

Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР
СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
имени В. Д. Журина (САНИИРИ)

РУКОВОДСТВО

ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДРЕНАЖНЫХ ВОД
НА ОРОШЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
КУЛЬТУР И ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Ташкент — 1986

Настоящее "Руководство" составлено на основании результатов исследований САНИИРИ, АзНИИГМ, ВНИИГМ, УкраинИГМ, ТуркменНИИГМ, КазНИИГМ, Почвенного института им. Докучаева, СоюзНИИ, Союзвод-проекта и Средазгипроводхоза по проблеме ГИИТ Совета Министров СССР 052.01 (задание 03.052.01) "Разработать технологические основы использования минерализованных дренажных и морских вод для орошения с обеспечением оптимального водно-солевого режима почво-грунтов"; оно предназначено для проектных и эксплуатационных организаций Минводхоза СССР.

В данной работе обоснован принципиальный подход к оценке качества и количества дренажных вод, составу и объему мелиоративных мероприятий; изложены принципы организации и планирования использования вод, мелиоративного контроля за орошаемой территорией, а также порядок отчетности.

"Руководство" рассмотрено на заседании Ученого совета САНИИРИ (протокол № 8/82 от 4 марта 1982 г.) и одобрено НТС Минводхоза СССР (протокол № 403 от 12 июля 1983 г.).

"Руководство" разработано в САНИИРИ канд. техн. наук Х.И. Якубовым, канд. с.-х. наук А.У. Усмановым и инж. Н.И. Бронницким. Приложения составлены канд. техн. наук Р.В. Савельевой, Р.И. Паренчик и О.М. Белоусовым, канд. техн. наук Т.У. Бекмуратовым и канд. геол.-мин. наук В.Г. Насоновым.

Замечания и предложения по "Руководству" просим присылать по адресу: 700187, г. Ташкент, массив Карасу-4, дом II, САНИИРИ, отдел моделирования мелиоративных процессов.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.1. "Руководство" устанавливает принципиальные основы:

- разделения минерализованных вод на категории по условиям их формирования, отбора и подачи на поля орошения;
- качественной и количественной оценки вод, подлежащих использованию в различных природных условиях;
- учета климатических, гидрогеолого-мелиоративных и водохозяйственных условий при оценке критериев применимости вод и выборе площадей с наименьшей опасностью вторичного засоления почв;
- технико-экономического обоснования состава и объема мелиоративных и эксплуатационных мероприятий при использовании минерализованных вод на орошение и промывки;
- технологии, организации и планирования использования минерализованной воды и мелиоративного контроля за состоянием орошаемых земель, а также за качеством воды в источниках орошения.

I.2. Действие "Руководства" распространяется на все категории дренажных вод, отводимых с орошаемой территории при мелиорации сельскохозяйственных угодий и не распространяется на минеральные и термальные подземные воды, подземные воды, откачиваемые при разработке шахт и карьеров, а также на сточные воды городов и промышленных предприятий.

Зона действия настоящего "Руководства" - республики Средней Азии, Южный Казахстан и Азербайджан.

I.3. Оценка качества и количества минерализованных дренажных вод дается применительно к поверхностному способу орошения.

2. ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД В СИСТЕМЕ

2.1. Дренажные воды по условиям формирования стока делятся на две категории:

- на отводимые с мелиорируемых территорий коллекторно-дренажной сетью (горизонтальный и комбинированный дренаж всех конструкций) - "воды КДС";

- на изымаемые системой скважины вертикального дренажа - "откачиваемые воды";

В случае, когда "откачиваемые воды" отводятся коллекторно-дренажной сетью, их следует рассматривать как категорию "воды КДС".

2.2. Объем стока дренажной воды определяется гидрогеологическими условиями и мелиоративным состоянием орошаемых земель, объемом воды, подаваемой на территорию; наличием (общей протяженностью) дренажной сети и освоенностью территории, технической оснащенностью системы в целом, уровне эксплуатации и техники полива и др.

2.3. Количественная и качественная оценка земель и вод, а также определение мощности и технического состояния дренажной сети, объема и состава мелиоративных мероприятий производится по системам коллекторов или их отдельной части. Для этого на орошаемом массиве (административные области или районы) или на части его выделяются (оконтуриваются) площади, подкомандные той или иной системе коллекторов; устанавливаются технические параметры дренажа (мощность, тип, размеры и техническое состояние сети); определяются почвенно-мелиоративные условия земель (засоление почв, режим уровней и изменение минерализации грунтовых вод), а также водохозяйственные условия территории (водообеспеченность отдельных контуров, состояние оросительной системы и др.) и назначаются места возможного забора дренажных вод, которые оборудуются регулирующими сооружениями и гидрометрическими постами.

2.4. Расход воды, отбираемый из системы коллекторов или отдельной ее части, определяется по выражению:

$$Q_{рас} = \frac{\psi}{1-\alpha} Q_{ог} \pm \sum Q_0,$$

где $Q_{рас}$ - расход, отбираемый в проектируемом створе водозабора, m^3/c ;

$Q_{ог}$ - потенциальная способность дренажной системы в отводе грунтовых вод с данной площади, m^3/c ;

Q_0 - отбор дренажных вод (-) в системе выше расчетного створа или приток из других систем (+) коллекторов, m^3/c ;

ψ - коэффициент полезного действия (КПД) дренажных систем, устанавливающий степень изменения $Q_{ог}$, вызванного отклонением проектных параметров дренажа от фактических, изменением технического состояния и условий эксплуатации (заиленность, зарастаемость, периодичность очистки КДС, наличие подпоров и т.д.);

α - коэффициент, учитывающий увеличение $Q_{ог}$ за счет сбросов с полей орошения и характеризующий степень совершенства оросительной системы и уровень ее эксплуатации, а также совершенство технологии полива и др.

2.4.1. Для вновь проектируемых гидромелиоративных систем $Q_{ог} = Q_{проект}$; она определяется в соответствии с "Инструкцией по проектированию оросительных систем" (ч.УИ "Дренаж на орошаемых землях" (ВСН-П-8-74) М., Минводхоз СССР, 1975), а для систем, построенных по проекту (новоосвоенные земли с совершенными типами дренажа), можно воспользоваться проектными показателями системы.

2.4.2. На староорошаемых землях с различным техническим уровнем гидромелиоративных систем расчетные расходы $Q_{расч}$ определяются путем обработки режимных наблюдений, осуществляемых службой эксплуатации, с использованием материалов проектных и научно-исследовательских институтов. При этом в системе за $Q_{ог}$ принято считать расход, получаемый из системы, когда КДС работает без переполнения сбросными водами, при коэффициенте шероховатости, соответствующем нормативному значению (без заиления и зарастания) и с габаритами, отвечающими проектным, и обеспечен свободный (без подпора) отвод в водоприемник. В этом случае расход системы в целом или составной ее части может быть определен различными методами.

2.4.2.1. Величина Q_{ng} системы или отдельной ее части определяется путем систематического наблюдения за удельным притоком на единицу длины КДС при различных действующих напорах на характерных участках системы по зависимости

$$Q_{ng} = A_{cp} \cdot h \cdot \alpha,$$

где A_{cp} - параметр, зависящий от фильтрационных свойств почвогрунтов, густоты и размеров дренажа, а также сопротивлений, вызванных несовершенством дренажа;

$h = h_{gr} - h_{ep} - h_g$ - рабочий напор, м;

h_{gr} - глубина дрен, м;

h_{ep} - глубина грунтовых вод в середине междренья, м;

h_g - глубина наполнения воды в дрене, м;

α - протяженность КДС в системе, м.

2.4.2.2. Для выяснения средних значений рабочего напора и удельного притока дренажная система, наряду с наблюдательными колодцами, должна быть оснащена водомерными постами (рейками). Вся система необходимо привести к единым отметкам. Эпизодическими замерами (по разности отметки горизонтов воды на определенном участке дренажной системы и в наблюдательных колодцах) устанавливается размер рабочего напора и приток дренажных вод на участок. Располагая расходом, наблюдаемым на участке системы, и величиной h , можно установить значение параметра A_{cp} по выражению:

$$A_{cp} = \left(\frac{Q_1}{h_1} + \frac{Q_2}{h_2} + \frac{Q_3}{h_3} \dots \frac{Q_n}{h_n} \right) : \ell_n.$$

Здесь ℓ - учетная длина дрен или коллекторов, м;

n - количество замеров расхода (Q_n) и действующего напора (h_n).

Такие наблюдения на характерных участках системы проводятся систематически, и периодически A_{cp} уточняется.

2.4.2.3. В случае, когда в системе имеются площади с различными гидрогеологическими условиями, мощностью и параметрами дренажа, величина Q_{ng} определяется дифференцированно по площади.

Дренажный сток претерпевает резкие изменения не только в многолетнем разрезе, но и по периодам гидрогеологического года. Это связано с изменением природных (метеорологических, водохозяйственных и др.) и организационных хозяйственных условий территорий. Кроме того, степень изменчивости зависит от типа дрена-

жа и условий его эксплуатации. Поэтому значение Q_{ng} , при наличии продолжительного ряда гидрометрических наблюдений за дренажно-сбросным стоком (более 10 лет), устанавливается статистической обработкой их по общеизвестным в гидрологии методам. При коротком же ряде в расчеты необходимо принимать данные реального года по нагрузке на дренаж (дренажному стоку), близкие к средне многолетним.

При определении Q_{ng} указанным методом значения ψ и α не учитываются.

2.4.3. Величина отбора дренажных вод Q_o (-) внутри системы выше расчетного створа или притока из соседних коллекторов (+) устанавливается путем непосредственных замеров и наблюдений, проводимых эксплуатационными организациями.

2.4.4. КПД (ψ) дренажных систем устанавливается путем анализа проектных и фактических параметров дренажа и различных геологических, гидрогеолого-мелиоративных и водохозяйственных условий подкомандных площадей системы коллекторов и выражается отношением $Q_{фак}$ к Q_{ng} , т.е.

$$\psi = \frac{Q_{фак}}{Q_{ng}}$$

где $Q_{фак}$ фактически получаемый расход по системе коллекторов при существующих режимах орошения, техническом состоянии дренажа и уровне их эксплуатации.

2.4.4.1. Значение КПД в течение 1 года изменяется в широких пределах, зависит от многих факторов: от режима орошения и промывок, состава, объема эксплуатационных мероприятий и времени их проведения.

Фактическая величина КПД (ψ), определенная по существующим системам коллекторов, расположенных в различных гидрогеолого-мелиоративных условиях, для систем закрытого дренажа (дрены закрытые, коллекторы открытые) колеблется в пределах 0,7-0,9; для систем открытого дренажа - 0,6-0,8.

2.4.5. При достаточном количестве наблюдений за расходом, техническим состоянием, горизонтом воды в коллекторах и дренах и глубиной грунтовых вод на поле ве-

личина КПД (φ) горизонтального дренажа может быть определена по зависимости

$$\varphi = \frac{h - \sum \Delta h}{h},$$

где h - рабочий напор;

$\sum \Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3$ - потери рабочего напора за счет сбросных вод (Δh_1), нарушения нормальной шероховатости (Δh_2) и деформации сечения (заилиenia, обрушения и др.) дрен и коллекторов.

2.4.5.1. Переполнение (Δh_1), вызванное сбросными водами, может быть установлено гидравлическими расчетами. Для этого предварительно определяется размер сбросных вод (см. п. 2.4.6). Располагая общим расходом коллекторно-дренажной воды (установленным, в частности, в створе гидрометрического поста) и расходом без сбросных вод, гидравлическими расчетами (при нормативном коэффициенте шероховатости) устанавливаются соответствующие наполнения и их разность Δh_1 .

2.4.5.2. Сравнение наполнений, установленных гидравлическими расчетами при измеренном в створе коллектора расходе и нормативном коэффициенте шероховатости, с бытовыми средними наполнениями, установленными при том же расходе, позволит определить величину переполнения коллектора, вызванного изменением коэффициента шероховатости. Влияние деформации сечения Δh_2 (заилиenia, обрушения откосов и др.) определяется сравнением фактического поперечного сечения коллектора (установленного нивелированием) с исходным или проектным.

Наблюдения по установлению φ проводятся систематически и на характерных участках дренажной системы. В результате устанавливаются средние значения (по времени и территории), которые уточняются систематическими определениями.

2.4.6. Коэффициент (α), учитывающий увеличение фактического расхода за счет сбросов с полей орошения, устанавливается на основе материалов мелиоративных служб Управлений оросительных систем и вычисляется по формуле

$$\alpha = \frac{Q_{сбр}}{Q_{уст}},$$

где $Q_{сбр}$ - величина сбросных вод в общем дренажном стоке, $\text{м}^3/\text{с}$;

$Q_{уст}$ - устьевой расход коллектора, замеряемый на гидрометрическом посту, $\text{м}^3/\text{с}$.

2.4.6.1. Определить величину $Q_{сбр}$ прямым замером практически невозможно (из-за рассредоточения участков формирования), но ее легко установить расчленением устьевого расхода на составные части гидрохимическим методом по формуле

$$\alpha = \frac{Q_{сбр}}{Q_{уст}} = \frac{\mu_{ср} - \mu_{уст}}{\mu_{ср} - \mu_{сбр}}.$$

Здесь $\mu_{уст}$ - минерализация воды, замеренная в устье коллектора, г/л;

$\mu_{сбр}$ - минерализация сбросной (оросительной) воды, г/л;

$\mu_{ср}$ - минерализация грунтовой воды, г/л.

Сущность полевых работ по расчленению устьевого расхода дренажных систем гидрохимическим методом состоит в систематическом определении минерализации устьевой (по гидропостам) и оросительной воды, а также в гидрохимической съемке территории. По данным гидрохимических карт устанавливается средневзвешенное (по площади) значение минерализации грунтовых вод для зон обслуживания каждой системы коллекторов.

2.4.6.2. Фактические величины α , подсчитанные на системах, колеблются от 5 до 40%. Максимальные значения наблюдаются в периоды интенсивного полива и промывок, минимальные - в невегетационный период. Средний за вегетационный период доля собственно-сбросных вод в устьевом расходе, который может быть принят при расчетах, составляет 20-25%. При наличии в зоне обслуживания системы крупных площадей рисовых посевов величина α принимается в размере 30-35%.

2.5. Количество вод, откачиваемых системой скважин вертикального дренажа, устанавливается на основе режима откачек, принятого для конкретного объекта. Расчет режима откачек и его корректирование, в зависимости от изменения водохозяйственных и природно-климатических условий, производится согласно "Руководству по проектированию режима откачки систем вертикального дренажа для условий Средней Азии", утвержденному ММВХ СССР в 1976 г.

2.6. В случае, когда в системе коллекторов имеются различные типы дренажа (горизонтальный закрытый, вертикальный), построенные на различных технических уровнях или имеющие различное техническое состояние, объем воды,

подлежащий отбору в расчетном створе, определяется дифференцированно для каждого участка, а общий объем — суммированием результатов частных определений.

