МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

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

# ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ ПОЧВ

## СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Выпуск 166

Ташкент — 1982

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

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

# ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ ПОЧВ

Сборник научных трудов

Выпуск 166

Ташкент—1982

УДК 626.8*

# ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ ПОЧВ

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ им.В.Д.Журина
1982, с.150

В сборнике на основе научных и производственных исследований определяются принципы регулирования мелиоративных режимов почв; даются материалы по актуальным проблемам улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель, эффективности использования оросительной воды путем регулирования мелиоративных режимов почв на рисовых полях, при использовании минерализованных вод в низовьях Амударьи, при внутрипочвенном орошении и др. ; рассматриваются методы и средства регулирования водно- солевого баланса при помощи сочетания режима орошения и управления дренажем.

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

Редакционная коллегия: В.А.Духовный (отв.редактор), В.И. Антонов, Г.Г.Валентини, Т.И.Дерлятка, А.Ж.Жулаев (КазНИИВХ), А.А.Кадыров (зам.ред), В.Калантаев (ТуркменНИИГиМ), Н.Т.Лактаев, А.М.Мухамедов, В.Г.Насонов, А.Г.Пулатов, А.У.Усманов, Х.И.Якубов (зам.ред.)

© Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации им.В.Д.Журина (САНИИРИ)
1982

М.А.Якубов
Р.К.Икрамов, канд.техн.наук
Т.Джалилова, Н.М.Каримова

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

# К ВОПРОСУ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА И ГРУНТОВЫХ ВОД ПРИ БЛИЗКОМ ИХ ЗАЛЕГАНИИ НА КРУПНЫХ ОРОШАЕМЫХ МАССИВАХ

В орошаемых районах остается весьма важной проблема предупреждения засоления и рассоления плодородных земель, вышедших из сельскохозяйственного оборота вследствие подъема минерализованных грунтовых вод и засоления почв. На этих землях необходимо создание оптимальных мелиоративных режимов почв определенным сочетанием режима орошения, промывок и искусственного дренажа.

Важными элементами при расчетном обосновании проектных мелиоративных режимов и непосредственной реализации их в натуре являются концентрация почвенного раствора и минерализация грунтовых вод. Прогнозу указанных элементов посвящено значительное количество работ /I,4,5,6,7,8/. Однако в них рассматривается прогнозирование сезонных, годовых или многолетних значений и в большинстве случаев на период освоения (подъема грунтовых вод). Методика же прогнозирования, рассчитанная на более короткий промежуток времени (например по месяцам), особенно необходимая при эксплуатации крупных гидромелиоративных систем, в настоящее время отсутствует. Анализ эффективности фактических мелиоративных режимов на многих гидромелиоративных системах Узбекистана и Южного Казахстана показал, что при составлении проектов мелиорации также необходимо производить указанные прогнозы в месячном разрезе для более полного учета природно-хозяйственных условий объектов и установления оптимальных технико-экономических параметров систем.

Для прогнозных расчетов на крупных орошаемых массивах, мелиорируемых различными типами дренажа, наиболее целесообразно использование балансового метода /3,9/.

Балансовые расчеты рекомендуется выполнять в разрезе месяца, так как в качестве исходных используются данные эксплуатацион-

ных служб и, кроме того, эмпирические зависимости для определения эвапотранспирации установлены на основании среднемесячных значений входящих в них элементов.

При мелиорации засоленных земель с близким залеганием грунтовых вод важно знать минерализацию их поверхностного слоя, который оказывает непосредственное влияние на почвообразовательные процессы.

Расчеты концентрации почвенного раствора и минерализации грунтовых вод требуют решения следующих задач:

прогноз глубин уровня грунтовых вод;

прогноз водно-солевого баланса зоны аэрации и корнеобитаемого слоя сельскохозяйственных растений;

прогноз баланса грунтовых вод.

Прогнозные глубины грунтовых вод можно рассчитать, используя уравнение общего водного баланса по С.Ф.Аверьянову

$$W_к^{общ} - W_н^{общ} = O_c + O_p + Ф_{мг} + Ф_{мх} + Ф_{вх} + П - ET_м - C - Q \pm P - Д_г - Д_в, \qquad (I)$$

где $W_н^{общ}, W_к^{общ}$ – начальные и конечные запасы влаги на мелиорируемой территории; $O_c$ – атмосферные осадки; $O_p$ – водоподача на орошаемые поля (нетто); $Ф_{мг}, Ф_{мх}, Ф_{вх}$ – потери на фильтрацию соответственно из магистральных, межхозяйственных и внутрихозяйственных каналов;

$П$ – подземный приток на мелиорируемую территорию со стороны;

$ET_м$ – эвапотранспирация с поверхности орошаемого массива;

$C$ – суммарные сбросы ирригационных вод; $\pm P$ – вертикальный водообмен балансового слоя с глубокими подземными водами;

$Q$ – боковой отток подземных вод; $Д_г$ – выклинивание грунтовых вод в горизонтальный дренаж; $Д_в$ – объем откачек вертикального дренажа.

Запасы влаги в различных почвогрунтах в расчетах выражаются как функция глубины грунтовых вод, т.е. $W^{общ} = f(H)$. Значения их, соответствующие заданным глубинам грунтовых вод, определяются из таблиц, составленных для 4,5-метровой толщи почвогрунтов с использованием формулы И.А.Енгулатова /2/

$$W^{общ} = (4{,}5n - HA\sqrt{H}) \cdot 10000, \qquad (2)$$

где $n$ – пористость; $\bar{A}$ – параметр, характеризующий проницаемость почвогрунтов; $H$ – глубина грунтовых вод, м.

При расчетах общего водного баланса мелиорируемой территории принимаются удельные значения элементов, отнесенные к валовой площади рассматриваемого контура.

Для прогноза минерализации поверхностного слоя грунтовых вод необходимо составить баланс грунтовых вод, водносолевые балансы зоны аэрации мелиорируемой территории и поверхностного слоя грунтовых вод.

Баланс грунтовых вод

$$\Delta W_{гр} = \sigma \Delta H - \Phi_{нг} + \Phi_{нк} - \alpha \Phi_{бк} \pm g + П - О \pm Р - Д_г - Д_б \qquad (3)$$

Водный баланс зоны аэрации

$$W_к^а - W_н^а = O_c + O_p + (1-\alpha)\Phi_{бк} - ET_м - C \pm g \qquad (4)$$

Солевой баланс зоны аэрации

$$C_к^а - C_н^а = C_{op} + C_{(1-\alpha)\Phi бк} - C_c \pm C_g \qquad (5)$$

Солевой баланс поверхностного слоя грунтовых вод

$$C_к^г - C_н^г = C_{\alpha\Phi бк} \pm C_g - C_q \pm C_D \pm C_z \qquad (6)$$

Здесь $\Delta W_{гр} = \sigma \Delta H$ – изменение запасов грунтовых вод за расчетный период; $\Delta H = H_к^а - H_н^а$ – изменение глубины грунтовых вод; $\sigma$ – коэффициент водоотдачи при снижении уровня грунтовых вод или недостатка насыщения при их подъеме; $W_к^а, W_н^а$ – начальные и конечные запасы влаги в зоне аэрации; $\alpha$ – доля фильтрации из каналов, поступающая на питание грунтовых вод; $\pm g$ – водообмен между зоной аэрации и грунтовыми водами; $q$ – отток грунтовых вод из расчетного поверхностного слоя в нижележащие; $C_н^а, C_к^а$ – содержание солей в зоне аэрации в начале и конце расчетного периода; $C_{op}, C_{(1-\alpha)\Phi бк}, C_c, C_g, C_q$ – содержание солей в соответствующих элементах водных балансов; $C_D, C_z$ – диффузионный и сорбционный солеобмен между расчетным слоем грунтовых вод и соседними слоями.

