 до 0,77 г/л. В почву поступали преимущественно соли сернокислого кальция (CaSO_4) и магния (MgSO_4) и частично бикарбоната кальция ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$); соли хлористого натрия и магния почти отсутствовали.

Во II варианте содержание солей в поливной воде составляло 2,02-3,96 г/л. Превалирующими в их составе оказались сернокислый и хлористый магний. В зависимости от общей минерализации оросительной воды содержание сернокислого кальция и хлористого натрия колебалось как по годам исследований, так и в течение вегетационного периода.

В III варианте опыта содержание солей в поливной воде составляло 3,95-6,29 г/л. На опытный участок поступали преимущественно соли сернокислого магния и хлористого натрия.

Отмечено, что с увеличением минерализации поливной воды соответственно возрастает доля токсичных солей, поступающих на поля.

Сопоставление и анализ данных по засолению почвы показывают, что от весны к осени происходит миграция солей в верхнюю метровую толщу. Принятый режим орошения нормой 2697–3522 м³/га не обеспечивает благоприятного солевого режима верхнего метрового слоя почв. Установлено, что в конце вегетационного периода происходит реставрация засоления. Так, в контрольном варианте содержание солей в метровой толще почвы весной составило 0,23–0,37%, в конце вегетационного периода оно увеличилось до 0,38–0,92%, соответственно увеличилось и содержание хлор- и сульфат-иона (табл.3). Несмотря на это за годы исследований в целом отмечается тенденция уменьшения запасов солей. Так, в 1979 г. содержание солей в почве составляло 0,37%, на тот же период 1981 г. оно снизилось до 0,23% по плотному остатку.

За 3-летний период наблюдений определенные изменения произошли и в составе солей. Снижение засоления почвы в основном произошло за счет выноса из почвы сернокислого магния ($MgSO_4$) и хлористого натрия ($NaCl$). Также отмечено уменьшение в почве нетоксичной соли сернокислого кальция ($CaSO_4$). В силу изменения реакции среды и обмена сернокислый натрий (Na_2SO_4) в почве замещается хлористым магнием ($MgCl_2$) (табл. 4).

Т а б л и ц а 3
Динамика засоления почвы (слой 0–100 см)

Вариант	Год	В начале вегетации			В конце вегетации		
		: пл.ост.	: Cl	: SO_4	: пл.ост.	: Cl	: SO_4
1	1979	0,371	0,043	0,185	0,928	0,100	0,485
	1980	0,354	0,044	0,291	0,661	0,080	0,396
	1981	0,234	0,055	0,088	0,388	0,057	0,180
2	1979	0,281	0,020	0,146	0,912	0,112	0,485
	1980	0,654	0,065	0,357	0,625	0,086	0,177
	1981	0,258	0,065	0,150	0,434	0,053	0,340
3	1979	0,242	0,037	0,108	1,016	0,120	0,560
	1980	0,381	0,070	0,280	1,420	0,288	0,544
	1981	0,448	0,070	0,283	0,424	0,108	0,164

Во II варианте опыта исходное содержание солей в почве составляло 0,28% по плотному остатку и 0,02% по хлор-иону. К концу вегетационного периода произошла реставрация засоления. Наиболее резкое увеличение запасов солей от весны к осени отмечалось по всем вариантам опыта – в 1979–1980 гг. После трех лет орошения хлопчатника содержание солей в 0–100 см толще составило 0,434% по плотному остатку и 0,053% по хлор-иону.

Т а б л и ц а 4
Изменение состава солей в почве (I вариант)

Горизонт, см	Срок определе- ния	С о л и , %					
		$Ca(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	$MgSO_4$	Na_2SO_4	$MgCl_2$	$NaCl$
0–20	16.05.79	0,020	0,119	0,074	0,113	–	0,049
	17.09.79	0,040	0,630	0,297	0,619	–	0,272
	7.09.81	0,016	0,118	0,045	–	0,035	0,040
5–20	16.05.79	0,020	0,255	0,124	–	0,018	0,026
	17.09.79	0,028	0,266	0,074	0,373	–	0,192
	7.09.81	0,044	0,014	0,044	0,074	–	0,041
20–40	16.05.79	0,020	0,170	0,074	0,148	–	0,058
	17.09.79	0,040	0,375	0,162	0,567	–	0,206
	7.09.81	0,036	0,051	0,015	–	0,023	0,037
40–60	16.05.79	0,016	0,088	0,059	0,147	–	0,074
	17.09.79	0,032	0,127	0,088	0,442	–	0,156
	7.09.81	0,028	0,061	0,035	–	0,007	0,032
60–80	16.05.79	0,020	0,034	0,044	0,074	–	0,107
	17.09.79	0,032	0,075	0,099	–	0,039	0,043
	7.09.81	0,032	0,041	0,023	–	0,016	0,029
80–100	16.05.79	0,020	0,034	0,044	0,089	–	0,091
	17.09.79	0,036	0,075	0,099	–	0,027	0,051
	7.09.81	0,036	0,004	0,029	0,032	–	0,066

Установлено, что в метровой толще почв преимущественно реставрируются сернокислый (Na_2SO_4) и хлористый ($NaCl$) натрий и частично сернокислый магний ($MgSO_4$) и кальций ($CaSO_4$).

Анализ полученных данных показывает, что с увеличением

минерализации поливной воды интенсивность накопления солей в почве возрастает. Так, в III варианте опыта после 3-летнего орошения минерализованной водой содержание солей в весенний период увеличилось до 0,45% при исходном 0,24%.

В силу того, что применяемый режим орошения не обеспечивал сохранения благоприятного солевого режима в активной толще почвы, в 1981 г. во всех вариантах опыта 3-й полив был проведен арчной водой, в которой содержалось 0,67 г/л солей по плотному остатку. Благодаря этому удалось снизить засоленность почвы в I и II вариантах опыта до 0,05% по хлор-иону и 0,38–0,43% по плотному остатку, а в III варианте, хотя и отмечено уменьшение солей в почве, но содержание их значительно выше допустимых пределов – 0,10% по хлор-иону и 0,42% – по плотному остатку.

В почве, поливаемой дренажной водой (II и III варианты), состав солей менялся по-разному, что безусловно связано с составом привносимых с водой солей, режимом влажности почвы, ее литологическим строением.

Сопоставлением полученных данных установлено, что прямой связи между минерализацией поливной воды и составом солей в почве нет. В отдельных случаях отмечено увеличение в почве тех солей, которые в большом количестве были обнаружены в поливной воде (табл.5).

Т а б л и ц а 5

Изменение состава солей в почве (III вариант)

Горизонт, см	Срок определе- ния	С о л и , %					
		$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	CaSO_4	MgSO_4	Na_2SO_4	MgCl_2	NaCl
0–5	16.05.79	0,038	0,188	0,012	0,109	–	0,115
	17.09.79	0,032	0,637	0,371	0,113	–	1,792
	7.09.81	0,028	0,418	0,261	–	0,087	0,074
5–20	16.05.79	0,049	0,060	0,009	0,018	–	0,066
	17.09.79	0,024	0,133	0,060	0,352	–	0,107
	7.09.81	0,036	0,530	0,342	–	0,093	0,100
20–40	16.05.79	0,043	0,048	0,006	0,043	–	0,033
	17.09.79	0,032	0,467	0,119	0,466	–	0,082
	7.09.81	0,032	0,313	0,282	0,014	–	0,165

продолж. табл. 5

40-60	I6.05.79	0,028	0,068	0,012	0,032	-	0,060
	I7.09.79	0,024	0,184	0,060	0,270	-	0,074
	7.09.81	0,032	0,126	0,118	0,012	-	0,090
60-80	I6.05.79	0,024	0,099	0,006	0,007	-	0,041
	I7.09.79	0,012	0,075	0,029	0,153	-	0,050
	7.09.81	0,040	0,051	0,074	0,001	-	0,082
80-100	I6.05.79	0,024	0,166	0,006	0,050	-	0,057
	I7.09.79	0,012	0,075	0,044	0,165	-	0,082
	7.09.81	0,032	0,024	0,059	0,011	-	0,107

Принятые в опытах режимы орошения за период вегетации существенно не влияли на водный режим почвогрунтов зоны аэрации. Запасы влаги в исследуемой толще к концу вегетационного периода мало чем отличались от исходных. К концу вегетационного периода грунтовые воды были обнаружены на глубине 2,42-2,54 м (табл.6).

Таблица 6

Запасы влаги в почве и глубина залегания грунтовых вод

Год	Срок определения	Запасы влаги в толще (0-3 м)		Глубина залегания УГВ, м
		%	м ³ /га	
1979	До первого полива	24,0	10896	1,82
	В конце вегетации	24,7	11257	2,46
1980	До первого полива	28,4	13350	2,00
	В конце вегетации	30,2	13993	2,54
1981	До первого полива	27,8	12973	2,00
	В конце вегетации	29,5	13752	2,42

Таким образом на основании полученных данных можно сделать выводы о том, что влажностный режим почвы на опытном участке - капиллярно-грунтовый, в формировании которого активное участие принимают грунтовые воды.

Т а б л и ц а 7

Урожай хлопка-сырца по вариантам опыта

Вариант	1979 г.				1980 г.				1981 г.			
	густота стояния расте- ний, шт/га	урожай хлопка- сырца, ц/га	густота стояния расте- ний, шт/га	урожай хлопка- сырца, ц/га	густота стояния расте- ний, шт/га	урожай хлопка- сырца, ц/га	густота стояния расте- ний, шт/га	урожай хлопка- сырца, ц/га	густота стояния расте- ний, шт/га	урожай хлопка- сырца, ц/га	густота стояния расте- ний, шт/га	урожай хлопка- сырца, ц/га
I	91300	33,4	88625	33,1	89500	33,6	89500	33,6	89500	33,6	89500	33,6
II	92000	27,6	90884	30,1	91000	29,4	91000	29,4	91000	29,4	91000	29,4
III	91100	27,1	89230	27,0	88500	27,6	88500	27,6	88500	27,6	88500	27,6

При одинаковых сроках проведения агротехнических мероприятий хлопчатник развивался по-разному, с увеличением минерализации поливной воды рост растений резко замедлялся. Период вступления растений в фазу цветения, формирования и созревания коробочек несколько сокращается при поливе минерализованной водой. Так, урожайность хлопчатника на контрольном варианте составила 33,1–33,6 ц/га, а во II варианте с увеличением минерализации поливной воды до 2,02–3,96 г/л и в III – до 3,95–6,29 г/л урожайность снизилась соответственно до 27,6–30,1 ц/га и до 27,0–27,6 ц/га.

А.У.УСМАНОВ

канд.с.-х. наук

Р.И.ПАРЕНЧИК

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

К методике обоснования эффективности использования дренажных вод на орошение

Водные ресурсы бассейнов рек Сырдарьи и Амударьи весьма ограничены. Прогнозные расчеты показывают, что расширение орошаемых площадей приведет к значительному повышению минерализации воды в реках (особенно в низовьях) и к дефициту оросительной воды. Повторное использование коллекторно-дренажных вод, особенно в местах их формирования, позволили в некоторой степени улучшить качество воды и расширить орошаемые площади. Обоснование эффективности использования дренажных вод на орошение – задача очень сложная и решается для конкретных природно-хозяйственных условий.

Эффективность использования в основном определяется количеством и качеством дренажного стока, почвенно-мелиоративными условиями земель проектируемого орошения дренажными водами и степенью дефицита пресной воды.

Первым и основным этапом обоснования является определение оптимальной минерализации дренажных вод, рекомендуемых к использованию в различных гидрогеолого-и почвенно-мелиоративных условиях.

Критерием эффективности являются объем и качество продукции орошаемого земледелия, получаемой при экономически оправданных трудовых и материальных затратах. Он определяется группами факторов: природных, водохозяйственных, экономических и качества воды. При этом качество воды оценивается путем сбора и обработки данных по минерализации дренажного стока; природные и водохозяйственные – путем типизации почвенного профиля, установления зависимости урожая от минерализации оросительной воды и введения дополнительного комплекса мелиоративных мероприятий, обеспечивающего регулирование водно-солевого режима почвогрунтов, дифференцированно для каждой из выделяемых категорий земель; экономические – путем соизмерения планируемого или получаемого эффекта с затратами на достижение поставленной цели.

Нами выделены технологически возможные формы использования дренажных вод – постоянное и периодическое орошение. В первом случае критерием является коэффициент эффективности капитальных вложений, значение которого не должно превышать нормативное, во втором – дополнительные затраты по водному и сельскому хозяйству не должны превышать дополнительный эффект.

Принятые критерии могут быть представлены математически:

$$\xi - \frac{D}{\sum K} \leq 0,12 \text{ — для постоянного орошения;}$$

$$\Delta Y \cdot C \geq \Delta K + \Delta И \text{ — для периодического,}$$

где ξ – коэффициент эффективности капитальных вложений;

D – совокупный чистый доход;

$\sum K = K_v + K_{сх}$ – капитальные вложения в водное и сельское хозяйство;

ΔY – объем дополнительной продукции, полученный за счет ликвидации дефицита оросительной воды;

C – стоимость единицы продукции;

ΔK и $\Delta И$ – дополнительные капитальные вложения и эксплуатационные затраты при использовании на орошение дренажных вод.

Предлагаемый принцип технико-экономического обоснования эффективности использования на орошение дренажных вод опробован для территории Каршинской степи (первая очередь освоения). Выбор объекта объясняется перспективностью применения в

этом районе на орошение коллекторно-дренажных вод, разнообразием природных условий, а также наличием в значительном объеме исследовательских, изыскательских и проектных материалов. По многочисленным материалам гидрогеологических, почвенно-мелиоративных и других исследований определены основные расчетные параметры и установлены закономерности их изменений. Ряд количественных показателей заимствован из ранее опубликованных работ /I-5/.

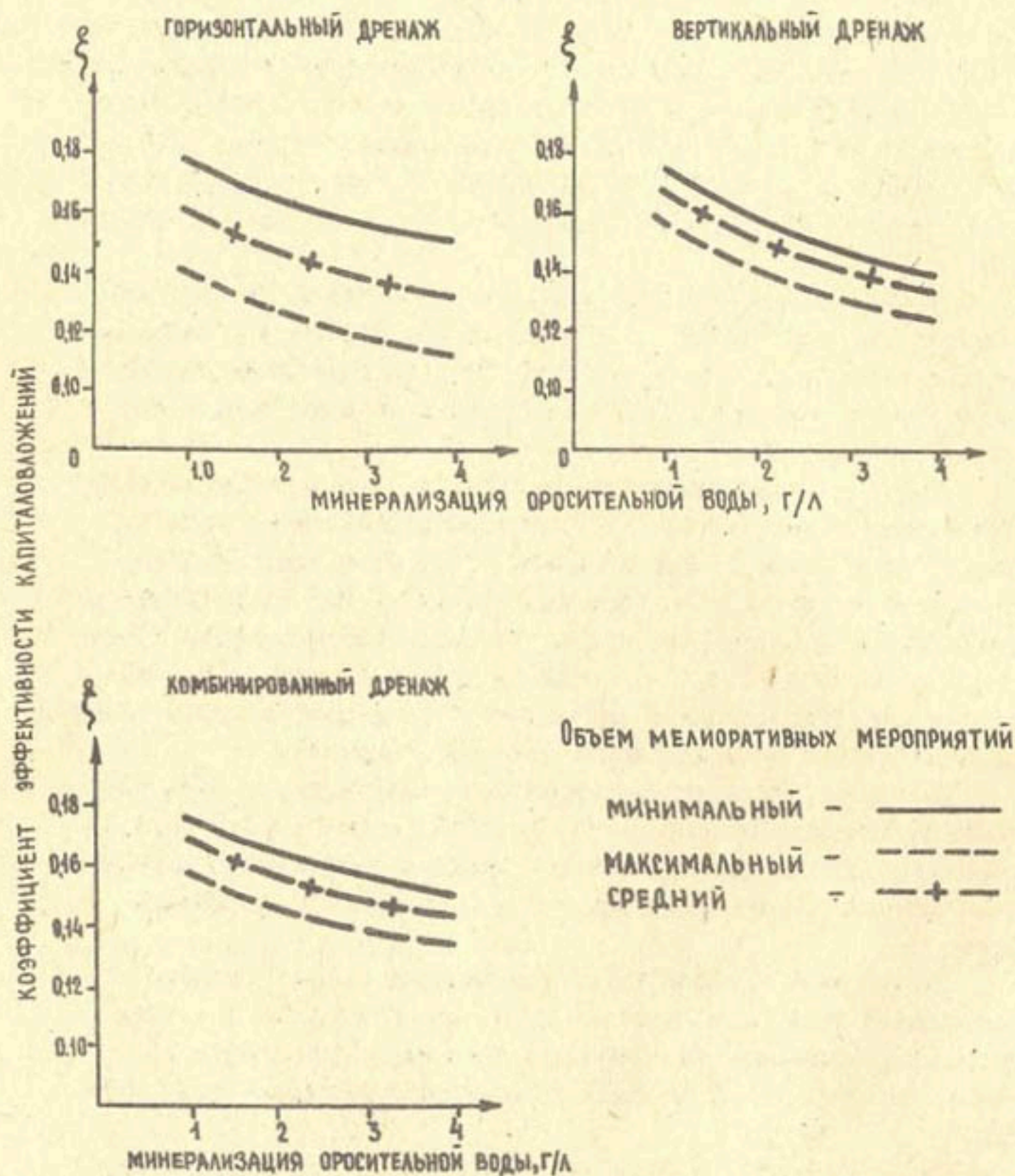
При определении оптимальной минерализации проведены многовариантные расчеты для двух технологических форм использования дренажных вод, а также для территорий, характеризующихся разным сочетанием типов и объемов дренажа с выделяемыми категориями дренированности.

Анализ проведенных расчетов показал, что на эффективность значительно влияет не только почвенно-мелиоративные условия земель, но и объем, и тип дренажных устройств. Наиболее перспективным является использование дренажных вод на фоне совершенных типов дренажа (вертикального и комбинированного) и почвогрунтов интенсивно дренированных и дренированных (I и II категории). В этих условиях экономически оправдано использование дренажных вод с минерализацией 3-4 г/л (рисунок).

Детальное рассмотрение проектных материалов по характеристикам почвенно-мелиоративных условий, оросительных норм, дренажного стока, типов и объемов дренажа позволило определить объем использования дренажных вод - 2,86 млн.м³ на площади 40 тыс.га.

Аналогичные проработки нами выполнены для территории Центральной Ферганы и Низовьев Сырдарьи. Обобщение и анализ материалов позволили типизировать орошаемые территории по перспективности использования на орошение дренажных вод (таблица).

При соблюдении необходимого комплекса мелиоративных мероприятий на землях I и II категорий возможно выращивание высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Водно-физические свойства почвогрунтов при этом практически не меняются. На землях III категории при длительном использовании дренажных вод повышенной минерализации происходит постепенное ухудшение водно-физических свойств почвогрунтов. В этих условиях можно реко-



Эффективность капиталовложений при разной минерализации оросительной воды на фоне разных типов и мощностей дренажа.

мендовать только периодическое их использование (1-2 года, но не более 3-х лет) с перерывами в несколько лет или на отдельные поливы ежегодно. Земли IV категории характеризуются крайне неблагоприятными почвенно-мелиоративными и гидрогеологическими условиями. Необходимые по теоретическим расчетам объемы дополнительных мероприятий практически не выполнимы. Например, фильтрационные свойства почвогрунтов ограничивают не только норму водоподачи, но и дренирование. Применение минерализованных вод в этих условиях экономически не обоснованно, а следовательно и неперспективно.

Т а б л и ц а

Типизация земель с целью использования минерализованных дренажных вод на орошение

Категория земель по условиям применения на орошение минерализованных вод	Требуемые почвенные условия и параметры мелиоративных мероприятий при использовании на орошение вод с минерализацией 1-4 г/л		Необходимая мощность гориз. дренажа, м/га	Коэффициент увеличения	
	Дренированность двухметровой толщи почвогрунтов	Гидрохимический параметр $Р_{\text{сo}}$		водоподача	дренаж
Весьма благоприятные	Интенсивно дренированные и дренированные	0,5	25	1,0-1,15	1-1,25
Благоприятные	Дренированные и слабодренированные	0,25-0,5	25-50	1-1,20	1-1,35
Недостаточно благоприятные	Слабодренированные	0,10-0,25	50-70	1-1,28	1-1,50
Неблагоприятные	Плоходренированные	0,01-0,10	70-100 и более	1-1,40	1-1,55

х) Первая цифра соответствует минерализации воды 1 г/л, вторая - 4 г/л.

Л и т е р а т у р а

1. Усманов А. Регулирование водно-солевого режима почво-грунтов при орошении минерализованной водой. — Ташкент: Хлопководство, № 9, 1982.
2. Глухова Т.П., Королева Г.Х. Орошение дренажными водами. — Ташкент: Хлопководство, № 4, 1978.
3. Рабочев И.С., Бурдыгина В.С. Влияние концентрации почвенного раствора на урожай хлопка. В кн.: Мелиорация пустынных земель Туркменистана. — Ашхабад: Илим, 1968.
4. Минашина Н.Г. Об использовании минерализованных вод для орошения. — М.: Гидротехника и мелиорация, № 3, 1972.
5. Якубов Х.И., Усманов А.У., Броницкий Н.И. Руководство по использованию дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур и промывки засоленных земель. — Ташкент: САНИИРИ, 1982.

Г.Н.ПАВЛОВ

канд.техн.наук

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

Потери оросительной воды при поливах и пути
их уменьшения

В условиях возрастающего дефицита водных ресурсов в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи важное значение имеет сокращение потерь воды непосредственно на поле. В обозримой перспективе основным способом орошения в Средней Азии должен остаться полив по бороздам. Его совершенствование должно осуществляться путем устройства более совершенной участковой оросительной сети, применения надежных средств подачи и регулирования воды в борозды, регулярной планировки орошаемых участков.

Полив по бороздам, как и другие виды орошения, сопровождается потерями воды. В общем виде потери — это то количество воды, которое подается на поле, но не попадает в активный (корнеобитаемый) слой почвы и не используется растениями. Потери оросительной воды при бороздковом поливе складываются из испарения,

глубинной фильтрации и сброса части забранной воды в конце борозд. Все виды потерь нежелательны, но не все из них являются безвозвратными. Повышенное, приближающееся к испаряемости водопотребление, которое наблюдается в период проведения полива и в первые 3...5 дней после его окончания, является причиной абсолютно безвозвратных потерь воды при орошении.

Потери на глубинную фильтрацию, т.е. проникновение воды в почву ниже корнеобитаемого слоя, нельзя считать безвозвратными. В отдельных природных условиях (однородное строение почвогрунтовой толщи при близком залегании грунтовых вод) глубинное просачивание даже способствует аккумулярованию влаги, которая затем эффективно используется растениями. В случае устойчиво глубокого залегания грунтовых вод (автоморфные условия) глубинное просачивание оросительной воды можно считать потерями вегетационного периода. В зависимости от природной обстановки эта вода частично выклинивается в сбросные водотоки и используется для повторного орошения, в некоторых случаях значительная часть ее расходуется непродуктивно: на испарение с днища и откосов логов, транспирацию сорной и дикой растительностью.

Сбросы в конце борозд неизбежны, поскольку поливальщикам для максимального выравнивания увлажнения поля по длине борозд необходим транзитный пропуск воды по бороздам. Поверхностные сбросы воды, вынося с полей растворы минеральных удобрений и ядохимикатов, загрязняют водные источники и водоемы, приводят зачастую к размывам и оврагообразованиям, разрушают коллекторно-дренажную сеть.

Потери оросительной воды при поливе по бороздам, как видно из приведенных характеристик отдельных составляющих, весьма разнообразны. В зависимости от природно-хозяйственных условий могут преобладать те или иные виды потерь. Соответственно в широком диапазоне изменяются и безвозвратные потери, основные составляющие которых — излишнее испарение и транспирация.

Потери в виде поверхностного сброса увеличиваются по мере возрастания уклона поверхности орошаемых массивов. На крутых склонах с уклонами до 0,1...0,3 поверхностные сбросы в производственных условиях превосходят величину впитавшейся в почву поливной воды иногда в два раза.

Для выбора способа орошения и конструктивных решений ороси-

тельной сети, назначения оптимальных элементов техники полива принята классификация орошаемых земель, в которой основными показателями являются уклон поверхности земли и водопроницаемость почвогрунтов. Для дальнейших рассуждений можно установить четыре диапазона уклонов: 1) большие (0,01 и более), 2) средние (0,005...0,01), 3) малые (0,002...0,005), 4) очень малые (0,002...0) и четыре градации по водопроницаемости: А - почвы высокой водопроницаемости, Б - повышенной, В - средней, Г - пониженной.

Сочетание уклона поверхности земли и водопроницаемости предопределяет выбор техники полива по бороздам. В зависимости от уклона и водопроницаемости складываются потери оросительной воды при поливах. В табл. 1 показаны значения потерь, отнесенные к величине нормативной оросительной нормы. Величины потерь рассчитаны применительно к условиям четкой организации хозяйственной деятельности. Значения оросительных норм приняты для осредненных условий Узбекистана, по ведущей культуре - хлопчатнику. Несмотря на то, что приведенные цифры носят ориентировочный характер и на практике могут оказаться значительно выше, они позволяют проанализировать сложившуюся обстановку, определить очередность работ по совершенствованию техники орошения.

Из данных табл. 2 видно, что основной объем потерь оросительной воды приходится на зоны больших и средних уклонов, характеризующихся автоморфными условиями почвообразования. Особенно велики здесь безвозвратные потери за счет повышенного испарения воды. После орошения на этих землях наблюдается устойчиво глубокое залегание грунтовых вод. В таких условиях поливы приходится проводить чаще, чем на равнинах, где грунтовые воды расположены близко к поверхности земли. Во время полива и после него из-за сильного переувлажнения верхних почвенных горизонтов водопотребление превышает физиологически необходимое почти в два раза. Увеличение поливных норм и задержка сроков проведения полива не приводят к увеличению межполивных периодов.

Из сказанного можно сделать вывод о том, что земли с большими и средними уклонами поверхности должны явиться первоочередными объектами коренного улучшения техники орошения. Наши разработки в этом направлении показывают, что вопрос совершенствования техники полива необходимо увязать с конструктивными решениями

Значения КПД техники полива хлопчатника в современных условиях

Уклон	Водопрони- цаемость грунтов	Оросительная норма нетто, год/м ³ /га	Средняя ве- личина полив- ной норм нетто	Потери, $\frac{\text{м}^3}{\text{га}}$		Всего	доля единиц		в том числе	испарение фильтрация		сбор безвозвратные
1	A	7600	800	0,431	0,016	0,40	0,015	0,216				
	B	7200	1000	0,37	0,070	0,20	0,10	0,22				
	B	7000	1200	0,47	0,12	0,15	0,20	0,27				
	Г	6800	1300	0,60	0,20	0,10	0,30	0,30				
2	A	7600	900	0,462	0,012	0,35	0,10	0,182				
	B	7200	1100	0,33	0,03	0,15	0,15	0,13				
	B	7000	1500	0,37	0,070	0,10	0,20	0,17				
	Г	6800	1300	0,40	0,10	0,05	0,25	0,15				
3	A	6500	800	0,41	0,010	0,30	0,10	0,11				
	B	6000	1100	0,32	0,020	0,15	0,15	0,07				
	B	6000	1500	0,274	0,014	0,10	0,16	0,010				
	Г	6500	1300	0,282	0,012	0,07	0,20	0,022				
4	A	8000	800	0,376	0,006	0,35	0,02	0,015				
	B	8000	1700	0,344	0,014	0,30	0,03	0,014				
	B	8300	2000	0,311	0,011	0,25	0,05	0,011				
	Г	8500	2100	0,27	0,01	0,20	0,06	0,025				

Примечание: КПД техники полива отнесен ко всем поливам: вегетационным и зимним.

Распределение орошаемых земель на перспективу

Показатели	Сумма	Большие уклоны				Средние	
		А	Б	В	Г	А	Б
Орошаемая площадь, тыс.га	3975,7	29	327,7	38,6	28	38	
Объем потерь, млн.м ³							
всего	9414,35	77,26	1078,13	157,49	98,31	90,29	
Из них безвозвратные:							
при существующем положении	2388,05	45,9	619,3	78,7	38,7	35,5	
при улучшенной технике полива	1308,7	25,0	344,0	52,5	21,3	19,15	
Экономия оросительной воды	1079,35	20,9	275,3	26,2	17,4	16,35	
Дополнительная орошаемая площадь за счет экономии воды, тыс.га	111,3	2,17	25,5	3,31	1,6	1,6	

Таблица 2

по категориям природных условий и объем потерь воды

уклоны		Малые уклоны				Очень малые уклоны			
В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г
809	241,1	7,6	313,6	835,4	265,6	63,0	255,5	447,6	281
2095,3	655,8	2025	602,1	1373,4	486,84	189,5	689,38	1155,4	644,9
962,7	245,9	5,43	131,7	50,1	38,0	7,56	28,0	40,86	59,7
453,0	164,0	3,95	94,0	25,1	20,7	5,0	20,0	23,3	28,7
509,7	81,9	1,48	37,7	15,0	17,3	2,56	8,0	18,56	31,0
54,4	8,4	0,17	5,04	2,0	2,26	0,24	0,75	1,76	3,1

ми участковой и внутрихозяйственной оросительной сети. В условиях, о которых идет речь, доминирующей должна стать закрытая трубчатая оросительная сеть.

В качестве средств механизации полива здесь найдут применение жесткие и стационарные (подземные) поливные трубопроводы, гибкие шланги. Для орошения садов и виноградников необходимо применять подпочвенное и капельное орошение.

Совершенствование техники орошения потребует очень больших капитальных затрат, поэтому должна быть составлена долгосрочная программа работ, выделены первоочередные объекты нового строительства и реконструкции существующих оросительных систем для организации высокоэффективных поливов.