3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД

3.1. Пригодность оросительной воды на орошение сельскохозяйственных культур оценивают следующие основные факторы:

- опасность засоления почвогрунтов;
- опасность вторичного осолонения;
- токсичность отдельных ионов.

Количественные показатели указанных факторов устанавливаются, исходя из природно-хозяйственных, почвенно-мелиоративных и водохозяйственных (раздел 4) условий объекта орошения. Поэтому пригодность воды на орошение необходимо оценивать комплексно, но в то же время индивидуально для каждого района. Тем не менее, для первичной оценки используются несколько упрощенные схемы (классификация), характеризующие предельные значения общего содержания солей для отдельных ионов, содержащихся в оросительной воде, используемой на орошение.

3.2. В конкретных природно-хозяйственных, гидрогеологических, почвенно-мелиоративных и водохозяйственных условиях формируется вода с определенным химизмом. Поэтому химический состав вод и оценку их качества необходимо производить регионально, с учетом закономерностей изменения химического состава по мере роста общей минерализации.

3.3. Минерализованные воды по общему содержанию растворенных в них солей согласно международной классификации имеют следующую градацию:

градация:	содержание сухого остатка (г/л):
пресные	до I
слабосоленозатые	I - 3
среднесоленозатые	3 - 10
соленые	10 - 35
рассолы	> 35

3.3.1. По химическому составу солей О.А.Алекиным (1970) предложена классификация, построенная на соотношении анионов и катионов.

Все природные воды по преобладающему аниону (по эквивалентам) делятся на три класса: гидрокарбонатные и карбонатные ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$), сульфатные (SO_4^{2-}) и хлоридные (Cl^-).

3.3.2. Каждый класс по преобладающему катиону делится на три группы: кальциевую, магниевую и натриевую.

Каждая группа, в свою очередь, подразделяется на четыре типа вод, определяемых соотношением между ионами в эквивалентах:

- I - $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$
- II - $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$
- III - $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ или $\text{Cl}^- > \text{Na}^+$
- IV - $\text{HCO}_3^- = 0$.

3.4. Качество поливной воды характеризуют следующие показатели:

- сумма растворенных солей;
- количество ионов натрия;
- количество ионов хлора;
- количество солей магния;
- наличие соды;
- химический состав растворенных солей.

На основе общего содержания солей и долевого участия в них химических компонентов оценивается качество воды из условия опасности засоления и осолоноватости, а также по токсичности отдельных ионов.

3.4.1. В зависимости от типа, степени и условия формирования минерализации дренажных вод при оценке их качества можно ограничиться определением отдельных химических компонентов. При этом предварительными наблюдениями устанавливается диапазон изменения и тип минерализации, а также химический состав дренажных вод для намеченного створа водозабора. Для большинства орошаемых территорий Средней Азии можно пользоваться данными, приведенными в табл.3.1.

Таблица 3.1

Состав химических компонентов, необходимых
для оценки качества вод

Предел по общей минерализации, г/л	Предварительные химические компоненты для различных типов вод	
	сульфатный и хлоридно- сульфатный	хлоридный и сульфатно- хлоридный
< 1,0	М	М
1,0-2,5	М, ГК	М, Х, С
2,5-6,0	М, Х, С	М, Х, С, Н
6-9 и более	М, Х, С, Н	М, Х, С, Н

Примечание. М - общая минерализация воды, г/л
ГК - ионы гидрокарбоната;
С - ионы сульфатов;
Х - ионы хлора;
Н - ионы натрия.

Оценка дренажной воды по опасности
засоления почвогрунтов

3.5. Наиболее важный критерий оценки пригодности воды на орошение - опасность появления вторичного засоления почвогрунтов. Большинство сельскохозяйственных культур во время роста и развития реагирует на общую концентрацию воды (осмотический эффект). Но некоторые растения особенно чувствительны к отдельным токсичным ионам, и для них абсолютная засоленность может не быть достаточным критерием для оценки пригодности воды для орошения.

Увеличение содержания солей в оросительной воде приводит к повышению минерализации почвенного раствора. Темпы накопления солей зависят от величины промывной доли оросительной нормы. С другой стороны, величина и химический состав промывной доли оросительной воды зависят от водно-физических, физико-химических свойств почвы, искусственной и естественной дренажности территории.

Поэтому существует множество классификаций, учитывающих тот или иной процесс. Многолетние исследования и обобщения литературных данных позволили рекомендовать классификацию дифференцированную - по химическому составу воды (табл. 3.2).

3.5.1. Для сульфатно-хлоридного (от сульфатного до хлоридного) типа минерализации дренажных вод рекомендуется классификация качества воды для применения на орошение в условиях Средней Азии (табл.3.2). В ней учитываются общая минерализация, ионный состав и их соотношение и рекомендованы условия применения дифференцированной по качеству воды.

В целях удобства для практического использования составлен график зависимости ирригационного коэффициента от общей минерализации (рис.3.1). Предлагаемая классификация в пределах указанных градаций и типов минерализации воды исключает необходимость проверки их качества по натриевой опасности. Предлагаемая классификация составлена с учетом верхнего предела применимости дренажной воды по опасности осолонения почвы.

Оценка качества воды по влиянию на
осолонение почвы

3.6. Наиболее вредны для растений и почвы соли натрия. Высокая концентрация в воде ионов натрия может вызвать осолонение почвы и отрицательно воздействует на рост и развитие растений, особенно чувствительных к натрию (плодовые деревья). Существующие классификации вод основаны, главным образом, на воздействии натрия на физические свойства почв. Из большого количества рекомендаций наиболее проверенные предлагаются для практического использования.

3.6.1. Наиболее распространенной формулой для определения концентрации в воде ионов натрия является зависимость, предложенная И.Н.Антиповым-Каратаевым и Г.М.Кадер:

$$K = \frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{Na + 0,236},$$

где С - минерализация воды, выраженная в г/л; содержание в воде катионов выражено в мг-экв.

При $K > 1$ осолонения почвы не происходит, т.е. обеспечи-

Классификация качества дренажных вод по химическому составу

Группа по качеству воды	Градация качества воды	Содержание солей, г/л, при различных Cl^-/SO_4^{2-}						Условия применения
		до 0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2	
I	2	3	4	5	6	7	8	9
I	Хорошее	$\leq 1,0$ $< 0,05$	$\leq 0,8$ $< 0,1$	$\leq 0,6$ $< 0,1$	$\leq 0,4$ $< 0,1$	$\leq 0,3$ $< 0,1$	$\leq 0,2$ $< 0,1$	Можно использовать много лет без специальных мероприятий по предупреждению накопления солей
II	Удовлетворительное	$1,0-2,5$ $0,05-0,2$	$0,8-2,0$ $0,1-0,25$	$0,6-1,5$ $0,1-0,3$	$0,4-1,0$ $0,1-0,3$	$0,3-1,0$ $0,1-0,3$	$0,2-0,6$ $0,1-0,3$	Необходимо использовать при высокой пронируемости (искусственной или естественной) территории ежегодными профилактическими поливами, предупреждающими постепенное накопление солей
III	Слабоудовлетворительное	$2,5-6,0$ $0,2-0,5$	$2,0-5,0$ $0,25-0,8$	$1,5-4,0$ $0,3-0,9$	$1,0-3,5$ $0,30-1,0$	$1,0-3,0$ $0,3-1,1$	$0,6-2,5$ $0,3-1,1$	Можно использовать при весьма высокой пронируемости территории с ежегодными промывками и преимущественно на легких почвах

Продолжение табл. 3.2.

I	2	3	4	5	6	7	8	9
IV	Плохое	$\geq 6,0$ $> 0,5$	$\geq 5,0$ $> 0,8$	$\geq 4,0$ $> 0,9$	$\geq 3,5$ $> 1,0$	$\geq 3,0$ $> 1,1$	$\geq 2,5$ $> 1,1$	Практически не пригодны для орошения, но в исключительных случаях (на легких почвах с достаточным дренажем) в пределах, не превышающих нормы солеустойчивости и с учетом фазы развития растений, можно использовать на последних поливах

Примечание. Числитель — общая минерализация воды, г/л;
знаменатель — содержание хлора, соответствующее данной минерализации, г/л.

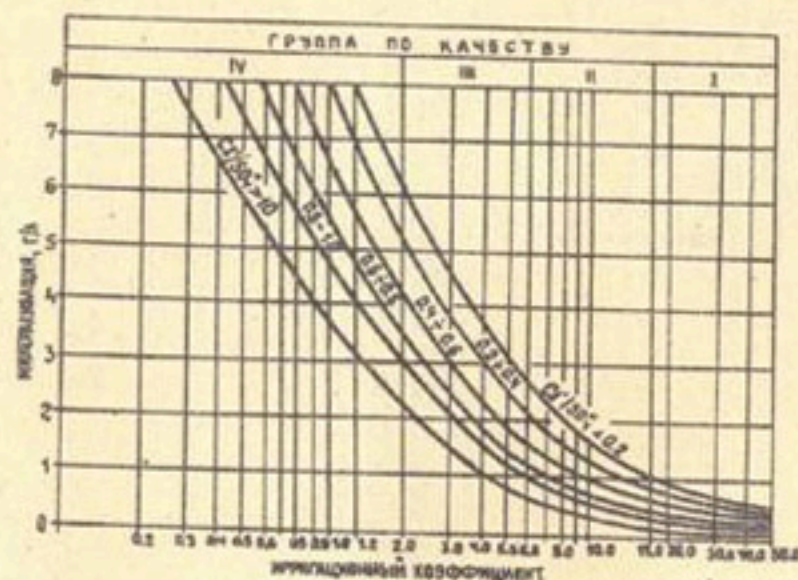


Рис. 3.1. Зависимость ирригационного коэффициента от общей минерализации при различных соотношениях Ca^{2+}/SO_4^{2-} .

вается ионо-обменное равновесие между водой и контактируемой с ней почвой; при $K < I$ вода считается непригодной для орошения.

3.6.2. В зарубежной практике для оценки качества оросительной воды по опасности осолонения применяют натриевое адсорбционное отношение (SAR), которое показывает относительную активность ионов натрия, взаимодействующего с глиной. Оно определяется по формуле

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

При значении SAR менее 10 опасность осолонения почв при орошении малая; величина его в пределах 10–18 характеризует среднюю опасность, в пределах 18–25 – высокую; при значении, превышающем 25, опасность засоления очень высокая.

3.6.3. В ряде случаев оценку возможности использования минерализованных коллекторно-дренажных вод для орошения следует проводить с учетом емкости почвенно-поглощающего комплекса (И.П. Аядаров, А.И. Корольков, 1980).

Для атоморфного и гидроморфного мелиоративных режимов предельные значения минерализации воды, пригодной для орошения, с учетом ШК рекомендуется устанавливать по рис. 3.2.

3.6.4. В последнее время в США (Бауэром, Мэслендом) предложен новый подход к оценке качества воды, учитывающий дополнительный эффект от наличия кальция в почвах:

$$SAR^* = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} [1 + (8.4 - pH_c)],$$

где 8.4 – приблизительный pH безнатриевой почвы в зависимости от $CaCO_3$; $pH_c = (pK_2 - pK_c) + p(Ca^{2+} + Mg^{2+}) + pA_{cK}$;

$K_2; K_c$ – вторая константа распада H_2CO_3 с константой растворимости $CaCO_3$ соответственно;
 $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ и $(CO_3 + HCO_3)$ – грамм-молекулярная концентрация соответствующих ионов;

P – относится к отрицательному логарифму.

Абсолютные значения pH_c определяются с помощью табл. 3.3.

При SAR^* меньше 6 осолонения почвы не происходит; при SAR^* равном 6–9 возможно постепенное накопление в ней солей; при $SAR^* > 9$ – осолонение. Величина SAR^* может быть

Среднее значение pH_c в зависимости от
— суммы катионов и анионов —

Таблица 3.3

$\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{Na^{++}}$ мг-экв/л	$\rho K_2 - \rho K_c$	$Ca^{++} + Mg^{++}$ мг-экв/л	$\rho(Ca^{++} + Mg^{++})$	$CO_3^{--} + HCO_3^{-}$ мг-экв/л	$\rho_{\text{Алк}}$
0,5	2,11	0,05	4,60	0,05	4,30
0,7	2,12	0,10	4,30	0,10	4,00
0,9	2,13	0,15	4,12	0,15	3,82
1,2	2,14	0,20	4,00	0,20	3,70
1,6	2,15	0,25	3,90	0,25	3,60
1,9	2,16	0,32	3,80	0,31	3,51
2,4	2,17	0,39	3,70	0,40	3,40
2,8	2,18	0,50	3,60	0,50	3,80
3,3	2,19	0,63	3,50	0,63	3,20
3,9	2,20	0,79	3,40	0,79	3,10
4,5	2,21	1,00	3,30	0,99	3,00
5,1	2,22	1,25	3,20	1,25	2,90
5,8	2,23	1,58	3,10	1,57	2,80
6,6	2,24	1,98	3,00	1,98	2,70
7,4	2,25	2,49	2,90	2,49	2,60
8,3	2,26	3,14	2,80	3,13	2,50
9,2	2,27	3,90	2,70	4,00	2,40
11,0	2,28	4,97	2,60	5,00	2,30
13,0	2,30	6,30	2,50	6,30	2,20
15,0	2,32	7,90	2,40	7,90	2,10
18,0	2,34	10,0	2,30	9,90	2,00
22,0	2,36	12,5	2,20	12,5	1,90
25,0	2,38	15,8	2,20	15,7	1,80
29,0	2,40	19,8	2,00	19,8	1,70
34,0	2,42				
39,0	2,44				
45,0	2,46				
51,0	2,48				
59,0	2,50				
67,0	2,52				
76,0	2,54				

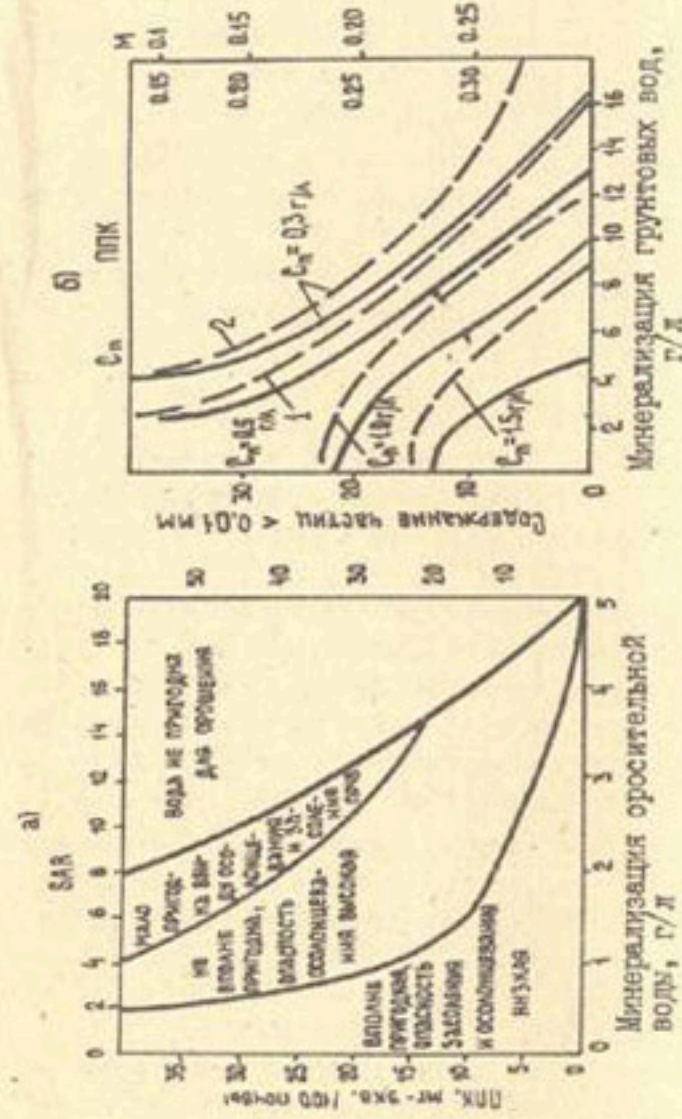


Рис. 3.2. Классификация оросительных вод (условия автоморфные - а; гидроморфные - б): 1 - промывной режим (0,1 - 0,25) ($\dot{U} + I_p$); 2 - промывной режим (0,15 - 0,30) ($\dot{U} + I_p$).