Размерность всех элементов водных балансов – м$^3$/га, а солевых – т/га.

Солевой баланс поверхностного слоя грунтовых вод составляется с использованием методического подхода, рекомендованного Н.И.Парреновой и несколько видоизмененного нами применительно к условиям решаемой задачи /I,7,8/. При прогнозе минерализации грунтовых вод принимается, что сосредоточенная фильтрация из постоянно действующих магистральных и межхозяйственных каналов, обуславливая повышение уровня грунтовых вод, не вызывает их разбавления.

$$C_н^a = H_н^a \cdot \rho \cdot S_н^a \cdot \varphi \cdot 100, \qquad (7)$$

здесь $S_н^a$ - начальное содержание солей в почвогрунтах зоны аэрации в % от веса сухого грунта; $\rho$ - объемная масса почвогрунтов зоны аэрации, т/м³; $\varphi$ - коэффициент перехода водных вытяжек на исходные расчетные запасы солей, по данным П.С.Панина, изменяется от I,I для хлоридных до I,4I для сульфатных почв /6/.

Вынос солей из зоны аэрации инфильтрационными водами ($\pm q$) определяется по формуле П.С.Панина, видоизмененной Н.Н.Ходжибаевым и В.Г.Самойленко /8/:

$$C_q = C_н^a \left(1 - \frac{1}{\exp \frac{K_a}{\gamma}}\right), \qquad (8)$$

где $\gamma$ - постоянная вымывания, значения которой изменяются от I,5 для хлоридных до 4,25 для сульфатных почв;

$K_a$ - кратность водообмена в почвогрунтах зоны аэрации. Так как объем инфильтрации ($q$) устанавливается непосредственно из водобалансовых расчетов, то $K_a$ можно определить как

$$K_a = \frac{q}{H_a \cdot m_a \cdot 10000}, \qquad (9)$$

здесь $m_a$ - активная пористость почвогрунтов зоны аэрации в долях единицы.

В случае подпитывания зоны аэрации грунтовыми водами

$$+C_q = 0{,}001 \cdot q \cdot \mu^г, \qquad (I0)$$

где $\mu^г$ - средняя минерализация грунтовых вод за расчетный период, г/л.

В условиях близкого залегания уровня грунтовых вод роль $C_{\mathcal{D}}$ и $C_{\mathcal{Z}}$ в формировании их минерализации невелика. Гидрохимический режим при этом формируется в основном за счет эвапотранспирации грунтовых вод и инфильтрации с полей орошения /V.

Содержание солей в зоне аэрации на конец расчетного периода определяется как

$$C_к^а - C_н^а \pm C_q + C_{ор} + C_{(1-\alpha)\Phi в/х} \qquad (II)$$

В связи с тем, что во внутригодовом разрезе минерализация и глубина грунтовых вод подвержены значительным колебаниям, расчетная мощность ( $H_o$ ) поверхностного слоя грунтовых вод принимается равной I,0 м.

Отток грунтовых вод из расчетного слоя ( $q$ ) в нижележащие слои определяется следующим образом:

а) при подъеме уровня грунтовых вод

$$q = \alpha \Phi_{в/х} \pm g - (\Delta W_{гр} - \Phi_{мг} - \Phi_{м/х}) \qquad (I2)$$

б) при спаде уровня грунтовых вод

$$q = \alpha \Phi_{в/х} \pm g \qquad (I3)$$

в) при $\alpha \Phi_{в/х} < |-q| \qquad q = 0 \qquad (I4)$

Элементы солевого баланса поверхностного слоя грунтовых вод рассчитываются по формулам:

$$C_н^г = H_o \cdot S_н^г \cdot \rho \cdot \varphi \cdot 100 \qquad (15) \qquad C_q = C_н^г \left(1 - \frac{1}{\exp \frac{K_o}{\delta}}\right) \qquad (I6)$$

$$K_o = \frac{q}{H_o \cdot m_a \cdot 10000} \qquad (17) \qquad C_к^г = C_н^г - C_{\alpha \Phi в/х} \pm C_q - C_q \qquad (I8)$$

$$S_к^г = \frac{C_к^г}{H_o \rho \cdot \varphi \cdot 100} \qquad (19) \qquad M_к^г = \frac{S_к^г}{\theta} \qquad (20)$$

Здесь $S_н^г$, $S_к^г$ - начальное и конечное содержание солей в почвогрунтах расчетного слоя грунтовых вод, % от веса сухого грунта; $\theta$ - пересчетный коэффициент от содержания солей в почвогрунтах (%) для выражения минерализации грунтовых вод, г/л.

Прогноз солевого режима зоны аэрации и корнеобитаемого слоя сельскохозяйственных растений производится следующим образом. Составляются водно-солевые балансы зоны аэрации орошаемого поля

$$\Delta W^{a} = O_c + O'_p - C' - ET_n \pm g' \qquad (21)$$

$$\Delta C'_a = C'_{op} - C'_c \pm C'_g \qquad (22)$$

Знак "прим" указывает, что в балансах принимаются удельные значения элементов, отнесенные к орошаемой площади ( $F_{нетто}$ ) рассматриваемого контура.

При составлении водно-солевого баланса почвогрунтов корнеобитаемого слоя мощность его ( $H_{кс}$ ) в течение вегетационного периода принимается разной в зависимости от фазы развития растений.

Уравнение солевого баланса корнеобитаемого слоя имеет вид:

$$C^{к}_{кс} - C^{н}_{кс} = \pm C'_q + C'_{op} - C'_c \quad , \qquad (23)$$

где $C^{н}_{кс}, C^{к}_{кс}$ - начальное и конечное содержание солей в корнеобитаемом слое; $\pm C'_q$ - солеобмен корнеобитаемого слоя с нижележащими; при инфильтрации $q' = O_c + O'_p - C' - ET_n - H_{кс}(n - W_{кс}) \cdot 10000$, а при восходящем токе влаги $q' = g'$.

В случае нисходящих токов через зону аэрации перенос солей инфильтрационными водами в нижележащие определяется как

$$-C'_q = C^{н}_{кс} \left(1 - \frac{1}{\exp K_{кс}}\right) \quad , \qquad (24)$$

здесь $K_{кс}$ - кратность водообмена в почвогрунтах корнеобитаемого слоя,

$$K_{кс} = \frac{O_c - O'_p - C' - ET_n - H_{кс}(n - W_{кс}) \cdot 10000}{H_{кс}(n - W_{кс}) \cdot 10000} \qquad (25)$$

Перенос же солей восходящими токами влаги по капиллярам в корнеобитаемый слой определяется как

$$+ C'_q = 0{,}001 \cdot \mu^к_{бт} \cdot q' \qquad (26)$$

$$\mu^к_{бт} = \frac{C^н_{Ha-Hкс} - 0{,}001\, q'(\mu^н_{бт} - \mu^г)\,\delta}{(H_a - H_{кс})\, W_{Ha-Hкс} \cdot 10000} \qquad (27)$$

$$\mu^н_{бт} = \frac{C_{Ha-Hкс} \cdot \delta}{(H_a - H_{кс})\, W_{Ha-Hкс} \cdot 10000}, \qquad (28)$$

где $\mu^н_{бт}, \mu^к_{бт}$ - минерализация восходящего тока влаги, подпитывающей корнеобитаемый слой в начале и конце расчетного периода, г/л; $C_{Ha-Hкс}$ - содержание солей в почвогрунтах в промежутке от уровня грунтовых вод до корнеобитаемого слоя; $\delta$- пересчетный коэффициент от содержания солей в почвогрунтах к минерализации почвенного раствора. По П.С.Панину, значение его изменяется от 0,820 для хлоридных до 0,535 для сульфатных почв /6/.