Помимо капитальной перестройки оросительной сети и внедрения новой технологии поливов в существующих условиях должны найти применение водораспределительные устройства — гибкие шланги, алюминиевые поливные трубопроводы. Выпуск таких устройств освоен промышленностью, необходимо в ближайшие годы резко увеличить объем их производства.

Алюминиевыми трубопроводами следует оснастить хозяйства, которые по природным условиям относятся к зонам больших и средних уклонов, а гибкие поливные трубопроводы направить в хозяйства равнинной зоны.

Применение этих довольно простых средств механизации поливов в сочетании с обязательной ежегодной профилактической планировкой поливных участков, соблюдением правил эксплуатации и дисциплины водопользования, по нашим расчетам, позволит экономить ежегодно по Узбекистану до 1080 млн. м³ воды.

О.М. БЕЛОУСОВ

(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

Основные принципы и схема расчета оптимального
мелиоративного режима для проектирования мелиоративных мероприятий

Рост продуктивности орошаемых земель республик Средней Азии и Южного Казахстана обусловлен благоприятными природно-климатическими условиями. Однако в данном регионе крайне огра-

ничены водные ресурсы. Поэтому дальнейшее развитие здесь орошаемого земледелия в немалой степени зависит от поддержания на мелиорируемых землях оптимального мелиоративного режима.

Согласно мнению ряда авторов [1,2,3,4], мелиоративный режим является оптимальным, когда при минимальных затратах оросительной воды поддерживается такое сочетание орошения и дренажа, которое обеспечивает необходимые для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур условия в корнеобитаемой зоне, а также формирует почвообразовательный процесс, отвечающий природным условиям данной территории.

Вместе с тем оптимальный мелиоративный режим характеризуется пределом эффективности приведенных затрат, связанных с реализацией мероприятий, направленных на его поддержание.

В данной статье предлагаются основы методики поиска оптимального мелиоративного режима и системы гидромелиоративных мероприятий, необходимых для его обеспечения, на конкретном мелиоративном объекте, например, оросительной системе, ее части, в совхозе и др. Предположим, что на рассматриваемом объекте оросительная и коллекторно-дренажная сети построены и введены в эксплуатацию. Режим орошения рекомендован. Основываясь на фактическом мелиоративно-хозяйственном состоянии земель, можно решить задачу корректировки режима орошения, промывки, дренажа с целью достижения оптимального мелиоративного режима.

Определить оптимальный мелиоративный режим можно путем многовариантных прогнозных расчетов водно-солевого режима орошаемых земель при различных глубинах залегания грунтовых вод, режимах орошения, параметрах дренажа с последующей оценкой приведенных экономических затрат, связанных с реализацией этих мероприятий.

В связи с большим объемом вычислительной работы целесообразнее расчет водно-солевого режима мелиоративного объекта осуществлять с помощью реализованных на ЭВМ соответствующих математических моделей.

Для увязки оптимального мелиоративного режима настоящего времени с динамикой проектируемых почвенно-мелиоративных процессов и перспективным мелиоративным состоянием земель следует, на наш взгляд, выделить три периода (фазы) развития мелиоративно-хозяйственного состояния земель — мелиоративный, прогрессирующий и перспективный.

Многие исследователи прибегали к выделениям подобного рода, хотя и преследовали разные цели. Так, В.А.Ковда [5] пишет о двух периодах мелиоративного освоения засоленных земель – капитальных промывок и эксплуатации. Б.В.Федоров [6] разрабатывает мелиоративные мероприятия в соответствии с двумя этапами развития орошаемого хозяйства: переходным, когда коренные мелиорации еще не успели проявить себя в полной мере, и перспективным, когда засоление и заболачивание почв уже ликвидировано.

Для определения расчетных оросительных норм при ирригационном проектировании В.Р.Шредер, И.К.Васильев и др. [7] рассматривают три периода режима орошения, которые соответствуют следующим периодам освоения земель: начало освоения, переходный период и ближайшая перспектива.

В.М.Легостаев и Б.С.Коньков [8] считают, что осуществлять разработку гидромодульного районирования в случаях, когда мелиоративные мероприятия могут проводиться лишь в течение длительного периода, следует для существующих и проектных условий.

Мы выделяем три периода для того, чтобы рассчитать оптимальный мелиоративный режим (ОМР) и систему гидромелиоративных мероприятий, необходимых для его обеспечения.

Мелиоративный период характеризуется высоким содержанием солей в верхней толще почвогрунта и (или) заболачиванием территории. В связи с этим выращивание сельскохозяйственных культур на данном этапе не производится. Чтобы создать благоприятные условия для их возделывания, необходимо опреснение корнеобитаемого слоя почвы и (или) понижение УГВ. Гидромелиоративными мероприятиями этого периода являются капитальные промывки и дренаж.

Прогрессирующий период характеризуется ростом мелиоративно- хозяйственного состояния земель в результате проводимых мелиоративных мероприятий. В условиях Средней Азии и Южного Казахстана повышение мелиоративного состояния земель и как следствие этого – рост урожайности сельскохозяйственных культур в данный период происходит за счет опреснения верхнего слоя почвогрунтов. Основные гидромелиоративные мероприятия этого периода – вегетационные поливы, эксплуатационные промывки, дренаж.

Перспективный период характеризуется стабильным мелиора-

тивным состоянием земель, поддерживаемом на уровне, соответствующем его оптимальному значению для конкретных природных условий и существующих на современном этапе технических возможностей в мелиорации. Задача гидромелиоративных мероприятий на данном этапе – сохранение установившегося мелиоративного режима.

Таким образом, в каждый период мелиоративно-хозяйственного развития наблюдается разное мелиоративное состояние земель, решаются различные мелиоративные задачи, проводится комплекс разных гидромелиоративных мероприятий и т.д.

Оптимальный мелиоративный режим земель, относящихся к мелиоративному периоду, находится в прямой зависимости от количества доступных к использованию водных ресурсов. Путем расчетов устанавливают продолжительность периода, промывные нормы, необходимую дополнительную мощность дренажа.

ОМР прогрессирующего периода связан с рассолоением верхнего слоя почвогрунтов и экономией оросительной воды. Темпы рассолоения обусловлены наличием доступных ресурсов оросительной воды, экономическими затратами и техническими возможностями, связанными с реализацией системы мелиоративных мероприятий, обеспечивающих поддержание мелиоративного режима данного периода.

Решение задачи определения оптимального мелиоративного режима прогрессирующего периода основывается на поиске такого режима орошения, промывной нормы и дренажа (здесь имеется в виду и изменение там, где это возможно, мощности дренажа), при которых выполняются необходимые условия и ограничения. Задача, в зависимости от конкретных условий, может быть выражена как поиск такого мелиоративного режима, при котором обеспечиваются наивысшие темпы рассолоения верхнего слоя почвогрунта:

$$\xi = \frac{C_n^i}{C_n^{i-1}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

при заданных ежегодных затратах оросительной воды

$$N_{op} + N_{пр} = N, \quad (2)$$

при поддержании заданного водного

$$\chi_1 \cdot \text{ППВ} \leq W_K \leq \chi_2 \cdot \text{ППВ} \quad (3)$$

и солевого режима корнеобитаемой зоны в период вегетации

$$C_K \leq C_{\text{доп}}, \quad (4)$$

и при условии

$$\Delta Y \cdot C_n + \Delta N \cdot C_v - \Delta Z = \max. \quad (5)$$

Либо задача может быть поставлена в виде:

$$N_{\text{ор}} + N_{\text{пр}} \rightarrow \min, \quad (6)$$

при

$$x_1 \cdot \text{ППВ} \leq W_K \leq x_2 \cdot \text{ППВ}, \quad (7)$$

$$C_K \leq C_{\text{доп}}, \quad (8)$$

$$\frac{C_n^0}{C_n^1} = \frac{C_n^1}{C_n^2} = \dots = \left(\frac{C_n^7}{C_n^0} \right)^{\frac{1}{7}} - \varepsilon, \quad (9)$$

$$\Delta Y \cdot C_n + \Delta N \cdot C_v - \Delta Z = \max, \quad (10)$$

где

C_n^i, C_n^{i-1} — содержание солей в заданном слое почвогрунта на начало i -го и $(i-1)$ -го года прогрессирующего периода;

$N_{\text{ор}}$ — оросительная норма вегетационного периода;

$N_{\text{пр}}$ — промывная норма вневегетационного периода;

W_K — влажность корнеобитаемого слоя в период вегетации;

ППВ — предельно полевая влагоемкость;

x_1, x_2 — некоторые постоянные;

C_K — содержание солей в корнеобитаемой зоне;

$C_{\text{доп}}$ — допустимое содержание солей в корнеобитаемой зоне;

ΔY — прирост сельскохозяйственной продукции за счет снижения содержания солей в корнеобитаемой зоне;

C_n — цена единицы сельскохозяйственной продукции;

ΔN — объем воды, сэкономленной за счет перехода на ОМР;

C_v — цена кубометра оросительной воды;

ΔZ - дополнительные приведенные затраты, обусловленные переходом на ОМР, которые складываются из эксплуатационных и возможных капитальных затрат, связанных с изменением мощности дренажа;

C_n^0, C_n^T - содержание солей в заданной толще почвогрунта соответственно на начало и конец последнего (T -го) года прогрессирующего периода;

ξ - интенсивность рассоления верхнего слоя почвогрунта.

Здесь для каждого конкретного случая величина ξ намечается заранее, т.е. условие (10) определяется заданием ξ . Однако если отсутствуют факторы, ограничивающие возможности выбора интенсивности рассоления почвогрунтов (объем водных ресурсов, технические возможности объекта и др.), задача (6) - (10) может быть поставлена иначе. Для переходного периода требуется найти такой мелиоративный режим, при котором за счет реализации комплекса гидромелиоративных мероприятий получаем наибольший экономический эффект:

$$\Delta Y \cdot C_n + \Delta N \cdot C_v - \Delta Z \rightarrow \max \quad (11)$$

при соблюдении (7), (8) и при $N_{op} + N_{np} \rightarrow \min$.

Исходя из этого, мелиоративный режим можно определить, если при решении задачи (6) - (10) с различными значениями ξ , выбрать решение с таким ξ , при котором достигается наивысший мелиоративный эффект. Здесь следует обратить внимание на тот факт, что выбор интенсивности рассоления (ξ) является, по сути дела, выбором оптимальной продолжительности переходного периода (9).

Решение задачи (1)-(5) также базируется на решении задачи (6)-(10). При разработке схемы расчета оптимального мелиоративного режима (см. схему) мы отталкивались от задачи (6)-(10).

Задачу определения оптимального мелиоративного режима на перспективный период можно рассматривать как задачу, когда затраты оросительной воды минимальны:

$$N_{op} + N_{np} \rightarrow \min, \quad (6a)$$

при условиях

$$x_3 \cdot \text{ППВ} \leq W_K \leq x_4 \cdot \text{ППВ}, \quad (7a)$$

$$C_K \leq C_{доп}^*, \quad (8a)$$

$$\Delta N \cdot \zeta_{\text{в}}^* - \Delta \mathcal{Z}^* = \max, \quad (10a)$$

где

χ_3, χ_4 - некоторые постоянные;

$\zeta_{\text{доп}}^*$ - допустимое содержание солей в корнеобитаемой зоне в вегетационный период;

$\zeta_{\text{в}}^*$ - приведенная стоимость кубометра воды в перспективный период мелиоративно-хозяйственного развития;

$\Delta \mathcal{Z}^*$ - дополнительные приведенные затраты, связанные с переходом на новый мелиоративный режим.

Определение оптимального мелиоративного режима зависит не только от мелиоративно-хозяйственного состояния земель и задач текущего мелиоративного периода, но и от потребности в мощности дренажа в перспективе. Например, расчет дренажа в комплексе мелиоративных мероприятий прогрессирующего периода следует выполнять с учетом требований оптимального мелиоративного режима перспективного периода. В противном случае дренаж, рационально работающий в прогрессирующий период, в благоприятных условиях перспективного периода (опресненный верхний слой почвогрунтов и грунтовых вод, возросший КПД оросительной сети и др.) может оказаться завышенным. При горизонтальном дренаже это приведет к чрезмерному снижению уровня грунтовых вод, что сократит либо вовсе исключит их участие в питании корневой системы растений. Последнее приведет к дополнительным нерациональным затратам оросительной воды и излишнему вымыву питательных веществ из корнеобитаемого слоя почвы в перспективный период.

Таким образом, расчет ОМР текущего периода следует выполнять с учетом потребностей ОМР последующего периода в дренаже.

В свою очередь расчет ОМР последующего периода может быть осуществлен, если известны значения его параметров (глубина залегания УГВ, их минерализация и т.д.) на конец текущего периода.

В связи с вышеизложенным, расчет оптимального мелиоративного режима следует выполнять методом последовательных приближений. При этом на каждом приближении (исключая второе) расчет мелиоративного режима и соответствующих гидромелиоративных мероприятий выполняется как для текущего, так и последующих периодов. Такой "сквозной" расчет позволяет находить необходимый объем дренажа и учитывать его при расчете очередного приближения ОМР.

Расчеты выполняются в такой последовательности (схема). Путем обработки и анализа исходных данных проводится схематизация природных условий для расчета оптимального мелиоративного режима. Территория мелиоративного объекта разбивается на подучастки, отличающиеся друг от друга гидрогеологическими и почвенно-мелиоративными условиями.

В пределах каждого подучастка значения гидрогеологических и почвенно-мелиоративных характеристик при расчете ОМР можно считать одинаковыми. Для выделенных в процессе схематизации расчетных участков строятся адекватные модели водного и солевого режимов (I этап расчета).

Затем для каждого подучастка посредством упрощенных расчетов находится первое приближение ОМР (II этап расчета). На этом этапе расчеты выполняются с помощью стационарных либо упрощенных нестационарных уравнений водно-солевого режима орошаемых земель и укрупненных оценок экономической эффективности мелиоративных мероприятий.

Последующие приближения ОМР подучастков определяются путем многовариантных технико-экономических расчетов, за основу которых берут решения нестационарных задач водно-солевого режима орошаемых земель, с учетом работы дренажа и применяемого режима орошения (III этап расчета).

Последовательность расчета ОМР подучастков (согласно предлагаемой схеме) в зависимости от их мелиоративного состояния на II и III этапах показана в табл. I.

Т а б л и ц а I

Приближение	Последовательность расчета подучастков		
	мелиоративный период	прогрессирующий период	перспективный период
Первое	Па-Пб-Пв	Пб-Пв	Пв
Второе	Ша	Шб	Шв
Третье и последующее	Шб-Шв-Ша	Шв-Шб	Шв

Поиск оптимального мелиоративного режима для отдельных выделенных подучастков прекращается после того, как коррективы, вносимые в мелиоративный режим последним приближением, будут соответствовать точности исходной информации.

По завершении расчетов ОМР для всех выделенных подучастков

(схематизация территории, построение адекватных моделей, выбор оптимального режима (I этап))

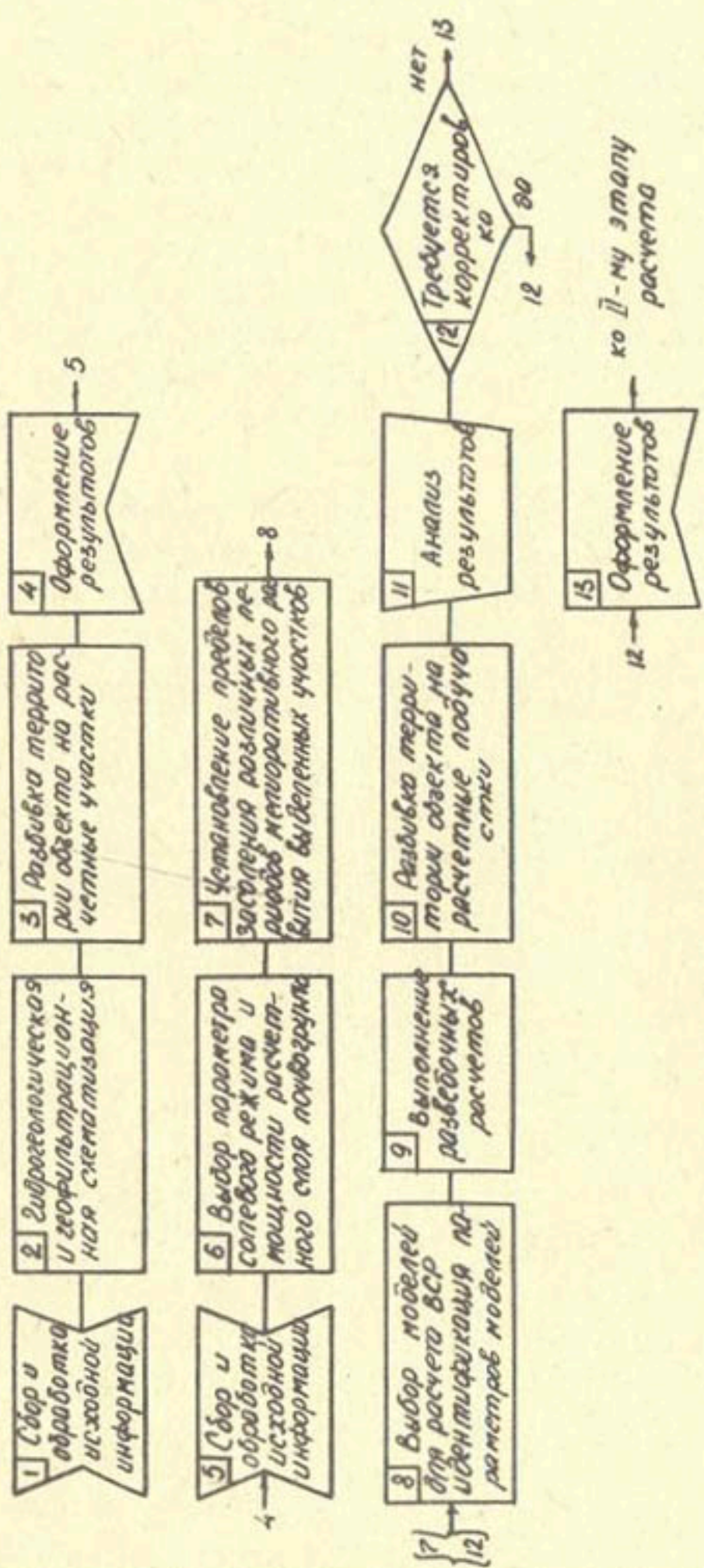
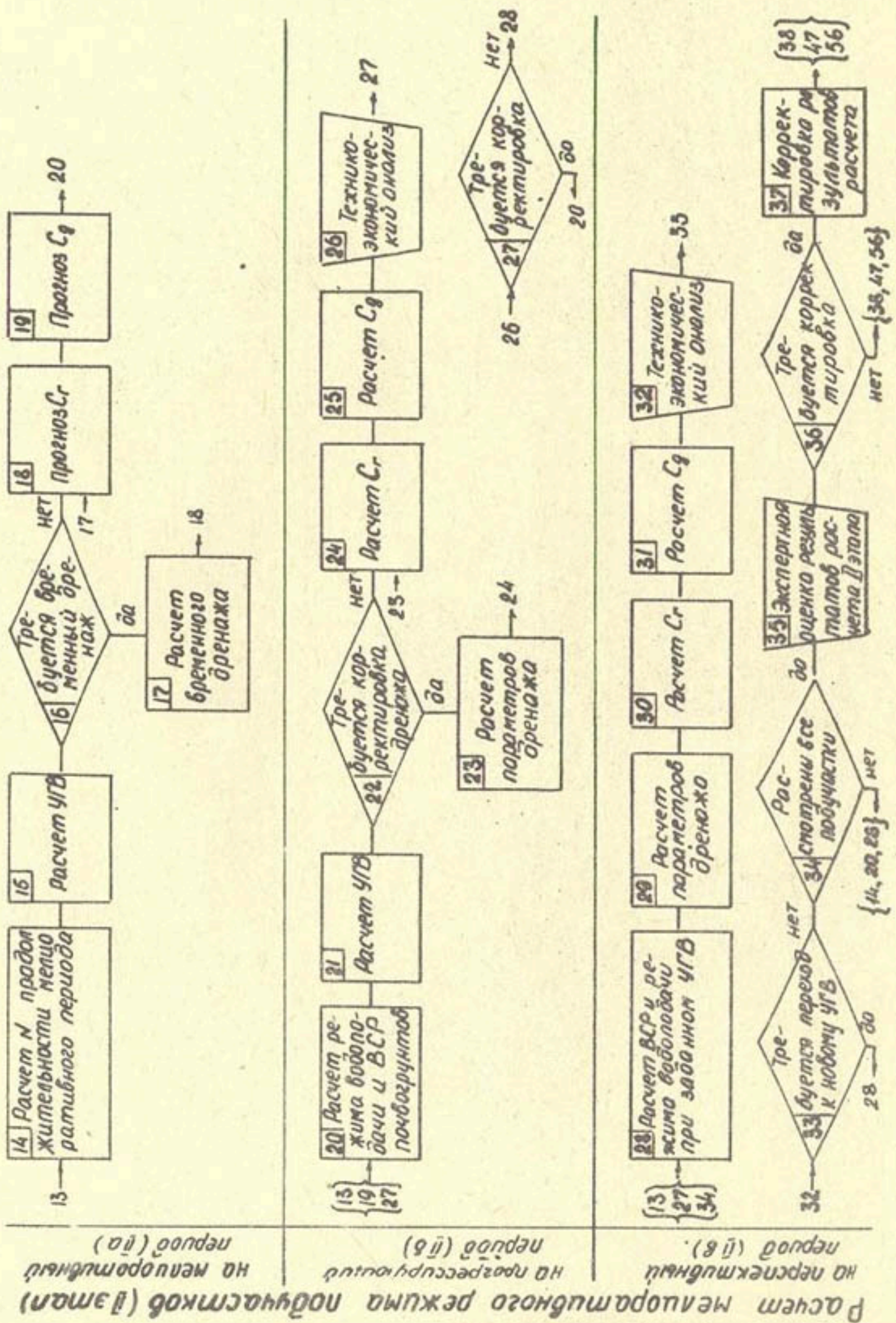
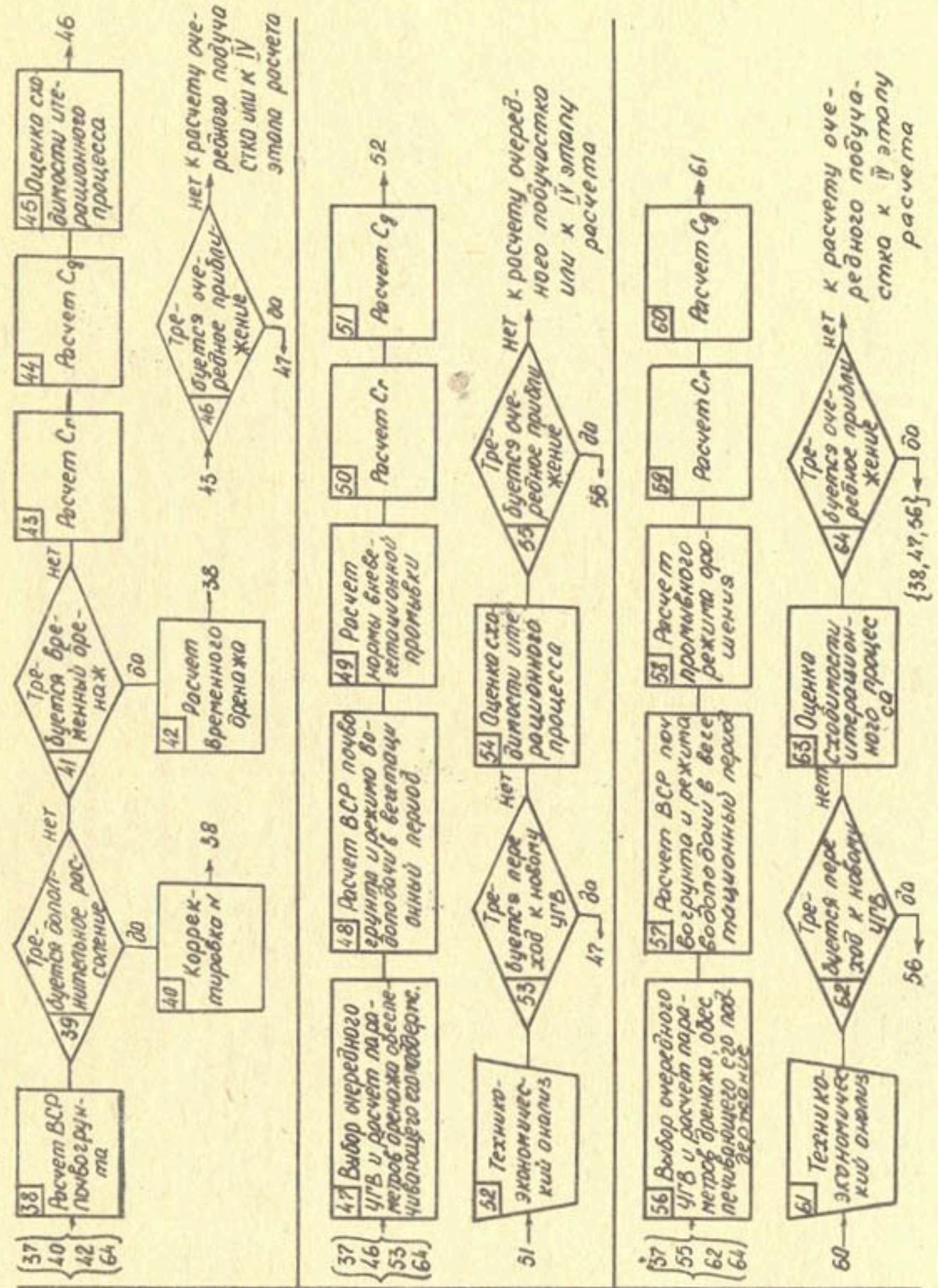
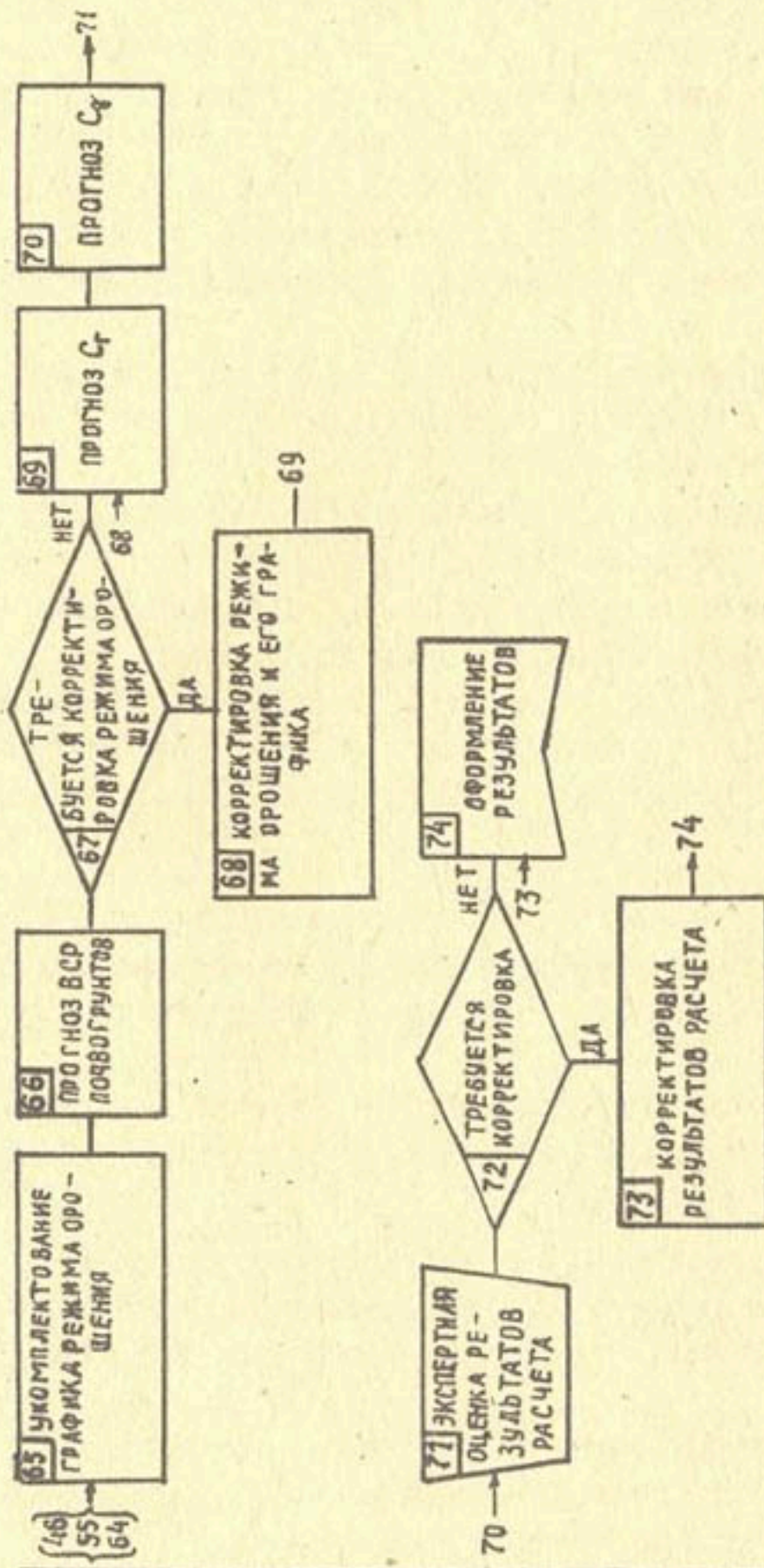


Схема расчета оптимального мелиоративного режима.