уменьшена путем увеличения содержания кальция в оросительной воде.

Необходимо отметить, что приведенная схема мало приемлема для оценки качества сульфатно-хлоридного типа дренажных вод, используемых на почвах этого же типа засоления.

3.6.5. Бикарбонат натрия в оросительной воде, осаждая Ca^{2+} и несколько меньше Mg^{2+} , нарушает катионное равновесие и увеличивает опасность натриевого засоления.

Оценка проводится по величине "остаточного карбоната натрия", определяемого по разности между щелочностью и суммой ионов кальция и магния, выраженных в мг-экв/л;

$$\text{ОКН} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}).$$

Вода, содержащая ОКН $> 2,5$ мг-экв/л, для орошения не пригодна; при ОКН равной 1,25-2,5 мг-экв/л - пригодна, а с содержанием ОКН $< 1,25$ мг-экв/л считается безопасной для орошения.

Качество воды по опасности содового засоления оценивается по величине содержания в ней нормальной соды (Na_2CO_3). Вода, содержащая менее 0,3 мг-экв/л нормальной соды, считается безопасной для орошения; 0,3-0,6 мг-экв/л - пригодной для орошения; более 0,6 мг-экв/л - непригодной для орошения земель без их мелиорации гипсом или другими кальциевыми солями.

3.6.6. Одним из критериев качества оросительной воды является процентное содержание в ней магния. Содержание магния в оросительной воде лучше характеризуется формулой (выражено в процентах)

$$\text{Mg}^{\%} = \frac{\text{Mg}^{2+}}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}} \cdot 100.$$

Магний вредно воздействует на почвы, когда содержание его в оросительной воде выше 50% суммы кальция и магния (катионы выражены в мг-экв/л).

Оценка воды по токсичности отдельных ионов и микроэлементов

3.7. Наличие токсичных ионов в воде отрицательно сказывается на росте и развитии растений. По специфической ионной опас-

ности выделяют хлоридную, натриевую и борную; опасность для растений представляет также наличие в воде, хотя и в меньших количествах, микроэлементов и пестицидов.

3.7.1. Ион хлора особенно токсичен для древесных насаждений; встречается в почве и воде вместе с натрием в виде солей NaCl . Ион натрия также специфично токсичен по отношению к древесным насаждениям. Поэтому, определив токсичность по хлору (в случаях, когда иона хлора меньше, чем натрия), одновременно вводит ограничение в возможность употребления воды из-за токсического воздействия содержащегося в ней натрия.

3.7.1.1. За порог токсичности по хлору может быть принято содержание его в оросительной воде, равное 0,3 г/л (согласно предложенной классификации по табл.3.2). Кроме того, хлоридная опасность оценивается по "потенциальной солености оросительных вод", введенной Данееном, которая характеризуется выражением $\text{Cl}^- + \frac{1}{2} \text{SO}_4^{2-}$ (в мг-экв/л). Вода со значением этого показателя 5-20 мг-экв/л может быть использована для почв с хорошей водопроницаемостью; 3-15 - средней; 3-7 - низкой.

3.7.2. В практике орошаемого земледелия существует оценка качества воды по наличию иона бора. Последний токсичен для многих растений, но небольшое содержание бора в почве стимулирует их рост и развитие. Д.К.Стромберг считает, что оросительная вода с содержанием бора ниже 0,5 мг/л удовлетворительна для большинства культур; от 1 до 2 мг/л - не влияет на рост и развитие полустойких культур (бобы, томаты, кукуруза, пшеница, ячмень, хлопчатник, картофель и др.), но понижает урожаи у менее стойких (лимоны, апельсины, персики и др.); от 2 до 10 мг/л - удовлетворительна лишь для стойких культур (морковь, салат, капуста, лук, люцерна, сахарная и кормовая свекла).

3.7.3. Наличие одних микроэлементов в оросительной воде может положительно воздействовать на рост и развитие растений, других - отрицательно. При длительном орошении водой, содержащей токсичные микроэлементы, последние вступают в реакцию с почвой. В связи с этим содержание микроэлементов увеличивается

до токсичного для растений уровня. Допустимые величины содержащихся в оросительной воде микроэлементов, принятые на практике в сельском хозяйстве США, приводятся в табл.3.4.

Таблица 3.4

Рекомендуемые максимально допустимые концентрации микроэлементов в оросительной воде

Элемент	Для вод, используемых постоянно на почвах всех типов, мг/л	Для использования в течение 20 лет на медковернистых почвах (рН = 6,0-8,5), мг/л
	1	3
Алюминий	5,0	20,0
Мышьяк	0,1	2,0
Бериллий	0,1	0,5
Б о р	0,75	2,0
Кадмий	0,01	0,05
Хром	0,1	1,0
Кобальт	0,05	5,0
М е д ь	0,2	5,0
Фтористые соединения	1,0	15,0
Железо	5,0	20,0
Свинец	5,0	10,0
Литий	2,5	2,5
Марганец	0,20	10,0
Молибден	0,01	0,05
Никель	0,20	2,0
Селен	0,02	0,02
Ванадий	0,1	1,0
Цинк	2,0	10,0

Примечание. Разработаны на основе исследований песчаных почв со слабой способностью реагировать с данными элементами; продолжительность использования воды для целей орошения не менее 100 лет.

3.8. Во всех случаях использование дренажных вод должно сопровождаться разработкой и проведением комплекса мелиоративных мероприятий по предупреждению вредных последствий, заключающихся, главным образом, в потере урожая и вторичном засолении почв.

Состав и объем мероприятий в зависимости от градации качества воды определяются почвенно-гидрогеологическими условиями, наличием водных ресурсов и организационно-хозяйственными условиями территорий.

4. ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ УСЛОВИЯ ПРИМЕНИМОСТИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД НА ОРОШЕНИЕ И ПРОМЫСКИ

4.1. Наиболее важными факторами, определяющими допустимую минерализацию воды, используемой для орошения, следует считать:

- природно-климатические условия объекта орошения;
- гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия;
- водохозяйственные условия;
- агротехнический комплекс, применяемый для выращивания сельскохозяйственных культур;
- состав выращиваемых сельскохозяйственных культур и их солеустойчивость.

4.1.1. Каждый из факторов характеризуется определенными показателями, состав которых зависит от региональных особенностей объекта орошения, технологии и объема использования дренажных вод на орошение.

Показатели, характеризующие природно-климатические условия: объекты орошения, тепло- и влагообеспеченность, испаряемость; гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия: геофильтрационная характеристика, естественная дренированность территорий, режим уровня и минерализация грунтовых вод, дренированность зоны аэрации, тип почвы, степень и тип засоления почвогрунтов; водохозяйственные условия: характеристика источников

1 2 3 4 5 6 7 8
 Аэроморфный Боле 5 Боле 10 1-2 0,05-0,15 15 85:15

Районы с природным авто-
 морфным режимом, с глубокими
 грунтовыми водами до оржения,
 пресными почвами. Адвенталь-
 ные террасы на платформах,
 водораздельные равнины.

Примечание. И - суммарное испарение;
 В - водоподдача;
 С - суммарный сток.

Таблица 4.2

Типизация почвенного профиля по категориям дренируемости
 с учетом склоности

Характеристика механичес- кого состава почвопрофилей: верхнего горизонта 30- 100 см	Характеристика механического состава почвопрофилей нижнего подстилаемого горизон- та 100 - 200 см		Средний суглинок со слабо-Тяжелый сугли- водопроницаемыми прослоями нук. глина	
	песок	суглинок	суглинок	суглинок
Весок (только- и среднезер- нистый, бараный)	1 - в	1 - б	1 - б	2 - б
Суглинок и легкий суглинок	1 - в	2 - в	2 - б	2 - б
Средний суглинок	2 - а	2 - а	3 - а	3 - в
Тяжелый суглинок, глина	3 - а	3 - а	3 - а	4 - а
			3 - б	4 - б
			3 - б	4 - б
			3 - б	4 - б
			4 - а	4 - в

Примечание. 1 - интенсивно-дренируемый; 2 - дренируемый;
 3 - слабодренируемый; 4 - плоходренируемый;
 а - почвенные профили, утяжеленные по механичес-
 кому составу снизу вверх;
 б - облегчающиеся по механическому составу снизу вверх;
 в - относительно однородные по механическому составу.

Наиболее благоприятными для использования минерализованных вод является первая и вторая категории дренируемости почвогрунтов; третья – менее благоприятна, но в крайних случаях можно использовать. На землях с четвертой категорией дренируемости почвогрунтов использовать минерализованные воды на орошение не рекомендуется.

4.1.4. Способность растений осуществлять полный цикл индивидуального развития на засоленной почве и давать в этих условиях урожаи, удовлетворяющие практику сельского хозяйства (В.П. Строганов, 1958), называют агрономической солеустойчивостью.

Солеустойчивость растений изменяется в процессе онтогенеза (развития): наименьшая отмечается в период проростков, далее, по мере прохождения фаз развития, увеличивается. Верхний предел концентрации солей в почве, при котором растения, в частности хлопчатник, могут произрастать, варьирует в широких пределах: по хлору – от 0,03 до 0,065%, по сухому остатку – от 0,5 до 1,3% и более. Эти границы зависят от множества факторов: типа засоления почвы, состава и соотношения солей, сорта хлопчатника, фазы его развития и др.

Разные сельхозкультуры (табл. 4.2) имеют различную солеустойчивость. Наиболее практичным является выражение количественных показателей солеустойчивости в относительных снижениях урожайности сельскохозяйственных культур (табл. 4.3).

Обобщение имеющихся полевых опытов и рекомендации различных авторов по использованию минерализованных вод на орошение позволили установить зависимость урожайности отдельных сельскохозяйственных культур от минерализации поливных вод (хлопчатник, рис и кормовые культуры) и концентрация почвенного раствора (хлопчатник) (рис. 4.1; 4.2; 4.3; 4.4).

5. РАЗРАБОТКА МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД НА ОРОШЕНИИ И ПРОМЫВКИ

5.1. Полная или частичная ликвидация отрицательных последствий, выражающихся, в основном, во вторичном засолении и осолохнении почв и потерях урожаев сельскохозяйственных культур

Таблица 4.3

Солеустойчивость культур, оцененная по электропроводности (в ммс/см при 25°C) водной вытяжки, при которой происходит снижение урожая (по Берштейну, ША), %

Культура	Снижение урожая, %			Культура			Снижение урожая, %		
	10	25	50	10	25	50	10	25	50
Полевые культуры									
Ячмень	12	16	17,5	Бермудская трава	13	16	18		
Сахарная свекла	10	13	16	Высшая зап. трава	11	15	18		
Хлопчатник	10	12	16	Высотравья "Фессо"	7	10,5	15		
Пшеница	7	10	14	Ячменное семя	8	11	13,5		
Сорго	5,5	9	12	Лещина	3	5	8		
Соя культурная (соевые бобы)	5	7	9	Клевер (шведский, гибридный, красный)	2	2,5	4		
Рис (культура риса)	5	6	8	Огородные культуры					
Кукуруза	5	6	6,5	Помидоры	4	6,5	8		
Земляные орехи	3,5	4	4,5	Картофель	2,5	4	6		
Бобы	1	1,5	2,5	Салат	2	3	5		
				Перец (горошек)	2	3	5		
				Лук	2	4	4,5		
				Морковь	1,5	3	4		

Примечание. 1 ммс/см ориентировочно равен 0,62 г/л.

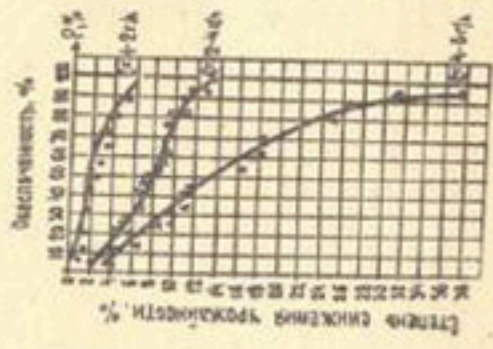


Рис. 4.1. Кривые обеспечения относительного снижения урожайности хлопчатника при поливе оросительной водой различной минерализации.

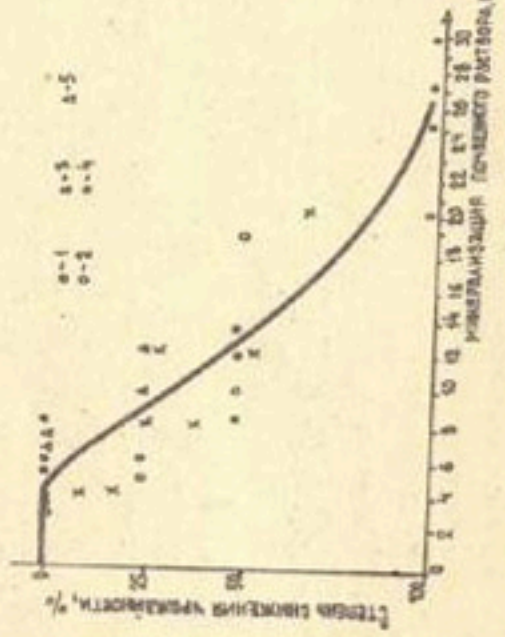


Рис. 4.2. Относительное снижение урожайности хлопчатника при различных концентрациях почвенного раствора: 1 - данные Рыкова; 2 - Международного руководства; 3 - Ковды; 4 - Минина; 5 - Егорова.