Концентрация почвенного раствора корнеобитаемого слоя, исходя из степени засоления его, определяется как

$$\mu_{кр} = \frac{C_{кс} \cdot \delta}{H_{кс} \cdot W_{кс} \cdot 10000}. \qquad (29)$$

Данная методика может быть использована при расчетном обосновании режима орошения сельскохозяйственных культур и планировании мероприятий по эксплуатации оросительных и дренажных систем.

## Литература


1. Барон В.А., Парфенова Н.И. Методические рекомендации по прогнозу режима уровня и минерализации грунтовых вод в условиях орошения. М.,ВСЕГИНГЕО, 1973.
2. Енгулатов И.А. К вопросу расчета запасов влаги в зоне аэрации почвогрунтов. Труды САНИИРИ, вып.119. Ташкент,1969.
3. Жернов И.Е. Прогноз режима подземных вод на мелиорируемых землях. "Материалы межведомственного совещания по мелиоративной гидрогеологии и инженерной геологии", вып.4. Минск,1972.
4. Ковда В.А. Основы учения о почвах, кн.I.М.,"Наука",1973.

нарушения экологических условий среды и при минимальных затратах материальных ресурсов на единицу продукции.

Мы выделяем четыре типа мелиоративного режима: автоморфный при глубине грунтовых вод более 4 м; полуавтоморфный – 3-4 м; полугидроморфный - 2-3 м; гидроморфный - I-2 м. При этом уровень грунтовых вод как показатель, характеризующий тот или иной мелиоративный режим, уточнен, исходя из того, что практически исключается испарение из грунтовых вод и в условиях интенсивного орошения возможно создать эти глубины совершенными типами дренажа. Анализ лизиметрических данных показал,что испарение грунтовых вод практически прекращается с глубин 3,5-4,0 м в зависимости от механического состава почв и составляет 50-100 $м^3$/год. Данная глубина принята за нижний предел для автоморфного мелиоративного режима.

Согласно определению мелиоративного режима мы выделяем три группы его показателей:

I - управляемые показатели, куда входят режимы засоления, влажность, питательные элементы, уровни и минерализация грунтовых вод и др.;

П - управляющие показатели - водоподача, дренажный сток, эвапотранспирация, агротехнический комплекс и др.;

Ш - оценочные показатели - водообмен между грунтовой водой и зоной аэрации, интенсивность дренирования, урожайность сельскохозяйственных культур, расходование воды на единицу продукции, капитальные и эксплуатационные затраты по созданию и поддержанию проектируемого мелиоративного режима и др.

Все три группы показателей взаимосвязаны, причем их состав может быть расширен. Здесь приведены только те, которые наиболее эффективно управляются мелиоративными мероприятиями.

Количественные характеристики, закономерности формирования и взаимосвязь показателей устанавливаются на основе обобщений и проведении специальных теоретических и натурных исследований (табл.I).

Как видно из табл.I, пределы изменения допустимых величин отдельных показателей мелиоративного режима зависят от природных условий объекта и вида выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Выбор того или иного типа мелиоративного режима зависит от

Таблица I

Пределы изменения допустимых величин отдельных показателей мелиоративного режима

| Показатели | Период развития хлопчатника: от посева до появления 2-3 листочков | от 2-3 листочков до цветения | от цветения до плодообразования | от плодообразования до созревания | Авторы |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| I. Предельно допустимые концентрации солей, % от сухой массы почвы: | | | | | В.Е.Еременко (1957) С.Н.Рыжов и В.Е.Еременко (1963) |
| сульфатный тип засоления | | | | | |
| сумма солей | 0,6-0,8 | 1,0-1,2 | 1,0-1,2 | 1,2-1,5 | |
| $Cl'$ | 0,01-0,02 | 0,025-0,035 | 0,025-0,04 | 0,03-0,045 | |
| хлоридно-сульфатный тип засоления | | | | | С.Н.Рыжов (1965) |
| сумма солей | 0,4-0,5 | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | В.М.Легостаев (1959) |
| $Cl'$ | 0,01-0,015 | 0,02-0,03 | 0,02-0,035 | 0,025-0,045 | С.А.Нерозин (1981) |
| сульфатно-хлоридный тип засоления | | | | | |
| сумма солей | 0,16-0,2 | 0,2-0,3 | 0,3-0,4 | 0,4-0,6 | |
| $Cl'$ | 0,007-0,010 | 0,01-0,012 | 0,012-0,015 | 0,015-0,025 | |
| II. Влажность почвы в % от ППВ: | | | | | |
| типичные сероземы | 70 | 70 | 70 | 65 | |
| светлые сероземы | 70 | 70 | 65 | 60 | |
| сероземно-луговые и луго сероземные | 65 | 65 | 65 | 60 | |
| III. Уровень грунтовых вод, м | I...4 в зависимости от типа мелиоративного режима | | | | |

почвенно-мелиоративных, гидрогеологических и водохозяйственных условий орошаемых регионов и может быть осуществлен на основе технико-экономических расчетов, позволяющих оптимизировать тип или отдельные его параметры.

Вопросу оптимизации мелиоративного режима и методике его расчета посвящены работы Л.М.Рекса (1974), И.П.Айдарова и Э.Каримова (1974), В.А.Духовного и др. (1979) и др.

Так, Л.М. Рекс (1974) разработал методику расчета технико-экономического обоснования параметров оросительных систем, в которой основным критерием принят минимальный срок окупаемости капиталовложений на строительство системы.

И.П.Айдаров и Э.Каримов (1974) в своих расчетах за основу приняли факторы, влияющие на изменение суммы приведенных затрат в зависимости от уровня грунтовых вод, техники орошения и мощности дренажа.

В.А.Духовный и др. (1979) вопрос оптимизации мелиоративного режима рассматривают с позиции обеспечения минимума суммарного расходования воды на гектар при минимальных отрицательных солевых балансах и снижении загрязнения возвратных вод. При выборе оптимального мелиоративного режима они предлагают отыскивать экономико-математический оптимум, допуская, что в процессе вегетации происходит соленакопление, которое удаляется промывками в невегетационный период. В этом варианте критерием оптимизации служит минимум стоимости капиталовложений.

Э.А.Акрамов (1973) считает, что экономическая эффективность капитальных вложений в сфере орошаемого земледелия и в ирригации и мелиорации земель не должна ограничиваться определением одних показателей общей (абсолютной) эффективности. В данной сфере народного хозяйства часто приходится сравнивать варианты капитальных вложений и определять показатели сравнительной эффективности.

Б.А.Кудрин, В.С. Дмитриев, Г.Ф.Раскин и др. (1972) отмечают, что общая экономическая эффективность позволяет сопоставить затраты и эффекты и тем самым определить хозяйственную целесообразность осуществления проекта или данного мелиоративного

мероприятия, а сравнительная эффективность отвечает на вопрос о том, является ли избранный вариант лучшим, т.е. обеспечивающим минимум приведенных затрат при производстве на мелиорируемых землях необходимой продукции.