Расчет оптимального мелиоративного режима мелиоративного объекта (IX этап):

{ } -- выбор (альтернатива). Например, {38,47,56} означает переход для продолжения расчетов к блоку 38,47 или 56 в зависимости от периода мелиоративного развития рассчитываемого подучастка;

ВСР -- водно-солевой режим; N -- промывная норма; C_г -- минерализация грунтовой воды; C_з -- минерализация дренажного стока.

комплектуется график режима орошения мелиоративного объекта в целом. Затем рассчитывается прогнозный водно-солевой режим уже с учетом водоподачи, предусмотренной графиком режима орошения. Прогноз выполняется на период одной ротации. При необходимости вносятся коррективы в режим водоподачи и соответственно в график орошения (IV этап расчета) и на этом завершается расчет ОМР конкретного мелиоративного объекта. За основу поиска ОМР берется сравнение мелиоративной эффективности различных расчетных вариантов мелиоративных режимов с различными глубинами залегания уровней грунтовых вод.

Перебор уровней грунтовых вод ведется таким образом, что переход от одного УГВ к другому связан с уменьшением необходимых затрат оросительной воды.

Однако на определенном этапе поискового процесса переход к новому УГВ оказывается экономически не оправданным, поскольку дополнительные приведенные затраты, связанные с поддержанием нового мелиоративного режима, превышают приведенную стоимость дополнительно сэкономленной воды, т.е. наступает предел эффективности дополнительных затрат. Иначе говоря, экономия оросительной воды будет эффективной до тех пор, пока выполняется соотношение

$$\delta Z \leq \delta N \cdot C_v, \quad (12)$$

где δZ — дополнительные приведенные затраты по системе мелиоративных мероприятий, связанные с переходом к новому УГВ;

δN — количество воды, сэкономленной в результате перехода к мелиоративному режиму, соответствующему новому УГВ;

$$\sum \delta N = \Delta N.$$

Перебор УГВ начинается с уровня, который обеспечивается имеющимся дренажем. При расчете ОМР последующих периодов перебор УГВ начинается с уровня, который обеспечивается дренажем предыдущего периода.

При такой последовательности расчета поиск ОМР можно рассматривать как поэтапное совершенствование текущего мелиоративного режима с учетом требований на дренаж в последующие мелиоративные периоды.

В связи с уменьшением затрат оросительной воды в перспективный период, а также с повышением КПД оросительной сети [9] возникает вопрос о сокращении дренажа. При горизонтальном дренаже

в переходный период строится закрытый дренаж мощностью, которая необходима для перспективного периода. Остальная мощность восполняется открытым дренажем. Этот факт желательно учитывать при реконструкции коллекторно-дренажной сети. При вертикальном дренаже снижение дренированности территории достигается путем изменения режима откачек.

Однако если заранее известно, что в силу сложившихся естественных природно-хозяйственных условий следует поддерживать и развивать автоморфный мелиоративный режим, то перебор УГВ не производится.

Данная схема основывается на уже разработанной в САНИИРИ схеме расчета системы гидромелиоративных мероприятий, которая приведена в работах [10, 11]. При ее создании использовались и проработки, выполненные лабораторией ОПМС, ВНИГМа (Л.М.Рекс и др.), касающиеся технологических структур проектирования мелиоративной части оросительных и коллекторно-дренажных систем.

Отличительной чертой предлагаемой схемы от подобных разработок является увязка системы гидромелиоративных мероприятий с динамикой оптимального мелиоративного развития земель данного объекта и определение мощности дренажа, требуемой для системы гидромелиоративных мероприятий перспективного периода.

В соответствии с рассматриваемой схемой [10] разработан комплекс гидромелиоративных мероприятий для северной зоны ККАССР (Кызкеткенская оросительная система).

Л и т е р а т у р а

1. Решеткина Н.М., Барон В.А., Якубов Х.И. Вертикальный дренаж орошаемых земель. - М.: Колос, 1966, 232 с.
2. Духовный В.А., Баклушин М.Б., Томин Б.Д. и др. Горизонтальный дренаж орошаемых земель. - М.: Колос, 1979, 255 с.
3. Духовный В.А. Иригационные комплексы на новых землях Средней Азии. - Ташкент: Узбекистан, 1983, с. 184.
4. Каплинский М.Ю. Выбор и обоснование мелиоративных режимов. - В сб.: Вопросы водного хозяйства (Мелиорация). Вып. 47. - Фрунзе: Кыргызстан, 1973, с. 3-18.
5. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв. В 2-х т. Т. I. - М.: Изд-во АН СССР, 1946.
6. Федоров Б.В. Агромелиоративное районирование зоны оро-

шения Средней Азии. - Ташкент: Изд-во Академии наук УзССР, 1953, 150 с.

7. Шредер В.Р., Сафонов В.Ф., Васильев И.К. и др. Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи. - Ташкент: Средазгипроводхлопок, 1970, 292 с.

8. Легостаев В.М., Коньков Б.С. Мелиоративное районирование. - Ташкент: Госиздат УзССР, 1951, 196 с.

9. Рекомендации по оценке состояния хозяйственных гидро-мелиоративных систем и обоснованию очередности объектов реконструкции. - Ташкент: САНИИРИ, 1983, 42 с.

10. Рамазанов А., Курбанбаев Р., Якубов Х.И. Некоторые вопросы мелиорации засоленных земель в низовьях Амударьи. - Нукус: Каракалпакистан, 1978, 216 с.

11. Якубов Х.И., Белоусов О.М., Савельева Р.В. Расчет мелиоративных мероприятий при освоении на фоне работы горизонтального дренажа: Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции по проектированию, строительству и эксплуатации закрытых дренажных систем в зоне орошения (8-9 дек. 1981г.). Ташкент, 1981, с. 19-22.

А.РАМАЗАНОВ
канд.с.-х.наук

А.УТЕПОВ
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

Опыт промывки солончаков минерализованной водой в ККАССР

На территории Каракалпакской автономной республики существуют большие резервы площадей для дальнейшего развития орошаемого земледелия в низовьях р.Амударьи. Ведение сельскохозяйственного производства в этой зоне неразрывно связано с осуществлением мероприятий, направленных на улучшение мелиоративного состояния земель. В контуре староорошаемых и вновь осваиваемых массивов имеются значительные площади - от сильнозасоленных до пухлых солончаков - с высоким содержанием солей в верхней толще, выпавшие из сельскохозяйственного оборота из-за вторичного засоления.

В последнее время в ККАССР все сильнее сказывается нехватка воды для орошения и промывок в связи с ростом орошаемых площадей под посевы основных севооборотных культур хлопкового и рисового комплекса. Поэтому наметившаяся тенденция широкого использования минерализованных вод требует решения ряда нестложных задач применительно к специфическим условиям автономной республики. К ним, в частности, относится установление возможности использования минерализованных вод для промывки сильнозасоленных земель и солончаков.

Для решения поставленной задачи в 1979–1982 гг. на участках, расположенных на территории колхоза "Коммунизм" Ходжелийского района, проводились дежачные и опытно-производственные промывки с использованием коллекторно-дренажных вод, формируемых в контуре орошаемых массивов. Территория опытного участка в течение 20–25 лет не засеивалась сельскохозяйственными культурами из-за высокой степени засоления.

Почвы участка луговые, по механическому составу в верхнем 0–60 см слое в основном представлены песчаными и супесчаными разностями, а глубже – суглинистыми и глинистыми отложениями. Почвы опытного участка относятся к пухлым солончакам с содержанием солей в слое 0–10 см более 10% по плотному остатку. Тип засоления сульфатно-хлоридный. Запасы солей с глубиной уменьшаются, что характерно для данной зоны. Коэффициент фильтрации покровных отложений составляет 0,53–0,55 м/сут, объемная масса почвы – 1,33–1,55 г/см³. Грунтовые воды с минерализацией 30–40 г/л по плотному остатку до начала опытов были обнаружены на глубине 1,7–1,8 м от поверхности земли.

На дежачке размером 10х10 м изучалась эффективность промывок обычной амударьинской водой с содержанием солей 0,68–1,02 г (контроль) и коллекторно-дренажной с минерализацией 5 и 10 г/л по плотному остатку. Промывные поливы проводились в октябре, когда общая норма промывок составляла 12000 м³/га и была подана за 4 приема затоплением.

Сопоставление и анализ результатов химического анализа почвенных образцов, отобранных до и после промывки по вариантам опыта, показали, что на контрольном варианте количество вынесенных солей варьировало от 61,1 до 86% от исходного. При подаче на единицу площади 8000 м³/га воды из 0–100 см толщи вынесено 77% хлор-иона и 86% плотного остатка. Однако при данных нормах

промывки не достигнуто рассоления метровой толщи до оптимальных пределов. После подачи $8000 \text{ м}^3/\text{га}$ воды в исследуемой толще содержание солей составило: 0,081% по хлор-иону и 0,618% по плотному остатку. При подаче $12000 \text{ м}^3/\text{га}$ воды с минерализацией 5 г/л из 0–100 см толщи вынесено 72% хлор-иона и 69,4% плотного остатка от их исходного содержания. При минерализации промывной воды 10 г/л объем вынесенных из расчетной толщи солей составляет 60–75% хлор-иона и 75–79% плотного остатка от их запасов до промывки (табл.1).

Т а б л и ц а 1

Рассоление почвы в зависимости
от минерализации и нормы промывных поливов
(слой 0–100 см)

Минерализация промывной воды, г/л	Промывная норма, $\text{м}^3/\text{га}$	Содержание солей в 0–100 см слое почвы, %		Удалено солей в % к исходному	
		хлор-ион	плотный остаток	хлор-ион	плотный остаток
0,68	8000	$\frac{0,348}{0,081}$	$\frac{4,646}{0,618}$	77	86
5,0	12000	$\frac{0,348}{0,098}$	$\frac{4,646}{1,425}$	–	69,4
10,0	12000	$\frac{0,348}{0,140}$	$\frac{4,646}{0,985}$	60	79
10,0	10000	$\frac{0,442}{0,110}$	$\frac{5,616}{1,401}$	75	75

Числитель – до, знаменатель – после промывки.

Последовательное изучение темпа рассоления после подачи определенной нормы показывает, что при рассолении почвы до 0,08–0,10% по хлор-иону эффект промывки минерализованной водой резко снижается. Так, при минерализации воды 5 г/л при содержании 0,106% хлор-иона до промывки и после подачи $2000 \text{ м}^3/\text{га}$ воды из 0–100 см толщи удалено всего лишь 1,9%, а по плотному остатку – лишь 3,7% от исходного. При минерализации 10 г/л, примерно при такой же исходной засоленности почвы, промывкой удалено соответственно 5,4% по хлор-иону и 5,6% по плотному остатку (табл.2).

Т а б л и ц а 2

Интенсивность рассоления почвы при
промывке (слой 0–100 см)

Минерализа- ция промывной воды, г/л	Этапы и нормы промыв- ки, м ³ /га	Содержание солей, %				Удалено солей в % к исходному	
		до промывки	после промывки	до промывки	после промывки	хлор- ион	плотный остаток
		хлор- ион	плотный остаток	хлор- ион	плотный остаток		
0,68	2000	0,348	4,646	0,192	1,808	45,0	61,1
	2000	0,192	1,808	0,113	1,120	41,0	38,1
	2000	0,113	1,120	0,099	0,733	12,5	34,5
	2000	0,099	0,733	0,081	0,618	18,2	15,7
	2000	0,081	0,618	0,062	0,509	30,3	17,6
5,0	2000	0,348	4,646	0,204	2,662	41,6	44,4
	2000	0,204	2,662	0,148	1,739	27,5	34,9
	2000	0,148	1,739	0,122	1,365	17,5	27,2
	2000	0,122	1,365	0,106	1,123	8,9	17,7
	2000	0,106	1,124	0,085	1,082	1,99	3,73
10,0	2000	0,442	5,616	0,325	3,725	26,5	39,7
	2000	0,325	3,725	0,217	2,510	33,0	32,6
	2000	0,217	2,510	0,140	1,874	35,5	25,3
	2000	0,140	1,874	0,117	1,489	16,4	20,6
	2000	0,117	1,489	0,110	1,401	5,4	5,6

Здесь при промывке сильнозасоленных земель и солончаков минерализованной (до 10 г/л) водой достигается довольно интенсивный вынос солей из почвенной толщи. В то же время рассоления почвенной толщи до оптимальных пределов (для условий ККАССР этот предел составляет 0,03–0,04% по хлор-иону) не достигается. Видимо, при достижении определенного предела, а в нашем опыте этот предел составляет 0,08–0,10% по хлор-иону, как бы устанавливается "равновесие" между концентрацией почвенного раствора и концентрацией фильтрующейся через почвенную толщу промывной воды, ввиду чего эффект промывки по выносу резко сокращается. В силу этого и для достижения необходимого предела рассоления расчетной толщи, необходимо на последнем этапе промывку проводить обычной водой.

Опытно-производственные промывки проведены на площади 8 га. Перед промывкой производилась капитальная планировка по данным инструментальной съемки поверхности поля. По характеру отметок поверхности поля участок был разделен на чеки площадью 1 га и каждый огорожен валиками. Все чеки прилегают к открытой дрене, построенной перед началом полевых опытов. Открытая дрена глубиной 1,6–1,8 м впадает в "Райколлектор". Во все чеки вода подавалась по отдельным водовыпускам, забирающим воду из участкового оросителя.

Опыт проводился в двухкратной повторности по вариантам:

I вариант (контроль) – промывка обычной водой; II вариант – минерализованной.

Учитывая, что в условиях Каракалпакской АССР промывные поливы (преимущественно эксплуатационные) в основном проводятся в осенне-зимний (около 80% орошаемой площади) и весенний периоды, промывки проводились в определенные сроки:

– декабрь-январь – когда грунтовые воды залегают сравнительно глубоко от поверхности почвы и эффект от промывки сравнительно высокий;

– май-июнь – перед началом весенних полевых работ.

Отметим, что в силу организационных причин, проведение промывных поливов несколько затянулось (табл.3).

Содержание солей в промывной воде в I варианте опыта в 1980 г. составляло 1,18–1,23 г/л, а на следующий год – несколько меньше – 0,84 г/л. Во II варианте на промывку подавалась вода, забираемая из "Райколлектора" с помощью насоса СНП-50-80 "Андижанец". Минерализация ее составляла 4,65–5,95 г/л по плотному остатку. Отметим, что в этом варианте дренажные воды с оросительной не смешивались.

Т а б л и ц а 3

Календарные сроки и нормы промывных поливов

Вариант опыта	Период промывки	Такты промывок	Календарный срок промывки		Норма промывок, м ³ /га	Минерализация промывной воды, г/л
			начало	конец		
I	Весна	I	I.VI.80	3.VI.80	2765,0	1,232
		2	9.VI.80	II.VI.80	3151,0	1,184
		Всего			5916,0	
	Зима	I	II.XII.80	12.XII.80	3505,0	–

продолжен.табл. 3

	Весна	I	8.V.81	9.V.81	3291,0	0,840
	Зима	I	9.I.82	12.I.82	3222,0	-

	Весна	I	3.VI.80	5.VI.80	1784,0	5,952
		2	11.VI.80	12.VI.80	2544,0	4,656
II		Всего			4328,0	
	Зима	I	12.XII.80	17.XII.80	4567,0	5,644
	Весна	I	8.V.81	9.V.81	3151,0	0,840
	Зима	I	12.I.82	14.I.82	3879,0	-

Промывные поливы в 1981 г. как в весенний, так и осенне-зимний период, на всех вариантах опыта проведены обычной (амударьинской) водой. Нормы подачи воды на единицу площади при этом составляли 3300 м³/га (I вариант) и 3200 м³/га (II вариант).

В исходном состоянии почвы опытного участка относились к пухлым солончакам с содержанием солей в слое 0-5 см до 23,5-29,3% по плотному остатку. В толще 0-100 см запасы солей в среднем составляли 4,20-7,16% (вариант I) и 5,83-6,80% (вариант II) по плотному остатку.

Сопоставление данных повторных солевых съемок показывает, что при поэтапном проведении промывных поливов общие запасы солей в метровом слое почвы удалось сократить до 0,51-0,83% по плотному остатку. Содержание наиболее токсичного хлор-иона с 0,66-1,22% уменьшить до 0,05-0,06% от веса почвы. При этом общая промывная норма составила 11,8-12,7 тыс.м³/га (I вариант).

Во II варианте для снижения запасов солей с 5,83-6,80% (по плотному остатку) и 1,16-1,70% (по хлор-иону) до 0,92-0,96% и 0,09-0,10% соответственно, затрачено коллекторно-дренажной воды (4,65-5,64 г/л) 8,9-9,1 тыс.м³/га, а обычной - 2,3-3,1 тыс.м³/га.

За рассматриваемый период общие затраты воды только на промывные поливы составили 11,4-12,0 тыс.м³/га (табл.4).

За период промывки и сельскохозяйственного освоения уменьшение солей в основном шло за счет вымыва из почвы хлористого и сернокислого натрия ($NaCl$, Na_2SO_4), а также сернокислого магния ($MgSO_4$), т.е. инфильтрационными водами из толщи почвогрунтов выносились наиболее токсичные соли. При этом, в силу изменения реакции среды, обнаруживается появление отдельных солей взамен других. Так, до начала освоения при наличии в почве сернокислого натрия соли хлористого магния почти не были обнаружены. По мере

вымыва сернокислого натрия в исследуемой толще стали появляться соли хлористого магния (особенно во II варианте).

Следует отметить, что принятые в опытах нормы промывок минерализованной водой способствовали интенсивному рассолению толщи почвогрунтов, однако минерализация грунтовых вод за период промывки существенно не изменилась.

Особенно высоким было остаточное засоление почвы в первый год освоения: 0,61% по плотному остатку (I вариант) и 0,11% по хлор-иону и, соответственно, 2,49% и 0,71% во II варианте. Несмотря на это нами сделана попытка освоить эти земли под посевы культур-освоителей. В качестве культур-освоителей были выбраны кукуруза, суданская трава и сорго, которые посеяли 8-13 июля, т.е. несколько позднее по сравнению с оптимальными сроками. Получены дружные всходы, хотя в силу организационных причин, за период вегетации был произведен лишь один полив затоплением нормой 2600-2700 м³/га. Минерализация оросительной воды в первый год освоения была сравнительно высокая и составляла 1,78 г/л по плотному остатку. При высоком содержании солей перед посевом культур-освоителей и малом количестве поданной на единицу площади воды произошла интенсивная реставрация засоления к концу вегетационного периода. Содержание хлор-иона в верхней 0-100 см толще почвы в этот период увеличилось до 0,31% (I вариант) и до 0,83% (II вариант), а плотного остатка, соответственно, 1,09% и 2,73% от веса почвы. При таких жестких условиях орошения и высоком содержании солей в активной толще урожайность зеленой массы культур-освоителей в I варианте опыта была значительно ниже, по сравнению с другими участками хозяйства и составляла: кукурузы - 106, сорго - 98 и суданской травы - 138 ц/га. Урожай зеленой массы на II варианте практически собрать не удалось.

В 1981 и 1982 гг. на участке после промывки возделывался районированный в Каракалпакской АССР сорт хлопчатника - 4727. Агротехнические приемы возделывания хлопчатника проводились аналогично применяемым на территории хозяйства. В 1981 г. хлопчатник поливался два раза. В I варианте опыта оросительная норма составляла 1554 м³/га. Первый вегетационный полив проводился в III декаде нормой 990 м³/га, а второй - в начале сентября нормой 560 м³/га.

При сопоставлении данных по запасам солей в метровой толще видно, что за период вегетации хлопчатника произошла частичная

реставрация засоления. Например, к концу вегетации содержание хлор-иона увеличилось с 0,052% до 0,064%, а общие запасы солей с 0,51% возросли до 0,70% по плотному остатку.

Во II варианте опыта оросительная норма при двух вегетационных поливах хлопчатника равнялась 1300 м³/га. После промывки содержание хлор-иона в метровой толще достигло 0,10%, а плотного остатка - 0,96%. К концу вегетационного периода содержание хлор-иона в этой толще увеличилось еще на 0,03%, по сравнению с послепромывным периодом.

В 1982 г. также произведено два вегетационных полива, но более высокими нормами. В I варианте при поливной норме 1700-1800 м³/га оросительная норма составляла 3570 м³/га, а во II варианте, соответственно, 1800-2000 м³/га и 3830 м³/га. После промывки содержание солей в 0-100 см толще в обоих вариантах достигала 0,06-0,07% по хлор-иону и 0,41-0,51% по плотному остатку. При таком засолении поливы хлопчатника оросительной нормой 3570-3830 м³/га в целом способствовали сохранению достигнутого промывкой предела рассоления почвы до конца вегетационного периода. Содержание солей в этот период в метровой толще по хлор-иону составляло 0,07% и 0,24-0,40% по плотному остатку (табл.5).

Т а б л и ц а 5

Динамика засоления при сельскохозяйствен-
ном освоении промытых земель (слой 0-100 см)

Ва- риант	Год	Срок определения	Т о л щ а , см					
			0-100			100-200		
			Cl'	SO ₄ "	плотный остаток	Cl'	SO ₄ "	плотный остаток
I	1980	После промывки	0,117	0,217	0,618	0,232	0,440	0,989
		В конце вегетации	0,318	0,328	1,091	0,538	0,472	1,686
	1981	После промывки	0,052	0,144	0,516	0,132	0,327	0,882
		В конце вегетации	0,064	0,298	0,700	0,101	0,436	1,027
	1982	После промывки	0,065	0,252	0,512	0,132	0,291	0,543
		В конце вегетации	0,070	0,089	0,241	0,122	0,174	0,536
II	1980	После промывки	0,714	0,886	2,492	0,360	0,439	1,262
		В конце вегетации	0,837	0,929	2,735	0,256	0,335	0,960

продолжен.табл. 5

1981	После промывки	0,101	0,369	0,960	0,107	0,384	1,210
	В конце вегетации	0,131	0,439	0,937	0,278	0,396	1,118
1982	После промывки	0,072	0,160	0,417	0,108	0,190	0,523
	В конце вегетации	0,071	0,180	0,401	0,085	0,170	0,433

При описанном выше режиме промывки и орошения возделываемых культур минерализация грунтовых вод в I варианте опыта с 36,7 г/л (1980 г.) уменьшилась до 19,4 г/л (1982 г.) по плотному остатку и с 9,6 до 6,4 г/л по хлор-иону. В конце вегетационного периода грунтовые воды залегают на глубине 2,07-2,09 м от поверхности земли. Во II варианте опыта за рассматриваемый период минерализация грунтовых вод уменьшилась до 27,9 г/л по плотному остатку и до 7,2 г/л по хлор-иону при исходных величинах 38,0 и 10,0 г/л, соответственно (табл.6).

Т а б л и ц а 6

Динамика уровня и минерализации грунтовых вод
промытых земель

С р о к о п р е д е л е н и я	В а р и а н т ы						
	I			II			
	Показатели						
	Глуб. залег. УГВ, см	хлор- ион, г/л	плот- ный ос- таток, г/л	глуб. залег. УГВ, м	хлор- ион, г/л	плотный остаток, г/л	
I980	До посева	I54,0	9,600	36,760	I5I,0	IO,000	38,080
	В конце вегетац.	209,0	IO,000	35,928	2IO,0	I2,400	44,304
I98I	До посева	I38,5	3,600	32,744	I42,5	-	-
	В конце вегетац.	208,2	6,500	32,248	207,2	4,350	I8,008
I982	До посева	I77,0	II,800	39,648	I70,0	8,000	2I,696
	В конце вегетац.	207,0	6,400	I9,464	I90	7,250	27,9I2

Сопоставление повторных определений химического состава грунтовых вод показывает, что за период промывки и сельскохозяйственного освоения произошли существенные изменения в составе солей. В исходном состоянии в составе солей превалировал сернокислый натрий (Na_2SO_4) - 27,3-31,0 г/л и относительно высоким было содержание в воде хлористого магния ($MgCl_2$) - 6,0-7,4 г/л.

К концу вегетационного периода (1982 г.) обнаружилось увеличение в воде также солей хлористого натрия ($NaCl$). Отметим, что в целом, после трех лет промывки и орошения указанными выше нормами, минерализация грунтовых вод осталась довольно высокой (табл.7).

Рассмотрим развитие хлопчатника 4727, возделываемого на промытых землях в 1981 и 1982 гг. Посев производился оголенными семенами при ширине междурядий 90 см.

Т а б л и ц а 7

Изменение состава солей в грунтовых водах
при сельскохозяйственном освоении промытых
земель

Ва- ри- ант:	Срок определения	Соли, г/л					Сумма	
		$Ca(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	Na_2SO_4	$NaCl$	$MgCl_2$	всех солей	в т.ч. ток- сич- ных
I	До промывки - 22.04.1980	0,445	0,977	27,344	0,712	6,057	35,535	34,113
	В конце веге- тации - 27.08.1982	0,495	1,555	7,170	6,747	3,919	19,886	17,836
II	До промывки - 22.04.1980	0,178	1,481	31,073	0,045	7,423	40,200	38,541
	В конце вегета- ции - 27.08. 1982	0,618	0,907	11,534	7,928	5,345	26,332	24,807

Наблюдения за ростом и развитием хлопчатника производили по методике СоюзНИХИ. На каждом варианте опыта были этикетированы по 25 растений в двухкратной повторности, расположенных по диагонали. Результаты этих наблюдений сведены в табл. 8.

Т а б л и ц а 8

Результаты фенологических наблюдений
за ростом и развитием хлопчатника

Показатель	Срок наблюдения	Вариант опыта	
		I	II
I	2	3	4
Высота растений, см	24.08.1981	58	53,4

продолжен.табл. 8

Процент растений,	9.09.1982	54,8	54,2
вступивших в фазу	15.09.1981	94	94
цветения	15.08.1982	84	86
Процент растений,	21.10.1981	97	96
вступивших в фазу	23.09.1982	98	96
созревания			
Густота стояния рас-	1981	56,5	53,4
тений, тыс.шт/га	1982	88,0	82,0
Количество коробочек	1981	8,7	7,9
на одно растение, шт.	1982	9,5	8,6
Урожайность, ц/га	1981	16,4	14,7
	1982	22,4	18,3

За годы освоения промытых земель высота растений в конце августа – начале сентября составляла 53,4–58 см. Как видно из приведенных данных, в прохождении фаз цветения и созревания существенных различий между вариантами опыта нет. В 1981 г. при густоте стояния растений 56,5 (вариант I), 53,4 тыс.шт/га (вариант II), количество коробочек на одно растение хлопчатника составляло, соответственно, 8,7 и 7,9 шт. В 1982 г. густота стояния растений на одном гектаре была значительно выше – 88 (I вариант), 82 тыс.шт. (II вариант), а количество полноценных коробочек – соответственно, 9,5 и 8,6 шт. на одно растение. Фактическая урожайность хлопчатника во второй год освоения (1981 г.) на промытых землях составила 16,4 (I вариант) и 14,7 ц/га (II вариант), а в 1982 г., соответственно, 22,4 и 18,3 ц/га.

В заключение отметим, что при промывке сильнозасоленных земель и солончаков, расположенных в контуре распространения сравнительно легких по механическому составу (суглинисто-супесчаные разности) почв, можно использовать минерализованные воды (5–10 г/л и более). Это значительно снизит объем затрачиваемой на единицу площади пресной воды. При рассолении почвогрунтов до 0,08–0,10% по хлор-иону промывку следует проводить обычной водой.

Х.И.ЯКУБОВ

канд.техн.наук

Е.Д.ЖАНАЛИЕВ

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

Солевой режим почвогрунтов толщи покровных отложений

Солевой режим почвогрунтов — результат определенного водно-солевого баланса территории (орошаемого поля), формируемого в зависимости от многих факторов: климатических условий (атмосферных осадков, температурного режима, влажности воздуха и др.); геоморфологических (гипсометрического положения, уклонов, расчлененности рельефа); литологического строения (состава и сложения пород); гидрогеологических условий (дренированности территории, глубины грунтовых вод и их режима, напорности подземных вод, минерализации подземных и грунтовых вод); почвенно-мелиоративной обстановки (типов почв, механического состава и сложения почвогрунтов); ирригационно-хозяйственных условий (КЗИ, водоподачи, комплекса агротехнических мероприятий).

В естественных условиях в орошаемых районах в зависимости от природных условий формируются следующие типы солевых профилей:

- незасоленный — от дневной поверхности на всю зону четвертичных отложений. Характерен хорошей дренированностью, расположен в верхних частях конусов выноса, предгорьях, по верхним речным террасам;

- незасоленный, ограниченной мощности (1,0—1,5 м) с резким увеличением запасов солей в подстилающих слоях большой мощности — глубокосолончаковые почвы. Формируется в слабодренированных районах при глубоком залегании грунтовых вод (5,0 м), т.е. в районах вторичного погружения грунтовых вод;

- сильнозасоленный в самых верхних почвенных горизонтах (0,1...0,5 м) с резким уменьшением запасов солей в нижних. Формируется в условиях слабого подземного стока с близким залеганием грунтовых вод при отсутствии напорности;

- сильнозасоленный с поверхности земли на глубину до 3—4 м с резким снижением содержания легкорастворимых солей ниже этого слоя. Формируется в районах со слабой естественной дренированностью и напорностью подземных вод при близком залегании грунтовых вод;

- равномерно сильнозасоленный во всех слоях. Формируется в бессточных районах, представленных слабопроницаемыми мелкозернистыми отложениями;

- сильнозасоленный в верхних горизонтах, но с еще более высоким содержанием запасов солей в нижних слоях. Такой тип солевого профиля характерен также для бессточных территорий, представленных утяжеленными почвогрунтами в нижних слоях;

- сильно- и средnezасоленный с неравномерным распределением легкорастворимых солей по профилю мелкозема. Формируется в слабодренированных районах, представленных неоднородными, т.е. слоистыми, отложениями. В этих условиях наибольшие запасы солей отмечаются в грунтах, представленных тяжелым механическим составом, наименьшие - в легких породах.