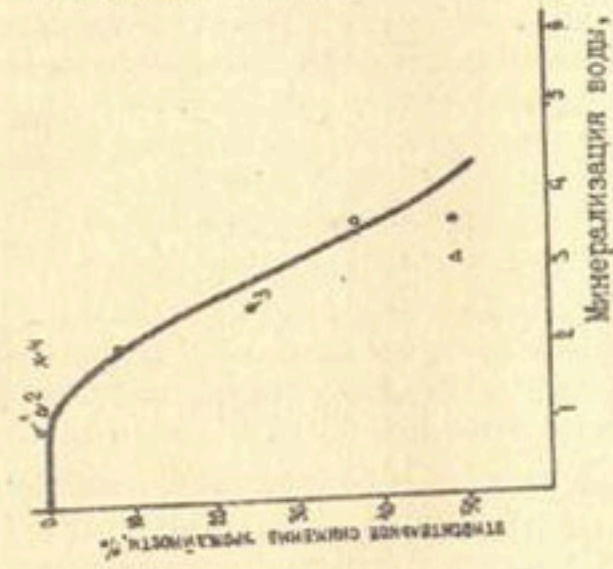


Рис. 4.3. Снижение урожайности риса при поливе минерализованной водой: 1 - данные И.С. Рабочего; 2 - Г.А. Рау; Джумабекова, Т. Айдарова; 3 - Международного обзора (Бернштейн); 4 - В.А. Ковды, П.Г. Алексеева, А.С. Андрюшина.

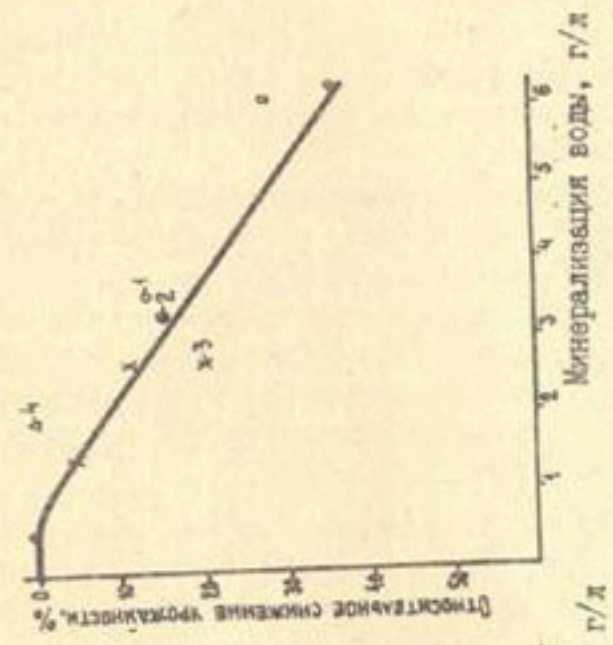


Рис. 4.4. Снижение урожайности кормовых культур при поливе минерализованной водой: 1 - данные И.С. Рабочего (кукуруза, суданская трава), 1973г.; 2 - Заменгурала (суданская трава), 1978г.; 3 - Т.А. Ибрагимова (кукуруза, сорго), 1978г.; 4 - Г.А. Рау, А.В. Джумабекова и др. (ячмень, люцерна), 1978г.

тур, осуществляется комплексом мелиоративных мероприятий, которые включают:

- повышение поливных и оросительных норм;
- производство профилактических (эксплуатационных) и капитальных промывок;
- повышение искусственной дренированности территорий;
- внесение химических мелиорантов в почву или воду для борьбы со вторичным осолонцеванием;
- оперативный контроль за качеством и количеством используемых вод и мелиоративным состоянием орошаемых земель;
- повышение солеустойчивости растений и снижение темпов накопления солей в почве (агротехнические мероприятия, внесение химических элементов и др.).

5.2. Оптимальное сочетание состава и объема мелиоративных мероприятий определяется из условия регулирования водно-солевого режима орошаемых земель на основе технико-экономических расчетов.

5.3. Регулирование водно-солевого режима в зависимости от качественных показателей используемой воды, природно-хозяйственных условий объектов орошения и степени их водообеспеченности может быть проведено по периодам гидрологического года:

- в вегетационный период;
- в цикле орошения гидрологического года;
- в многолетнем цикле орошения.

При всех условиях регулирования достигается солевое равновесие в конце каждого периода. Содержание солей в зоне аэрации не должно превышать исходной степени засоления, т.е. накопившиеся соли удаляются внутри периода.

5.3.1. Регулирование водно-солевого режима почвогрунтов в вегетационный период достигается путем увеличения оросительной нормы или количества поливов (учащенные поливы) в пределах, которые допускают почвенно-мелиоративные, гидрогеологические, водохозяйственные условия объекта орошения.

5.3.1.1. Наиболее приемлемый метод для практики ведения сельскохозяйственного производства - проведение поливов повышенной нормой. Степень завышения против обычных норм зависит от

минерализации поливных вод, почвенно-мелиоративных условий почвогрунтов зоны аэрации и суммарной дренированности (естественной и искусственной) территории, а также от условия уязкости производительности труда при поливах с послеполивной обработкой почв.

Чрезмерное завышение поливных норм затягивает периоды проведения поливов, увеличивает величину непроизводительных сбросов воды с полей орошения и способствует вымыванию из корнеобитаемой зоны почвы в нижние горизонты питательных элементов и внесенных удобрений. Поэтому величина завышения поливных норм против плановых не должна превышать 30-50 %, соответственно при тяжелом и легком механическом составе почвогрунтов зоны аэрации.

5.3.1.2. Проведение учащенных поливов направлено на снижение концентрации почвенного раствора и проводится с предполивной влажностью равной 0,8 НВ (наименьшая влагоемкость). Этот способ регулирования концентрации почвенного раствора применим при поливах водами с относительно низкими минерализацией (до 2 - 3 г/л) и степенью засоления почвогрунтов (слабозасоленных). Однако он не всегда возможен из-за ухудшения аэрации почв и организационно-хозяйственных трудностей, связанных со своевременным поливом и послеполивными обработками, а также со значительным использованием трудовых ресурсов в наиболее напряженные периоды вегетации.

5.3.1.3. Оросительная норма и распределение ее в течение вегетационного периода принимается из установленного режима орошения для данных условий; коррективы вводятся с учетом основных положений, изложенных в п.5.3.1.

Размер увеличения оросительной нормы не должен превышать 20-30% проектной ее величины (не более 1-2 поливов).

5.3.2. Регулирование водно-солевого режима почвогрунтов в годовом цикле орошения достигается путем ликвидации частичного сезонного накопления солей в зоне аэрации в оросительный период с последующим удалением избытка в невегетационный период путем проведения профилактических (эксплуатационных) промывок.

5.3.3. Регулирование водно-солевого режима почвогрунтов в многолетнем цикле орошения проводится в крайних случаях, когда маловодные годы повторяются от двух и более лет и минерализованные дренажные воды являются основным источником орошения для данного массива. Накопившиеся в зоне аэрации соли удаляются ежегодными профилактическими промывными поливами и промывками повышенной нормой в конце расчетного периода не реже, чем через 2-3 года.

5.4. Установлено, что при поливах водой, откачиваемой из скважин вертикального дренажа, интенсивность впитывания почвой влаги более высокая (за счет освещенности и температуры воды), чем при поливах обычной артезианской водой. В этом случае для достижения равномерности увлажнения всего поля при сохранении головного расхода и длины борозды необходимо увеличить поливную норму на 25-30 % против обычной.

5.5. Профилактические (эксплуатационные) и капитальные промывки проводятся как "пресной" речной водой, так и минерализованной дренажной. При капитальных промывках минерализованной водой последний такт (при дробных подачах нормы) должен проводиться "пресной" водой.)

5.5.1. Размеры промывных норм в каждом конкретном случае устанавливаются в зависимости от степени и характера засоления почвогрунтов и их водно-физических свойств, от глубины залегания уровня грунтовых вод и дренированности территорий, от площадей, охватываемых промывками, и температурных условий.

Технология проведения промывок, методы расчета и рекомендации по отдельным регионам приводятся в специальных "Указаниях по проведению промывок на засоленных землях" (М., Колос, 1972).

5.6. Использованию минерализованных вод для орошения и промывок должны предшествовать прогнозы водно-солевого режима почв зоны аэрации орошаемого массива, количества и качества дренажного стока с тем, чтобы установить продолжительность использования поливных, оросительных и промывных норм и оптимальные их сочетания. Расчеты проводятся согласно "Инструкции по проектированию оросительных систем" (ч.УШ "Дренаж на орошаемых землях" М., 1976) и приложениям 2 и 5).

При наличии достаточных исходных данных, особенно при проектировании орошения на базе минерализованных вод, солевой режим почвогрунтов зоны аэрации рекомендуется рассчитывать по зависимостям, полученным на основе решения уравнений физико-химической гидродинамики. В случае гидроморфного и полуавтоморфного режима почвообразования расчет производится следующим образом.

5.6.1. В оросительный период для расчета относительного изменения среднего содержания солей ($\bar{n}_{cp}$) в зоне аэрации в конце l -го полива по отношению к состоянию перед поливом используется следующая зависимость:

$$\bar{n}_{cp l} = \frac{\bar{n}_{cp}^{(l)}}{\bar{n}_{cp}^{(0)}} = \frac{1}{1 - \bar{t}_l} \cdot \frac{\left[\frac{[1 - \exp(-2Pe(t - \bar{t}_l))]^2}{1 - e^{-2Pe}} + \bar{n}_{cp} \left[2Pe(t - \bar{t}_l) - \frac{[1 - \exp(-2Pe(t - \bar{t}_l))]^2}{1 - e^{-2Pe}} \right] \right]}{(1 - e^{-2Pe}) + \bar{n}_{cp} (2Pe - 1 - e^{-2Pe})} \cdot e^{-2Pe \bar{t}_l}$$

Для расчета относительного изменения среднего содержания солей в зоне аэрации в конце j -го межполивного периода по отношению к состоянию в конце предшествующего полива используется зависимость

$$\bar{n}_{cp j} = \frac{\bar{n}_{cp}^{(j)}}{\bar{n}_{cp}^{(0)}} = \frac{1}{1 + \bar{t}_j} \left[\frac{e^{2Pe(t + \bar{t}_j)} - 1}{e^{2Pe} - 1} \right] e^{2Pe \bar{t}_j} \quad (2)$$

В формулах (1) и (2):

$$\bar{n}_{cp l} = \frac{n_{cp}}{\bar{n}}, \quad \bar{t}_l = \frac{M_l}{\bar{x}_l \cdot M}; \quad \bar{t}_j = \frac{M_j}{\bar{x}_{l+j} \cdot M};$$

$\bar{n}_{cp}^{(l)}$ - среднее содержание солей в зоне аэрации до l -го полива;

$\bar{n}_{cp}^{(l)}$ - то же, после l -го полива;

$\bar{n}_{cp}^{(j)}$ - то же, перед j -м межполивным периодом;

$\bar{n}_{cp}^{(j)}$ - то же, в конце j -го межполивного периода;

$\bar{n}_{cp l}$ - минерализация поливной воды в l -м поливе, г/л;

- $\bar{n}_f$ - минерализация грунтовой воды в конце межполивного периода (рассчитывается);
 $\bar{x}_{i-1}$ - уровень грунтовых вод в конце ($i-1$)-го полива (рассчитывается);
 $\bar{x}_i$ - то же, в конце i -го межполивного периода (рассчитывается);
 M_i - норма i -го полива;
 M_f - объем влаги, испарившейся за i -й межполивной период.

По зависимостям (1) и (2) могут быть рассчитаны нормы дополнительных поливов (вегетационный или профилактический), исходя из заданного условия регулирования солевого режима (см. 5.3).

5.6.2. В период капитальных промывок для расчета относительного изменения солей ($n_{ср\ell}$) в слое (ℓ) зоны аэрации после проведения промывки нормой M (м, слоя воды) используется формула

$$\bar{n}_{ср\ell} = \frac{n_{ср\ell}}{n_{ср\ell}} \left\{ \nu \left[e^{\pm 2P_e} \left[\frac{e^{\frac{\ell}{2}} - 1}{2} e^{-(\frac{\ell}{2} - \alpha)\ell} + \frac{e^{-(\pm 2P_e)\ell} - e^{-(\pm 2P_e)\ell}}{\pm 2P_e} e^{(\frac{\ell}{2} + 2P_e)\ell} \right] + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\frac{1}{2} \bar{n}_{ср}}{2 - \alpha} \left[\frac{e^{\frac{\ell}{2}} - 1}{\alpha} - \frac{e^{\frac{\ell}{2}} - 1}{n} e^{-(\frac{\ell}{2} - \alpha)\ell} \right] \right] \right\} \text{ при } \ell \leq \bar{\ell} \quad (3)$$

$$\left\{ \frac{e^{\frac{\ell}{2}} - 1}{2} e^{-(\frac{\ell}{2} - \alpha)\ell} + \frac{\frac{1}{2} \bar{n}_{ср}}{2 - \alpha} \left[\frac{e^{\frac{\ell}{2}} - 1}{\alpha} - \frac{e^{\frac{\ell}{2}} - 1}{2} e^{-(\frac{\ell}{2} - \alpha)\ell} \right] \right\}$$

$$\text{при } \ell > \bar{\ell} \quad \nu = \frac{\pm 2P_e}{[1 - e^{-(\pm 2P_e)\ell}] e^{\pm 2P_e}}$$

Здесь

$$\bar{\ell} = \frac{t \cdot U}{x \mu} = \frac{M}{x \mu}; \quad \bar{n}_{ср} = \frac{n_{ср}}{\bar{n}}; \quad \ell = \frac{\ell}{x};$$

$n_{ср\ell}$ - среднее содержание солей в слое (м) зоны аэрации (считать от поверхности земли) до промывки, % от веса сухого грунта;

- $n_{ср\ell}$ - то же, после промывки;
 $\bar{x}$ - уровень грунтовых вод от поверхности земли (м) до промывки;
 $\bar{n}$ - минерализация грунтовой воды (г/л);
 $n_{ср}$ - минерализация промывной воды (г/л);
 μ - активная пористость;
 $\alpha, \bar{\ell}, P_e = P_{e0}, \bar{x}$ - гидрохимические параметры.

Пользуясь формулой (3), можно рассчитать норму капитальной промывки, исходя из требований поддержания определенного солевого режима (см. п. 5.3).

Методика определения расчетных параметров, порядок и пример расчета приведены в прилож. 2.

5.7. Искусственная дренируемость территории на землях существующего орошения увеличивается за счет улучшения технического состояния (очистка, углубление и др.), перевода на более совершенные типы дренажа и введения в эксплуатацию дополнительных скважин. На вновь осваиваемых землях, на части территорий, где предполагается использовать минерализованные воды, необходимая мощность предусматривается заблаговременно, в проектах.

Мощность и конструкция дренажа устанавливаются согласно "Инструкции по проектированию оросительных систем" (часть УШ, "Дренаж на орошаемых землях", М., 1976). Корректировка оросительной и промывной нормы и, следовательно, нагрузки на дренаж проводится с учетом минерализации используемой оросительной воды согласно пп. 5.3. - 5.6.