И.П.Айдаров и Э.Каримов считают, что приведенные затраты на строительство дренажа и оросительной системы могут служить одним из критериев оптимальности мелиоративного режима и вычислены по формуле:

$$\Sigma З = (C_i^o + E_н K_i^o) + (C_i^g + E_н \cdot K_i^g), \qquad (I)$$

где $C_i^o$ - текущие издержки (ежегодные затраты) на содержание и эксплуатацию оросительной сети, производство поливов с учетом стоимости оросительной воды по $i$- му варианту мелиоративного режима;

$C_i^g$ - текущие издержки (ежегодные затраты) на содержание и эксплуатацию коллекторно-дренажной сети;

$K_i^o$ и $K_i^g$ - единовременные затраты (капитальные вложения) по $i$ -му варианту строительства оросительной и коллекторно-дренажной сети;

$E_н$ - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ( $E_н = 0,12$).

Анализ проведенных исследований по установлению различных типов мелиоративного режима показывает, что, в принципе, совершенными типами дренажа можно создать любое сочетание показателей и таким образом обеспечить благоприятный мелиоративный фон. Но дефицит оросительной воды в целом по региону требует соизмерения объема сэкономленной воды (С.А.Полинов, Ю.П. Стрепков, 1979) за счет введения нового мелиоративного режима.

По зависимости (I) трудно учитывать стоимость сэкономленной воды, особенно когда новый мелиоративный режим проектируется на существующих землях, где реконструкции подлежит только коллекторно-дренажная система. Поэтому для обоснования оптимального мелиоративного режима вводится дополнительный показатель ( $\Delta U_{ор}$), характеризующий приведенные затраты сэкономленной воды.

Таким образом, критерием оптимизации мелиоративного режима принят минимум суммарных приведенных затрат по строи-

тельству и эксплуатации оросительных и коллекторно-дренажных систем и дополнительно сэкономленной оросительной воды на комплексный гектар, т.е.

$$\Sigma З + \Delta U_{op} = min. \qquad (2)$$

Пример выбора оптимального мелиоративного режима произведен для условий функционирования вертикального дренажа на староорошаемых землях Ферганской области. В основу расчетов положены материалы исследований, проведенных на опытно-производственных участках в Кировском районе Ферганской области, и проектных и эксплуатационных организаций Минводхоза УзССР.

Показатели мелиоративного режима и их количественные характеристики, обеспечивающие мелиоративное благополучие земель, определяются на основе прогнозных расчетов водно-солевого режима (С.Ф.Аверьянов (1978), Н.Н. Веригин (1979), Д.М.Рекс (1975), Р.В.Савельева (1974,1978) и др.). Нами приняты зависимости, полученные Р.В.Савельевой на основе решения уравнений физико-химической гидродинамики.

Прогнозы основаны на том, что варианты среднегодовых глубин грунтовых вод (1,5 м; 1,9; 2,45; 3,0; 3,5 и 4,0 м) различаются по объему необходимых оросительных вод для регулирования солевого режима почвогрунтов в зоне аэрации.

В результате прогнозных расчетов для условий опытно-производственных участков на опресненных (до порога токсичности солей), среднего механического состава почв установлено, что при среднегодовой глубине грунтовых вод 1,5 м для поддержания благоприятного солевого режима необходимо обеспечить подачу 8890 $м^3$/га в год пресных поверхностных вод, а для среднегодовых глубин грунтовых вод 1,9; 2,45; 3,0; 3,5 и 4,0 м, соответственно 7910, 6780, 5630, 5250 и 5050 $м^3$/га в год.

Объем водопотребления хлопчатника с учетом использования запасов грунтовых вод для почв со средней водоподъемной способностью принят по рекомендациям СоюзНИХИ (А.Е.Нерозин, 1980) (табл.2) и пересчитан на комплексный гектар с учетом коэффициентов (процентное соотношение оросительных норм отдельных культур хлопкового комплекса), предложенных Средазгипроводхлопком (В.М.Легостаев, М.П. Меднис, 1971) и уточнен-

ных В.М.Легостаевым (I974) (рис.I).

Таблица 2

Водопотребление сельскохозяйственных культур на комплексный гектар

| Показатели глубины грун.вод,м | Глубина залегания грунтовых вод, м | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I,5 | I,9 | 2,45 | 3,0 | 3,5 | 4,0 |
| Суммарное водопотребление, $м^3$/га, | 8855 | 87I0 | 8220 | 7695 | 7275 | 6850 |
| в т.ч. расходы воды: | | | | | | |
| оросительной | 3950 | 4585 | 5455 | 6325 | 6420 | 65I0 |
| грунтовой | 4905 | 4I25 | 2765 | I370 | 855 | 340 |

На рис.I видно, что за счет регулирования уровня грунтовых вод от I,0 до 4,0 м водопотребление хлопчатника уменьшается, по опытным данным СоюзНИХИ, с 8600 до 6500 $м^3$/га или на 24,5%, а по нашим расчетам - с 9050 до 6850 $м^3$/га или на 24,0%. При этом для покрытия потребности сельхозкультур увеличиваются доля поверхностных вод с 3I60 до 65I0 $м^3$/га (на 60%), а расходы грунтовых вод уменьшаются с 5905 до 340 $м^3$/га или на 60%.

Следует отметить, что в первых трех вариантах, где среднегодовые глубины грунтовых вод составляют I,5; I,9; 2,45 м от поверхности земли, объем воды, установленный для регулирования солевого режима почвогрунтов в зоне аэрации, одновременно удовлетворяет и водопотребление растений. В остальных трех вариантах (IУ,У, УI) со среднегодовыми уровнями грунтовых вод, равными 3, 3,5, 4 м, при существующем режиме орошения нормы воды, рассчитанные на регулирование солевого режима, не обеспечивают водопотребления растений. Поэтому здесь следует несколько увеличивать оросительную норму.

В результате сопоставления норм воды, полученных на основе прогнозных расчетов (регулирование солевого режима почв и грунтовых вод) и по рекомендациям СоюзНИХИ, установлены необходимые объемы воды для каждого варианта, которые на фоне совершенного типа дренажа при высокой культуре агротехники и