Выявление распределения первичных запасов солей и их состава в верхней части четвертичных отложений позволяет правильно выбрать мелиоративный режим и технику дренирования, обеспечивающих рассоление земель и опреснение грунтовых вод, а также рассчитать водопотребление на перспективу.

При определении категории земель по степени засоленности почв в качестве объекта солевого апробирования принимается верхний слой (1,0-1,5 м), и лишь на отдельных участках распределение солей изучается до уровня грунтовых вод. Аналогично изучают солевой режим почв под влиянием орошения, промывок и дренажа. В этом случае объектом исследований является зона аэрации и верхний слой грунтовых вод.

Тем не менее исследованиями последних лет установлено огромное влияние характера распределения и запасов солей в нижележащих насыщенных слоях на формирование минерализации дренажного стока, ход опреснения грунтовых вод и почвогрунтов зоны аэрации. В связи с этим на всех ОПУ САНИИРИ объектом исследований солевых режимов почвогрунтов были как зона аэрации (более детально), так и вся мощность покровных отложений.

Солевой режим почвогрунтов покровных отложений на фоне вертикального дренажа изучался в совхозах "Пахтаарал", "Социализм", "Мирзачуль", в городе Гулистане, в колхозе имени Ленина, совхозе "Махталы" и совхозе "Хакикат" Кировского района Ферганской области. Как показали исследования, изменение содержания легкорастворимых солей в покровном мелкоземе зависит от сложения и состава пород, интенсивности откачек (интенсивности водообмена между грунтовыми водами и подземными) и режима водоподачи.

При промывном режиме орошения рассолением охватываются почвогрунты как зоны аэрации, так и полного насыщения. При этом на землях, представленных более легкими почвогрунтами с высокой солеотдачей, процесс рассоления покровного мелкозема и опреснения грунтовых вод идет в ускоренном темпе.

Так, в совхозе "Пахтаарал" при оросительных нормах 7,5–8,0 тыс. м³/га (промывная норма 3–4 тыс. м³/га, а $\frac{\sum B}{\sum U + T} = 1,15-1,25$) на третий год после ввода в эксплуатацию скважин вертикального дренажа достигнуто полное опреснение почвогрунтов покровных отложений (рис.1). Здесь до строительства вертикального дренажа (на август 1961 г.) эпюра распределения воднорастворимых солей имела два максимума: на поверхности и на глубине 10 м. К 1963 г. легкорастворимые соли подтянулись к зоне аэрации, содержание солей изменилось от 0,7 до 1,1% по плотному остатку с резким уменьшением их с углублением до 0,4–0,5 %. Минерализация верхнего слоя грунтовых вод достигла 10–12 г/л; в нижних слоях 5–6 г/л. К 1967 г. общие запасы солей в 20-метровой толще уменьшились на 695,3 т/га, в том числе иона хлора на 39,5 т/га при исходных запасах, соответственно, 1956 и 124,6 т/га.

В дальнейшем наблюдалось снижение интенсивности рассоления почвогрунтов; на осень 1973 г. дополнительно было вынесено всего 53,3 т/га, в том числе 6 т/га иона хлора. В этот срок остаточное засоление не превышало по всем слоям 0,3–0,4 % по плотному остатку и 0,010–0,015 % по иону хлора.

Минерализация верхнего слоя грунтовых вод снизилась на 4–5 г/л, нижнего – на 1,5–2,0 г/л.

Быстрое рассоление покровных отложений достигнуто в условиях напорных подземных вод в Ферганской области. С осени 1970 г. по осень 1972 г. содержание легкорастворимых солей здесь снижено по горизонтам с 0,15 – 1,1 % до 0,3–0,8 % – по плотному остатку; с 0,025–0,03 % до 0,01–0,015 % – по иону хлора, т.е. почвогрунты по степени засоления доведены до предела допустимой величины для сульфатного типа засоления почв (рис.2). В дальнейшем в процессе эксплуатации СВД и орошения земель происходило медленное рассоление толщ покровного мелкозема. Здесь также достигнуто быстрое опреснение грунтовых вод – 3–4 г/л против 5–10 г/л по горизонтам.

В то же время на Шурузякском массиве, представленном более тяжелыми по механическому составу почвогрунтами, рассоление покровных отложений растянулось на 5–6 лет, хотя на этом участке вода на поля подавалась несколько увеличенной нормой ($B_H = 9,5-10,0$ тыс. м³/га), чем в совхозе "Пахтаарал".

Скважина №2

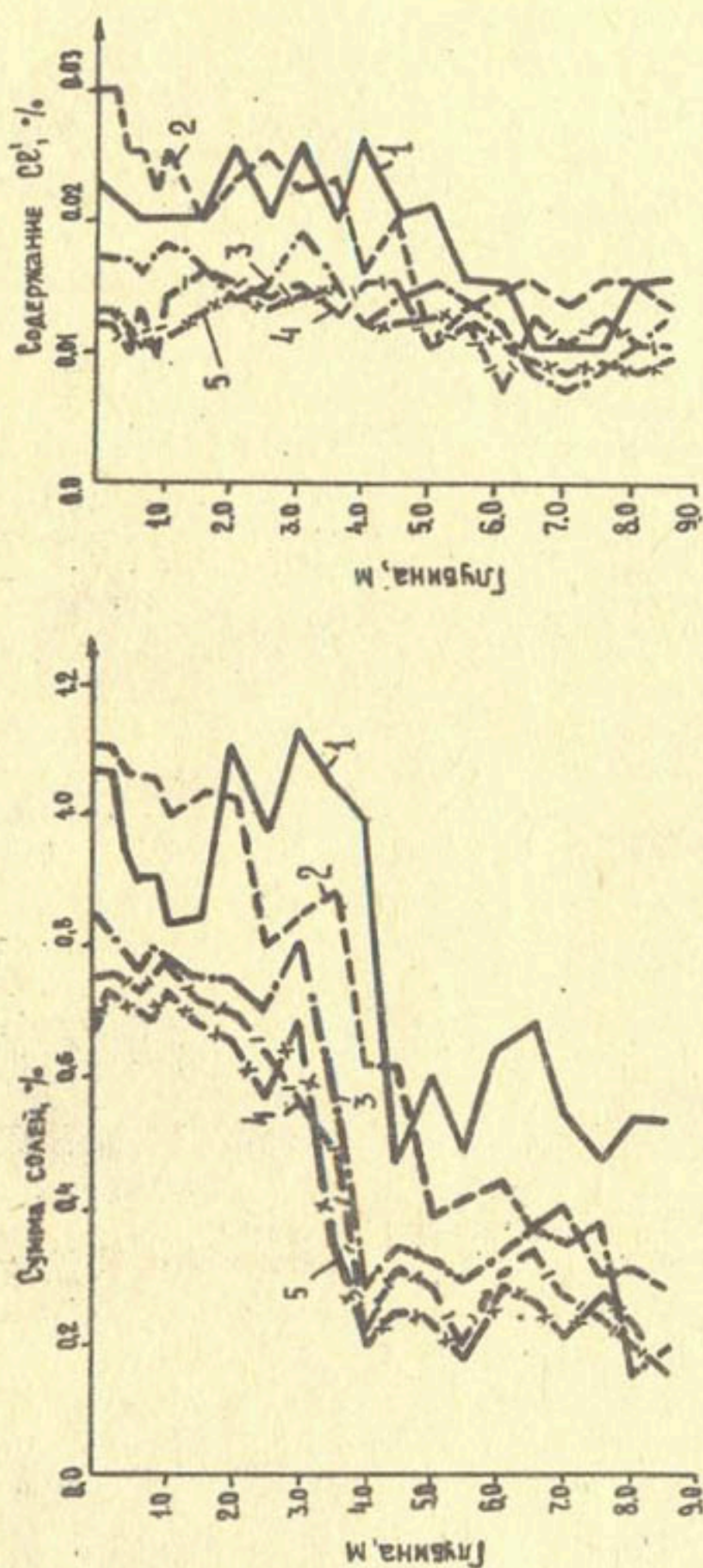


Рис. 2. Динамика расслоения покровных отложений в условиях напорных подземных вод на ОПУ совхоза "Хакикат" Ферганской области: 1-весна 1970г.; 2-осень 1970г.; 3-осень 1972г.; 4-осень 1975г.; 5-осень 1980г.

Сравнение данных солевой съемки 1963 – 1967 гг. показывает, что запасы легкорастворимых солей из 20-метровой толщи покровных мелкоземов при орошении и промывках уменьшились по плотному остатку на 264,5 т/га или на 15,5 %; по иону хлора – 195,7 т/га или 55 %. И лишь к 1972 г. достигнуто рассоление почвогрунтов до допустимой величины сульфатного типа засоления почв – 0,8–1,0 % по плотному остатку – и опреснение грунтовых вод до 4–5 г/л против 8–12 г/л в исходном состоянии (рис.3; 4).

При промывках грузными нормами (18–24 тыс.м³/га нетто) наблюдается резкое сокращение срока рассоления покровных отложений, т.е. при капитальных промывках срок рассоления покровных мелкоземов сокращается до одного сезона (рис.5). Рассолением охватывается вся зона водообмена, но интенсивно этот процесс протекает в зоне аэрации.

Содержание вредных солей в слое 0–3 м уменьшилось на 242,9 т/га, в том числе $MgSO_4$ на 13,74 т/га, Na_2SO_4 – 125,8 т/га и $NaCl$ – 103,8 т/га. В горизонтах 3–10 м вынос солей составил соответственно 57,0; 10,9 и 22,2 т/га, а количество $NaCl$ здесь увеличилось на 14,1 т/га против исходного содержания. Общий вынос вредных солей в толще 17 м составил 323 т/га, в том числе $MgSO_4$ – 23 т/га, $NaSO_4$ – 148,63 т/га и $NaCl$ – 79,24 т/га от исходного их содержания в зоне полного насыщения.

При регулировании уровня грунтовых вод ниже критической величины солевой режим почвогрунтов формируется за счет атмосферных осадков по типу рассоления (рис.6). Так, в совхозе "50 лет Узбекистана", где в начальный период эксплуатации системы (1961–1964 гг.) КЗИ = 0,25–0,30, к 1967–1968 гг. под действием атмосферных осадков солончаковые и сильнозасоленные земли перешли в категорию средnezасоленных. Коэффициент сезонной аккумуляции солей "САС" колеблется по плотному остатку от 0,54 до 0,5 и от 0,10 до 0,11 по иону хлора.

Однако на поливаемых без промывного режима орошения землях солевой режим почв складывается несколько по-иному. На таких участках солевой режим динамичен и зависит от гидрогеолого-метеорологических условий:

– при близких залеганиях уровня минерализованных грунтовых вод (1,5–2,5 м) в осенне-зимний период в зоне аэрации происходит некоторое смещение содержания легкорастворимых солей вниз по профилю, а в вегетационный период – частичная реставрация засо-

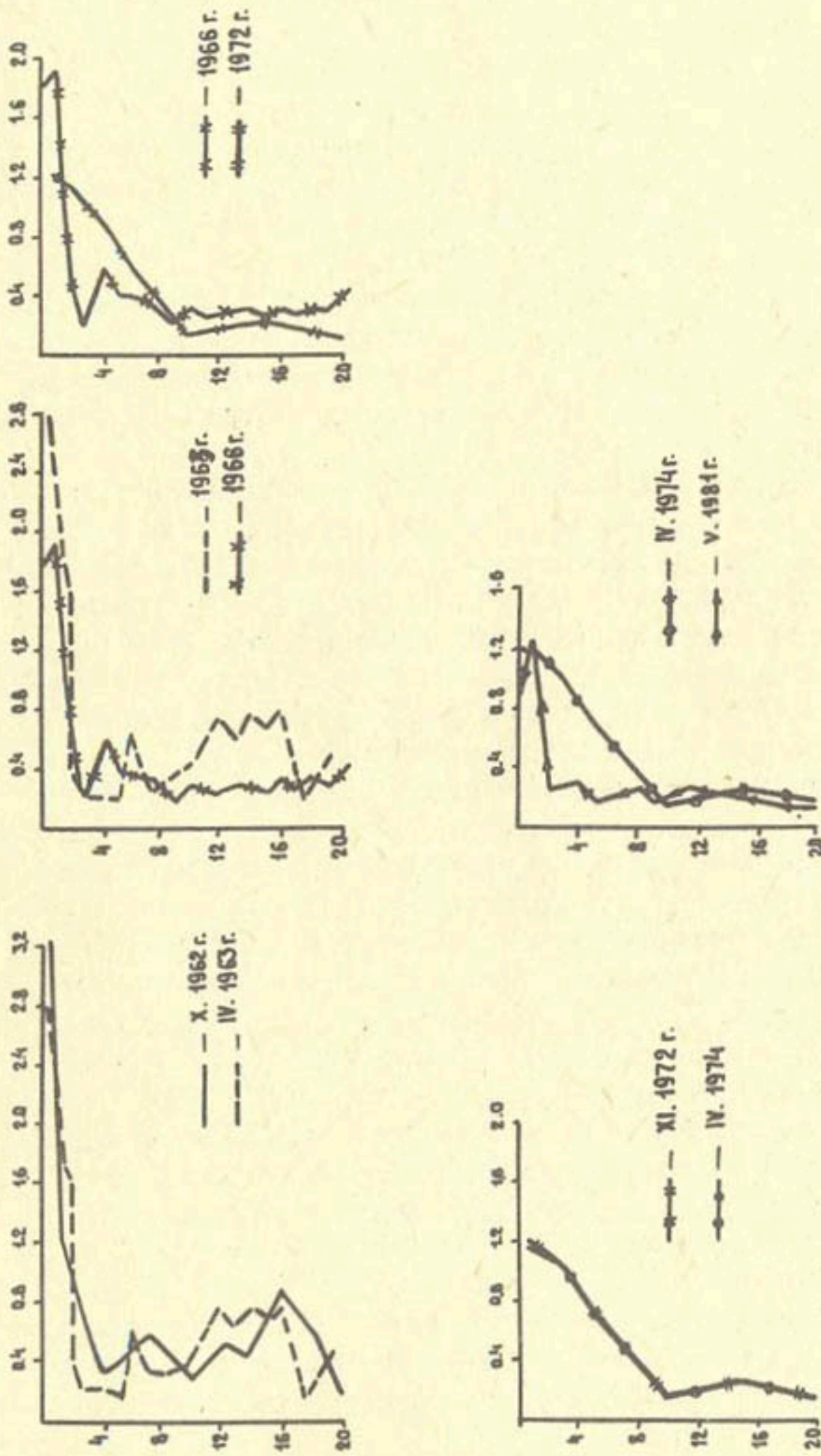


Рис. 3. Изменение засоленности почвогрунтов по динамической точке № 5 в совхозе "50 лет Узбекистана" за период с 1962 по 1981 год (по величине плотного остатка).

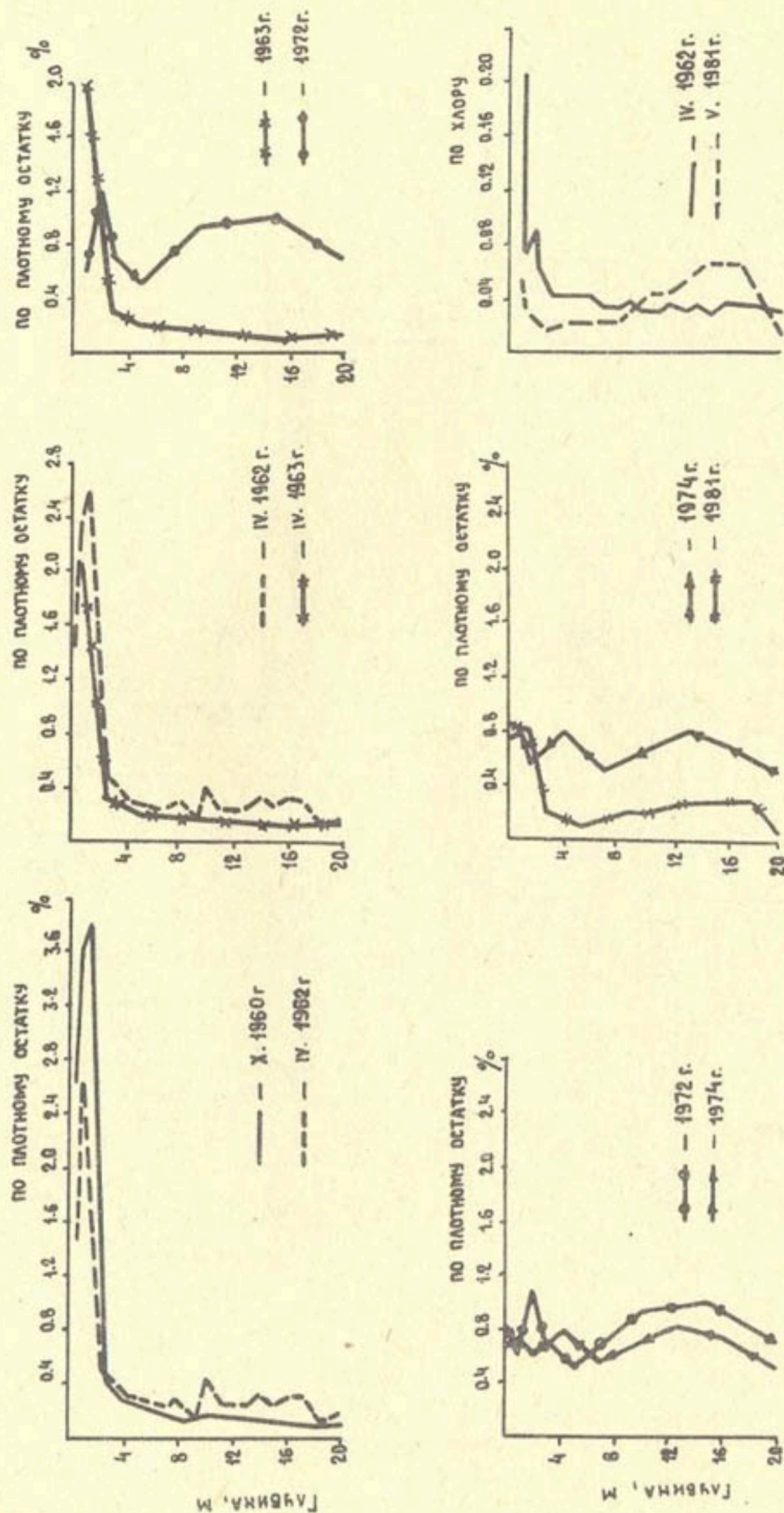


Рис. 4. Изменение засоленности почвогрунтов по динамической точке №3 в совхозе „50 лет Узбекистана“ за период с 1960 по 1984 год (по величине плотности остатка).

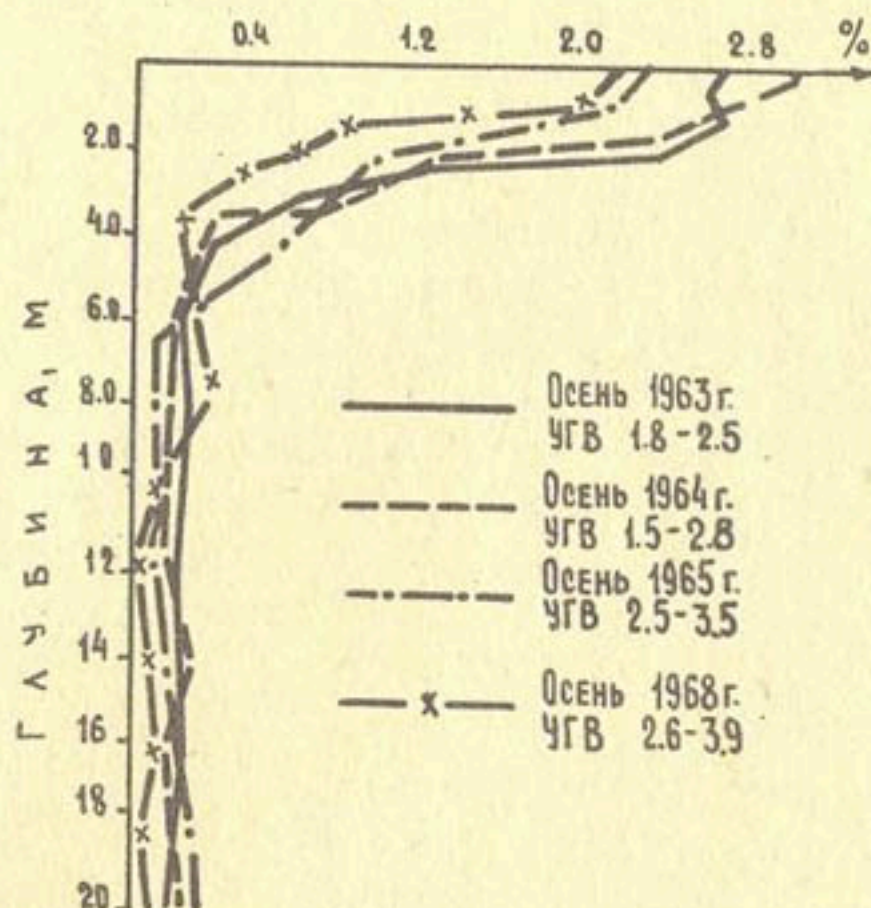


Рис. 6. Изменение засоленности покровных отложений на перелогах в совхозе "50 лет Узбекистана".

ления. В зоне полного насыщения наблюдается медленное опреснение почвогрунтов;

— при регулировании уровня грунтовых вод в летний период в пределах 2,5–3,0 м, а в осенне-зимний период ниже 3,0 м повсеместно протекает медленное рассоление почвогрунтов как зоны аэрации, так и зоны полного насыщения (рис. 7).

Такой солевой режим покровных отложений характерен для Сардобинского массива, расположенного в концевой части Кировской оросительной системы, где из-за недостаточной пропускной способности каналов хозяйства недополучают установленные нормы водопотребления. Здесь оросительная норма (нетто) в годовом разрезе не превышает 5–6 тыс. м³/га в год при суммарном испарении 7,8–8,5 тыс. м³/га.

Аналогично по характеру складывается солевой режим в покровных отложениях на перелогах. При близком залегании грунтовых вод солевой режим формируется по типу накопления запасов их в зоне аэрации и необратимого, медленного опреснения грунтов и грунтовых вод в зоне насыщения.

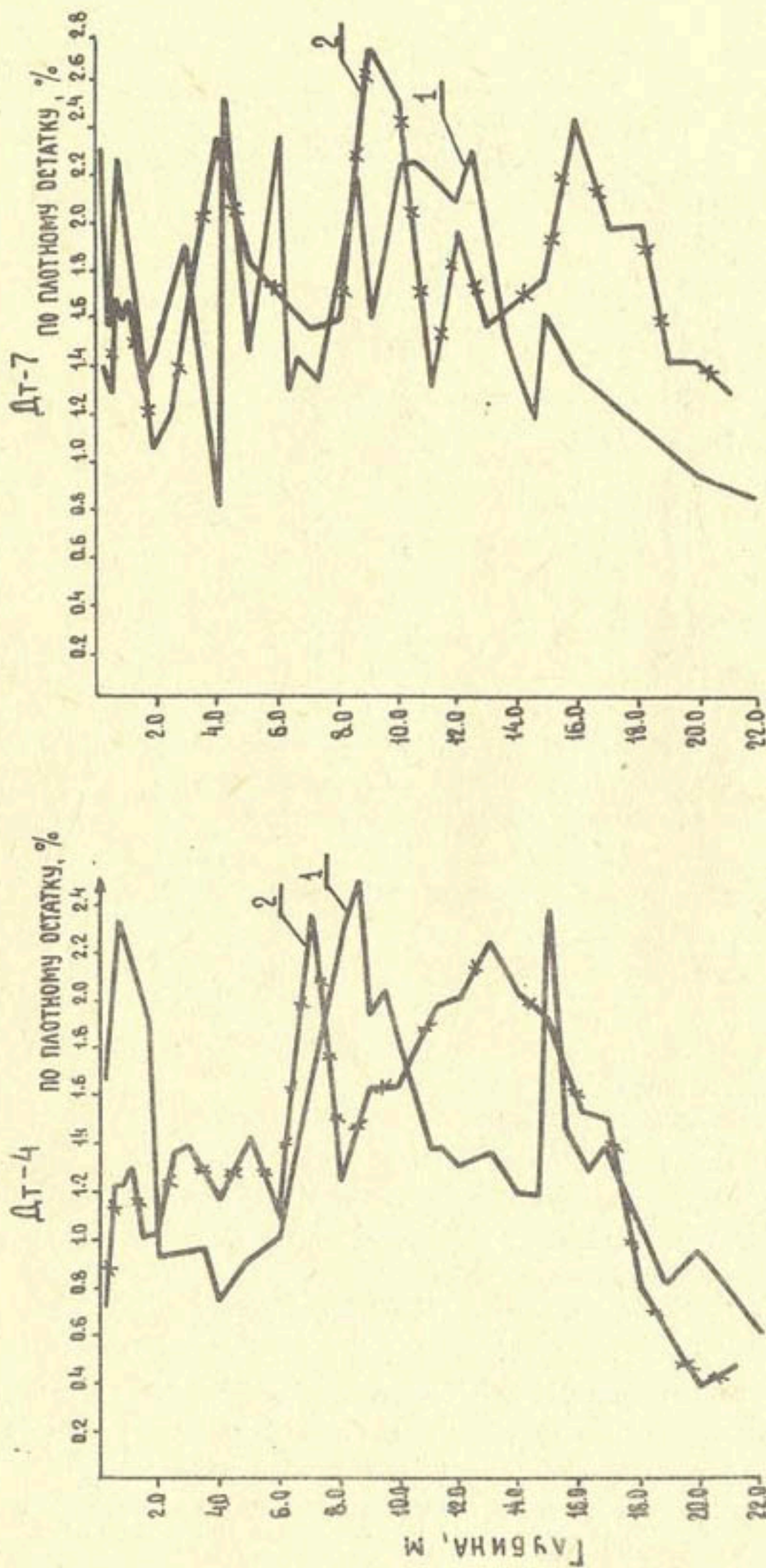


Рис. 7. Изменение засоленности почвогрунтов на Сардобинском понижении по динамическим точкам ДТ-4 и ДТ-7; 1-запасы солей на весну 1971г; 2-запасы солей на X.1981г.

Таким образом, во всех крупных районах развития вертикального дренажа при промывном режиме орошения уже достигнуто полное рассоление почвогрунтов зоны аэрации и ниже уровня грунтовых вод. В этих районах опреснены также и грунтовые воды (до 3-5 г/л).

В связи со сказанным, в крупных регионах внедрения вертикального дренажа, таких как Голодная степь, Ферганская и Бухарская области, где система эксплуатируется в течение 10-15 лет, рассолятельные мероприятия должны устанавливаться с учетом остаточных запасов солей в покровных мелкоземах с несколько сниженными нормами водопотребления. Сама система должна работать по эксплуатационному режиму.

Г.К.ГАСАНОВА
(ТИИИМСХ)

Характеризующие возможности отдельных показателей при оценке технического уровня гидромелиоративных систем с позиций комплексного переустройства

С каждым годом Республики Средней Азии все более ощущают дефицит в оросительной воде. При непринятии определенных мер в ближайшие годы водные ресурсы могут быть полностью исчерпаны и дальнейшее освоение новых земель станет весьма затруднительным.

Генеральными схемами комплексного использования водных ресурсов рек Амударьи и Сырдарьи на всех этапах предусмотрено повышение КПД оросительных систем, что может быть достигнуто их реконструкцией.

Однако на данном этапе достигнутые показатели уже отстают от предусмотренных схемами. Комплексной реконструкции внутрихозяйственных гидромелиоративных систем практически еще не производилось. Недостаточно изучены также отдельные вопросы проектирования и строительства комплексной реконструкции систем. Одним из таких вопросов является оценка технического уровня внутрихозяйственных гидромелиоративных систем.

Для характеристики систем используются общеизвестные показатели: коэффициенты земельного использования, освоения, полезного действия, удельная протяженность оросительной сети, степень засоления земель, размеры поливных участков, глубина и минерализация грунтовых вод.

Урожайность ведущей культуры может также характеризовать технический уровень систем. Есть и другие показатели, производные от вышеперечисленных или менее значительные: затраты воды на единицу урожая, количество водовыделов в хозяйство, отношение дренажного стока к водозабору и др.

Имея количественные выражения указанных показателей, можно произвести оценку отдельных элементов системы. Но не все показатели могут дать объективную характеристику технического уровня и, тем более, позволить правильно решить вопросы частичной или комплексной реконструкции, а также определить виды работ по совершенствованию системы или её элементов.

Рассмотрим характеризующие возможности отдельных показателей с позиции комплексной реконструкции:

I. Урожайность ведущей культуры. Этот показатель является основным, результирующим ряд мелиоративных и других показателей. Однако урожайность в значительной степени зависит от метеорологических условий года, субъективных хозяйственных и других условий.

Например, на староорошаемых землях Хорезмской или Бухарской области при низком техническом уровне гидромелиоративных систем получают высокие урожаи хлопчатника (40 ц/га и более). В то же время в новой зоне Голодной степи с совершенными системами урожайность не превышает 25-30 ц/га.

Таким образом, принцип — "переустройство начинать в хозяйствах с наименьшей урожайностью" — не может быть практически приемлем.

2. КПД оросительной сети. Этот показатель характеризует технический уровень и состояние оросительной сети и, казалось бы, может быть определяющим фактором для решения необходимости комплексной реконструкции оросительной сети.

В последние 20 лет освоено около 1 млн. га новых земель. Примерно, на третьей части этих земель построены оросительные системы с каналами в земляном русле. Новые системы армированы инженерными сооружениями, поливные участки крупные и правильной формы, дренажные системы мощные, но КПД низкие (на уровне или незначительно выше КПД систем на староорошаемых землях). Поэтому при оценке и выборе объектов, подлежащих комплексному переустройству по этому показателю, в ряде случаев неизбежна ошибка: хозяйства с новыми системами, где требуется только проведение антифильтрационных мероприятий, относятся к полностью переустраиваемым.