5.8. Основным методом борьбы против вторичного осолонения почв является внесение химических мелиорантов непосредственно в почву или воду. Этот метод основывается на теории

эквивалента обменного натрия, т.е. доза применяемого химического вещества (гипса, хлористого кальция и др.) должна быть эквивалентна замещаемому количеству обменного натрия^ж).

5.8.1. Расчет необходимого количества гипса проводится по формуле

$$\frac{A - A_1}{100} B - M,$$

где A - содержание обменного натрия, % от емкости обмена до мелиорации;
 A_1 - то же, % от емкости обмена после мелиорации;
 B - емкость обмена, мг-экв на 100 г почвы;
 M - необходимое количество гипса, мг-экв на 100 г почвы.

Если, например, $A = 30$, $A_1 = 10$ и $B = 24$ мг-экв на 100 г почвы, то $\frac{30-10}{100} = 24 = 4,8$ мг-экв гипса на 100 г почвы. 1 мг-экв гипса на 100 г почвы соответствует 860 частям гипса на 1 млн (0,086%). На 1 га почвы до глубины 20 см (3 000 000 кг) потребуется, примерно 2,6 т гипса, чтобы выместить 1 мг-экв обменного натрия в каждые 100 г почвы; для замещения 4,8 мг-экв в 100 г почвы потребуется около 12,5 т/га гипса. Эта доза рассчитана на 100%-ное замещение обменного натрия кальцием.

5.8.2. Количество различных чистых мелиорирующих веществ, эквивалентное (химически) чистому гипсу, т:

Гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	1,00
Хлористый кальций ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$)	0,85
Известняк ($CaCO_3$)	0,58
Сера (S)	0,19
Серная кислота (H_2SO_4)	0,57
Сульфат железа ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$)	1,62
Сульфат алюминия ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)	1,29
Полисульфид кальция (CaS_3) с 24% серы	0,77

5.8.3. Внесение гипса или других химических мелиорантов в почву должно сопровождаться системой обработки и мероприятиями по дополнительному увлажнению почв (полив, промывка и др.).

ж) Пункт 5.8 заимствован из книг "Мелиорация засоленных и солонцовых почв" (В.А.Ковда и др. М., Наука, 1967) и "Солонцы СССР и пути повышения их плодородия" (К.П.Пак. М., Колос, 1975).

6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД НА ОРОШЕНИЕ И ПРОМЫВКИ

6.1. Основным принципом технико-экономического обоснования использования минерализованных вод на орошение и промывки является соизмерение планируемого или получаемого эффекта с затратами на достижение поставленной цели.

6.2. Исходя из разнообразия организационных и технологических особенностей использования минерализованных вод на орошение, применительно к дренажным водам выделяются две технологически возможные нормы использования:

- постоянное (регулярное) орошение;
- периодическое орошение.

6.2.1. В постоянном (регулярном) орошении, с точки зрения выбора экономических критериев и состава организационно-технических мероприятий, необходимо различать две разновидности:

- ведение орошаемого земледелия на всей территории вновь созданной оросительной системы или отдельных хозяйств за счет дренажно-сбросных вод соседних крупных массивов орошения - "регулярное орошение";
- ведение орошаемого земледелия с использованием минерализованных вод автономно на отдельных картах, бригадах, севооборотных массивах или хозяйствах на территории существующей оросительной системы - "автономное орошение".

6.2.2. Периодическое орошение - устранение дефицита в поливной воде, который может наблюдаться ежегодно в наиболее напряженные периоды поливов на отдельных участках по организационно-хозяйственным и техническим причинам, а также в маловодные годы в течение всего вегетационного периода на отдельных участках или хозяйствах оросительной системы.

6.3. В зависимости от формы использования будут отличаться объем и качество используемой воды, инженерные мероприятия по забору и транспортировке воды до полей орошения, обоснование

объема и состава мелиоративных мероприятий, организационно-хозяйственные мероприятия, а также критерии экономических оценок.

6.3.1. Регулярное орошение минерализованной водой в организационном отношении может быть приравнено к освоению новых земель, и поэтому техническая возможность и экономическая целесообразность этого вида орошения оцениваются по народнохозяйственной эффективности капитальных вложений в водохозяйственное строительство по формуле

$$\delta - \frac{D}{\sum K} \leq \delta_n,$$

где δ - коэффициент эффективности капитальных вложений;
 δ_n - то же, нормативный, для отрасли;
 D - совокупный чистый доход;
 $\sum K = K_b + K_c$ - капитальные вложения в водное и сельское хозяйство.

6.3.2. При регулярном орошении минерализованной водой на землях существующего орошения технико-экономическая оценка возможности использования этой воды производится по хозяйственной эффективности проводимых мероприятий. Поэтому критерием экономической эффективности является уровень рентабельности хозяйства или его подразделения. Расчет ведется по формуле

$$P = \frac{\tau D}{\sum И - \Delta И_{бк}} \geq P_{нм}.$$

где P - рентабельность хозяйства;
 $P_{нм}$ - то же, нормативно-минимальная для данного района;
 τD - чистый доход хозяйства или его подразделения;
 $\sum И - \Delta И_{бк}$ - суммарные издержки, относимые за счет хозяйств - земле- водопользователей.

При данной технологической схеме организации использования дренажных вод на орошение, очевидно, потребуется пересмотреть отдельные положения экономических взаимоотношений как между хозяйствами, использующими минерализованные воды, и государством, так и отдельными бригадами и хозяйством в целом.

6.3.3. При периодическом орошении критерием экономической эффективности является соизмерение дополнительных затрат по водному и сельскому хозяйству с дополнительным эффектом, получаемым за счет ликвидации дефицита в оросительной воде;

$$\Delta СВП \geq \Sigma З,$$

где $\Delta СВП$ - дополнительная стоимость валовой продукции, получаемая за счет ликвидации дефицита оросительной воды;

$\Sigma З$ - суммарные затраты для получения $\Delta СВП$.

6.3.4. Структура затрат и эффекта в зависимости от технологических форм использования дренажной воды и величина снижения урожайности хлопчатника при дефиците оросительной воды приведены в прилож. 3 и 4.

7. ОРГАНИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД НА ОРОШЕНИЕ И ПРОМЫВКИ

7.1. Организация использования дренажных вод для орошения проводится в соответствии с технологической формой и местом использования в увязке с задачей и структурой водохозяйственных организаций конкретного региона орошения.

7.2. Для периодического использования дренажных вод применяются стационарные насосные станции со сменным технологическим оборудованием или передвижные насосные установки, устанавливаемые в закрепленных точках. В зависимости от производительности и назначения установка и эксплуатация межхозяйственных насосных установок осуществляются за счет госбюджета; внутрихозяйственных - за счет хозяйств-землепользователей.

7.3. Автономное использование дренажных вод осуществляется путем постройки насосных станций на пересечениях хвостовых частей магистральных оросительных каналов с магистральными коллекторами. Когда минерализация дренажных вод находится в допустимых (для орошения) пределах, автономное использование осуществляется путем строительства самостоятельных водозаборных сооружений на коллекторах и необходимой водопроводящей сети.

Наиболее рациональная форма - отведение площадей (отдельный севооборотный массив, бригада и др.), подходящих по почвенно-мелиоративным условиям внутри одного хозяйства, орошаемого за счет собственных дренажно-сбросных вод.

7.4. Регулярное использование дренажных грунтовых и подземных вод с повышенной минерализацией предусматривается в наводнохозяйственных планах. Необходимые для этих целей предварительные исследования, апробация в производственных условиях и проектирование осуществляются соответствующими научно-исследовательскими и проектными институтами с утверждением этих проектов в установленном порядке.

В процессе исследований и проектирования должны быть решены с апробацией в производственных условиях следующие основные задачи:

получить гидрологические характеристики (поверхностные водотоки) или эксплуатационный дебит (подземные воды) источников орошения и выявить изменение их на перспективу);

дать качественную и количественную оценки минерализации этих вод с прогнозом их изменения в процессе эксплуатации;

определить степень фактической и расчетной дренированности территорий, подлежащих орошению;

выявить оптимальный режим орошения в зависимости от минерализации воды и степени дренированности верхней зоны почвогрунтов;

провести профилактические мероприятия по охране от загрязнения поверхностных, подземных вод (солями и ядохимикатами) и против повышения засоления активной зоны почвогрунтов;

установить экономическую эффективность мероприятий;

организовать контроль за изменениями природных условий.

7.5. В целях повсеместного устранения отрицательных последствий от регулярного использования высокоминерализованных поверхностных, подземных и дренажных вод на землях старого орошения, необходимо пересмотреть существующие водохозяйственные условия (п.7.4) вплоть до смены состава выращиваемых сельскохозяйственных культур.

7.6. В целях обеспечения необходимой маневренности в использовании минерализованных дренажных вод для поливов, на основании соответствующей проектной проработки осуществляется:

- оплывание коллекторно-дренажных систем для устранения необходимости ежегодного устройства временных земляных перемычек;

- выбор наиболее рациональных точек забора воды из КДС с соблюдением требований, позволяющих смешение минерализованных вод с пресными.

7.7. Забор дренажной воды на орошение или промывки возможен как самотечным, так и механическим способом. Пункты забора воды назначаются ОПВХ в увязке с общим планом водораспределения системы. Таким образом, вся дренажная вода независимо от забора и использования включается в общий лимит ресурса системы.

Самотечный забор воды осуществляется соответствующими инженерными устройствами, предотвращающими заиливание дренажа и подтопление орошаемых земель.

Бесподпорный забор осуществляется специальными каналами, снабженными головным регулятором (водовыпуск и перегораживающие устройства). Водоотводящий канал за счет выполаживания уклона выводится на "командование" над орошаемой местностью.

Как в первом, так и во втором случае дренажная вода подается в оросительный канал для смешивания смеси. Пункты забора воды независимо от их конструктивного оформления возводятся по проектам, предусматривающим необходимый состав устройств, и находятся на балансе ОПВХ.

Водозаборные устройства рассчитываются на расходы, предусмотренные в планах водопользования. Отводящий канал может подводить воду непосредственно на орошение или в оросительный канал для составления смеси.

Тип водозабора в каждом случае определяется рельефными, водохозяйственными и экономическими соображениями. Учет воды, забираемой из КДС (включая и минерализацию), ведется по водомерным устройствам в сроки, установленные в Управлениях оросительных и мелиоративных систем.

Забор дренажных вод из внутрихозяйственной и межхозяйственной сети должен осуществляться только насосами. Места установки

насосов (места забора) должны указываться органами водного хозяйства, а производительность насоса должна соответствовать притоку по коллектору и увязана с потребностью в воде сельскохозяйственных культур на определенной площади.

Места установки насоса должны быть регулируемы, т.е. устраиваемые сооружения должны быть сквозными, чтобы в нужный момент пропустить воду, собранную с расположенных выше участков.

Устройство земляных перемычек (туганов) для забора дренажных вод должно быть повсеместно запрещено.

7.8. Использование для орошения дренажных вод из скважин вертикального дренажа с минерализацией, допускающей ее использование в чистом виде – наиболее приемлемый вариант, когда откачиваемая из скважин вода без дополнительных перекачек, при использовании имеющегося напора, направляется непосредственно в участок ороситель.

При минерализации откачиваемой из скважин вертикального дренажа воды выше допустимых пределов рекомендуется использование ее для орошения осуществлять путем подключения этих скважин к постоянно действующим каналам оросительной сети, чем должна быть обеспечена допустимая минерализация смеси.

7.9. Во всех случаях, когда требуется смешивать дренажные воды с оросительными (пресными), необходимо добиваться получения смеси с определенным содержанием солей, а также заданном параметром по качеству.

Необходимая смесь по общей минерализации и заданному параметру качества рассчитывается по формуле

$$C_{\text{иск}} = X C_{\text{ор}} + C_{\text{др}} (1 - X),$$

где $C_{\text{иск}}$ – искомая минерализация смеси, г/л;
 $C_{\text{ор}}$ – минерализация оросительной воды, г/л;
 $C_{\text{др}}$ – минерализация дренажной воды, г/л;
 X – соотношение смеси.

Смешивание пресной воды с минерализованной в больших пропорциях с целью достижения допустимого качества смеси нежелательно, так как при этом увеличиваются площади, на которых проводятся организационно-технические мероприятия по поддержанию

требуемого мелиоративного состояния земель, и снижается урожайность сельскохозяйственных культур. Наиболее приемлемым соотношением пресной и минерализованной воды считается 1:1 – для использования на поливе сельскохозяйственных культур и 1:3 – для промывки засоленных земель. Другие соотношения должны обосновываться технико-экономическими расчетами с учетом конкретных условий.

8. ПЛАНИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ И ПРОМЫВОК

8.1. Условия, место и объем использования дренажных вод для нужд орошения определяются Управлениями оросительных систем, РайУОС, ОблУОС и Минводхозами республик на основании долгосрочного прогнозирования водоносности источников пресных вод (Гидрометеослужба) при составлении планов водопользования, весной – на вегетационный период, осенью – на осенне-зимние промывки и поливы с целью накопления влаги.

8.2. На основании указанных планов водохозяйственные и сельскохозяйственные органы на местах совместно с хозяйствами-земле-водопользователями осуществляют соответствующие подготовительные строительные и ремонтно-эксплуатационные мероприятия по сведению к минимуму отрицательного влияния минерализованных дренажных вод на урожайность и себестоимость сельскохозяйственных культур и мелиоративное состояние орошаемых земель, обеспечивая при этом оптимальный режим орошения в вегетационный период а также надлежащее качество осенне-зимних промывок с целью накопления влаги.

8.3. Для обоснования оперативных расчетов и технических проработок при составлении планов водопользования органы мелиоративной службы на местах обязаны планировать комплекс режимных наблюдений за мелиоративным состоянием орошаемых земель и эффективностью эксплуатируемых ими дренажных систем, основными из которых следует считать:

- динамику уровня залегания грунтовых вод и их минерализацию;

минерализованных дренажных вод путем регулярных замеров и проведения химических анализов, не допуская нарушения принятых планами водопользования норм.

8.10. В соответствии с Уставом эксплуатационной службы органов мелиорации и водного хозяйства СССР (разд. V, §19) земле-водопользователям категорически запрещается самовольное использование минерализованных дренажных вод с нарушением принятых планами водопользования норм водозабора и минерализации дренажной воды, а также условий работы дренажных систем.

9. МЕЛИОРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ И РЕЖИМНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НА ОРОШЕНИЕ И ПРОМЫВКИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД

9.1. Мелиоративный контроль и режимные наблюдения при использовании на орошение и промывки минерализованных дренажных вод осуществляются органами мелиоративной службы так же, как в обычных условиях, согласно "Методическим рекомендациям по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель" (М., 1978). На них возлагаются дополнительные наблюдения и разработка необходимых рекомендаций, связанных с использованием минерализованных дренажных вод на орошение и промывки.