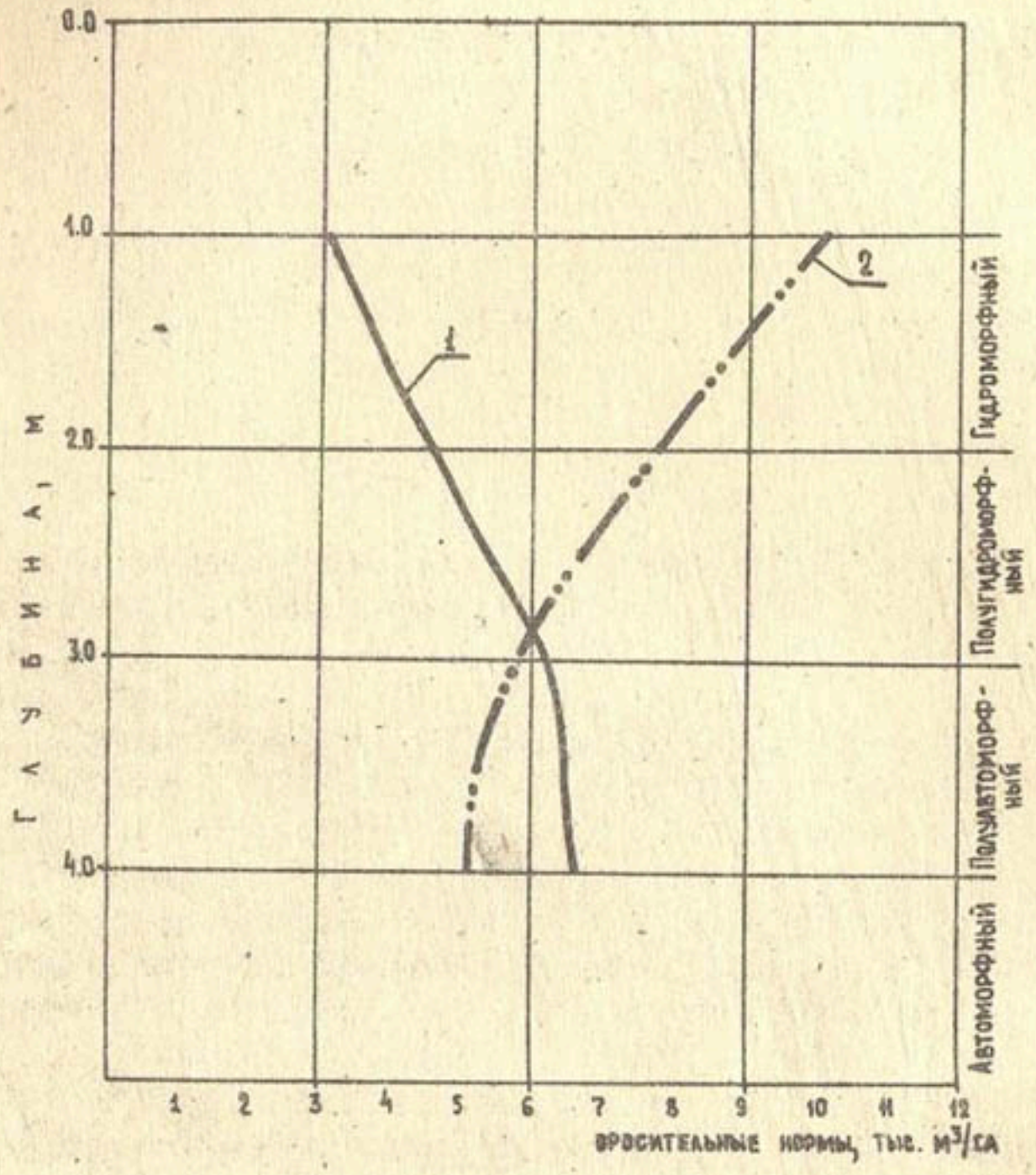


Рис.I. Зависимость оросительной нормы от глубины залегания грунтовых вод и минерализации поливной воды: I-оросительная норма с учетом питания из грунтовых вод за вегетационный период (полив пресной водой; по данным СоюзНИХИ); 2-водоподача за год с учетом поддержания солевого режима (полив пресной водой; величины расчетные).

водохозяйственных мероприятий обеспечивают как регулирование солевого режима почвогрунтов в зоне аэрации, так и водопотребление растений:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Среднегодовые уровни грунтовых вод, м | I,5 | I,9 | 2,45 | 3,0 | 3,5 | 4,0 |
| Оросительные нормы, $м^3$/га | 8890 | 79I0 | 6780 | 6325 | 6420 | 65I0 |

Следующий этап решения прогнозных задач состоит в установлении мощности дренажа (количество скважин вертикального дренажа) для каждого варианта с одновременным составлением режима работы систем скважин вертикального дренажа из условия обеспечения заданного мелиоративного режима.

Не останавливаясь на методике составления режима откачек, отметим, что на основе полученных прогнозных балансов почвенных и грунтовых вод установлены объемы воды, подлежащие откачке, с учетом обеспечения необходимой дренированности территорий и прогнозных глубин грунтовых вод (рис. 2).

Сопоставляя полученные варианты по минимуму приведенных затрат по дренажу и сэкономленной воде, выбираем оптимальный мелиоративный режим в следующей последовательности.

I. Устанавливаются для каждого рассматриваемого варианта приведенные затраты на строительство и эксплуатацию систем скважин вертикального дренажа.

2. Определяются приведенные затраты на комплексный гектар дополнительно сэкономленной поливной воды относительно базисного варианта.

3. Устанавливаются суммарные приведенные затраты на строительство и эксплуатацию оросительной и дренажной системы по результатам первых двух этапов с учетом стоимости дополнительной оросительной воды.

На первом этапе решения исходными данными служили проектные стоимостные показатели системы скважин, построенных и строящихся на территории Ферганской области, а также многолетние фактические эксплуатационные расходы систем скважин вертикального дренажа (табл.3). Из табл.3 видно, что минимумы