3. КЗИ. На этот показатель влияют извилистость оросительных каналов, техническое состояние горизонтального дренажа и др. Оценка по этому показателю систем, построенных в последние десятилетия, но с открытым горизонтальным дренажем, также будет ошибочной.

4. Размеры поливных участков. При обследовании хозяйств со средними размерами поливных участков 8-10 га и более (при продольной схеме полива размеры поливных участков 8-12 га являются оптимальными) оказалось, что участки, преимущественно, имеют неправильную конфигурацию, требуется капитальная планировка; в пределах контуров встречаются опоры ЛЭП и линий связи, а также

отдельно стоящие и ряды тутовых деревьев и т.п. Следовательно, даже при хороших количественных показателях комплексное переустройство систем может быть необходимо.

5. Засоление земель. Реставрация засоления может свидетельствовать о низком техническом уровне гидромелиоративной системы. Однако судить по нему о необходимости комплексного переустройства также невозможно. В Хорезмской области на староорошаемых землях достигнуто рассоление грунтов до 10 м и более. Однако, уровень систем весьма низок и, безусловно, они требуют комплексной реконструкции.

С другой стороны, при нарушениях режимов водопользования, низком качестве промывных поливов и др., возможна реставрация засоления земель с совершенными гидромелиоративными системами.

6. Удельная протяженность оросительной сети. При продольной схеме полива, а также сложных рельефных условиях этот показатель у новых гидромелиоративных систем может намного превышать нормативные значения и не отличаться от показателей на староорошаемых землях.

Аналогичные результаты были получены при анализе и других показателей: затрат воды на единицу урожая; глубин залегания грунтовых вод и их минерализации и др.

Из сказанного следует, что выбор объектов комплексного переустройства и частичной реконструкции внутрихозяйственных гидромелиоративных систем лучше всего производить в четыре этапа:

1. По сельскохозяйственным планам (картам) или планшетам М 1 : 25 000 или 1 : 10 000 (новые земли от староорошаемых без особого труда может безошибочно отличить специалист средней квалификации);

2. По показателям технического состояния земель, определяющим вид работ по землям (системам), отнесенным к группе частичной реконструкции;

3. По анализу водных и водно-солевых балансов, устанавливающих закономерности формирования мелиоративных режимов и влияние на них показателей технического уровня и состояния гидромелиоративных систем;

4. По результатам анализа статей балансов и отдельных показателей, оценивающих техническое состояние и степень необходимости комплексной или частичной реконструкции.

Л и т е р а т у р а

1. Багров М.Н., Кружилин И.П. Оросительные системы и их эксплуатация. М.: Колос, 1971.

2. Духовный В.А. Принципы создания технически совершенных гидромелиоративных систем на основе переустройства староорошаемых земель. — В сб.: Техническое совершенствование оросительных систем. М.: Колос, 1978.

3. Дерлятка Т.И. Пути повышения эффективности переустройства гидромелиоративных систем. — В кн.: Ирригация Узбекистана. Ташкент: Фан, 1981.

В.К.СЕВРЮГИН, канд.техн.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

Технология полива ЭДМФ "Кубань", обеспечи- вающая экономное расходование оросительной воды

В условиях повышенного дефицита оросительной воды во избежание потерь на сброс, глубинную фильтрацию и испарение подача ее во все точки орошаемого поля должна проводиться одновременно и с максимально возможной скоростью, соответствующей скорости впитывания влаги почвой. Этим условиям отвечают дождевальные машины фронтального полива, наиболее производительная из которых — машина ЭДМФ "Кубань".

В Узбекистане эти машины впервые применили в 1983г. в колхозе "Северный маяк" Среднечирчикского района Ташкентской области (САНИИРИ) и совхозе Ю А Акалтынского района Сырдарьинской области (ГСКБ по ирригации). Однако успешное внедрение их во многом зависит от правильного выбора элементов техники полива (длины гона, скорости движения, количества ва проходов и т.п.), четкой организации службы эксплуатации, сознательного и бережного отношения к ней хозяйственных и эксплуатационных организаций. Увязка элементов техники полива с зоной использования машины позволит избежать основные недостатки дождевания.

Следует отметить, что рекомендации по этому вопросу для аридной зоны до настоящего времени не разработаны. Известные рекомендации Н.С.Ерхова / I / основаны на материалах по субаридной зоне и применимы к установкам непрерывного дождевания. Суть их сводится к определению допустимой поливной нормы до начала стока для почв различной водопроницаемости. Режим орошения при этом должен рассчитываться таким образом, чтобы поливные нормы не превышали допустимых. Исходным материалом для расчета служит кривая свободного (безнапорного) впитывания / I /

$$t = A/\rho^{\alpha}, \quad (1)$$

где A — параметр, зависящий от типа и мехсостава почв, исходной влажности, литологии, качества дождя;
 ρ — интенсивность дождя; α — показатель степени.

Параметр A зависит от диаметра капель дождя и определяется из уравнения

$$A = P/e^{0,5d}, \quad (2)$$

здесь P — показатель свободного впитывания влаги почвой; e — основание натурального логарифма; d — диаметр капель дождя.

По Н.С.Ерхову при $P < 30$ почвы маловодопроницаемы, $P = 30 \dots 60$ — средневодопроницаемы, $P = 60 \dots 90$ — водопроницаемы и $P > 90$ — сильноводопроницаемы. Зная для конкретной почвы P , можно определить допустимую до стока поливную норму:

$$m_{don.} = P/\sqrt{\rho} \cdot e^{0,5d}. \quad (3)$$

Трудность пользования этой методикой состоит в том, что допустимые поливные нормы для имеющихся серийных дождевальных машин получаются ниже требуемых для промачивания корнеобитаемого слоя почвы. Например, для дождевальной машины "Днепр" ($\rho = 0,3$ мм/мин; $d = 1,5$ мм) допустимая норма на почвах средней водопроницаемости ($P = 45$) составляет: $(\sqrt{0,3} \times 2,72^{0,5} \times 1,5) = 388 \text{ м}^3/\text{га}$. Для полива хлопчатника на таких же почвах в аридной зоне [2] необходима норма $m_n = 900 \text{ м}^3/\text{га}$. Каким образом подать требуемую норму без стока, методика ответа не дает.

Для прерывистого дождевания и в частности для машин, работающих в движении, методика не позволяет рассчитать допустимый слой осадков за проход, требуемую длину хода и скорость движения.

В зоне хлопкосеяния расчет технологии дождевания осложняется отсутствием достаточного количества данных по безнапорной водопроницаемости почв. Однако данные наших и других

исследований / I, 3 / позволяют с точностью, достаточной для предварительных расчетов, указать параметры A , P , α кривой безнапорного впитывания применительно к почвам аридной зоны. Приведенные в табл. I параметры A , P , α справедливы только для почв с предполивной влажностью 65-70% ППВ, орошаемых дождем $d = 1$ мм на землях с уклонами 0-0,0005.

Параметр $\alpha = 1,5 = \text{const}$ принят по рекомендации Н.С.Ерхова, хотя фактически с увеличением исходной влажности почв он снижается. Более того, в процессе впитывания этот параметр изменяется по мере изменения влажности на границе фронта промачивания. Зависит он и от плотности почв, изменяющейся с глубиной, и от мощности слоя зоны аэрации. Таким образом, установить для конкретного поля и конкретной машины параметры A , P , α можно только опытным поливом.

Зная требуемые поливные нормы для различных культур хлопкового севооборота / 2 / и разных почв и форму кривой впитывания (уравнение I, табл. I), можно рассчитать время, необходимое для безнапорного впитывания этих норм (табл. 2), по формуле

$$t_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{н}}}{A} \sqrt{\frac{m_{\text{тр}}}{A^{0,67}}} \quad (4)$$

Зная $t_{\text{тр}}$, максимально допустимую среднюю интенсивность рассчитаем по формуле

$$\rho_{\text{ср}} = \sqrt{A / t_{\text{тр}}} \quad (5)$$

Для машины "Кубань" $\rho_{\text{ср}}$ зависит от длины гона. Поэтому, зная $\rho_{\text{ср}}$, минимально допустимую длину гона определим из выражения

$$l_{\text{мин}} = 60 Q_{\text{маш}} / \text{Ш} \cdot \rho_{\text{ср}} \quad (6)$$

При $Q_{\text{маш}} = 170$ л/с, $\text{Ш} = 800$ м выражение (6) примет вид:

$$l_{\text{мин}} = 12,75 / \rho_{\text{ср}} \quad (7)$$

Машина "Кубань" работает в движении, и средняя интенсивность дождевого облака ($\rho_{\text{факт}}$) намного выше средней

(фиктивной) интенсивности в целом по орошаемому полю, т.е.

$$\rho_{\text{факт.}} = 60 Q_{\text{маш}} / b \cdot \text{ш} = 60 \cdot 170 / 800 \cdot 12 = 11 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}, \quad (8)$$

где b — ширина факела дождевого облака.

Во избежание стока максимально допустимое время прохода должно быть равно

$$t_{\text{пр. макс.}} = A / \rho_{\text{факт.}}^{\text{д}} = A / 1,154, \quad (9)$$

а минимально допустимая скорость движения машины —

$$V_{\text{мин.}} = b / t_{\text{пр. макс.}} = 12 / t_{\text{пр. макс.}} \quad (10)$$

Максимально допустимый слой осадков за проход машины определим по формуле

$$h_{\text{макс.}} = 60 Q_{\text{маш}} / \text{ш} \cdot V_{\text{мин.}} = 12,75 / V_{\text{мин.}} \quad (11)$$

Минимальное количество проходов, необходимое для выдачи требуемой поливной нормы на поливе безуклонных земель, вычислим по уравнению

$$n_{\text{мин.}} = m_{\text{тр}} / h_{\text{макс.}} \quad (12)$$

Фактические значения параметров, определенные по формулам 5, 7, 9...12, могут быть выше минимально допустимых и ниже максимально допустимых.

Зная суммарное водопотребление культур севооборота для конкретной зоны и требуемые поливные нормы, можно рассчитать режим орошения и определить межполивной период и сезонную нагрузку на машину. Так, для условий Ташкентской области на автоморфных почвах сезонная нагрузка на машину "Кубань" при круглосуточной работе будет не менее 160 га при общей длине орошаемого поля L не менее 2 км. На гидроморфных почвах она может достигать 300 га и выше. Длина севооборотных участков должна быть не меньше минимально допустимой длины гона. Максимально возможное количество севооборотных участков может быть равным

$$y_{\text{макс.}} = L / v_{\text{мин.}}, \quad (13)$$

где L — общая длина поля, исходя из сезонной производительности машины. Фактическое количество участков может быть меньше.

Из табл. 2 видно, что на почвах А максимально допустимый слой ($h_{\text{макс.}} = 63,7$ мм) выше нормы (60 мм) в 1,06 раза. Следовательно, указанную поливную норму можно выдать за один проход, двигаясь со скоростью, превышающей минимально допустимую в 1,06 раза. Эту же норму можно выдать и за большее количество проходов, увеличив соответственно скорость движения. Но такая необходимость может возникнуть лишь по мере увеличения уклонов или предполивной влажности.

На почвах Б (табл. 2) при движении с максимально допустимой скоростью потребовалось бы 1,65 прохода, т.е. норму можно было бы выдать за два прохода, и при этом машина вернулась бы в исходную позицию. Однако во избежание холостых прогонов машины при переезде на следующий по ходу канала участок число проходов следует принимать нечетным, для рассмотренного случая равным 3. При этом скорость прохода должна быть увеличена в $3:1,65 = 1,82$ раза, а слой осадков за проход снижен в $1,65:3 = 0,55$ раза. Аналогично рассчитываются значения $h_{\text{пр}}$, $v_{\text{пр}}$, v_r для почв В, Г, Д. Результаты расчета и предлагаемые схемы полива приведены в табл. 3.

Применение машины "Кубань" на почвах Д (табл. 2, 3) невозможно по целому ряду причин. Во-первых, время, необходимое для промачивания расчетного слоя почвы составляет 20 суток, что больше межполивного периода. Во-вторых, минимально необходимая длина гона получается больше возможной, рассчитанной, исходя из сезонной производительности машины ($L = 2$ км). В-третьих, число проходов, равное 17 (табл. 2), может привести к образованию глубокой колеи. Поэтому применение машины "Кубань" возможно лишь на гидроморфных почвах, где поливные и оросительные нормы в связи с использованием грунтовых вод ниже, а сами почвы, несмотря на тяжелый мехсостав, имеют повышенную водопроницаемо-

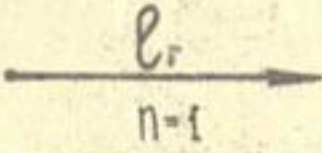
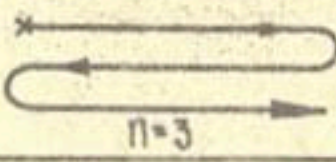
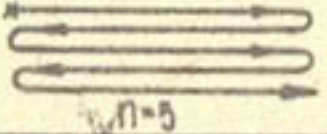
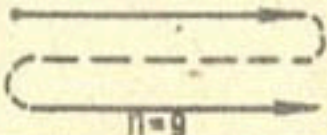
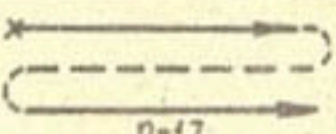
Табл. I

Классификация почв по водопроницаемости для зон хлопкосеяния (по Н.Т. Лактаеву).	Рекомендуемые параметры		
	A	P	α
A — слабопроницаемые	70	115	15
B — повышенной водопроницаемости	50	80	15
B — среднепроницаемые	30	50	15
Г — пониженной водопроницаемости	15	25	15
Д — слабопроницаемые	7	12	15

Табл. 2

Индекс почвы	$m_{тр}, м^2/га$	$t_{тр}$		$q_{г}, мм/мин$	$l_{мин}, м$	$t_{пр, макс}, мин$	$v_{мин}, м/мин$	$h_{макс}, мм$	$n_{мин}$	$n_{пр}$	$u_{макс}$
		час	сутки								
A	600	0.75	0.03	1.367	93	60.7	0.2	83.7	0.94	1	215
B	750	2.8	0.12	0.476	26.8	43.3	0.28	45.5	1.65	3	70
B	900	15.6	0.57	0.109	11.7	26.0	0.46	27.7	3.3	5	17
Г	1000	80	3.3	0.0213	5.99	13.0	0.92	13.9	7.2	9	3
Д	1100	483	20	0.0039	32.89	6.1	1.97	6.5	10.9	17	1
$d_k = 1.0 мм, \varphi_k = 70\% \text{ ППВ}, \varphi_{фак} = 1.1 мм/мин, l = 0.01$											

Табл. 3

Индекс почвы	Оптимальные схемы полива	Технологические параметры		
		Оптимальные	Возможные	Недопустим.
A $m=600$		$h_{пр} = 0.94 \cdot h_{доп} = 80 мм$ $v_{пр} = v_{мин} : 0.94 = 0.21 м/мин$ $l_g = l_{мин} : 0.94 = 9.9 м$	$60 : n$ $0.21 \cdot n$ $\Delta 0 L$ $n \geq 1$	> 80 < 0.21 < 9.9
B $m=750$		$h_{пр} = 0.55 \cdot h_{доп} = 25 мм$ $v_{пр} = v_{мин} : 0.55 = 0.52 м/мин$ $l_g = l_{мин} : 0.55 = 53.1 м$	$75 : n$ $0.173 \cdot n$ $\Delta 0 L$ $n \geq 3$	> 25 < 0.52 < 53 < 3
B $m=900$		$h_{пр} = 0.66 \cdot h_{доп} = 18 мм$ $v_{пр} = v_{мин} : 0.66 = 0.7 м/мин$ $l_g = l_{мин} : 0.66 = 177 м$	$90 : n$ $0.14 \cdot n$ $\Delta 0 L$ $n \geq 5$	> 18 < 0.7 < 177 < 5
Г $m=1000$		$h_{пр} = 0.8 \cdot h_{доп} = 11.1 мм$ $v_{пр} = v_{мин} : 0.8 = 1.14 м/мин$ $l_g = l_{мин} : 0.8 = 745 м$	$100 : n$ $0.127 \cdot n$ $\Delta 0 L$ $n \geq 9$	> 11.1 < 1.14 < 745 < 9
Д $m=1100$		$h_{пр} = 0.99 \cdot h_{доп} = 6.47 мм$ $v_{пр} = v_{мин} : 0.99 = 1.98 м/мин$ $l_g = l_{мин} : 0.99 = 3292 м$	$110 : n$ $0.116 \cdot n$ $\Delta 0 L$ $n \geq 17$	> 6.47 < 1.98 < 3292 < 17

сть. На почвах А...Г применение машины "Кубань" возможно как при гидроморфном, так и автоморфном режимах орошения.

Итак, выбор технологических параметров дождевания в соответствии с предложенными рекомендациями будет способствовать успешному внедрению машины "Кубань" и экономному расходованию оросительной воды.

Л и т е р а т у р а

1. Ерхов Н.С. Исследования безнапорного вливания воды в почву при поливе дождеванием.-Почвоведение, 1971, № 7.
2. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. - М.: Колос, 1978.
3. Колесник Ф.И. Методика оценки эффективности дождевальных машин. - М.: ЦНИИТИ, 1975.

П. Д. УМАРОВ
(САНИИРИ им. В. Д. Журина)

Фильтрационный расчет комбинированного дренажа
методом фрагментов

В условиях неоднородного строения почвогрунтов, характерного для большей части орошаемых земель, очень перспективен комбинированный дренаж.

Комбинированный дренаж представляет собой систему из горизонтальных дрен и коллекторов, размещенных в верхнем, плохопроницаемом слое, и вертикальных самоизливающихся скважин-усилителей, питающихся из нижнего хорошководопроницаемого слоя.

В результате многолетних опытно-производственных исследований САНИИРИ разработаны оптимальная конструкция скважин-усилителей повышенной водозахватной способности, методика расчета параметров их водоприемной части, технология строительства и оптимальные схемы размещения [1, 2, 3, 4]. Эти проработки позволили существенно повысить эффективность комбинированного дренажа и расширить диапазон его использования.

Однако применение новых конструкций скважин-усилителей с развитой водоприемной частью, оборудованной мощным песчано-гравийным фильтром, повышает степень их взаимодействия с горизонтальной дреной и требует уточнения (на основе натурных исследований) расчетной схемы комбинированного дренажа с учетом интерференции его горизонтального и вертикального элементов.

Изучение гидродинамических особенностей работы комбинированного дренажа путем пьезометрических наблюдений на действующих системах позволяет схематизировать исследуемую область фильтрации (рисунок) в виде отдельных блоков-фрагментов, для которых с достаточной для практических расчетов точностью применимы имеющиеся теоретические решения. Метод фрагментов, впервые предложенный Н. Н. Павловским [5], в последующем по-

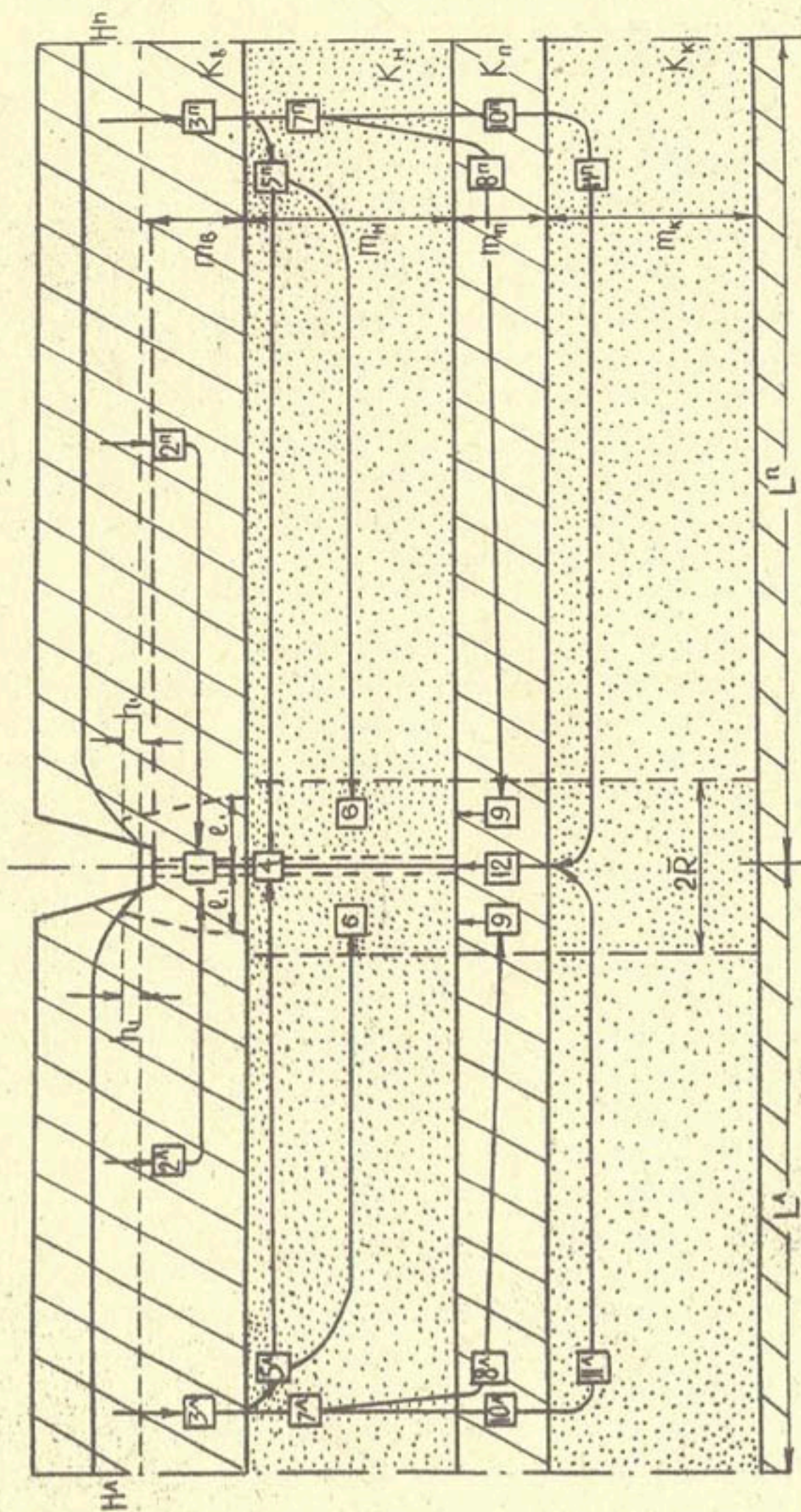


Схема расчета комбинированного дренажа методом фрагментов

лучил широкое развитие и наряду с такими методами приближенно теоретического моделирования установившейся фильтрации, как конечноразностный, фильтрационных сопротивлений, приближенного конформного отображения и т.д., успешно применяется в практических фильтрационных расчетах [6]. Применительно к расчетам дренажа этот метод использовался А.П.Вавиловым и его учениками Ф.В.Серебрянниковым, О.П.Татур [7].

Основные положения метода фрагментов:

- область фильтрации разбивается линиями токов и равных напоров или близкими к ним линиями на фрагменты;
- для каждого фрагмента определяется характеристика фильтрационного потока как функция действующего напора и расхода;
- между характеристиками фильтрационного потока отдельных фрагментов устанавливается связь;
- совместное решение системы уравнений, выражающей связь между характеристиками фильтрации отдельных фрагментов.

Учитывая наличие в природе естественного уклона поверхности земли, практически неизбежной неравномерности поливов и, наконец, просто организационно-хозяйственных условий, при построении расчетной схемы фильтрации к системе комбинированного дренажа рассмотрим наиболее характерный общий случай несимметричного двустороннего притока (см.рисунок).

Правосторонний приток к системе комбинированного дренажа с шагом усилителей $\mathcal{B}$, формируясь в области междренья, характеризуемой как своеобразная зона питания, поступает через фрагмент $\mathcal{Z}^n$ с потерями h_3^n и расходом

$$q_3^n = \frac{6K_0 (L^n - \ell_1)}{m_0 + \frac{H^n}{2}} h_3^n - \mathcal{L}_3^n h_3^n, \quad ,$$

где $\ell_1 = 1,3 m_0$ - длина дуги, образуемой углом между осью дрены и линией тока, огибающей зону восходящего потока под дном дрены (коллектора).

Остальные обозначения видны из рисунка.

Далее поток по фрагменту 5^{II} следует в область резких деформаций, характеризуемую как своеобразная зона разгрузки

$$q_5^n = \frac{\sigma K_n m_n}{L^n - R} h_5^n - \alpha_5^n h_5^n.$$

Здесь R — приведенный радиус активного действия усилителей, составляющий, по результатам натурных наблюдений, при попеременном их включении и отключении величину порядка $\frac{6}{\sqrt{L}}$ при полной стабилизации уровней подземных вод.

Через фрагменты 7^{II} и 10^{II} фильтрационный поток погружается в нижние слои с расходами

$$q_7^n = \frac{\sigma K_n (L^n - R)}{m_n} h_7^n - \alpha_7^n h_7^n$$

$$q_{10}^n = \frac{\sigma K_n (L^n - R)}{m_n} h_{10}^n - \alpha_{10}^n h_{10}^n,$$

по фрагментам 8^{II} и 11^{II} в зону разгрузки с расходами

$$q_8^n = \frac{\sigma K_n m_n}{L^n - R} h_8^n - \alpha_8^n h_8^n$$

$$q_{11}^n = \frac{\sigma K_n m_n}{L^n} h_{11}^n - \alpha_{11}^n h_{11}^n.$$

Приток к скважине-усилителю из нижних слоев поступает через фрагменты 9^{II} и 12^{II} с расходами

$$q_9^n = \frac{\omega_9 K_n}{2 m_n} h_9^n - \alpha_9^n h_9^n$$

$$q_{12}^n = \frac{\omega_{12} K_n}{2 m_n} h_{12}^n - \alpha_{12}^n h_{12}^n.$$

Здесь $\omega_6 = \omega_9 + \omega_{12} - 2 R \sigma$;

$$\omega_9 = \omega_{12} \frac{K_n m_n}{K_k m_k} = \omega_6 - \omega_{12}; \quad \omega_{12} = \omega_6 \frac{K_k m_k}{K_n m_n + K_k m_k}.$$

Общая потеря напора при поступлении фильтрационного потока в скважину-усилитель для правой стороны будет равна

$$H^n - h_3^n + h_5^n + h_6^n - h_3^n + h_7^n + h_8^n + h_9^n + h_6^n - h_3^n + h_7^n + h_{10}^n + h_{11}^n + h_{12}^n + h_6^n$$

Потери же напора до зоны резких деформаций, ограниченной фрагментом 6, составят

$$H^n - h_6^n - h_3^n + h_5^n$$

Расходные характеристики фильтрационного потока исследуемых фрагментов связаны следующим образом:

$$q_3^n - q_5^n + q_7^n - \alpha_3^n h_3^n - \alpha_5^n h_5^n + \alpha_7^n h_7^n$$

$$q_7^n - q_8^n + q_{10}^n - \alpha_7^n h_7^n - \alpha_8^n h_8^n + \alpha_{10}^n h_{10}^n$$

$$q_8^n - q_9^n - \alpha_8^n h_8^n - \alpha_9^n h_9^n$$

$$q_{10}^n - q_{11}^n - q_{12}^n - \alpha_{10}^n h_{10}^n - \alpha_{11}^n h_{11}^n - \alpha_{12}^n h_{12}^n$$

Исходя из этого, выпишем выражение потерь напора по фрагменту 5^{II} (до границы зоны резких деформаций) через величины расходов

$$h_5^n - h_7^n + \frac{q_8^n}{\alpha_8^n} + \frac{q_9^n}{\alpha_9^n} - h_7^n + \frac{q_{10}^n}{\alpha_{10}^n} + \frac{q_{11}^n}{\alpha_{11}^n} + \frac{q_{12}^n}{\alpha_{12}^n}$$

$$h_5^n - h_7^n + q_9^n \left(\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n} \right) - h_7^n + q_{12}^n \left(\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n} \right)$$

Отсюда приток к скважине-усилителю через перемычку снизу можно представить как

$$q_9^n = \frac{h_5^n - h_7^n}{\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n}} ; \quad q_{12}^n = \frac{h_5^n - h_7^n}{\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n}}$$

Учитывая, что

$$q_7^n - q_3^n - q_5^n = \alpha_7^n h_7^n - \alpha_3^n h_3^n - \alpha_5^n h_5^n,$$

представим потери напора по фрагменту 7^{II} как

$$h_7^n = \frac{\alpha_3^n h_3^n - \alpha_5^n h_5^n}{\alpha_7^n} = h_3^n \frac{\alpha_3^n}{\alpha_7^n} - h_5^n \frac{\alpha_5^n}{\alpha_7^n}$$

Тогда приток к скважине-усилителю снизу можно описать в виде

$$q_9^n = \frac{h_s^n \left(1 + \frac{\alpha_5^n}{\alpha_7^n}\right) - h_3^n \frac{\alpha_3^n}{\alpha_7^n}}{\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n}}; \quad q_{12}^n = \frac{h_s^n \left(1 + \frac{\alpha_5^n}{\alpha_7^n}\right) - h_3^n \frac{\alpha_3^n}{\alpha_7^n}}{\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n}}.$$

Общий правосторонний приток к скважине-усилителю формируется в области питания, характеризуемой фрагментом 3^{II}:

$$Q_3^n = Q_7^n + Q_5^n = Q_9^n + Q_{12}^n + Q_5^n$$

$$\alpha_3^n h_3^n = h_s^n \frac{1 + \frac{\alpha_5^n}{\alpha_7^n}}{\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n}} - h_3^n \frac{\frac{\alpha_3^n}{\alpha_7^n}}{\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n}} + h_s^n \frac{1 + \frac{\alpha_5^n}{\alpha_7^n}}{\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n}} - h_3^n \frac{\frac{\alpha_3^n}{\alpha_7^n}}{\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n}} + h_s^n \alpha_5^n$$

$$h_3^n \left(\alpha_3^n + \frac{\frac{\alpha_3^n}{\alpha_7^n}}{\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n}} + \frac{\frac{\alpha_3^n}{\alpha_7^n}}{\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n}} \right) = h_s^n \left(\frac{1 + \frac{\alpha_5^n}{\alpha_7^n}}{\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n}} + \frac{1 + \frac{\alpha_5^n}{\alpha_7^n}}{\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n}} + \alpha_5^n \right)$$

$$h_s^n = \frac{\alpha_3^n \left(\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n} \right) \left(\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n} \right) + \frac{\alpha_3^n}{\alpha_7^n} \left[\left(\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n} \right) + \left(\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n} \right) \right]}{\alpha_5^n \left(\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n} \right) \left(\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n} \right) + \left(1 + \frac{\alpha_5^n}{\alpha_7^n} \right) \left[\left(\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n} \right) + \left(\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n} \right) \right]} h_3^n.$$

Теперь потери напора до границы зоны резких деформаций фильтрационного потока можно записать как

$$H^n - h_6^n = h_3^n \left\{ 1 + \frac{\alpha_3^n \left(\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n} \right) \left(\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n} \right) + \frac{\alpha_3^n}{\alpha_7^n} \left[\left(\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n} \right) + \left(\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n} \right) \right]}{\alpha_5^n \left(\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n} \right) \left(\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n} \right) + \left(1 + \frac{\alpha_5^n}{\alpha_7^n} \right) \left[\left(\frac{1}{\alpha_8^n} + \frac{1}{\alpha_9^n} \right) + \left(\frac{1}{\alpha_{10}^n} + \frac{1}{\alpha_{11}^n} + \frac{1}{\alpha_{12}^n} \right) \right]} \right\}$$

или, после обозначения постоянных, как

$$H^n - h_6^n = h_3^n \beta_9^n.$$

В зоне же резких деформаций, ограниченной приведенным

радиусом $\bar{R}$, в непосредственной близости к скважине (фрагмент 6) можно принять, что поток симметричен и поступает в усилитель с потерями $S - h_o^n - h_o^A$ и расходом

$$Q - q_y^n + q_y^A = \frac{2\pi K_H m_H}{\ln \frac{R}{R_c} + c} S - \alpha_s S,$$

где R_c — радиус скважины-усилителя, м;

c — сопротивление конструкции водоприемной части, которым для усилителей повышенной водозахватной способности можно пренебречь [2].