9.2. При использовании минерализованных дренажных вод на орошение и промывку состав и оперативность режимных наблюдений должны быть доведены до уровня, обеспечивающего своевременное выявление отрицательных изменений в мелиоративном состоянии, разработку и осуществление мероприятий по их устранению. Особенно учащенные наблюдения проводятся за количеством и качеством дренажно-сбросных вод, подаваемых на орошение, мелиоративным состоянием земель в местах их использования.

9.2.1. Состав, объем и сроки выполнения регулярных химических анализов воды зависят от формы использования дренажных вод для орошения. При необходимости в этот комплекс включаются дополнительные наблюдения.

9.5. Пробы для химических анализов отбираются согласно дей-

ствующим в союзной республике Положениям - Инструкциям и Указаниям - в установленных приказом по ОПВХ точках в следующие сроки.

9.2.1.1. Из русел коллекторно-дренажной сети - одновременно с проведением очередного замера расхода на гидроступу - от одного до трех раз в месяц. При изменении расхода более, чем на 15-20%, в наиболее напряженный период вегетационных поливов рекомендуется отбирать пробы воды дополнительно.

9.2.1.2. Из источников орошения (поверхностные источники) - не менее одного раза в месяц, в периоды массовой водоподдачи для поливов, промывок и др. - от двух до трех раз. При наличии на оросительной системе нескольких источников орошения пробы воды для химических анализов отбираются с охватом всех имеющихся источников орошения.

9.2.1.3. Из скважин вертикального дренажа - один раз в квартал, а также после длительных (более одного месяца) перерывов в работе скважины.

9.2.1.4. Из скважин, построенных специально для нужд орошения, - ежегодно за декаду до начала вегетационных поливов и в дальнейшем - один раз в месяц.

9.3. Во избежание реставрации засоления орошаемых земель необходимо, чтобы Управления мелиоративной службы ОПВХ на основании настоящего Руководства, данных химических анализов дренажных и грунтовых вод, а также степени засоления активной зоны почвогрунтов (с учетом степени дренированности) разрабатывали практические рекомендации по использованию для орошения минерализованных дренажных вод и через производственные Управления доводили их до сведения колхозов и совхозов.

9.3.1. Учитывая динамичность минерализации дренажных и грунтовых вод, а также степень засоления активной зоны почвогрунтов, ОПВХ обязаны не менее одного раза в год пересматривать свои рекомендации по использованию минерализованных дренажных вод для орошения и своевременно доводить их до сведения колхозов и совхозов.

9.4. Органы мелиоративной службы на протяжении всего периода использования минерализованных вод обязаны:

- осуществлять оперативный контроль за фактическими расходами пресной речной и минерализованной дренажной воды и их соответствием плану водопользования;
- в установленные сроки проводить химические анализы воды, на основании которых корректировать соотношение смеси пресной речной и минерализованной дренажной воды;
- проверить в натуре исполнение своих рекомендаций;
- по окончании вегетационных поливов отобрать пробы почвогрунтов в активной зоне и грунтовых вод и произвести их химические анализы для определения промывных норм, а также необходимости осенне-зимних промывок.

9.4.1. Все указания органов мелиоративной службы органам, осуществляющим эксплуатацию насосных установок, и земле-водопользователям по корректированию забора дренажных вод для орошения и проведению осенне-зимних промывок должны выполняться оперативно и в указанные сроки.

9.5. Все режимные и срочные одnorазовые наблюдения за использованием минерализованных дренажных вод для орошения органы мелиоративной службы должны обрабатывать в установленные сроки с тем, чтобы результаты обработки были использованы при составлении планов водопользования в следующем году. При необходимости к указанной работе могут привлекаться соответствующие проектные и научно-исследовательские институты на договорных началах или в порядке оказания технической помощи.

9.6. В случае регулярного орошения минерализованной подземной, дренажной и поверхностной водой эксплуатация гидромелиоративных систем и мелиоративный контроль за орошаемой территорией осуществляется в соответствии с "Проектом организации эксплуатации", разрабатываемым проектной организацией.

9.7. В случае, когда для отвода дренажно-сбросных минерализованных вод с территории используются природные источники пресных вод (реки), при разработке мероприятий по мелиорации и использованию минерализованных дренажных вод для орошения обязательно следует учитывать угрозу их загрязнения.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Водно-физические и гидромеханические характеристики

Характеристика механического состава почвогрунтов верхнего горизонта (30-100 см)	Характеристика механического состава	
	Песок	Супесь
	1	2
Песок (тонко- и среднезернистый, барханный)	$K_f = 1.2-8 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.25-0.33$ $K_{уст} = 0.02-0.029 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 0.72-1.2$ $\mu = 0.2-0.3$ $P_{с01} = 0.15-0.2$ $P_{с02} = 0.3-0.35$ $P_{с03} = 0.45-0.5$ $P_{с04} = 0.6-0.65$ $\alpha = 0.5-0.6$	$K_f = 0.96-2.08 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.25-0.33$ $K_{уст} = 0.018-0.024 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 0.9-1.3$ $\mu = 0.15-0.2$ $P_{с01} = 0.15-0.18$ $P_{с02} = 0.25-0.32$ $P_{с03} = 0.35-0.46$ $P_{с04} = 0.46-0.64$ $\alpha = 0.5-0.6$
Супесь и легкий суглинок	$K_f = 0.71-2.100 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.33-0.5$ $K_{уст} = 0.09-0.024 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 0.65-2.2$ $\mu = 0.2-0.3$ $P_{с01} = 0.120-0.15$ $P_{с02} = 0.15-0.230$ $P_{с03} = 0.180-0.33$ $P_{с04} = 0.250-0.44$ $\alpha = 0.6-0.72$	$K_f = 0.620-1.2 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.33-0.5$ $K_{уст} = 0.009-0.02 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 0.8-2.2$ $\mu = 0.15-0.2$ $P_{с01} = 0.110-0.13$ $P_{с02} = 0.15-0.17$ $P_{с03} = 0.18-0.22$ $P_{с04} = 0.24-0.36$ $\alpha = 0.6-0.72$
Средний суглинок	$K_f = 0.33-0.94 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.5-0.7$ $K_{уст} = 0.003-0.01 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 0.9-5$ $\mu = 0.2-0.3$ $P_{с01} = 0.06-0.12$ $P_{с02} = 0.090-0.2$ $P_{с03} = 0.120-0.28$ $P_{с04} = 0.160-0.38$ $\alpha = 0.72-1.02$	$K_f = 0.32-0.710 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.5-0.7$ $K_{уст} = 0.0030-0.0100 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 0.9-5$ $\mu = 0.15-0.2$ $P_{с01} = 0.06-0.80$ $P_{с02} = 0.090-0.1$ $P_{с03} = 0.110-0.13$ $P_{с04} = 0.160-0.17$ $\alpha = 0.72-1.02$
Тяжелый суглинок и глина	$K_f = 0.100-0.39 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.7-0.8$ $K_{уст} = 0.002-0.003 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 1.9-5$ $\mu = 0.2-0.3$ $P_{с01} = 0.01-0.030$ $P_{с02} = 0.030-0.17$ $P_{с03} = 0.060-0.28$ $P_{с04} = 0.09-0.35$ $\alpha = 1.02-2$	$K_f = 0.9-0.34 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.7-0.8$ $K_{уст} = 0.002-0.003 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 1.9-5.3$ $\mu = 0.15-0.2$ $P_{с01} = 0.01-0.07$ $P_{с02} = 0.030-0.110$ $P_{с03} = 0.060-0.13$ $P_{с04} = 0.09-0.120$ $\alpha = 1.02-2$

выделенных типов почвенных профилей	
почвогрунтов нижнего подстилающего горизонта	
Легкий суглинок	Средний суглинок
1	2
$K_f = 0.710-1.45 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.25-0.33$ $K_{уст} = 0.016-0.021 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 1.0-1.5$ $\mu = 1.1-0.15$ $P_{с01} = 0.14-0.18$ $P_{с02} = 0.21-0.32$ $P_{с03} = 0.3-0.46$ $P_{с04} = 0.44-0.64$ $\alpha = 0.5-0.6$	$K_f = 0.340-0.940 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.25-0.33$ $K_{уст} = 0.01-0.017 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 1.2-2.3$ $\mu = 0.05-0.1$ $P_{с01} = 0.12-0.18$ $P_{с02} = 0.2-0.32$ $P_{с03} = 0.28-0.46$ $P_{с04} = 0.38-0.64$ $\alpha = 0.5-0.6$
$K_f = 0.5-0.96 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.33-0.5$ $K_{уст} = 0.008-0.018 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 0.9-2.4$ $\mu = 0.1-0.15$ $P_{с01} = 0.1-0.120$ $P_{с02} = 0.13-0.15$ $P_{с03} = 0.17-0.180$ $P_{с04} = 0.22-0.250$ $\alpha = 0.6-0.72$	$K_f = 0.290-0.710 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.33-0.5$ $K_{уст} = 0.0070-0.016 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 1-3.1$ $\mu = 0.05-0.1$ $P_{с01} = 0.09-0.120$ $P_{с02} = 0.12-0.15$ $P_{с03} = 0.15-0.18$ $P_{с04} = 0.20-0.24$ $\alpha = 0.6-0.72$
$K_f = 0.290-0.620 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.5-0.7$ $K_{уст} = 0.003-0.009 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 1-5.0$ $\mu = 0.1-0.15$ $P_{с01} = 0.06-0.80$ $P_{с02} = 0.090-0.1$ $P_{с03} = 0.110-0.13$ $P_{с04} = 0.160-0.17$ $\alpha = 0.72-1.02$	$K_f = 0.2-0.5 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.5-0.7$ $K_{уст} = 0.003-0.009 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 1-5.3$ $\mu = 0.05-0.1$ $P_{с01} = 0.05-0.08$ $P_{с02} = 0.08-0.1$ $P_{с03} = 0.1-0.12$ $P_{с04} = 0.15-0.17$ $\alpha = 0.72-1.02$
$K_f = 0.09-0.32 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.72-0.8$ $K_{уст} = 0.002-0.003 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 1.9-5.3$ $\mu = 0.1-0.15$ $P_{с01} = 0.01-0.050$ $P_{с02} = 0.030-0.07$ $P_{с03} = 0.060-0.1$ $P_{с04} = 0.09-0.14$ $\alpha = 0.1-$	$K_f = 0.08-0.29 \text{ м/сут}$ $\alpha_{cr} = 0.7-0.8$ $K_{уст} = 0.002-0.003 \text{ м/ч}$ $B_{ст} = 2-5.7$ $\mu = 0.05-0.1$ $P_{с01} = 0.01-0.040$ $P_{с02} = 0.030-0.060$ $P_{с03} = 0.050-0.080$ $P_{с04} = 0.09-0.12$ $\alpha = 1.02-2$

(100 - 200 см)

Средний сутлячок со слабопронизанным продольным ("вохляк", "арык" и др.).

Такой же сутлячок, глянни

$K_p = 0,190-0,39$ м/сут
 $\alpha_{ст} = 0,25-0,33$
 $K_{уст} = 0,005-0,011$ м/ч
 $B_{ст} = 1,3-4$
 $\mu = 0,03-0,05$
 $P_{ст} = 0,110-0,18$
 $P_{ст} = 0,190-0,32$
 $P_{ст} = 0,27-0,46$
 $P_{ст} = 0,38-0,64$
 $\alpha = 0,5-0,6$

$K_p = 0,100-0,200$ м/сут
 $\alpha_{ст} = 0,25-0,33$
 $K_{уст} = 0,004-0,007$ м/ч
 $B_{ст} = 3,1-6,5$
 $\mu = 0,01-0,03$
 $P_{ст} = 0,090-0,18$
 $P_{ст} = 0,17-0,32$
 $P_{ст} = 0,26-0,46$
 $P_{ст} = 0,38-0,64$
 $\alpha = 0,5-0,6$

$K_p = 0,17-0,34$ м/сут
 $\alpha_{ст} = 0,33-0,5$
 $K_{уст} = 0,004-0,01$ м/ч
 $B_{ст} = 1,5-5$
 $\mu = 0,03-0,05$
 $P_{ст} = 0,080-0,110$
 $P_{ст} = 0,100-0,15$
 $P_{ст} = 0,15-0,170$
 $P_{ст} = 0,190-0,240$
 $\alpha = 0,06-0,72$

$K_p = 0,09-0,18$ м/сут
 $\alpha_{ст} = 0,33-0,5$
 $K_{уст} = 0,003-0,006$ м/ч
 $B_{ст} = 2,5-6,7$
 $\mu = 0,01-0,03$
 $P_{ст} = 0,06-0,110$
 $P_{ст} = 0,09-0,15$
 $P_{ст} = 0,130-0,170$
 $P_{ст} = 0,170-0,230$
 $\alpha = 0,6-0,72$

$K_p = 0,13-0,29$ м/сут
 $\alpha_{ст} = 0,5-0,7$
 $K_{уст} = 0,002-0,007$ м/ч
 $B_{ст} = 1,3-6,2$
 $\mu = 0,03-0,05$
 $P_{ст} = 0,05-0,06$
 $P_{ст} = 0,07-0,09$
 $P_{ст} = 0,1-0,11$
 $P_{ст} = 0,14-0,16$
 $\alpha = 0,72-1,02$

$K_p = 0,08-0,17$ м/сут
 $\alpha_{ст} = 0,5-0,7$
 $K_{уст} = 0,002-0,005$ м/ч
 $B_{ст} = 1,3-6,8$
 $\mu = 0,01-0,03$
 $P_{ст} = 0,040-0,06$
 $P_{ст} = 0,060-0,080$
 $P_{ст} = 0,080-0,120$
 $P_{ст} = 0,12-0,160$
 $\alpha = 0,72-1,02$

$K_p = 0,070-0,2$ м/сут
 $\alpha_{ст} = 0,7-0,8$
 $K_{уст} = 0,001-0,003$ м/ч
 $B_{ст} = 2-5,7$ 2,2-6
 $\mu = 0,03-0,05$
 $P_{ст} = 0,01-0,020$
 $P_{ст} = 0,20-0,040$
 $P_{ст} = 0,050-0,070$

$K_p = 0,05-0,13$ м/сут
 $\alpha_{ст} = 0,7-0,8$
 $K_{уст} = 0,001-0,0024$ м/ч
 $B_{ст} = 2,7-7$
 $\mu = 0,01-0,03$
 $P_{ст} = 0,01-0,02$
 $P_{ст} = 0,020-0,03$
 $P_{ст} = 0,050-0,07$

Примечание .

K_f - коэффициент фильтрации.
Водоотдача M берется для нижнего слоя.
Процесс впитывания описывается формулой

$$K_i = K_{y\sigma} (B_{\sigma} t^{-\sigma} + 1).$$

Коэффициент самоотдачи α (по Волобуеву) берется из верхнего слоя (для хлора).