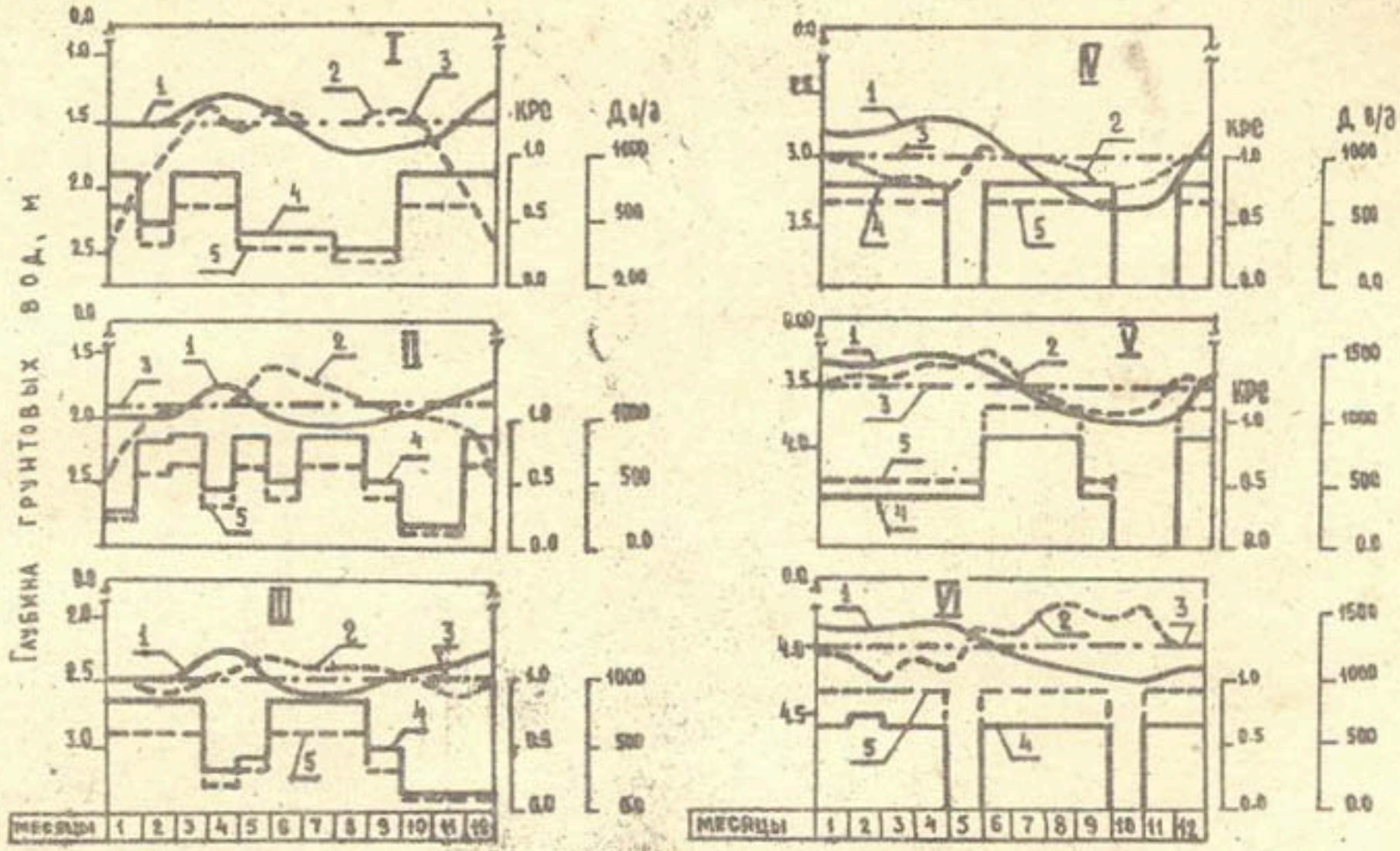


Рис.2. Показатели режимов откачек из скважин вертикального дренажа; I-глубина грунтовых вод (прогнозная),м; 2-то же, проектная; 3-то же, среднегодовая; 4-коэффициент работы систем (проектный); 5-объем откачиваемых вод (Д-проектный),$м^3$/га; I,П,Ш,IУ,У,УI -номера вариантов (полив сельхозкультур пресной (0,5г/л) водой).

Таблица 3

Приведенные затраты по строительству и эксплуатации вертикального дренажа по вариантам расчета

| Номер варианта | Среднегод. глубина гр. вод, м | Кол-во скважин вертикального дренажа, шт. | Среднегод. КРС скважин | Капиталовложения на все скважины ($В/д$ $К_{в.д}$), тыс. руб. | Приведенные затраты по капиталовложениям ($К_{в.д} \cdot Е$), руб/га | Эксплуатационные расходы: на одну скважину ($И_{в.д}$), руб/скв. | на все скважины ($И_{в.д} \cdot n$), руб. | приведенные расходы ($И_{в.д} \cdot n$), руб/га | Суммарные приведенные расходы ($И^{о}_{р.д}$), руб/га |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | I,5 | 7 | 0,62 | 294 | 52,04 | 30,I7 | 2III9 | 3I,I5 | 83,I9 |
| II | I,9 | 7 | 0,58 | 294 | 52,04 | 2926 | 20482 | 30,2I | 82,25 |
| III | 2,45 | 7 | 0,55 | 294 | 52,04 | 2857 | I9999 | 29,50 | 8I,54 |
| IУ | 3,0 | 8 | 0,60 | 336 | 59,47 | 2972 | 23776 | 35,06 | 94,53 |
| У | 3,5 | II | 0,50 | 462 | 8I,77 | 2744 | 30I84 | 44,5I | I26,28 |
| УI | 4,0 | I2 | 0,55 | 504 | 89,20 | 2853 | 34236 | 50,50 | I39,70 |

приведенных затрат по дренажу обеспечиваются при среднегодовой глубине грунтовых вод, равной 2,45 м.

Второй этап - определение величин приведенных затрат дополнительно сэкономленной воды при условии соизмерения затрат на увеличение ресурсов. Для решения этого вопроса в САНИИРИ используется оценка водных ресурсов. В качестве оценки использована стоимость I $м^3$ дополнительной воды, приравненная к стоимости поверхностной воды. Удельные приведенные затраты водного хозяйства на I000 $м^3$ водозабора по среднему течению бассейна Сырдарьи составляют I8,2 р. (Полинов С.А., Пинхасов М.А., Калфас Т.А., I980).

Результаты расчетов показывают, что минимальные приведенные затраты по дополнительно сэкономленной оросительной воде соответствуют варианту, где среднегодовая глубина грунтовых вод равна 3,0 м (табл.4).

На третьем этапе получены общие приведенные затраты по вариантам.

Расчеты показывают, что с понижением горизонта грунтовых вод с I,5 до 2,5 м суммарные приведенные затраты относительно базисного варианта уменьшаются с 48,34 до 8,28 р/га, при глубине грунтовых вод 2,5-3,0 м - с 8,28 до I3,0 р/га, при глубине 3,0 - 4,0 м суммарные приведенные затраты увеличиваются с I3,0 до 6I,53 р/га.

Согласно расчетам минимуму суммарных приведенных затрат соответствует глубина грунтовых вод, равная 2,5 м (см.табл.4, рис.3).

Таким образом, для условий опытно-производственного участка и аналогичных земель, дренируемых вертикальным дренажем, при котором достигаются минимальные затраты оросительной воды и труда, оптимальным мелиоративным режимом является полугидроморфный со среднегодовой глубиной грунтовых вод 2,5-3,0 м. При этом режим грунтовых вод формируется в период вегетации на глубине от 2,20 до 2,40 м, а в невегетационный - от 2,45 до 2,65 м в зависимости от природно-хозяйственных условий объекта.

Таблица 4

Суммарные приведенные затраты сэкономленной воды и по дренажу по вариантам расчета (при стоимости I м³ воды I,82 к.)

| Номер варианта | Глубина грунтовых вод, м | Оросительная норма, м³/га | Объем дополнительно сэкономленной воды, м³/га | Приведенные затраты дополнительно сэкономленной воды ($\Delta U_{op}$), руб/га | Приведенные затраты по дренажу ($U^{o}_{в.д}$) руб/га | Дополнительные приведенные затраты ($\Delta U^{o}_{в.д}$), руб/га | Сумма дополнительных приведенных затрат по дренажу и воде ($\Delta U^{o}_{op} + \Delta U^{o}_{в.д}$), руб/га |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | I,50 | 8890 | 2565 | 46,68 | 83,I9 | I,66 | 48,34 |
| | I,70 | 8400 | 2075 | 37,76 | 82,72 | I,I9 | 38,95 |
| II | I,90 | 79I0 | I585 | 28,84 | 82,25 | 0,72 | 29,56 |
| | 2,I0 | 750I | II76 | 2I,40 | 8I,99 | 0,46 | 2I,86 |
| | 2,30 | 7090 | 768 | I3,92 | 8I,73 | 0,20 | I4,I2 |
| III | 2,45 | 6780 | 455 | 8,28 | 8I,53 | - | 8,28 |
| | 2,50 | 6739 | 4I4 | 7,53 | 82,7I | I,I8 | 8,7I |
| | 2,70 | 6573 | 248 | 4,52 | 87,44 | 5,9I | I0,43 |
| | 2,90 | 6408 | 83 | I,5I | 92,I7 | I0,64 | I2,I5 |
| IУ | 3,0 | 63,25 | - | - | 94,53 | I3,0 | I3,0 |
| | 3,I0 | 6344 | I9 | 0,35 | I00,88 | I9,35 | I9,70 |
| | 3,30 | 6382 | 57 | I,04 | I13,5 | 3I,97 | 33,0I |
| У | 3,50 | 6420 | 95 | I,74 | I26,28 | 44,75 | 46,49 |
| | 3,70 | 6456 | I3I | 2,39 | I3I,65 | 50,I2 | 52,5I |
| | 3,90 | 6492 | I67 | 3,05 | I37,02 | 55,49 | 58,54 |
| УI | 4,0 | 65I0 | I85 | 3,38 | I39,70 | 58,I7 | 6I,55 |