Учитывая, что $\alpha_s^n = \alpha_s^A$, для правой стороны запишем:

$$q_y^n = \frac{\alpha_s}{2} h_o^n.$$

Приток в скважину-усилитель q_y^n меньше фильтрационно-го расхода, проходящего через фрагмент 3^{II}, на величину той доли потока, которая проскакивает между вертикальными усилителями и поступает непосредственно в горизонтальную дрену через фрагмент 4^{II}:

$$q_y^n = q_3^n - q_4^n = \alpha_3^n h_3^n - q_4^n = \alpha_3^n \frac{H^n - h_o^n}{B_y^n} - q_4^n.$$

Теперь опишем условия притока к горизонтальной дрене. В непосредственной близости от дрены, где форма линий равных напоров может быть принята в виде симметричных концентрических окружностей [8], применима формула притока в дрену по А. Н. Костякову

$$Q_1 - q_1 = \frac{6\pi K_0}{\ln \frac{L}{d_1}} h_1 - \alpha_1 h_1.$$

Приток по фрагменту 2 за пределами зоны резких деформаций фильтрационного потока определяется по формуле С. Ф. Аверьянова для несовершенной горизонтальной дрены при конечной глубине водоупора [9] и для правой стороны описывается уравнением

$$q_2^n = 2 \frac{6K_0 (m_0 + \frac{H^n}{2})}{\alpha^n - \alpha_1} h_2^n - \alpha_2^n h_2^n.$$

Приток к дрене снизу поступает через фрагмент 4 с расходом, определяемым из формулы А. Н. Костякова, преобразованной соответственно для правой стороны:

$$q_4^n = 0,565 \frac{6K_H}{2\lg \frac{m_H}{m_0}} \cdot \frac{m_H - m_0}{m_H} h_4^n = \alpha_4^n h_4^n.$$

При $m_H = m_0$

$$q_4^n = \frac{0,565 6K_H m_0}{2 m_H \lg e} h_4^n.$$

Общие потери напора на поступление потока в горизонтальную дренажную трубу справа составят:

$$H^n = h_1 + h_2^n$$

Учитывая, что $\alpha_1^n = \alpha_1^A$ и принимая $\alpha_1^n = \frac{\alpha_1}{2}$, общие потери напора можно представить как

$$H^n = \frac{q_3^n}{\frac{\alpha_1}{2}} + h_2^n = q_3^n \frac{2}{\alpha_1} + h_2^n.$$

Потери же напора h_2^n за пределами первого фрагмента складываются из

$$h_2^n = h_3^n + h_5^n + h_4^n.$$

Если принять, что при междренних расстояниях, значительно превышающих размеры зоны резких деформаций, фильтрационный поток, поступающий по хорошо проницаемому слою во фрагменты 4 и 6, имеет одинаковые потери h_5^n , то для правой стороны расход фрагмента 4 можно выразить в виде

$$q_4^n = (h_2^n - H^n + h_6^n) \alpha_4^n = \alpha_4^n h_2^n - \alpha_4^n (H^n - h_6^n),$$

где $\alpha_4^n = \alpha_4^A = \frac{\alpha_4}{2}$.

Тогда условие притока в горизонтальную дренажную трубу при ее взаимодействии со скважиной-усилителем запишем как

$$q_3^n = q_2^n + q_4^n = \alpha_2^n h_2^n + \alpha_4^n h_2^n - \alpha_4^n (H^n - h_6^n) - h_2^n (\alpha_2^n + \alpha_4^n) - \alpha_4^n (H^n - h_6^n),$$

а условие притока в скважину-усилитель при ее взаимодействии с горизонтальной дренажной трубой как

$$q_y^n \alpha_3^n \frac{H^n - h_6^n}{\beta_y^n} = q_4^n = (H^n - h_6^n) \left(\frac{\alpha_3^n}{\beta_y^n} + \alpha_4^n \right) - \alpha_4^n h_2^n.$$

Уравнивая потери напора до зоны резких деформаций у скважины ($H^n - h_e^n$) и исключая их совместным решением обоих условий как неизвестные, получим зависимость, выражающую связь расходов дрены и усилителя:

$$q_y^n = \frac{H^n \left(\frac{d_2^n + d_4^n}{d_4^n} - \frac{d_4^n}{d_2^n + d_4^n} \right) - q_y^n \frac{1}{d_4^n + \frac{d_4^n}{\beta_y^n}}}{\frac{1}{d_4^n} + \frac{2}{d_1} \left(\frac{d_2^n + d_4^n}{d_4^n} - \frac{d_4^n}{d_2^n + d_4^n} \right)}$$

или после обозначения постоянных:

$$q_y^n = \frac{H^n A_1^n - q_y^n B_1^n}{C_1^n}.$$

Если в этом выражении принять $q_y^n = 0$, то можно получить независимый расход горизонтальной дрены при отсутствии усилителей.

Уравнивая и исключая как неизвестные потери напора до зоны резких деформаций потока у дрены h_2^n , получим зависимость, выражающую связь расходов усилителя и дрены:

$$q_y^n = \frac{H^n \left(\frac{d_4^n + \frac{d_4^n}{\beta_y^n}}{d_4^n} - \frac{d_4^n}{d_2^n + d_4^n} \right) - q_y^n \frac{1}{d_2^n + d_4^n}}{\frac{1}{d_4^n} + \frac{2}{d_0} \left[\frac{d_4^n + \frac{d_4^n}{\beta_y^n}}{d_4^n} - \frac{d_4^n}{d_2^n + d_4^n} \right]}$$

или после обозначения постоянных:

$$q_y^n = \frac{H^n A_y^n - q_y^n B_y^n}{C_y^n}.$$

Если в этом выражении принять $q_y^n = 0$, то можно получить независимый дебит скважины-усилителя при отсутствии горизонтальной дрены. В практике такой случай возможен при подключении скважин-усилителей к глухим транспортирующим трубопроводам.

Решая совместно уравнения связи расходов дрены и усилителя, усилителя и дрены, получим выражение притока к гори-

горизонтальной дрены при ее взаимодействии со скважиной-усилителем:

$$q_d^n = H^n \frac{A_d^n C_y^n - A_y^n B_d^n}{C_d^n C_y^n - B_d^n B_y^n}$$

и выражение дебита скважины-усилителя при ее взаимодействии с горизонтальной дреной:

$$q_y^n = H^n \frac{A_y^n C_d^n - A_d^n B_y^n}{C_d^n C_y^n - B_d^n B_y^n}.$$

По аналогичной схеме определяются и левосторонние притоки к дрене и усилителю.

Общий расход системы комбинированного дренажа будет складываться из суммы притоков к горизонтальной дрене и скважине-усилителю при их взаимодействии.

Достоинство рассмотренной методики фильтрационного расчета комбинированного дренажа в том, что она, наиболее четко отражая гидродинамический механизм действия этого вида дренажа, позволяет учитывать:

- 1) практически всегда существующую в натурных условиях несимметричность притока;
- 2) неоднородность строения дренируемой толщи (данная расчетная схема применима при любом сочетании и соотношении Проницаемости слоев);
- 3) дифференцированный фильтрационный расход по каждому слою;
- 4) степень несовершенства конструкции водоприемной части комбинированного дренажа;
- 5) отдельный расход горизонтальной дрены и скважины-усилителя, а также степень их взаимодействия.

Л и т е р а т у р а

- И. Духовный В.А., Якубов Х.И., Умаров П.Д., Любар Р.Г.
Технология строительства комбинирован-

ного дренажа в Каршинской степи и на юге Каракалпакии. - Сб. научных трудов САНИИРИ. Вып. 159. - Ташкент: 1979.

2. Умаров П.Д. Оценка фильтрационных сопротивлений конструкции скважин-усилителей с песчано-гравийным фильтром большой толщины. - Сб. научных трудов САНИИРИ. Вып. 160. - Ташкент: 1980.
3. Духовный В.А., Умаров П.Д., Любар Р.Г. О выборе схемы размещения комбинированного дренажа. - Гидротехника и мелиорация, 1980, № 12.
4. Духовный В.А., Якубов Х.И., Насонов В.Г., Умаров П.Д. Расчет и проектирование параметров водоприемной части высокодебитных скважин-усилителей комбинированного дренажа. - Экспресс-информация "Мелиорация и водное хозяйство". Сер. 9. Вып. 2. - М.: 1981.
5. Павловский Н.Н. Гидромеханический расчет плотин системы Сенкова. - М.-Л.: ОНТИ, 1937.
6. Развитие исследований по теории фильтрации в СССР (1917-1967). - М.: Наука, 1969.
7. Вавилов А.П. Приближенный расчет притока воды к дренам в слоистых грунтах. В кн.: Физическое и математическое моделирование в мелиорации. - М.: Колос, 1973.
8. Костяков А.Н. Основы мелиораций. - М.: Сельхозгиз, 1960.
9. Аверьянов С.Ф. Горизонтальный дренаж при борьбе с засолением орошаемых земель. - М.: АН СССР, 1959.

Т.У.БЕКМУРАТОВ
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

Обоснование оптимального мелиоративного
режима при использовании на орошение ми-
нерализованных дренажных вод

В связи с дефицитом пресной оросительной воды в респуб-
ликах Средней Азии на орошение сельскохозяйственных культур
и на промывку засоленных земель широко используются подземные
и дренажные воды, имеющие повышенную минерализацию.

Одним из основных условий успешного использования мине-
рализованных вод является создание оптимального мелиоратив-
ного режима, отвечающего природным условиям данной территории
и обеспечивающего заданный водо-солевой баланс корнеобитаемо-
го слоя массива и орошаемой территории в целом.

Вопросу оптимизации мелиоративного режима и методике его
расчета посвящены работы И.П.Айдарова и Э.Каримова [1], В.А.
Духовного и др. [2], Л.М.Рекса и других; методы расчета их
предусматривают, в основном, решение вопроса для условий рабо-
ты горизонтального дренажа и полива пресной поверхностной во-
дой.

На землях, дренируемых скважинами вертикального дренажа,
создание и поддержание оптимального мелиоративного режима име-
ет свои особенности как по методологии расчетов, так и их реа-
лизации (технологии осуществления).

Нами была разработана методика подхода к оптимизации ме-
лиоративных режимов при использовании на орошение пресной во-
ды [5]. При этом критерием оптимизации мелиоративного режи-
ма является минимум приведенных суммарных затрат на строитель-
ство и эксплуатацию систем вертикального дренажа на один комп-
лексный гектар с учетом стоимости оросительной воды:

$$U_{d.d}^0 + U_{op.d}^0 \rightarrow \min ,$$

где $U_{d.d}^0$ — приведенные затраты по вертикальному дренажу;
 $U_{op.d}^0$ — то же, оросительной воды.

Приведенные затраты по вертикальному дренажу ($U_{d.d}^0$)

рассчитываются по зависимости

$$U_{\text{в.д.}}^0 = U_{\text{в.д.}} + EK_{\text{в.д.}}$$

Здесь $K_{\text{в.д.}}$ — капитальные вложения на строительство вертикального дренажа;
 E — нормативный коэффициент;
 $U_{\text{в.д.}}$ — затраты на эксплуатацию вертикального дренажа.

В случаях использования на орошение минерализованных дренажных вод возникает необходимость решения ряда вопросов, связанных с регулированием водно-солевого режима почвогрунтов и грунтовых вод, в комплексе мелиоративных и агротехнических мероприятий.

Одним из основных вопросов при этом является создание промывного режима орошения. Этот вопрос с различной детальностью рассмотрен в работах В.А.Ковды, В.В.Егорова, Д.М.Каца, И.С.Рабочева, Н.М.Решеткиной, Н.Г.Минашиной, Х.А.Ахмедова, Х.И.Якубова, Л.Л.Корелиса и др. Однако до сих пор величина промывного режима для случаев использования на орошение минерализованных вод обоснована недостаточно. Фактические величины промывной доли оросительной воды зависят от природно-хозяйственных, почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий рассматриваемой территории.

На основе многолетних натурных исследований, при использовании рекомендаций СоюзНИХИ (А.А.Нерозин, 1980) [3] и прогнозных расчетов в условиях опытно-производственных участков применения вертикального дренажа в Кировском районе Ферганской области, на опресненных (до порога токсичности солей), среднего механического состава, почвах установлены необходимые объемы воды для орошения при различных мелиоративных режимах в шести вариантах (при среднегодовой глубине грунтовых вод от 1,5 до 4,0 м), которые на фоне совершенного типа дренажа при высоком уровне агротехники используемых водохозяйственных мероприятий обеспечивают как регулирование солевого режима почвогрунтов в зоне аэрации, так и водопотребление растений (таблица).

Как видно из данных таблицы, при орошении сельскохозяйственных культур минерализованной водой для обеспечения ста-

Водопотребление сельскохозяйственных культур
(м³/га в год) на комплексный гектар

Глубина залегания уровня грунтовых вод, м	Суммарное водопотребление, м ³ /га	В том числе расходы воды	Рекомендуемые оросительные нормы при поливе с/х культур водой, м ³ /га	пресной (0,5 г/л)	минерализованной (3,0 г/л)
оросительной	грунтовой				
1,5	8855	3950	4905	8890	11530
1,90	8710	4585	4125	7910	9670
2,45	8220	5455	2765	6780	7890
3,0	7695	6325	1370	6325	6325
3,5	7275	6420	855	6425	6420
4,0	6850	6510	340	6510	6510

бильного (без вторичного засоления) солевого режима почвогрунтов в зоне аэрации и получения высоких и устойчивых урожаев необходимо пересмотреть объем водоподдачи (увеличить установленные для пресных поверхностных вод нормы на 11,4–29,6%) в зависимости от поддерживаемого мелиоративного режима.

В зависимости от создаваемого мелиоративного режима и минерализации поливных вод величины оросительной нормы и норм эксплуатационных промывок изменяются в больших пределах, что влечет за собой увеличение потребного объема откачиваемой воды, продолжительности работы и затрат на эксплуатацию систем скважин вертикального дренажа.

В связи с этим составлен режим работы систем скважин для каждого рассматриваемого варианта мелиоративного режима (рисунок 1). Параметры мелиоративных режимов устанавливаются на основе технико-экономических расчетов. При этом стоимостные показатели капиталовложений на скважину вертикального дренажа, эксплуатационные расходы на них и затраты по оросительной воде (забор и подачу воды из источников до полей орошения) приняты на основе фактических данных сельскохозяйственных и водохозяйственных организаций.

Затраты на один кубометр откачиваемой воды из скважин вертикального дренажа в условиях опытно-производственных участков

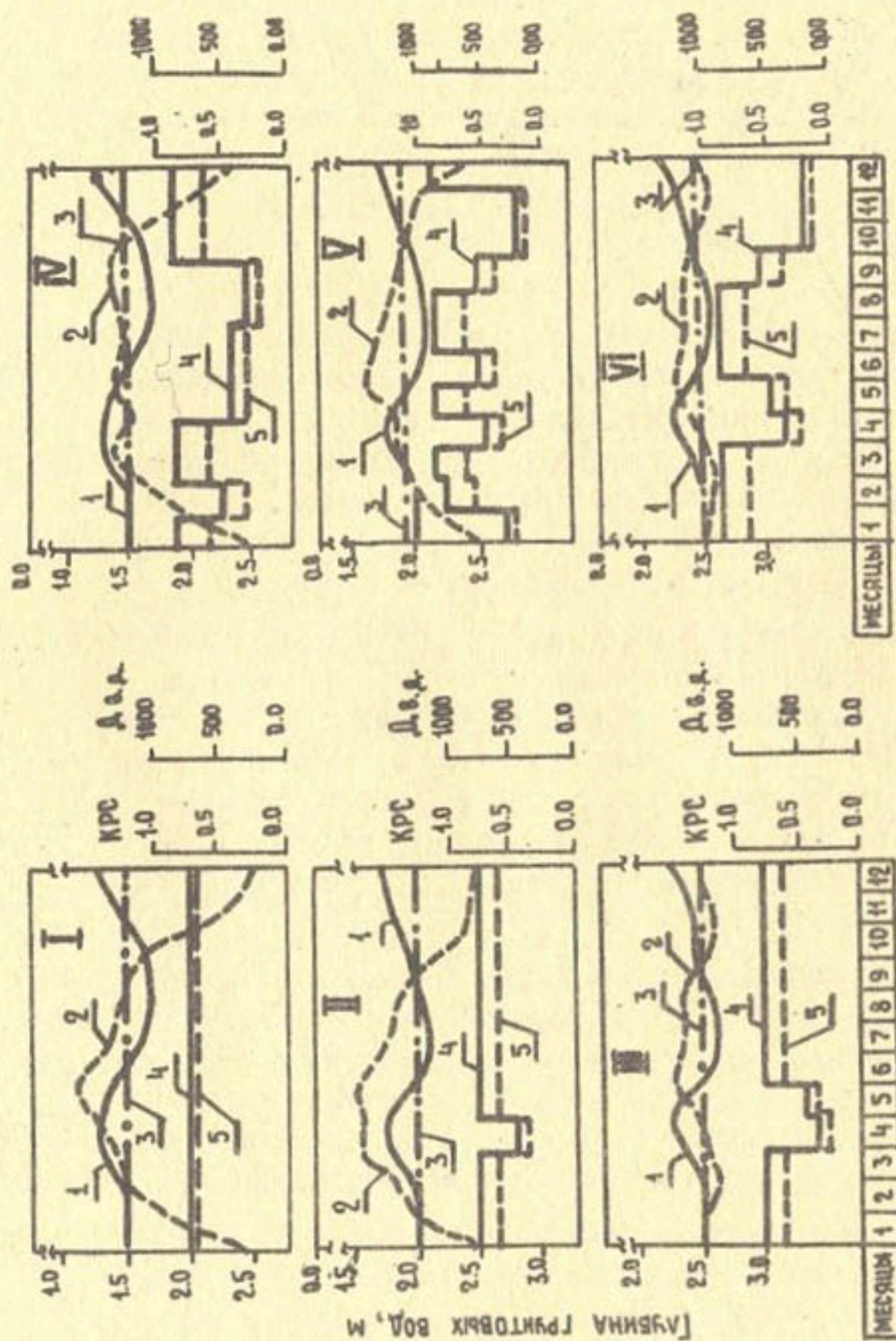


Рис. 1. Показатели режимов откачек из скважин вертикального дренажа на опытно-производственном участке №1:
 1-глубина грунтовых вод - прогнозная с учетом регулирования солевого режима почвогрунтов в зоне аэрации;
 2-то же, проектная; 3-то же, среднегодовая; 4-коэффициент работы системы (КРС) скважин (проектный);
 5-объем откачиваемых вод (проектный); 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 - номера вариантов режимов откачек.

Кировского района составляют от 1,28 до 1,68 коп/м³. В отдельных системах Ферганской области затраты изменяются от 0,85 до 2,44 коп/м³.

Следует отметить, что скважины, построенные в Ферганской долине, Голодной степи и других районах республики, способствуют мелиорации засоленных и заболоченных земель. Поэтому стоимость откачиваемой (поливной) воды, подлежащей использованию, состоит из затрат только на строительство дополнительных отводов и сооружений для подачи воды из скважин до полей орошения.

Приведенные затраты на забор дренажных вод из источников (КДС или водоемов) и подачу их на границы хозяйств в условиях Голодной степи составляют 5,81 руб. на 1000 м³ воды или 0,581 коп/м³ (В.П.Пушкарёва, 1979). Суммарные приведенные затраты на водозабор из междоусобных каналов и распределение их внутри каждого хозяйства в среднем по бассейну Сырдарьи равны 0,536 коп/м³ (С.А.Полинов и другие, 1980).

Анализ затрат на подачу откачиваемых вод на поля орошения, как из скважин вертикального дренажа, так и из коллекторов с помощью насосных установок, показывает, что приведенные затраты на подачу одного кубометра откачиваемой воды на поля орошения составляют от 0,1 до 0,6 коп/м³. Нами для расчета принята стоимость откачиваемой воды равная 0,5 коп/м³. Порядок расчета приведен в работе [5], а результаты — на рис.2.

Расчеты показали, что в первом варианте при поливе сельскохозяйственных культур откачиваемой водой суммарные приведенные затраты по дренажу составляют 98,59 руб/га; во втором варианте — 85,6; в третьем — 84,78 руб/га. Эти затраты в 1,19, 1,05 и 1,04 раза больше, чем в случаях полива сельскохозяйственных культур пресной поверхностной водой [5].

Величины суммарных приведенных затрат резко колеблются с изменением глубины грунтовых вод, с переходом из одного мелиоративного режима в другой. Так, с понижением горизонта грунтовых вод с 1,5 м до 2,45 м суммарные приведенные затраты по дренажу и воде уменьшаются с 156,24 до 124,23 руб/га, при глубинах 2,45–3,0 м они составляют 124,25–126,17 руб/га, а с понижением глубины грунтовых вод с 3,0 до 4,0 м от поверхности земли — увеличиваются с 126,17 до 171,95 руб/га.

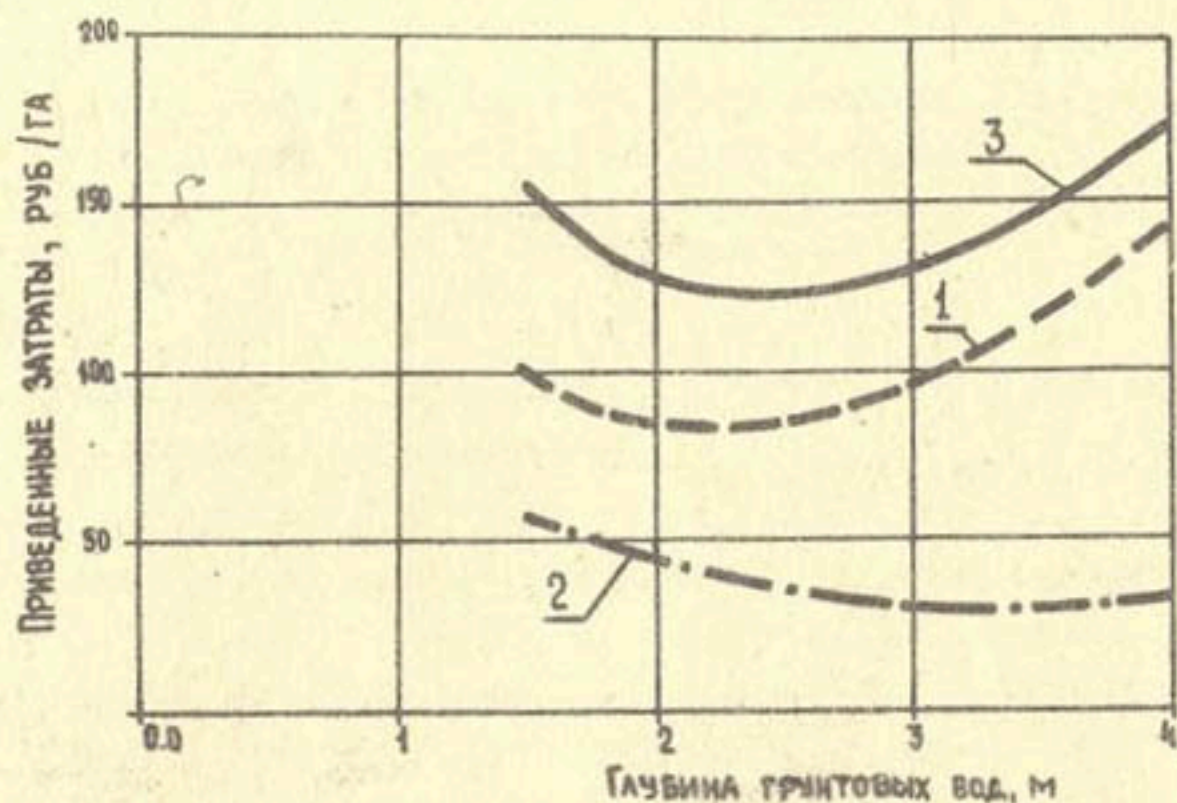


Рис. 2. Зависимость приведенных затрат по дренажу и оросительной воде от глубины грунтовых вод при использовании на орошение дренажных вод: 1 – приведенные затраты по дренажу; 2 – то же, по воде; 3 – суммарные приведенные затраты по дренажу и воде.

Таким образом, для условий, подобных опытно-производственным участкам вертикального дренажа Кировского района Ферганской области, при использовании на орошение дренажной воды с минерализацией до 3,0 г/л оптимальным является полугидроморфный мелиоративный режим. В этом режиме поддержанием уровня грунтовых вод на глубине 2,5–3,0 м обеспечивается минимум затрат на оросительную воду, строительство и эксплуатацию дренажа.

Л и т е р а т у р а

1. Айдаров И.П., Каримов Э.К. Некоторые вопросы обоснования мелиоративных режимов орошаемых земель при проектировании оросительных систем. - Водные ресурсы, 1974, № 2, с.105-113.
2. Духовный В.А., Баклушин М.Б., Томин Е.Д., Серебренников Ф.В. Горизонтальный дренаж орошаемых земель. М.: Колос, 1979, с.73-88.
3. Неровин А.Е. Сельскохозяйственные мелиорации, Ташкент, Укитувчи, 1980, с.71-98.
4. Рекс Л.М. Техничко-экономическое обоснование оросительных норм и параметров гидромелиоративных систем. Гидротехника и мелиорация, 1974, № 2, с.42-49.
5. Усманов А.У., Бекмуратов Т.У. Выбор и обоснование мелиоративного режима почв в условиях дефицита оросительной воды. Труды САНИИРИ, вып.166, Принципы регулирования мелиоративных режимов почв, Ташкент, 1982.

В.Г.ЛУНЕВ, канд.с.-х.наук
Л.Х.КИМ
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

Пути снижения водопотребления садов на крутых склонах

Орошение поверхностным способом предгорных территорий довольно часто вызывает ирригационную эрозию почв, которой в Узбекистане подвержено примерно 620 тыс.га. Около 100 тыс. га орошаемых земель на склонах разной крутизны занято под садами. Поливы проводятся по бороздам, что приводит к непроизводительным затратам воды на глубинное просачивание и физическое испарение. В условиях все более обостряющегося дефицита водных ресурсов в Средней Азии одним из важных факторов, способствующих эффективному освоению предгорий под сады и виноградники, может стать подпочвенное орошение. При таком способе полива за счет очагового, подпочвенного увлажнения исключается ирригационная эрозия почв и более продуктивно и экономно используется оросительная вода.

С 1981г. нами проводятся исследования подпочвенно-очагового орошения садов увлажнителями из пористого пенопласта, изготовленными в лаборатории стройматериалов САНИИРИ под руководством к.т.н. С.Н.Вильковой.

Система подпочвенно-очагового орошения на склонах представляет собой разветвленную сеть распределительных и поливных трубопроводов с цепочкой очаговых увлажнителей в зоне корневой системы саженцев яблони, посаженных через каждые 5 м. Распределительные трубопроводы размещены вдоль склона, а поливные — поперек. Сеть заложена на глубину 0,5 м.

Магистрально-распределительная сеть выполнена из полиэтилена, а очаговые увлажнители — из пенопласта, т.е. из некоррозирующих материалов, способных обеспечить многолетнюю эксплуатацию системы подпочвенно-очагового орошения.