Pe_{oi} - значение параметра Pe_o для почв

- i $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ слабого засоления} \\ 2 \text{ среднего засоления} \\ 3 \text{ сильного засоления} \\ 4 \text{ очень сильного засоления} \end{array} \right.$

РАСЧЕТ СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВОГРУНТОВ
ЗОНЫ АЭРАЦИИ, РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ И ПРОМЫВКИ

Определение гидрохимических параметров

Прежде чем приступить к расчету, необходимо определить гидрохимические параметры α , η , Pe и активную пористость μ , пользуясь табл. П.2.1.

А. Для определения параметра Pe используются результаты исходной солевой съемки на всю глубину зоны аэрации. По этим данным вычисляется средневзвешенное содержание солей M_{cp} по профилю.

Таблица П.2.1

Параметр:	Физический смысл	Способ определения
1	2	3

$Pe = \frac{Pe}{x}$ Гидрохимический параметр, характеризующий дисперсионные свойства данной пористой среды. Он является суммой данной среды и численно определяет форму исходной солевой эпюры зоны аэрации

По результатам исходной солевой съемки, при использовании графика на рис. П.2.1

α Комплексный гидрохимический параметр сорбции, характеризующий скорость обмена солями между подвижной (поровый раствор) и неподвижной (скелет грунта) фазами. Параметр включает также фильтрационную характеристику грунта

По результатам опытной промывки (при использовании формулы)

$$\alpha' = \frac{1}{b} \ln \frac{M_0}{M_{cp}} - (\pm 2Pe)$$

знак + при $\chi < \frac{1}{2}$,
знак - при $\chi > \frac{1}{2}$,
 $\chi = \frac{n}{n_{cp}}$

n_{cp} - среднее содержание солей в зоне аэрации

η Комплексный гидрохимический параметр перемешивания, характеризующий "скорость" выравнивания концентраций в сквозных порах после перехода солей из неподвижной фазы в подвижную. В него включена и фильтрационная характеристика грунта

По результатам опытной промывки при использовании формулы (5.3), из которой η находится подбором или графически

Зная содержание солей $\bar{n}$ в грунте на уровне грунтовых вод, можно определить значение $\chi = \frac{\bar{n}}{\bar{n}_{\text{ср}}}$. Параметр Pe находят по графику (рис. П.2.1), где дана зависимость $Pe(\chi)$. Далее по формуле $Pe_0 = \frac{Pe}{\bar{x}}$ определяют Pe_0 . Здесь $\bar{x}$ — уровень грунтовых вод на момент солевой съемки. Ввиду того, что при прогнозных расчетах $\bar{x}$ будет меняться, меняется и параметр Pe , который стоит в расчетных зависимостях, а значение Pe_0 остается постоянным.

Б. Параметры λ , γ и μ устанавливаются по результатам опытной промывки.

Для определения параметров λ и μ используются материалы наблюдений за динамикой солей после первых тактов дробной промывки, когда можно зафиксировать фронт опреснения ℓ_1 . За эту точку принимается точка *тах* на солевой эпюре, образовавшейся после промывки, расположенная ниже точки пересечения солевых эпюр до и после водоподачи. По этим данным находят величину $\bar{t}$ из соотношения

$$\bar{t} = \frac{M}{\bar{x}\mu} = \frac{t_0}{\bar{x}\mu} = \frac{\ell_1}{\bar{x}}$$

В формулу (1) входит значение $\bar{n}(\ell_1)$, которое определяется из соотношения

$$\bar{n}(\ell_1) = \frac{n_1(\ell_1)}{n_2(\ell_1)},$$

где $n_1(\ell_1)$ — содержание солей, начиная от уровня ℓ_1 до уровня грунтовых вод до промывки;

$n_2(\ell_1)$ — то же, после промывки.

Зная t , Pe и $\bar{n}(\ell_1)$, по формуле (1) можно определить λ , причем знаки берутся согласно значению χ в исходном состоянии. Активная пористость μ выявляется согласно (2) по формуле

$$\mu = \frac{M}{\ell_1}$$

Значение η находится по формуле (5.3) подбором или графически. Задавался каким-либо слоем опреснения ℓ (например, первым метровым слоем или всей зоной аэрации) и имея данные опробования почвогрунта на химанализ до и после промывки нормой M , находим среднее содержание солей в этом слое на указанные сроки.

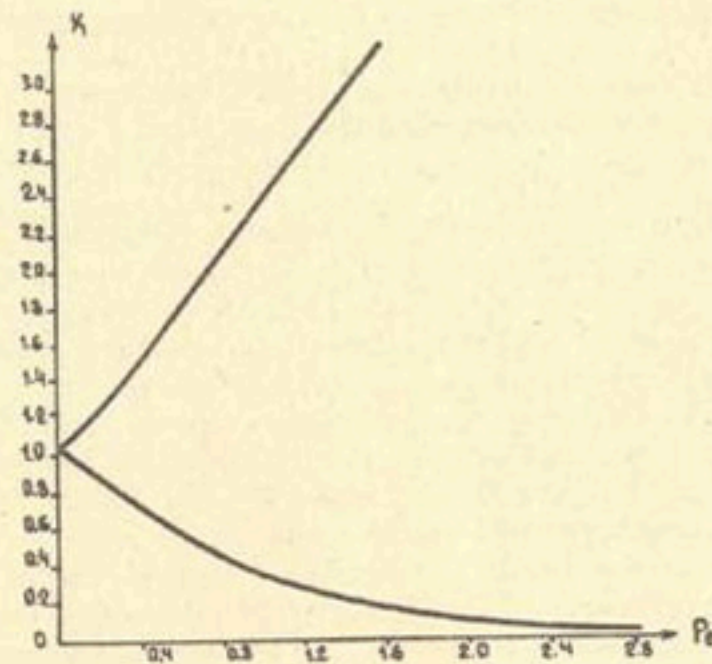


Рис. П.2.1. График для расчета параметра Pe :

$$\chi = \frac{\bar{n}}{\bar{n}_{\text{ср}}} \text{ (факт)} \quad Pe = \frac{Pe}{\bar{x}},$$

где $\bar{n}$ — содержание солей на уровне грунтовых вод;
 $\bar{n}_{\text{ср}}$ — средневзвешенное содержание солей по профилю в зоне аэрации;
 $\bar{x}$ — глубина грунтовых вод.

Это дает возможность найти $\mu_{\text{ср}}$. Зная из предыдущих расчетов все остальные параметры, входящие в (5.3), можно определить η .

Пример расчета режима промывок и орошения при различной минерализации оросительной воды

Для получения зависимости увеличения водоподачи от роста ее минерализации следует произвести описанный выше расчет для разных U и MOP , при этом может быть задан некоторый диапазон Q .

Ниже приведен результат расчета оросительных норм, необходимых для поддержания заданного солевого режима зоны аэрации для разных значений минерализации оросительной воды.

В качестве примера выбраны три опытно-производственных участка. Два из них расположены в Ферганской области (один в совхозе Бешарык Кировского района, второй — в колхозе им. Карла Маркса Фрунзенского района), а третий — в старой зоне орошения Голодной степи (совхоз "Пахтаарал"). Эти участки отличаются друг от друга почвенным покровом, геолого-литологическим строением, гидрогеологическими условиями, типом и степенью засоления.

Первый участок расположен в конусе выноса реки Исфара в зоне вторичного погружения грунтовых вод. Почвогрунты среднесуглинистые, горизонтальный коэффициент фильтрации равен 0,4–0,6 м/сут, вертикальный — в среднем 0,3 м/сут. Почвогрунты имеют сульфатное засоление, земли в основном опреснены, наибольшие территории содержат соли по плотному остатку 0,8–1,2% и по иону хлора 0,015–0,020% к весу сухой почвы. Минерализация грунтовых вод — 3–6 г/л.

Второй участок расположен в периферийной части конуса выноса реки Сох. Почвогрунты представлены легким суглинком и супесями; коэффициент фильтрации изменяется в пределах 0,5–1,0 м/сут. Тип засоления сульфатный; степень засоления по плотному остатку — в пределах 1,0–2,0%, по иону хлора — 0,015–0,05%. Минерализация грунтовых вод изменяется от 6 до 10 г/л.

Третий участок имеет покровные мелкоземы мощностью 20–30 м, представленные однородными желтовато-серыми легкими и средними лессовидными суглинками, местами включающими линзы супесей не-

большой мощности и протяженности. Коэффициент фильтрации почвогрунтов колеблется в следующих пределах: горизонтальный — 0,2–0,4 м/сут, вертикальный — 0,12–0,14 м/сут. Исходное содержание легкорастворимых солей в зоне аэрации колеблется в больших пределах: по плотному остатку — от 0,21 до 1,1%, по иону хлора — 0,08–0,065%. Тип засоления хлоридно-сульфатный. Минерализация грунтовых вод 3,0–7,0 г/л.

На основе опытных данных по каждому опытному участку определены гидрохимические параметры $P_{\text{ср}}$, α , η и активная пористость (см. табл. П.2.2).

Таблица П.2.2.

Объект исследования	Гидрохимические параметры			
	$P_{\text{ср}}$	α	η	M
Ферганская область, совхоз "Бешарык"	0,14	0,168	4,25	0,27
Ферганская область, колхоз им. Карла Маркса	0,121	0,043	2,70	0,256
Чимкентская область, совхоз "Пахтаарал"	0,052	0,101	3,50	0,276

В качестве исходных данных при расчете приняты следующие величины:

— за расчетный слой принята зона аэрации. Это составило, соответственно, для каждого из участков в исходном состоянии: $L_1 = 2,5$, $L_2 = 2,03$, $L_3 = 2,08$ (здесь и дальше 1 — совхоз "Бешарык", 2 — колхоз им. Карла Маркса, 3 — совхоз "Пахтаарал").

Эти величины совпадают с χD . Расчет проводится на 1 год;

— приняты следующие варианты минерализации промывной воды:

$U = 0,7$ г/л; 2; 3; 4; 5 г/л;

— значения водоподачи (включая осадки) по месяцам приведены в табл. П.2.3.

Таблица П.2.3

Объект	Месяцы												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	120	110	1170	100	301	1370	1560	1580	860	60	110	100	7441
2	120	110	170	100	90	1465	3005	2620	10	60	110	100	7960
3	162	429	358	365	-	1813	1445	1502	-	29	79	139	6321

- относительное содержание солей в зоне аэрации согласно требованию расчета (поддержание заданного солевого режима) $Q = 1$. Профилактический полив запланирован на III, IV, XI месяцы соответственно по участкам.

Результат расчета приведен в табл. П.2.4, из которой виден рост объема воды, которую необходимо подать на вневегетационный полив, чтобы в конце гидрологического года не произошло накопления солей в зоне аэрации при увеличении содержания их в оросительной воде.

Таблица П.2.4

Результаты расчета объемов водоподдачи, необходимых для поддержания существующего солевого режима при использовании на орошение и промывку минерализованных вод

Объекты орошения (область, хозяйство)	Фактические (средние величины)					Расчетные величины водоподдачи (годовая величина) при орошении в т.ч.				
	минерализация г/л	глубина м	площадь га	засоленность г/га	поверхностная вода м³/га	орошения профилактика	орошения профилактика	орошения профилактика	орошения профилактика	орошения профилактика
Сокхоз "Башарык" Ферганской обл. Колхоз им. Карла Маркса Ферганской обл.	5	2,5	0,0162	6500	1000	7600	8050	10300	11600	-
Сокхоз "Пахтаараал" Чимкентской обл.	7	2,5	0,024	7000	3600	1100	2500	3800	5000	11500
	5	2,5	0,042	4800	3000	7800	8000	10300	12600	4500
						900	1000	1300	3300	-
						2800	9000	10200	12600	7900

Примечание. В расчетах принято следующее:

- уровень грунтовых вод в период вегетации не поднимается выше 1,5 м;
- размер оросительной нормы сохраняется на уровне ее фактических величин; в случае повышения оросительной нормы (до 30% согласно "Руководству") норма профилактических промывок уменьшается на эту величину;
- минерализация поливных и промывных вод одинакова.

Структура затрат, эффекта и критерии экономической эффективности при разном технологическом уровне использования на орошение дренажных вод

Технологическая форма использования	Структура затрат	Структура эффекта	Критерии экономической эффективности
Регулярное орошение на вновь освоенных землях	$\Sigma K = \Sigma K' + \Delta K_{\text{ка}} + \Delta K_{\text{сх}}$ ΣK - капитальные вложения в водное и сельское хозяйство; $\Sigma K'$ - капиталоотложения при орошении пресной водой - базисные; $\Delta K_{\text{ка}}$ - капитальные вложения в дополнительную оросительную и дренажную сеть; $\Delta K_{\text{сх}}$ - дополнительные капиталоотложения по сельскому хозяйству; $\Sigma И = \Sigma И' + \Delta И_{\text{вк}} + \Delta И_{\text{сх}}$ $\Sigma И$ - суммарные годовые издержки орошаемого земледелия; $\Sigma И'$ - эксплуатационные затраты по водному и сельскому хозяйству при орошении пресной водой - базисные затраты; $\Delta И_{\text{вк}}$ - дополнительные затраты на эксплуатацию ИМС, вызванные использованием минерализованных вод; $\Delta И_{\text{сх}}$ - то же, на проведение дополнительных сельскохозяйственных работ (полив, обработка и др.).	$\Phi = CBП + H_0 - \Sigma И$ Φ - совокупный чистый (народно-хозяйственный) доход; $CBП = C \cdot y$ $CBП$ - стоимость валовой продукции; y - урожай сельскохозяйственных культур; C - закупочная стоимость единицы объема урожая; H_0 - доля налога с оборота, относимая на отрасль "сельское хозяйство";	$\xi = \frac{\Phi}{\Sigma K} \leq \xi_n$ ξ - коэффициент эффективности капитальных вложений; ξ_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (для хлопкового комплекса на современном этапе равен 0,12);

Продолжение приложения 3

Регулярное орошение на освоенных землях (автономное орошение)	1	2	3	4
	$\Sigma K = \Delta K_{\text{ка}}$	$\Phi = CBП - (\Sigma И - \Delta И_{\text{вк}})$	$CBП = y \cdot C$	$P_{\Phi} = \frac{\Phi}{(\Sigma И - \Delta И_{\text{вк}})}$
$\Delta K_{\text{ка}}$	дополнительные капиталоотложения, связанные: забором дренажной воды из коллекторов и подачей ее до хозяйственного звена, а также с развитием дополнительного оросительного и дренажной сети, за счет госбюджета	Φ - чистый доход хозяйства;	y - урожай сельскохозяйственных культур, полученный при орошении минерализованной водой;	P_{Φ} - фактический уровень рентабельности хозяйств для его подразделения;
$\Sigma И'$	$\Sigma И = \Sigma И' + \Delta И_{\text{вк}} + \Delta И_{\text{сх}}$ часть базисных эксплуатационных затрат по внутрихозяйственной ИМС и сельскому хозяйству, выполняемых за счет хозяйств-землепользователей;	C - реализационная цена единицы сельскохозяйственной продукции;	$\Sigma И - \Delta И_{\text{вк}}$ - суммарные затраты по водному и сельскому хозяйству и землепользователей;	$P_{\text{н}}$ - нормативный минимальный уровень рентабельности для данного района;
$\Delta И_{\text{вк}}$	затраты на эксплуатацию дополнительной внутрихозяйственной оросительной и дренажной сети за счет госбюджета;			
$\Delta И_{\text{сх}}$	затраты на проведение дополнительных сельскохозяйственных работ, связанных с использованием минерализованных вод, относимые за счет хозяйств - землепользователей;			
$\Sigma \Sigma$ - суммарные затраты;	$\Sigma \Sigma = \alpha \cdot \Delta K_{\text{ка}} + \Delta И_{\text{вк}} + \Delta И_{\text{сх}}$	$\Delta CBП = \Delta y \cdot C = (y_{\text{от}} - y) \cdot C$		
$\Delta K_{\text{ка}}$	дополнительные капитальные затраты по водозбору и транспортировке дренажной воды на орошение за счет хозяйств-водопользователей; α - доля	$\Delta CBП$ - дополнительная величина на СВП;		
		Δy - дополнительный урожай, полученный за счет ликвидации дефицита оро-		$\Delta CBП \geq \Sigma \Sigma$

ΔC₈₇ - доля нителной величины стоимости валовой продукции от использования арендованной воды;
ΣΣ - суммарные затраты для получения дополнительной и стойкости валовой продукции.