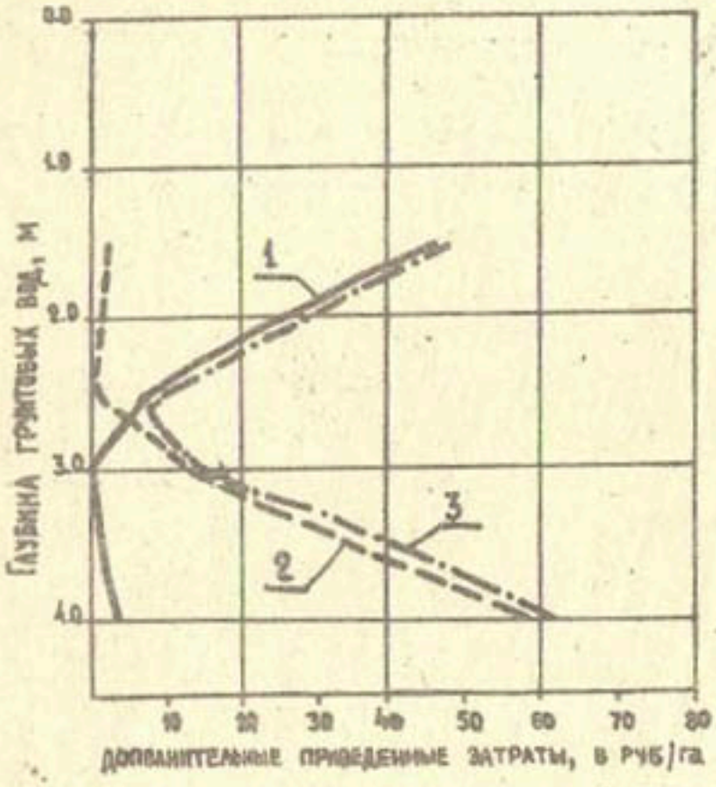


Рис.3. Зависимость приведенных затрат по дренажу и сэкономленной воде от глубины грунтовых вод: I-приведенные затраты сэкономленной воды; 2-то же, по дренажу; 3-суммарные приведенные затраты по дренажу и сэкономленной воде.

А.У.Усманов, канд.с.-х.наук
Т.У.Бекмуратов, М.А.Якубов
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

## ИЗМЕНЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА ПОЧВ ПРИ АВТОНОМНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДРЕНАЖНЫХ ВОД

В связи с расширением площадей орошаемых и обводняемых земель в аридной зоне из года в год сильнее ощущается дефицит пресной поверхностной воды, особенно в маловодные годы. В связи с этим во всех республиках Средней Азии и Южном Казахстане в большом объеме используются на орошение сельскохозяйствен-

ных культур дренажные воды с различной минерализацией.

Опыт использования минерализованных вод известен давно. Определением качества различных природных вод и установлением применимости их на орошение занимались А.Н.Костяков (1960), В.А.Ковда (1960), А.П.Розов (1956), Б.М.Легостаев (1961), И.С.Рабочев (1973), А.К.Бехбудов (1973), Х.И.Якубов и др. (1975), А.У.Усманов (1978) и О.Г.Грамматикати (1979) и др.

Несмотря на большой объем проведенных исследований, процесс влияния орошения сельскохозяйственных культур минерализованными водами на водно-физические свойства почвогрунтов, на состав поглощенных оснований и питательные элементы в почве, а также получение высоких и устойчивых урожаев выращиваемых культур на крупных площадях изучен недостаточно.

Для изучения изменения перечисленных выше показателей при длительном автономном использовании дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур, нами были проведены специальные исследования на опытно-производственном участке применения открытого горизонтального дренажа, расположенного на новоосваиваемых землях Центральной Ферганы (хозяйство № 12 Кызылтепинского массива) на территории колхоза им. XX партсъезда Бувайдинского района Ферганской области.

Площадь опытного участка ( $\omega$ = 101,8 га) с момента освоения - с 1977 г. - поливается только минерализованной водой; исследования начаты на второй год после освоения. Динамика влажности, засоления, питательных элементов и другие процессы изучены на карте площадью 11,0 га.

Почвогрунты опытного участка относятся в верхнем 0-120-сантиметровом слое к среднему механическому составу, а с 120 до 250 см местами 300 см - тяжелому механическому составу (табл.1).

Земли опытного участка в исходном состоянии (1978г.) имели в основном слабую и среднюю степень засоления. Сумма солей в почве изменялась от 0,8 до 1,8% от веса сухой почвы и по содержанию иона хлора - от 0,01 до 0,02. Тип засоления - сульфатно-кальциево-натриевый. Основная севооборотная культура опытного участка - хлопчатник, занимающий 50-60 га (53-64% от

Таблица I

Водно-физические свойства почвогрунтов опытно-производственного участка применения открытого горизонтального дренажа

| Расчетный слой, м | Объемная масса почвогрунтов, г/см³ | Удельная масса почвогрунтов, г/см³ | Предельная полевая влагоемкость (объемная), % | Пористость, % | Водоотдача, доли от единиц |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 - I | I,55 | 2,77 | 37,06 | 44,0 | 0,07 |
| I - 2 | I,67 | 2,79 | 38,24 | 40,I | 0,0I7 |
| 2 - 3 | I,62 | 2,75 | 36,I3 | 4I,I | 0,06 |
| 0 - 3 | I,6I | 2,77 | 37,03 | 42 | 0,05 |

всей площади нетто в 94,3 га), под бахчевыми занято 9-I3 га, кукурузой и джугарой - 9-I2 га; остальные земли заняты разными культурами.

На участке существует открытая коллекторно-дренажная сеть с удельной протяженностью 44 м/га. Глубина межхозяйственных дрен колеблется в пределах 3,5-4,0 м, собирателей - 3,0-3,5 м и внутрихозяйственных дрен - 2,5-3,0, местами 2,0 м и менее. Минерализация поливных и промывных вод на участке изменяется от 3 до 6 г/л; тип минерализации сульфатно-хлоридный, кальциево-магниевый.

На участке хлопчатник поливается за вегетацию 5-6 раз с нормой 660-I580 м³/га; оросительная норма составляет 4850-6540 м³/га; норма осенне-зимних промывок - 3I40-3330 м³/га. Общая водоподача в поле равна 8000-9870 м³/га в год (табл.2); межполивной период равен от II до 34 дней.

Первый и второй вегетационный полив проводится при влажности почв (в расчете 0-60 см слое) I5,6 и I5,I% от веса сухой почвы, что составляет 65 и 63,2% от ППВ; последующие поливы - при влажности 73,8 - 77,3% от ППВ. На опытном участке в вегетационный период глубина грунтовых вод поднимается до I,30-I,50 м, а в осенне-зимний период опускается на глубину 2,5-2,80 м.