Опытный участок расположен на типичных сероземах с волнисто-холмистым рельефом; грунтовые воды залегают глубоко. Харак-

терным для данных почв является отсутствие четкой слоистости, увеличенная мощность карбонатных горизонтов и обессоленность почвенного профиля. Объемная масса по профилю колеблется в пределах $1,32 \dots 1,40 \text{ г/см}^3$, удельный вес $2,67 \dots 2,75 \text{ г/см}^3$, предельно-полевая влагоемкость $21,9 \dots 24,0\%$ и максимальная гигроскопичность $3,4 \dots 6,8\%$. В слое $0 \dots 100 \text{ см}$ ППВ составляет $23,0\%$, объемная масса — $1,35 \text{ г/см}^3$. Толща почв сложена тяжелыми и средними суглинками. Подпочвенно-очаговое орошение имеет свою особенность: так как основная часть корневой системы молодых саженцев яблони занимает объем почвы около $1,5 \text{ м}^3$, поливами следует увлажнять именно такой объем почвогрунта.

При поддержании предполивной влажности метрового слоя почв в вегетационные периоды 1982–1983 гг. около 75% от ППВ расчетная поливная норма под каждый саженец составила 90–100 л. Аналогичный размер водоподачи под каждое плодовое дерево в Узбекистане рекомендует А.А.Рыбаков / 1, 2 /.

При подпочвенно-очаговом орошении увлажнение почв происходит локально, т.е. лишь в зоне основной корневой системы, поэтому при расчетах поливных норм необходимо знать величину коэффициента α /3/. Величина коэффициента α представляет собой отношение площади распределения основной корневой системы ко всей площади питания. В нашем опыте при расстоянии в ряду между деревьями 5 м и таком же междурядье площадь питания составляет 25 м^2 , а основная часть корневой системы, установленная путем раскопок, распространена в радиусе 0,6 м от ствола дерева и занимает площадь $1,1 \text{ м}^2$. Следовательно, коэффициент α равен 0,045. Подставив это значение в формулу

$$m = H \cdot 100 (\Delta W) d_v \cdot \alpha ,$$

где m — поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$;

H — мощность расчетного слоя, м;

ΔW — дефицит влаги между ППВ и влажностью почвы перед поливом, %;

d_v — объемная масса почвы, т/м^3 ;

α — коэффициент, учитывающий очаговое увлажнение,

получим $m = 1 \cdot 100 (7) 1,35 \cdot 0,045$

$$m = 42,5 \text{ м}^3/\text{га}.$$

При схеме посадки 5 x 5 м на одном гектаре имеется 400 деревьев, и поливная норма под каждое дерево составляет 107 л. Продолжительность полива определяли по формуле

$$T = m \cdot S \frac{1000}{Q_{\text{удм}} \cdot n},$$

где T — продолжительность полива, с;
 m — поливная норма, м³/га;
 S — площадь участка, га;
 $Q_{\text{удм}}$ — расход одного очагового увлажнителя, л/с;
 n — число увлажнителей на участке.

В нашем опыте при поливной норме 42,5 м³/га и расходе воды одним увлажнителем 14,5 л/ч продолжительность полива составила 7,5 часов. Межполивной период весной — 12–15, летом — 7–8 дней.

В 1982г. на опытном участке проведено 14 поливов оросительной нормой 600 м³/га, а в 1983г. — 16 нормой 680 м³/га, т.е. саженцы яблони сорта "Нафис" на полукарликовом подвое ММ 106 за вегетационный период потребляют 1500–1700 л. Для сравнения укажем, что молодые сады на типичных сероземах в Узбекистане поливают по бороздам 8–9 раз поливной нормой по 500 м³/га и оросительной — 4,0–5,0 тыс.м³/га (рекомендации НПО им.Р.Р.Шредера / 4 /).

Следовательно, при подпочвенно-очаговом орошении молодого сада расход оросительной воды в 7–8 раз меньше, чем при бороздковом способе полива. Такая значительная экономия воды достигнута за счет локального увлажнения почв в зоне посадки деревьев. В междурядьях почва оставалась сухой, что способствовало резкому снижению количества сорняков.

В табл. I показано локальное увлажнение почв в зоне работы увлажнителя и динамика иссушения их от весны к осени в междурядьях молодого яблоневого сада.

Подпочвенно-очаговое орошение молодого яблоневого сада способствовало поддержанию влажности почв в зоне размещения основной корневой системы в заданном (70–100% от ППВ) интервале, исключило потери воды ниже корнеобитаемого слоя или выклинивание ее на поверхность, предохранило почвы от иррига-

Таблица I

Влажность почвы, % к весу сухой почвы

Слой, см	Место и		Срок		взятия		Дробь		между		деревьями			
	в зоне очага увлажненности до и		гориз. створ не		глубже 0,5 м		до		после		до		после	
0-20	7,8	16,7	24,1	27,8	11,3	17,9	8,2	12,4	8,4	6,0	4,9	5,7	3,2	5,5
20-40	21,9	25,3	16,2	24,2	15,6	15,8	13,8	11,5	9,6	8,1	7,7	8,0	5,8	7,4
40-60	25,6	27,1	14,3	18,6	15,9	14,3	14,1	12,8	13,4	8,1	8,7	8,0	7,0	7,5
60-80	17,9	23,4	14,8	15,1	14,6	9,9	14,5	15,2	15,7	10,0	9,8	10,8	8,5	10,2
80-100	13,3	18,9	15,2	13,8	12,9	9,9	14,8	15,6	13,9	10,5	11,8	11,5	9,3	10,3
100-120	12,8	14,2	13,8	15,7	13,7	12,0	15,2	16,3	14,8	-	12,9	-	10,8	-
0-100	17,3	23,0	16,9	19,9	13,8	13,6	13,0	13,5	12,2	8,6	8,6	8,8	6,8	8,2

ционной эрозии в условиях крутых склонов предгорий, позволило не только более продуктивно использовать оросительную воду, но и добиться значительной ее экономии. Подпочвенно-очаговое орошение обеспечило нормальный рост и развитие яблонь (табл.2). На второй год после посадки некоторые деревья вступили в период плодоношения.

Таким образом, при локальном характере подпочвенного увлажнения почв и имеющейся при этом возможности четкого регламентирования поливных норм и сроков проведения поливов создаются условия для обеспечения плодовых деревьев влагой в отдельные фазы развития в полном соответствии с особенностями водопотребления.

Т а б л и ц а 2

Рост и развитие саженцев яблони (в среднем
на одно дерево)

Дата наблюдений	Показатели							
	высота, см		однолетние побеги				окружность	
	1982	1983	код-во	шт.	длина, см		штамба, см	
	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983
15.IV	73	152	-	15	-	540	2,3	6,0
15.IX	155	210	6	42	510	1560	5,3	9,0
прирост	82	58	6	27	510	1020	3,0	3,0

Л и т е р а т у р а

1. Рыбаков А.А. Поливы садов в Узбекистане. - Ташкент: 1951.
2. Рыбаков А.А., Острухова С.А. Интенсификация плодоводства. - Ташкент: ФАН, 1981.
3. Григоров М.С., Лобойко В.Ф. Подпочвенное орошение: Садоводство, 1981, № 9.
4. Технология возделывания плодово-ягодных культур и винограда в Узбекской ССР. - Ташкент: 1976.

Ю. И. ШИРОКОВА
(САНИИРИ им. В. Д. Жу

Об изменении физико-химических свойств сероземно-луговых почв при промывке минерализованной водой в условиях дефицита водных ресурсов^{х)}

Одним из малоизученных вопросов в проблеме использования дренажных вод в сельском хозяйстве является возможность их отрицательного воздействия на свойства почв. По данным литературных источников, действие соленых вод на почвы весьма различно и зависит от химического состава их, свойств почвы и характера их взаимодействия. При орошении высокодисперсных почв с малым содержанием гипса водой, содержащей натрий, возможно их осолонцевание со всеми вытекающими изменениями водно-физических свойств [1]. Промывка солонцеватых почв водой с преобладанием двухвалентных катионов способствует снижению их солонцовых свойств и соответственно улучшению фильтрационных свойств [1, 2, 3].

Нами исследовано влияние промывок минерализованной водой на фильтрационные и физико-химические свойства почв различного механического состава в юго-восточной части Голодной степи.

В опытах на монолитах (высотой 1 м) и насыпных колонках (0,5 м) изучали влияние минерализации воды на интенсивность впитывания и динамику водопроницаемости почв, изменение микроагрегатного состава, состав и сумму поглощенных оснований. При этом исходили из предположения, что по мере роста минерализации скорость фильтрации воды через почву может увеличиться за счет уменьшения вязкости [4], коагуляции почвенных коллоидов или уменьшиться за счет вхождения Na в почвенный поглощающий комплекс, что сопровождается

х) Работа выполнена совместно с канд. сельхоз. наук А. Р. Рамазановым.

возрастанием дисперсионных свойств почвы.

Общая характеристика промываемых почв и использованных в опытах минерализованных вод приведена в табл. I. По данным наблюдений за впитывающей способностью почв и их водопроницаемостью (рис. 1; табл. 2, 3), минерализация воды на эти процессы не влияет. Причем, на протяжении всего периода промывок, как прерывистых (опыт I), так и непрерывных (на колонках), наблюдалась стабильность водопроницаемости почв. Очевидно, причина отсутствия влияния минерализации воды на скорость впитывания — высокие концентрации солей в почвенных растворах.

В наших опытах концентрация токсичных солей в почвах изменялась от 50,00 до 110,50 г/л, а содержание их в воде составляло 0,071–10,51 г/л (табл. I); поэтому уменьшение концентрации почвенного раствора на величину минерализации воды не могло существенно повлиять на процесс впитывания.

Причины стабильности скоростей фильтрации воды через промываемую толщу можно выяснить при рассмотрении влияния промывок пресной и минерализованной водой на микроагрегатный состав и поглощающий комплекс почв. Изменения в микроагрегатном составе почв (рис. 2) свидетельствуют об отсутствии резкого влияния минерализации воды на этот процесс.

При промывке суглинисто-супесчаной почвы содержание фракций $d > 0,25$ мм, независимо от варианта опыта (опыт 2), почти не изменилось, а в суглинисто-глинистой почве

увеличилось. Содержание фракций мелкого песка ($d = 0,25–0,05$ мм) в обоих опытах увеличилось, причем более существенно в вариантах промывки пресной водой. Увеличение минерализации воды приводит к меньшему снижению содержания крупной, средней и мелкой пыли, наблюдающемуся после промывок.

Изменение количества илистой фракции, выраженное нами через фактор дисперсности почв (по Н. А. Качинскому), в разных почвах различно (рис. 3). Практически во всех случаях происходит снижение этого показателя, имеющее тенденцию к усилению с ростом минерализации воды. Лишь в опыте с насыпным грунтом (рис. 3, г) отмечается обратное явление, что можно объяснить

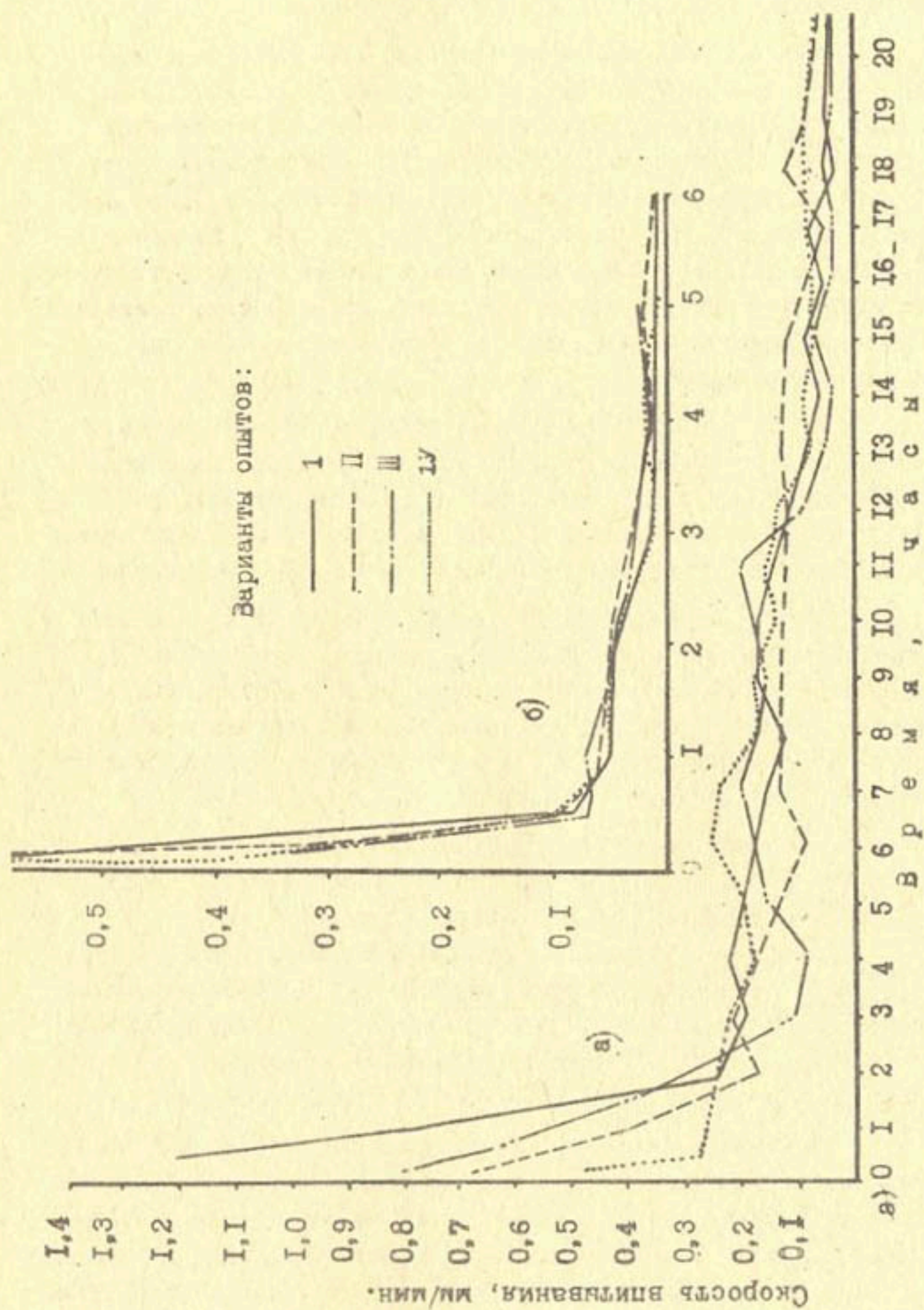
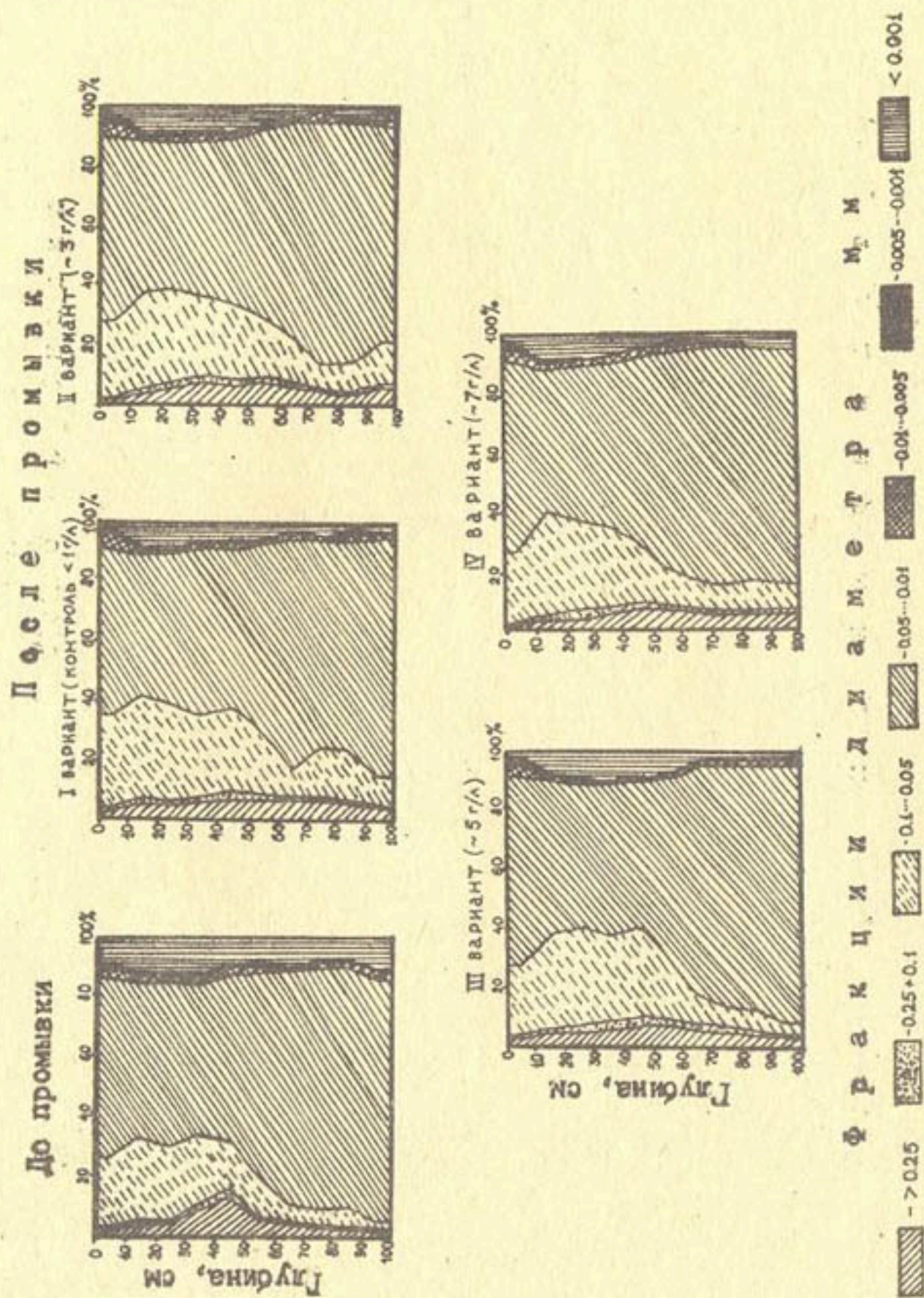


Рис. 1. Интенсивность впитывания воды в почву: а) - в опыте I; б) - на колонках.



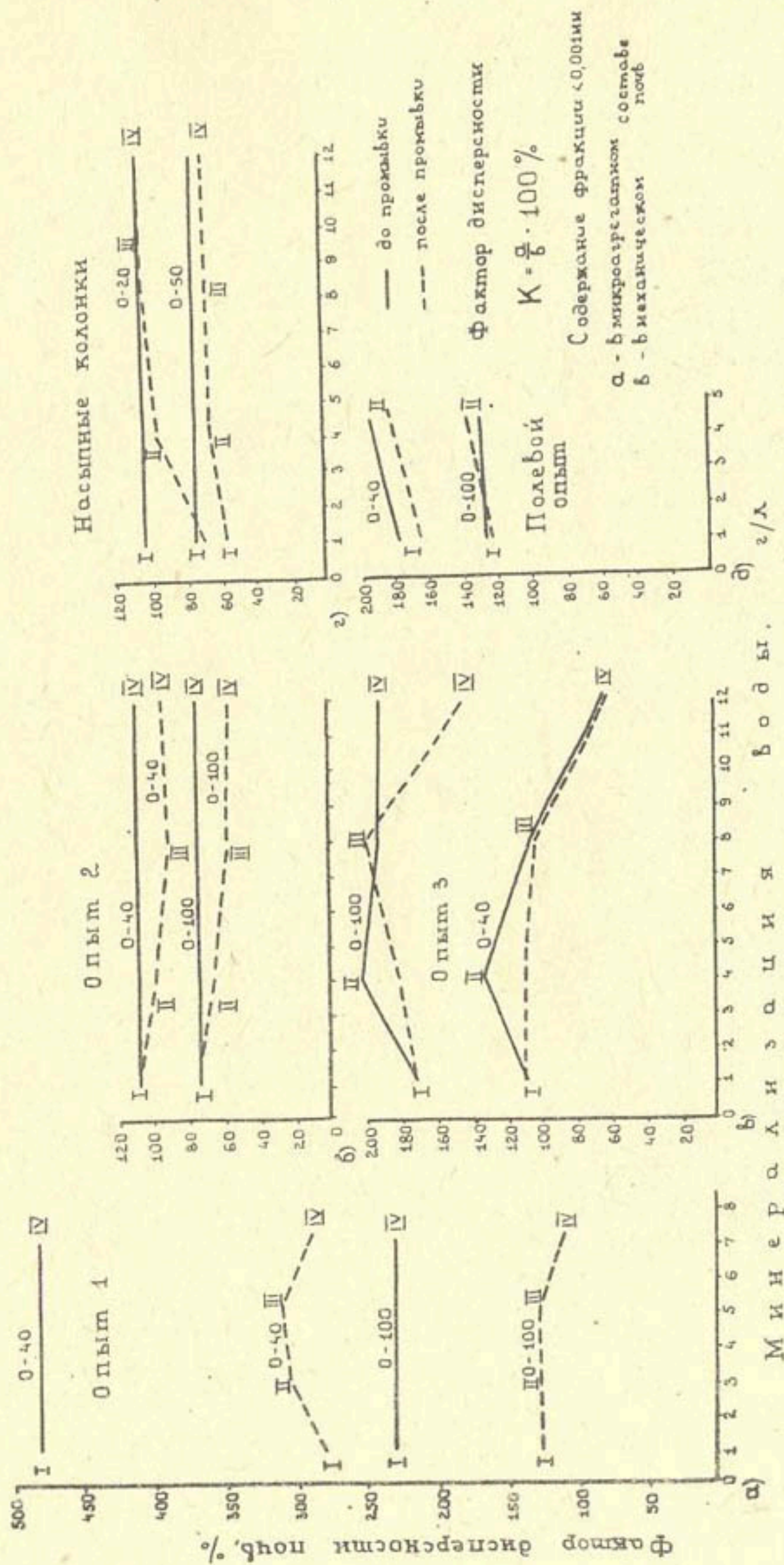


Рис.3. Влияние промывок пресной и минерализованной водой на фактор дисперсности почв

Общая характеристика использованных в опытах почв и воды

Но- мер опы- та	С в о й с т в а	п о ч в ы	Содержание плотного остатка, г/л	плотного остатка, суммы ТОКС.СОЛЕЙ
	механичес- кий сос- тав	объемная масса, г/см ³	Содержание в слое 0-100 см, в числит. - г/дм ³ в почв. р-ре х)	в воде по вариантам опыта
			плотного остатка	сумма ТОКСИЧ. ных солей
			хлора	речная
				водопро-
				водная
				I
				II
				III
				IV
I	Супесчаные- глинистые	I, 31	2, 626	На монолитах
				0, 334
				I, 824
				79, 304
2	Слоистые, суглинисто- глинистые	I, 58	3, 770	2, 762
				I, 133
				45, 320
3	Суглинисто- супесчаные	I, 39	2, 238	I, 278
				0, 326
				I, 818
				58, 091
				Насыпные колонки
4	Слоистые, суглинисто- глинистые	I, 40	3, 770	I, 133
				45, 320
				2, 762
				I, 150-2, 032
				Полевой опыт
	Слоистые, су- песчаные, подстилаемые суглинками	I, 32	2, 148- -2, 900	4, 258
				3, 279

х) Расчетная концентрация при влажности, соответствующей предельной полевой влагоемкости

Т а б л и ц а 2

Скорости фильтрации воды при промывке
на монолитах в опыте I^x)

Номера филт- ратов	Дата наблю- дения	Время от нача- ла про- мывки, сут.	Количес- тво воды, поданной на про- мывку, м ³ /га	Скорости фильтрации (мм/мин) в вариантах опыта			
				I	II	III	IV
Начало промывки 26.02.79г.				Минерализация воды			
				< I	~ 3	~ 5	~ 7 г/л
7	13.03	15	6000	0,035	0,038	0,036	0,037
8	15.03	17	6500	0,046	0,039	0,021	0,043
9	17.03	19	7000	0,043	0,038	0,040	0,030
10	19.03	21	7500	0,034	0,031	0,036	0,026
11	20.03	22	8000	0,032	0,031	0,038	0,036
12	22.03	24	8500	0,037	0,035	0,039	0,038
13	22.03	25	9000	0,045	0,034	0,042	0,026
14	26.03	28	9500	0,037	0,030	0,040	0,040
15	27.03	29	10000	0,038	0,034	0,027	0,023
16	29.03	31	10500	0,046	0,042	0,050	0,042
17	30.03	32	11000	-	-	-	-
18	2.04	35	11500	0,039	0,035	0,039	0,035
19	4.04	37	12000	0,030	0,033	0,036	0,036
20	5.04	38	12500	0,047	0,041	0,053	0,042
23	12.04	45	14000	-	-	-	-
24	17.04	50	14500	0,050	0,032	0,056	0,034
27	20.04	53	16000	0,037	0,033	0,043	-
Сумма			ΣX	0,596	0,526	0,596	0,488
Средняя арифметическая			$\bar{X}$	0,040	0,035	0,040	0,035
Сумма отклонений			$\Sigma (X - \bar{X})$	-0,004	+0,001		
			$\Sigma (X - \bar{X})^2$	0,000512	0,000195	0,00112	0,00053
Среднее кв.отклонение			$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (X - \bar{X})^2}{n-1}}$	0,0060	0,0037	0,0089	0,0064
Ошибка средней арифм.			$m = \sigma / \sqrt{n}$	0,0016	0,0010	0,0023	0,0017

x) Промывка прерывистая; скорость фильтрации зафиксирована на момент между двумя и тремя часами от начала фильтрации в такте.

Т а б л и ц а 3

Скорости фильтрации воды при промывках,
мм/мин^x)

(насыпные колонки)

Номера наблю- дений	Время от нача- ла опы- та, сут.	В а р и а н т ы				О ц е н к и
		I		II		
		минерализация		воды, г/л		
		< I	~ 4	~ 8	~ 12	
1	2	3	4	5	6	
I	19	0,0014	0,0016	0,0017	0,0019	
2	20	0,0021	0,0021	0,0021	0,0027	
3	26	0,0017	0,0017	0,0019	0,0019	
4	27	0,0016	0,0017	0,0019	0,0024	
5	35	0,0014	0,0017	0,0016	0,0023	
6	40	0,0016	0,0014	0,0016	0,0017	
7	45	0,0016	0,0014	0,0016	0,0018	
8	56	0,0013	0,0014	0,0020	0,0016	
9	63	0,0016	0,0013	0,0014	0,0017	
10	74	0,0013	0,0014	0,0016	0,0014	
11	77	0,0011	0,0013	0,0016	0,0017	
12	84	0,0017	0,0017	0,0017	0,0023	
13	91	0,0010	0,0012	0,0010	0,0012	
14	98	0,0020	0,0020	0,0015	0,0017	
15	106	0,0011	0,0017	0,0019	0,0016	
16	129	0,0012	0,0018	0,0016	0,0015	
17	138	0,0010	0,0010	0,0011	0,0008	
18	142	0,0011	0,0011	0,0014	0,0012	
19	153	0,0011	0,0012	0,0012	0,0011	
20	169	0,0015	0,0013	0,0015	0,0013	
21	184	0,0019	0,0012	-	0,0012	
22	192	0,0022	0,0014	0,0016	0,0016	
23	215	0,0020	0,0014	0,0015	0,0013	
24	233	0,0018	0,0015	0,0014	0,0011	
25	232	0,0025	0,0018	0,0019	0,0018	
26	253	0,0018	0,0016	0,0019	0,0016	
27	368	-	0,0014	0,0015	0,0014	
28	413	0,0012	0,0015	0,0010	0,0014	

Показатели статисти-
ческой обработки ΣX 0,0403

0,0418

0,0445

0,0453

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6
$\bar{x}$	0,0015	0,0015	0,0016	0,0016	
$\Sigma(x-\bar{x})$	0,0004	-0,0002	-0,0006	0,0003	
σ	0,00035	0,00025	0,00030	0,00041	
m	0,000068	0,000048	0,000057	0,00077	

х) Промывка непрерывная при постоянном напоре 7-8 см.

сильным изменением естественной структуры при растирке почвы. В опыте 3, где почвы отличаются сильной пестротой сложения, влияние минерализации воды на фактор дисперсности не прослеживается.

Влияние минерализованных вод на количество "истинных агрегатов" почвы, определяемых как разность между содержанием фракций в микроагрегатном и механическом составах, для разных почв также различно (табл. 4). В случаях, когда количество "истинных агрегатов" снижается (опыты 1 и 3), минерализация воды как бы сдерживает этот процесс, а когда увеличивается (полевой опыт) - способствует его усилению. В опыте 2 (слоистые средне- и тяжелосуглинистые почвы) влияния минерализации воды на количество агрегатов почти не обнаружено. В опыте с расчетной, дезагрегированной почвой (колонки, слой 0-20 см) этот показатель снизился.

Данные по изменению количества агрегатов не противоречат материалам по фактору дисперсности почв, так как последний отражает изменения илистой фракции ($< 0,001$ мм), а количество агрегатов в исследуемых почвах во всех опытах в основном определялось за счет фракций крупной пыли (0,05-0,01 мм) при незначительном количестве мелкого песка (0,25-0,01 мм в опытах 2 и 3) и илистой фракции (лишь в опыте 1).

В целом изменения в микроагрегатном составе почв указывают на отсутствие их дезагрегации под влиянием промывок минерализованной водой, чем и объясняется стабильность скоростей фильтрации воды в процессе промывок.