сительной воды;

У_{до} - планируемый урожай, сохраняемый при ликвидации дефицита частичным использованием дренажных вод;

У_г - урожай при ограниченной водоподаче (без покрытия дефицита) определяется согласно приложению 4;

С - реализационная цена единицы урожая сельскохозяйственных культур

$\Delta K_{\text{в}}$ - амортизационных отчислений от дополнительных эксплуатационных затрат по забору и транспортировке дренажной воды;

Приложение 4

Расчет снижения урожайности хлопчатника
от ограничения водоподдачи

Урожайность сельскохозяйственных культур, в частности хлопчатника, зависит от значительного числа факторов. В аридной зоне, где орошение является определяющим, одним из основных показателей получаемого урожая является оросительная норма. Связь урожайности с нормами орошения установлена институтом "Средазгипроводхлопок" для обоснования оптимальных оросительных норм в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи. Исходным материалом явились результаты многолетних исследований по режиму орошения, проведенных сотрудниками опытных станций и экспедиций в различных почвенно-гидрологических условиях. При обработке ими применен известный прием выражения значений в относительных величинах. Максимальная урожайность и соответствующая ей оросительная норма приняты за единицу.

Этот материал дополнен нами результатами исследований последних лет, проведенных на опытно-производственных участках в Ферганской долине, Джизакской и Голодной степи; при этом данные дифференцированы по положению уровня грунтовых вод. Выделены данные, полученные в условиях залегания уровня грунтовых вод на глубинах 1-2 м; 2-3 м; более 3 м. К отдельной группе отнесены данные, полученные в условиях двухстороннего регулирования, с поддержанием в период вегетации уровня грунтовых вод на глубине 0,5-1,0 до 1,5 м.

При учетывании того, что практически во всех исследованиях водоподача составляет не менее 50-60% от оптимальной, недостающие данные получены графоаналитическим методом.

В результате обработки получена серия кривых для всех рассматриваемых случаев положения уровня грунтовых вод, которые позволяют определять относительное снижение урожая при ограниченной водоподаче. За максимальный урожай ($Y_{\max}$) и соответствующую ему оптимальную водоподачу ($M_{\text{опт}}$) в конкретных природно-хозяйственных условиях следует принимать их проектные или плановые значения при поливе пресной водой.

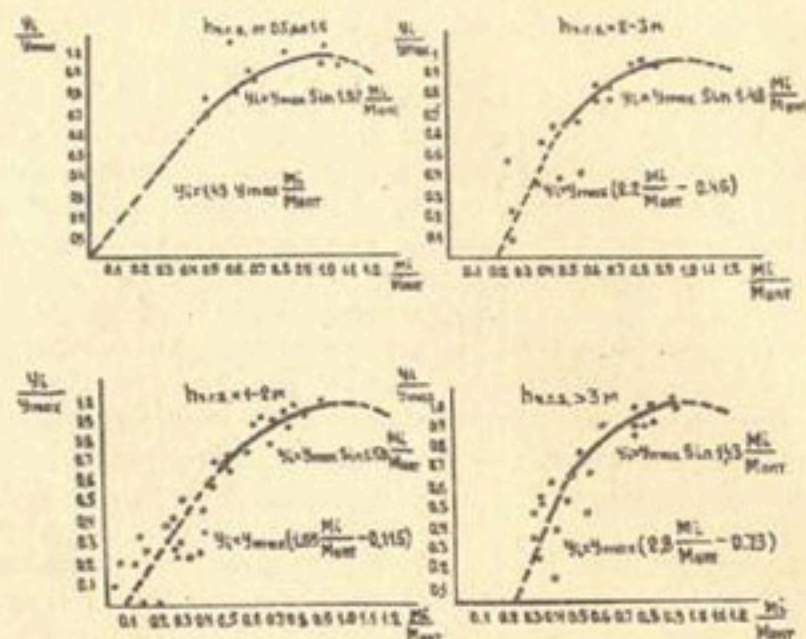


Рис. П.4.1. Зависимость урожайности хлопчатника от водоподдачи:

$h_{г.в.}$ - глубина залегания грунтовых вод;
 M_{opt}, Y_{max} - оптимальная водоподдача и соответствующая ей урожайность хлопчатника;
 M_i, Y_i - водоподдача и соответствующая ей урожайность в условиях ограниченных водных ресурсов.

Прогноз минерализации дренажного стока при орошении

Формирование дренажного стока в сравнительно больших объемах происходит в основном в зонах развития систематического дренажа. Поэтому методика прогноза минерализации дренажного стока дается лишь для случая систематического дренажа.

I. В зависимости от почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий можно выделить следующие расчетные схемы процесса формирования минерализации дренажного стока:

- однослойный пласт с незасоленной зоной аэрации; двухслойный пласт с покровным мелкоземом, также незасоленным;
- однослойный пласт с засоленной зоной аэрации или двухслойный пласт с засоленными покровными отложениями.

Первая схема. Однослойный пласт с незасоленной зоной аэрации или двухслойный пласт с незасоленным покровным мелкоземом небольшой мощности при любом типе систематического дренажа и постоянной минерализации оросительной воды. Прогноз минерализации дренажного стока на перспективу выполняется по следующей формуле:

$$C = C_0 e^{-\frac{D}{m \cdot n \cdot 10000}} + \bar{C}_0 \left(1 - e^{-\frac{D}{m \cdot n \cdot 10000}}\right), \quad (1)$$

где C - прогнозная минерализация дренажного стока;
 C_0 - начальная концентрация солей в водоносном пласте;
 m, n - соответственно активная пористость и мощность водоносного пласта;
 D - прогнозный дренажный сток за год, м³/га;
 $\bar{C}_0$ - средневзвешенная концентрация солей, поступающих в водоносный пласт как с инфильтрационной водой, так и с подземным притоком:

$$\bar{C}_0 = \frac{C_{op}(1-\eta)B_{op} + C_{op} \cdot B_{op} + C_n \cdot P}{(1-\eta)B_{op} + B_{op} + A_{oe} + P - C_{op}}. \quad (2)$$

Здесь C_{op} - минерализация оросительной воды;
 η - коэффициент полезного действия оросительной сети;
 B_{op} - водоподача нетто;
 $\pm P$ - подземный приток (+) или отток (-);
 C_n - минерализация подземных вод, поступающих в калитруемый слой за счет напорного питания;
 $A_{ос}$ - атмосферные осадки;
 $U_{сум}$ - суммарное испарение.

Во многих случаях минерализация оросительной воды не остается постоянной, из года в год изменяется, особенно при использовании на орошение коллекторно-дренажных вод. Исходя из этого, минерализацию дренажного стока на любой год можно найти по следующей формуле:

$$C = C_0 e^{-B_1 \cdot (t - t_0)} + \sum_{i=1}^n \bar{C}_i \cdot e^{-B_1 \cdot (t - t_i + 1)} \quad (3)$$

$$B = \frac{Q}{n \cdot m \cdot 10000}$$

где $\bar{C}_i$ - средневзвешенная минерализация воды, поступающей в пласт как с инфильтрацией, так и с подземным питанием, i -го года.

Расчет $\bar{C}_i$ производится по формуле (2) для каждого года прогнозируемого периода.

Вторая схема. Однослойный пласт с засоленной зоной аэрации или двухслойный пласт с засоленными плохопроницаемыми покровными отложениями.

В этом случае минерализация дренажного стока в значительной степени определяется выносом солей из покровных отложений и в простейших случаях может быть определена по формуле

$$C = C_0 e^{-B_1 t} + \frac{B \cdot S_0 \cdot (e^{-B_1 t} - e^{-B_2 t})}{(B - B_1)}$$

$$B = \frac{Q}{m \cdot n \cdot 10000}; \quad B_1 = \frac{Q}{\alpha \cdot h \cdot 10000}$$

Здесь α - коэффициент солеотдачи по Волобуеву;
 h - мощность покровного мелкозема или зоны аэрации;
 S_0 - исходная концентрация солей в покровном мелкоземе.

Так как изменение минерализации дренажного стока, если не учитывать его колебаний за счет поверхностных сбросов, происходит очень медленно, то в большинстве случаев достаточно ограничиться прогнозом минерализации дренажного стока на среднегодовое значение.

2. В сложных случаях при наличии определенных параметров соле-влажностного переноса, фильтрационной неоднородности в междуречье, необходимости определения поля концентрации солей при работе горизонтального дренажа расчет рекомендуется производить на основе численного решения уравнений влагопереноса и конвективной диффузии в насыщенной и ненасыщенной зонах в изометрических условиях.

Такая постановка предложена во ВНИИГиМ Л.М.Рексом, В.Е.Борисовым и В.А.Барановой. Они разработали алгоритм и программу расчета на ЭВМ "Минск-32" - "Прогноз поля концентрации и дренажного стока при работе горизонтальной дрены" (Государственный фонд алгоритмов и программ №П 002363, 1977 г.).

Прогнозировать концентрацию солей в откачиваемой воде из скважин вертикального дренажа в условиях двухслойной толщи и необходимости учета неравномерности скоростей фильтрации можно по алгоритму и программе расчета на ЭВМ "Минск-32" - "Прогноз минерализации дренажного стока при работе скважин вертикального дренажа" (Государственный фонд алгоритмов и программ №П 002225, 1976 г., Рекс Л.М., Борисов В.Е., Баранова В.А.).

3. Если природные условия "не укладываются" в рассмотренные выше расчетные схемы, то прогноз концентрации солей в дренажном стоке производится по лентам тока.

Последние выделяются на гидродинамической сетке фильтрационного потока, построенной на бумажной электрической модели (ЭГДА). Далее для каждой ленты тока устанавливается ее длина L_i и скорость фильтрации вдоль ленты V_i .

Минерализацию дренажных вод определяет по формуле

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i q_i}{\sum_{i=1}^n q_i} \quad (4)$$

Здесь Q_i - расход i -ой ленты тока;
 C_i - минерализация i -ой ленты тока, определяемая по формуле (5) или графику на рис.П.5.1;

$$\theta_i = \frac{C_i - C_u}{C_o - C_u} = 2 \exp\left(\frac{1}{2} Pe \xi - \frac{1}{4} Pe \tau\right) \times$$

$$\times \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\mu_i \cdot \sin \mu_i \xi \exp(-\mu_i^2 \cdot \frac{\tau}{Pe})}{\mu_i^2 + 0,25 Pe^2 + 0,5 Pe}}{\sum_{i=1}^n \frac{\mu_i \cdot \sin \mu_i \xi \exp(-\mu_i^2 \cdot \frac{\tau}{Pe})}{\mu_i^2 + 0,25 Pe^2 + 0,5 Pe}}, \quad (5)$$

$$Pe = \frac{V_i \cdot L_i}{D_o}; \quad \tau = \frac{V_i \cdot t}{m_o \cdot L_i}$$

μ_i - корни трансцендентного уравнения:

$$\mu_i \operatorname{ctg} \mu_i = 0,5 Pe$$

C_u - минерализация инфильтрационной воды;

C_o - исходная минерализация воды в каптируемом пласте;

D_o - коэффициент конвективной диффузии;

m_o - активная пористость, доли объема.

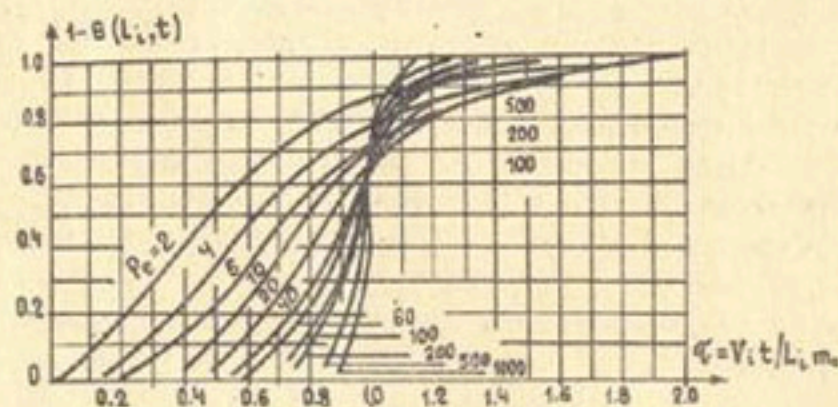


Рис.П.5.1. График зависимости

$$1-\theta(L_i, t) \text{ от } \tau = \frac{V_i t}{m_o L_i} \text{ и } Pe = \frac{V_i L_i}{D_o}.$$

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
2. ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД В СИСТЕМЕ.....	4
3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД.....	10
4. ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ УСЛОВИЯ ПРИМЕНИМОСТИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД НА ОРОШЕНИЕ И ПРОМЫВКИ.....	23
5. РАЗРАБОТКА МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД НА ОРОШЕНИЕ, ПРОМЫВКИ.....	28
6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД НА ОРОШЕНИЕ И ПРОМЫВКИ.....	39
7. ОРГАНИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД НА ОРОШЕНИЕ И ПРОМЫВКИ.....	41
8. ПЛАНИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ И ПРОМЫВОК.....	45
9. МЕЛИОРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ И РЕЖИМНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НА ОРОШЕНИЕ И ПРОМЫВКИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД.....	48
10. ПРИЛОЖЕНИЯ.....	51

Руководство
по использованию дренажных вод на орошение
сельскохозяйственных культур и промывки
засоленных земель

Редактор Д.Х.Возодина

Р- 06042 Подписано в печать 19/у-86. Формат бумаги 60х90 1/16
Уч.-изд.л. 3,6 Тираж 400 экз. Заказ 1345 Бесплатно.

Картография ин-та "Узгипрозем"
Ташкент, ул.Мукаими,176