Т а б л и ц а 4

Влияние промывок минерализованной водой
на количество истинных агрегатов почвы, %

Опыты	Горизонты	В а р и а н т ы		о п ы т о в	
		I	II	III	IV
0-1	0-40	$\frac{25,26^x)}{19,19}$	$\frac{25,26}{20,87}$	$\frac{25,26}{22,44}$	$\frac{25,26}{21,23}$
	0-100	$\frac{30,18}{22,37}$	$\frac{30,18}{23,81}$	$\frac{30,18}{26,19}$	$\frac{30,18}{25,9}$
0-2	0-40	$\frac{27,05}{23,77}$	$\frac{27,05}{25,40}$	$\frac{27,05}{23,19}$	$\frac{27,05}{22,46}$
	0-100	$\frac{28,5}{27,8}$	$\frac{28,5}{25,68}$	$\frac{28,5}{24,95}$	$\frac{28,5}{27,88}$
0-3	0-40	$\frac{14,04}{9,68}$	$\frac{14,04}{8,77}$	$\frac{14,04}{9,92}$	$\frac{14,04}{10,94}$
	0-100	$\frac{16,10}{8,62}$	$\frac{16,10}{12,64}$	$\frac{16,10}{10,9}$	$\frac{16,10}{9,94}$
Колонки	0-20	$\frac{29,70}{33,8}$	$\frac{29,70}{30,75}$	$\frac{29,70}{31,68}$	$\frac{29,70}{28,96}$
	0-50	$\frac{32,52}{28,65}$	$\frac{32,52}{28,43}$	$\frac{32,52}{30,2}$	$\frac{32,52}{29,13}$
Полевой	0-40	$\frac{17,39}{18,87}$	$\frac{14,98}{19,75}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	0-100	$\frac{23,32}{23,48}$	$\frac{14,11}{16,06}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$

х) В числителе - до промывки; в знаменателе - после.

Анализ данных (табл.5) указывает на возможность снижения количества (опыт I) илистой фракции микроагрегатного состава за счет содержания гумуса, так как во всех вариантах опыта происходит его вымыв, интенсивность которого по мере роста минерализации воды снижается от 44 (на контроле) до 34 (в IУ варианте) процентов. В опыте 3 прослеживается та же тенденция.

Из сказанного можно предположить, что дренажная вода, относительная доля которой возрастала по мере повышения минерализации воды, используемой в опытах, содержит питательные элементы, которые при промывке задерживаются в почве пропорционально содержанию их в воде.

Несмотря на разную интенсивность снижения количества ила и гумуса по мере изменения минерализации в относительно однородной почве (опыт I), установлена тесная зависимость между содержанием в микроагрегатном составе почвы илистой фракции и гумуса, что можно выразить так:

$$Y = 0,067x - 0,058,$$

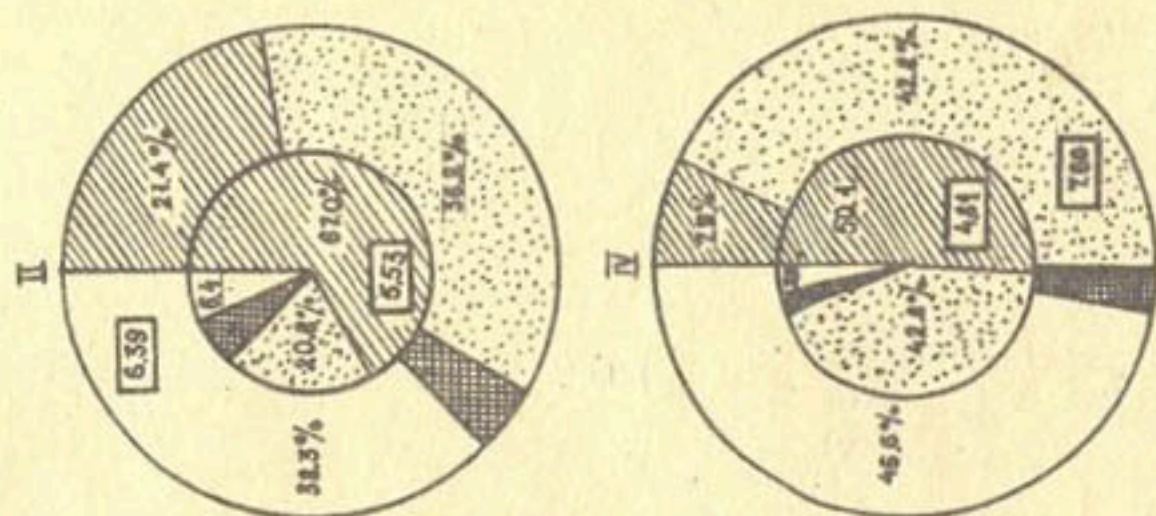
где Y — содержание гумуса в почве, % к массе;
 x — то же, илистой фракции в микроагрегатном составе

$$(r = 0,84; \quad t_{\text{теор}}^{0,95} = 2,3; \quad t_{\text{ф}} = 4,42).$$

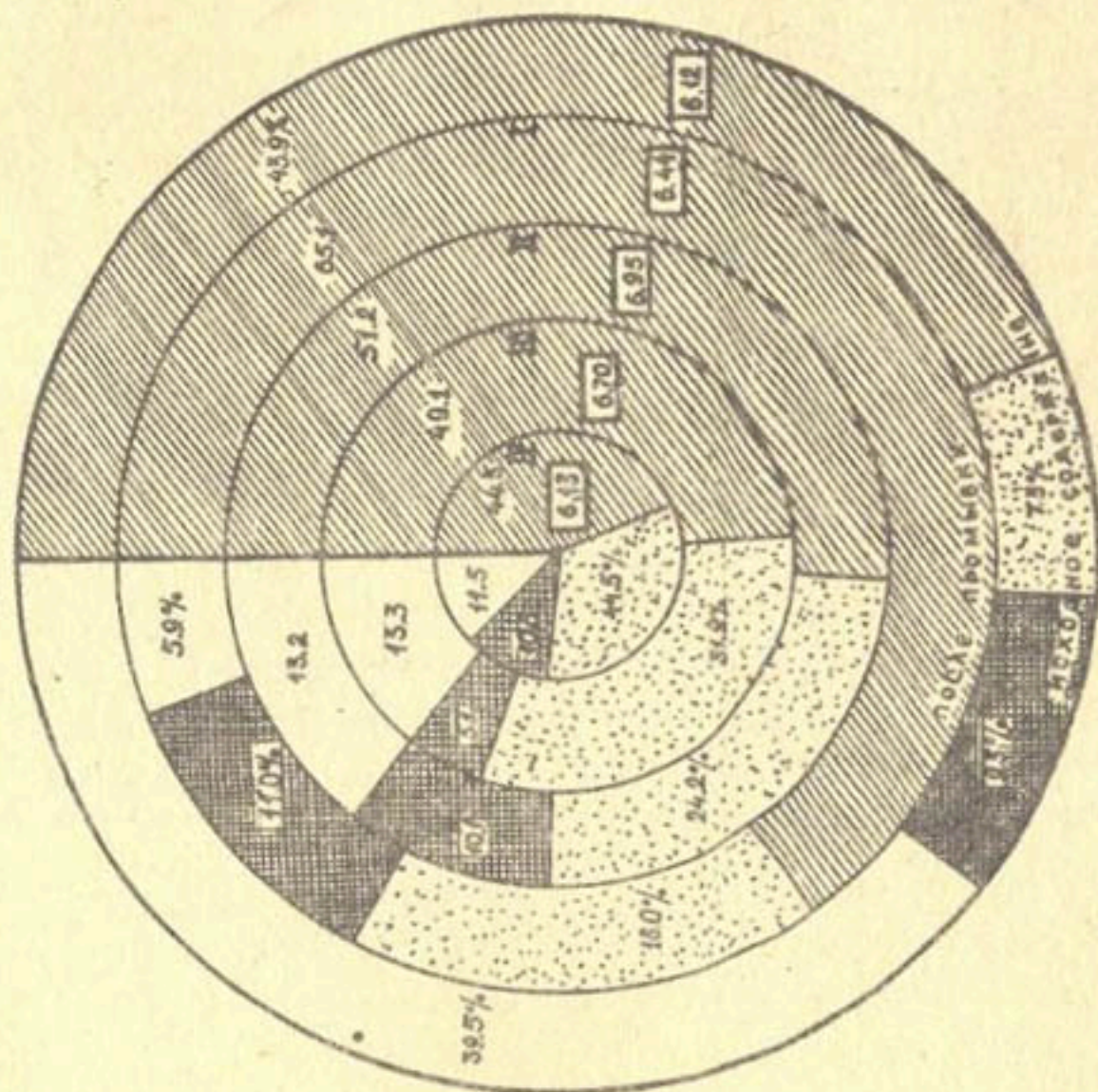
Следовательно, в этих почвах содержание илистой фракции снижается в основном за счет органических коллоидов — гумуса. Характерно, что снижение как первого, так и второго совершенно не влияет на емкость поглощения почв — свидетельство того, что поглощающий комплекс исследуемых малогумусных почв состоит, преимущественно, из минеральных частиц.

В исходном состоянии исследуемые почвы имеют весьма низкую емкость обмена. Сумма поглощенных оснований в почвах опыта I составляет 6,12 мг-экв/100 г, а в опыте 3 — в пределах 6,39–8,61 мг-экв/100 г. Низкая поглотительная способность сероземно-луговых гипсоносных почв обусловлена значительным содержанием гипса, карбонатов, недостаточной выветрелостью и гидрослюдистостью минералогического состава, незначительным содержанием илистой фракции в составе физической глины / 6 /. В более однородных почвах (опыт I; рис.4а) поглощенные катио-

Опыт 3



Опыт 1



Ca [diagonal lines] Mg [dots] K [horizontal lines] Na [white] % от суммы поглощенных оснований;
 [cross-hatch] - сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы; 1-1У - варианты опытов.
 Рис. 4. Действие промывок на поглощающий комплекс почв.

Т а б л и ц а 5

Изменение содержания гумуса в почве под влиянием промывок пресной и минерализованной водой

Номер опыта	Содержание гумуса, % к массе	Среднее в слое почвы, см	В а р и а н т ы о п ы т о в			
			I	II	III	IV
I	До промывки	0-30	0,777	0,777	0,777	0,777
		0-100	0,411	0,411	0,411	0,411
	После промывки	0-30	0,456	0,475	0,505	0,508
		0-100	0,249	0,237	0,247	0,277
	Изменение, ± % к исходному	0-30	-41	-39	-35	-34
		0-100	-39	-42	-40	-33
	Вымыв по отношению к контролю, %	0-30	100	94	85	84
		0-100	100	107	101	83
3	До промывки	0-30	0,659	0,552	0,600	0,528
		0-100	0,391	0,353	0,432	0,343
	После промывки	0-30	0,440	0,572	0,440	0,409
		0-100	0,299	0,392	0,311	0,384
	Изменение, ± % к исходному	0-30	-33	+3	-27	-22
		0-100	-23	+11	-28	+12
	Вымыв по отношению к контролю, %	0-30	100	0	73	54
		0-100	100	0	131	0

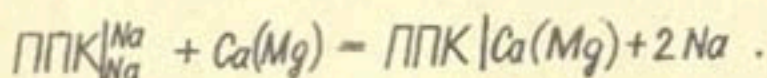
ны располагаются так: $Ca > Na > K > Mg$, причем содержание Ca составляет более 40% от суммы катионов, а Mg - всего 7,3%. Наблюдается повышенное содержание обменного натрия (около 40%), характерное для очень сильнозасоленных сероземно-луговых целинных почв Голодной степи [6], вполне объяснимое высоким содержанием катиона Na в почвенном растворе [7].

Под влиянием промывок водой с содержанием $< 1; 3; 5; 7$ г/л солей сумма поглощенных оснований почти не изменилась. На контрольном варианте резко увеличилось содержание обменного

Ca ; вхождение Ca в ППК снижалось по мере возрастания минерализации воды.

При опреснении почвы резко снизилось количество поглощенного натрия, однако прямой зависимости между ним и воднорастворимым Na не обнаружено. Содержание обменного калия осталось без существенных изменений, а количество поглощенного Mg увеличилось до 44,5%; при этом обнаружена прямая его зависимость от содержания воднорастворимого магния.

Следовательно, в опыте I при неизменной емкости поглощения произошло вытеснение обменного натрия кальцием и магнием по следующей схеме:



С повышением минерализации воды роль магния по сравнению с кальцием возрастает.

В опыте 3 (рис. 4, б) до промывки поглощенные катионы располагались в таком порядке: $Na \leq Mg > Ca > K$.

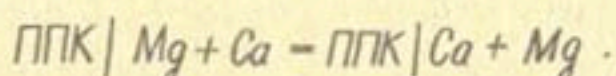
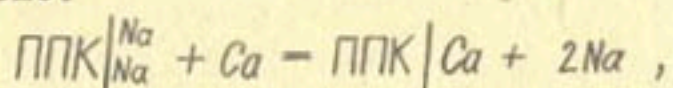
За счет пространственной пестроты почв (на площади 10 м^2 при взятии монолитов) отмечено преобладание то катионов Mg , то Na . Исходное содержание катиона Mg составляет 36,2-49,9%, натрия - 34,1-46,6, кальция - 8,5-21,4, калия - 2,7-7,5%.

Под влиянием промывок водой с содержанием $< 1; 4; 8; 12$ г/л солей емкость обмена снизилась, а сумма поглощенных оснований составила 4,66-6,09 мг-экв/100 г почвы. Содержание калия существенно не изменилось.

Анализ состава катионов показал, что при промывке в почве (опыт 3) произошло вхождение Ca в ППК при вытеснении Na и Mg . При приблизительно равном исходном содержании этих элементов натрий вытесняется более интенсивно. Однако четкого влияния минерализации воды на интенсивность вытеснения этого катиона не отмечено, в то время как для магния четко прослеживается обратная зависимость: с ростом минерализации воды интенсивность вытеснения его снижается.

Так, при существенном снижении емкости обмена (вариант IV) процентное содержание магния осталось без изменения. Сле-

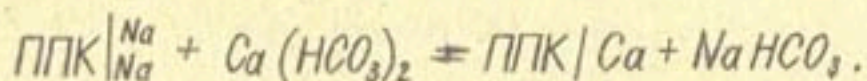
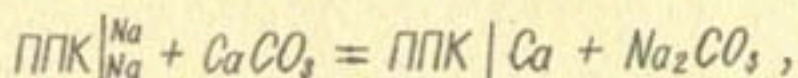
довательно, при промывках почв в опыте 3 происходили обменные реакции по схеме:



Из анализа изменений в составе обменных оснований следует, что присутствие токсичных солей натрия и магния в воде (соответственно и в почвенном растворе после промывки тормозит вхождение кальция в почвенный поглощающий комплекс и усиливает вхождение и закрепление поглощенного магния. Максимальное содержание обменного магния после промывки достигало в опытах 42,8 – 44,5% от суммы катионов при снижении соотношения $\frac{\text{Ca}}{\text{Mg}}$ до единицы.

Исследуя содержание обменного магния в целинных сероземно-луговых и наиболее плодородных почвах оазисов Средней Азии и основываясь на опытах К.К.Гедройца^{х)}, В.А.Молодцов [6] пришел к выводу, что повышенное содержание обменного магния (до 30–35%) плодородия почв не снижает.

Теоретическая основа невозможности осолонцевания исследованных почв при промывках состоит в том, что образование соды (по К.К.Гедройцу [7]) происходит при рассолонцевании натриевых солончаков, почвенный поглощающий комплекс которых насыщен натрием, а сама почва содержит карбонат (Ca CO_3) и бикарбонат ($\text{Ca (HCO}_3)_2$) кальция:



Несмотря на карбонатность исследуемых почв, указанные реакции в них невозможны из-за высокого содержания гипса (> 10% к массе), обладающего более интенсивной растворимостью, чем Ca CO_3 и $\text{Ca (HCO}_3)_2$ ^{хх)}. Вследствие этого катион

х) Гедройц К.К. Почвенный поглощающий комплекс, растение и удобрение. М., Сельхозгиз, 1935.

хх) При температуре 20°C растворимость Ca CO_3 составляет 6,5 x 10⁻² г/л, а $\text{Ca SO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ – 2,036 г/л [8].

кальция гипса (более подвижный) вытесняет вначале натрий, а затем и магний, образуя их сульфаты.

Следовательно, ни до промывки, ни после исследуемые почвы не могут быть отнесены к солонцеватым, так как повышенное содержание обменного натрия в исходных условиях при наличии в почвенном растворе натриевых солей свидетельствует о полном отсутствии солонцеватости как в карбонатной, так и бескарбонатной почве [7]. Резкое снижение обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе при промывках и вхождении в него кальция при неизменном содержании гипса в почве приводит к снижению потенциальной возможности осолонцевания. Поэтому изменения в почвенном поглощающем комплексе не отразились на водопроницаемости и микроагрегатном составе почв.

Совокупность природных свойств сероземно-луговых гипсоносных почв юго-восточной части Голодной степи (малое содержание илистой фракции с преобладанием минералогических частиц, обуславливающее низкую поглотительную способность; высокая гипсоносность) позволяет использовать дренажные воды с большим содержанием натрия для промывок.

По результатам опытов, подача на промывку значительных объемов (до 17 тыс. м³/га) минерализованных вод с содержанием до 12 г/л солей и соотношением $\frac{Na}{Ca+Mg}$ от 0,27 до 3,25 не приводит к ухудшению как водно-физических, так и физико-химических свойств супесчано-суглинистых и суглинисто-глинистых сероземно-луговых гипсоносных почв.

В период промывок вода подавляющего большинства коллекторов новой зоны орошения Голодной степи имеет минерализацию 4-8 г/л при соотношении $\frac{Na}{Ca+Mg}$ не более 1,6.

Следовательно, дренажные воды голодостепских коллекторов вполне могут быть использованы для промывок сильнозасоленных почв без отрицательных последствий.

Л и т е р а т у р а

1. Ковда В.А., Егоров В.В. Химизм засоленных и щелочных почв аридной зоны. - В кн.: Почвы аридной зоны как объект орошения. М.: Наука, 1968.

2. Reeve R.C. and Bower C.A. Use of high-salt waters as a flacculant and source of divalent cations for reclaiming sodic soils. Soil Science, August 1960, N 2.

3. Shah Muhammed; B.L.McNeal; C.A.Bower and P.F.Pratt. Modification of the high-salt water method for reclaiming sodic soils. Soil Science, 1969, Vol. 108, No. 4.

4. Кривовяз С., Рамазанов А., Широкова Ю. Минерализованная вода для промывных поливов, - Хлопководство, № 4, 1983.

5. Бэр Я., Заславский Д., Ирмей С. Физико-математические основы фильтрации воды. М.: Мир, 1971.

6. Молодцов В.А. Причины низкого плодородия сероземно-луговых почв Джизакской степи. Почвоведение, № 9, 1982.

7. Гедройц К.К. Учение о поглотительной способности почв. - Избранные научные труды. М.: Наука, 1975.

8. Теоретические основы процессов засоления-рассоления почв. Алма-Ата: Наука, 1981.

С о д е р ж а н и е

	стр.
I. Я к у б о в Х.И., С а в е л ь е в а Р.В., И к р а - м о в Р.К. - К вопросу оптимизации управления мелиоративным режимом почв в аридной зоне.....	3
2. П о л и н о в С.А., М е р и ш е н с к и й М.С. - Пу- ти рационального использования водных ресурсов в низовьях Амударьи (на примере Хорезмской области)	17
3. Н а с о н о в В.Г., З а к с И.А. - Прогноз водного режима зоны аэрации на орошаемых землях.....	2
4. Р а м а з а н о в А., У т е п о в А., К у р б а н - б а е в Е. - К вопросу орошения хлопчатника минерализованной водой в условиях ККАССР.....	39
5. У с м а н о в А., П а р е н ч и к Р.И. - К методике обоснования эффективности использования дренаж- ных вод на орошение.....	47
6. П а в л о в Г.Н. - Потери оросительной воды при по- ливах и пути их уменьшения.....	52
7. Б е л о у с о в О.М. - Основные принципы и схема рас- чета оптимального мелиоративного режима для про- ектирования мелиоративных мероприятий.....	58
8. Р а м а з а н о в А., У т е п о в А. - Опыт промывки солончаков минерализованной водой в Каракалпакс- кой АССР.....	72
9. Я к у б о в Х.И., Ж а н а л и е в Е.Д. - Солевой режим почвогрунтов толщи покровных отложений...	84
10. Г а с а н о в а Г.К. - Характеризующие возможности от- дельных показателей при оценке технического уров- ня гидромелиоративных систем с позиций комплекс- ного переустройства.....	96
II. С е в р ю г и н В.К. - Технология полива ЭДМФ "Ку- бань", обеспечивающая экономное расходование оросительной воды.....	100
12. У м а р о в П.Д. - Фильтрационный расчет комбиниро- ванного дренажа методом фрагментов.....	107
13. Б е к м у р а т о в Т.У. - Обоснование оптимального мелиоративного режима при использовании на оро- шение минерализованных дренажных вод.....	118

I4. Лунев В.Г., Ким Л.Х. - Пути снижения водопотребле- ния садов на крутых склонах.....	I25
I5. Широкова Ю. - Об изменении физико-химических свойств сероземно-луговых почв при их промыв- ке минерализованной водой в условиях дефици- та водных ресурсов.....	I30
Р е ф е р а т ы	I49

РЕФЕРАТЫ

к Сборнику научных трудов "Мелиорация земель в условиях дефицита водных ресурсов"

УДК 626.8

К вопросу оптимизации управления мелиоративным режимом почв в аридной зоне. Х.И.Якубов, Р.В.Савельева, Р.К.Икрамов.

Сборник научных трудов САНИИРИ, Ташкент, 1983, вып.169

Задачу оптимизации управления мелиоративным режимом почв предлагается решать путем регулирования поступления в корнеобитаемый слой влаги и солей от различных источников во внутригодовом разрезе. Изложен новый способ выявления источников формирования и расхода основных элементов водного баланса, базирующийся на энергетике почвенной влаги. Этим способом исследованы фактические водные балансы при различных типах мелиоративного режима.

Иллюстр.5, табл.1, библи. 9.

УДК 626.8

Пути рационального использования водных ресурсов в Низовьях Амударьи (на примере Хорезмской области) С.А.Полинов, М.С.Меришенский.

Сборник научных трудов САНИИРИ, Ташкент, 1983, вып.169.

В статье на примере Хорезмской области рассматриваются вопросы дальнейшего развития орошаемого земледелия, предлагаются пути повышения эффективности использования водных ресурсов в Низовьях Амударьи.

УДК 626.8

Прогноз водного режима зоны аэрации на орошаемых землях. В.Г.Насонов, И.А.Закс.

Сборник научных трудов САНИИРИ, вып.169, Ташкент, 1983.

Приводятся методы расчета водного режима зоны аэрации, включая корнеобитаемый слой, в межполивной период. Для этой цели рекомендуются эмпирические зависимости суммарного испарения от влажности и расхода грунтовых вод в зону аэрации.

Предложены расчетные зависимости для определения влажности дренажного стока и суммарного испарения.

Иллюстр. 1, табл. 2, биол. 5.

УДК 626.8

К вопросу орошения хлопчатника минерализованной водой в условиях ККАССР. А.Рамазанов, А.Утепов, Е.Курбанбаев.

Сборник научных трудов САНИИРИ, Ташкент, 1983. вып. 169.

Установлено, что в условиях маловодья в контуре распространения луговых суглинисто-супесчаных почв ККАССР со средней степенью засоления на орошение хлопчатника (сорт С-4727) можно использовать коллекторно-дренажные воды с минерализацией 3,5-4,0 г/л по плотному остатку.

Табл. 7.

УДК 626.8

К методике обоснования эффективности использования дренажных вод на орошение. А.У.Усманов, Р.И.Паренчик.

Сборник научных трудов САНИИРИ, Ташкент, вып.169, 1983.

Изложен принцип технико-экономического обоснования эффективности использования на орошение дренажных вод. Приводятся результаты апробации его в условиях Каршинской степи (I очередь освоения). Площади наиболее перспективного использования дренаж-

ных вод в этом водохозяйственном районе поставляют 40 тыс. га. Обобщение и анализ аналогичных проработок, выполненных для территорий Центральной Ферганы и Низовьев Сырдарьи, позволили типизировать орошаемые земли по условиям применения на орошение минерализованных вод.

Иллюстр. I, табл. I, биол. 5.

УДК 626.8

Потери оросительной воды при поливах и пути их уменьшения. Г.Н.Павлов.

Сборник научных трудов САНИИРИ, вып. I69, Ташкент, I983.

В статье рассматривается структура потерь оросительной воды при бороздковом поливе. Особо выделены безвозвратные потери, которые складываются в основном за счет излишнего водопотребления и испарения.

Показано, что наибольшее количество безвозвратных потерь приходится на зоны со средними и большими уклонами поверхности земли. Указаны основные технические решения для данной зоны — строительство закрытой оросительной сети и применение жестких поливных трубопроводов.

Табл. 2.

УДК 626.8

Основные принципы и схема расчета оптимального мелиоративного режима для проектирования мелиоративных мероприятий. О.М.Белоусов.

Сборник научных трудов САНИИРИ. Ташкент, I983, вып. I69.

В статье приводится схема расчета оптимального мелиоративного режима мелиоративного объекта, а также системы гидромелиоративных мероприятий, необходимых для его обеспечения. Данная проработка основывается на увязке проектируемой системы гидромелиоративных мероприятий с динамикой намечаемых водно-солевых процессов орошаемых земель и экономией затрат оросительной воды.

УДК 626.8

Опыт промывки солончаков минерализованной водой
в ККАССР. А.Рамазанов, А.Утепов.

Сборник научных трудов САНИИРИ, Ташкент, 1983, вып.169.

Установлено, что при первичном освоении пухлых солончаков, содержащих в метровом слое 4,64–5,61% солей (по плотному остатку), на промывку можно использовать коллекторно-дренажные воды с минерализацией до 10 г/л. При рассолении почвы до 0,08–0,10% по хлор-иону промывку следует проводить обычной водой.

Табл.8 .

УДК 626.8

Солевой режим почвогрунтов покровных отложений.
Х.И.Якубов, Е.Д.Жаналиев.

Сборник научных трудов САНИИРИ, Ташкент, 1983, вып.169.

Изложены условия формирования запасов легкорастворимых солей в покровных отложениях для районов орошения. Выявлены закономерности рассолительных процессов почв под влиянием орошения и вертикального дренажа, показана динамика переформирования запасов солей на примере опытно-производственных участков в Голодной степи.

Иллюстр. 7.

УДК 626.8

Характеризующие возможности отдельных показателей при оценке технического уровня гидромелиоративных систем с позиций комплексного переустройства.
Г.К.Гасанова.

Сборник научных трудов САНИИРИ, Ташкент, 1983, вып.169.

Предлагается оценка мелиоративных систем для назначения комплексной реконструкции.

Даны рекомендации по выбору земель (систем), подлежащих комплексному переустройству или частичной реконструкции.

УДК 626.8

Технология полива ЭДМФ "Кубань", обеспечивающая экономное расходование оросительной воды. В.К.Северюгин.

Сборник научных трудов САНИИРИ, вып.169, Ташкент, 1983.

Рассматривается технология работы дождевальной машины ЭДМФ "Кубань" в соответствии с предлагаемым режимом водоподдачи. Предлагается методика расчета технологических параметров и приводятся параметры гипербола впитывания и схемы полива.

Табл. 3, библи. 3.

УДК 626.862.4 : 626.013

Фильтрационный расчет комбинированного дренажа методом фрагментов. П.Д.Умаров.

Сборник научных трудов САНИИРИ, Ташкент, 1983, вып.169.

Рассмотрена методика расчета комбинированного дренажа с новыми конструкциями скважин-усилителей, обладающих повышенной водозахватной способностью. В предлагаемой методике наряду с конструктивными особенностями усилителей учитывается их интерференция с горизонтальной дренажной в условиях несимметричного двухстороннего притока.

Иллюстр. 1, библи. 9.

УДК 626.8

Обоснование оптимального мелиоративного режима при использовании на орошение минерализованных дренажных вод. Т.У.Бекмуратов.

Сборник научных трудов САНИИРИ, Ташкент, 1983, вып. 169.

В работе на основе многолетних натурных исследований, изучений данных литературных источников и прогнозных расчетов установлены необходимые объемы воды (при использовании на орошение минерализованных дренажных вод) для различного мелиоративного режима, которые на фоне совершенного типа дренажа обеспечивают как регулирование солевого режима почвогрунтов в зоне аэрации, так водопотребление растений.

Выявлен оптимальный мелиоративный режим для условий, подобных опытно-производственным участкам применения вертикального дренажа в Кировском районе Ферганской области, обеспечивающий минимум затрат на оросительную воду, строительство и эксплуатацию дренажа на выращивание единицы урожая.

Иллюстр. 2, табл. 1, библи. 5.

УДК 626.8

Пути снижения водопотребления садов на крутых склонах. В.Г.Лунев, Л.Х.Ким.

Сборник научных трудов САНИИРИ, Ташкент, 1983, вып. 169.

В статье описана система подпочвенно-очагового орошения сада, дана краткая характеристика почв объекта исследований, приведен расчет поливных норм с использованием коэффициента, учитывающего локальный характер увлажнения, показаны режим орошения молодого яблоневого сада, характер локального увлажнения, рост и развитие яблонь.

Табл. 2, библи. 4.

УДК 626.8

Об изменении физико-химических свойств сероземно-луговых почв при промывке минерализованной водой в условиях дефицита водных ресурсов. Ю.И.Широкова.

Сборник научных трудов СНИИРИ, Ташкент, 1983, вып.169.

Освещаются результаты экспериментальных исследований по изучению влияния промывок минерализованной водой на интенсивность впитывания и фильтрации, а также микроагрегатный состав почвы, гумус, состав и сумму поглощенных оснований. Установлено, что минерализация воды не влияет отрицательно на указанные свойства сероземно-луговых целинных гипсоносных почв.

Иллюстр. 4, табл. 5, библи. 8.