Таблица 2

Водоподача (нетто) на карту детальных исследований

| Годы | Поливная норма (в м³/га) и межполивной период (в сутках) по поливам | | | | | | Оросительная норма | Норма осенне-зимней промывки, м³/га | Общая водоподача (нетто), м³/га | Минерализация поливной воды, г/л |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I полив | II полив | III полив | IУ полив | У полив | УI полив | | | | |
| 1978 | 1667 | 890 / 20 | 1022 / 16 | 1136 / 17 | 1134 / 18 | 1237 / 27 | 6107 | 3262 | 9369 | 3,3-6,4 |
| 1979 | 1250 | 1375 / 15 | 1580 / 19 | 1300 / 26 | 1025 / 34 | - | 6540 | 3330 | 9870 | 3,0-4,0 |
| 1980 | 862 | 858 / 26 | 820 / 14 | 836 / 14 | 777 / 11 | 660 / 23 | 4850 | 3140 | 8000 | 3,0-4,2 |

Самое высокое стояние уровней грунтовых вод наблюдается в июле и августе - в период массовых поливов, что способствует интенсивному испарению как с поверхности почвы, так и грунтовых вод. В период вегетационных поливов происходит опреснение почвогрунтов, а в межполивной период, из-за близкого стояния уровня грунтовых вод с высокой минерализацией (5-10 г/л и более), идет интенсивное восстановление солей. В результате за поливной период - от начала первого до конца последнего полива - во всем трехметровом слое наблюдается незначительное опреснение, и после прекращения вегетационных поливов идет процесс засоления. В целом от весны к осени происходит незначительное увеличение запасов солей.

В 1978 г. весной сумма солей (средняя по участку) в верхнем метровом слое составляла 1,25%, а к осени увеличилась до 1,35%; содержание иона хлора колебалось от 0,032 до 0,05%, а иона сульфата - от 0,78 до 0,88%. В 1979 г. (от весны к осени) запасы солей в метровом слое увеличились от 1,20, 0,026, 0,70% до 1,33, 0,143 и 0,85% от веса сухой почвы соответственно по сумме солей, ионам $Cl'$ и $SO_4''$. Это объясняется тем, что в период после вегетационных поливов (IX-XI месяцы) идет интенсивное испарение с поверхности почвы и грунтовых вод. Во втором метре за этот период резкого изменения запасов солей в почвогрунтах не наблюдается.

При рассмотрении изменения засоления земель в годовом цикле можно отметить, что на фоне существующего режима орошения и техники полива за два года (осень 1978 г. и осень 1980г.) запасы солей уменьшились во всем трехметровом слое: по сумме солей - с 1,28 до 1,0%; иону сульфата - с 0,80 до 0,63%; ион хлора остается почти без изменения и в среднем по участку колеблется в пределах 0,034-0,05% от веса сухой почвы.

Результаты балансовых исследований так же подтверждают достоверность приведенных данных солевого режима. В 1978-1980 гг. на участке обеспечивался отрицательный водный баланс в зоне аэрации, т.е. в годовом цикле питание грунтовых вод опускающейся почвенной влагой ( $-q$ ) составляло - 1035, - 3559 и - 1696 $м^3$/га соответственно по годам. При этом

величина $+q$ за период вегетации (IУ-IX месяцы) имела, в основном, положительный знак, т.е. происходило подпитывание зоны аэрации со стороны грунтовых вод 670 м$^3$/га (в УI-IX месяцах 1978 г.), 566 м$^3$/га (1979г.) и 1534 м$^3$/га в год (1980г.), что привело к увеличению запасов солей в период вегетации. В течение года, согласно балансовым исследованиям, вынос солей из зоны аэрации составил 2,47, 19,48 и 23,06 т/га в год (табл.3).

Балансы грунтовых вод за 1978-1980 гг. показывают, что разность подземного притока и оттока по годам имеет положительный (+) знак и составляет 2076, 1065 и 3274 м$^3$/га в год. Отток из территории опытного участка наблюдается только в период проведения осенне-зимних промывок (XI-XII месяцы). В период вегетации происходит приток воды в основном из нижележащих напорных водоносных пластов. Величина пьезометрического напора за этот период равнялась 4-20 см.

Одним из основных процессов, происходящих при поливе минерализованной водой, является изменение почвенно-поглощающего комплекса (ППК). Поглотительная способность почв имеет громадное значение в водном режиме почв и питании растений, в устойчивости почвенного плодородия.

По данным В.А.Ковда [1], в коллоидно-дисперсной системе возникает как бы подвижное равновесие между внешним и внутренним, сорбированным, раствором и поглощенными (обменными) ионами. Повышение или понижение концентрации ионов во внешнем растворе (удобрения, соли, вносимые поливной водой, увеличение концентрации при испарении) влечет за собой цепь изменений в степени насыщенности поглощающего комплекса соответственными ионами.

По результатам исследований К.К.Гедройца и О.К.Кедрова-Зихмана [1], оптимальные условия почвенного питания, развития и плодоношения растений складываются в тех случаях, когда поглощенный кальций составляет более половины (50-60%) емкости, а остальные катионы представлены меньшими величинами.

Повышенное содержание в поглощенном состоянии таких

Таблица 3

Водно-солевой баланс зоны аэрации опытного участка

| Показатели | 1978г. (VI-XII) | | 1979 г. | | 1980 г. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Вода, $м^3$/га | Соль, т/га | Вода, $м^3$/га | Соль, т/га | Вода, $м^3$/га | Соль, т/га |
| Приход | | | | | | |
| Атмосферные осадки | 300 | 0,17 | 1479 | 0,55 | 1589 | 0,61 |
| Водоподача | 7933 | 31,95 | 10807 | 29,02 | 9209 | 29,65 |
| Подпитывание почвы со стороны грунтовых вод ( + ) | 1068 | 11,29 | 558 | 4,39 | | |
| Итого | 9301 | 43,41 | 12844 | 33,96 | 12834 | 57,86 |
| Расход | | | | | | |
| Суммарное испарение | 6936 | - | 9069 | - | 9087 | - |
| Питание грунтовых вод почвенной влагой ( - ) | 2103 | 45,88 | 4117 | 53,44 | 3732 | 80,92 |
| Итого | 9039 | 45,88 | 13186 | 53,44 | 12819 | 80,92 |
| Разность | + 262 | -2,47 | -342 | -19,48 | 15 | -23,06 |

Примечание. Водно-солевые балансы 1978 г. составлены за семь (VI-XII) месяцев.

катионов, как магний (до 40% от емкости поглощения), натрий (до 30-35%) в резко выраженной форме угнетает сельскохозяйственные растения.

мы изучали поглотительную способность почвы при орошении хлопчатника минерализованной дренажной водой. Эксперименты проводили на трех стационарных точках (площадках), расположенных в 30, 80 и 150 м от коллектора Д-9. Величина ППК в исходном состоянии весной 1979 г. в верхнем, 0-40-сантиметровом слое во всех трех стационарных точках составляла 6,31-7,07 мг/экв, а в слое 0-100 см - 4,82-6,88 мг/экв.

Почвенно-поглощающий комплекс в годовом цикле (от весны 1979г. до весны 1980 г.) на второй площадке в обоих расчетных слоях незначительно увеличивается. На третьей точке заметного изменения не наблюдается (табл.4). Как видно, в исходном состоянии (весной 1979г.) преобладающим катионом является ион кальция, составляющий 49,80-51,79% от емкости поглощения. На втором месте в количественном отношении находится катион магния - 41,5-45,3%.

За период от весны к осени 1979 г. наблюдается уменьшение относительных величин катиона кальция - с 50,80 до 37,12%, а величина двухвалентного магния увеличивается с 44,1 до 54,75% от емкости поглощения. Наблюдается некоторое ухудшение качественного состава солей за счет увеличения магния в ППК.

В течение года - от весны 1979 к весне 1980 - содержание катиона кальция в емкости поглощения увеличивается и в среднем составляет 60,5%, а магния уменьшается до 28,9-41,0%.

Одновалентный натрий в исходном состоянии составлял 1,26-4,98% от емкости поглощения; к весне 1980 г. содержание его уменьшилось до 2,0-4,1%. Катион калия в поглощенном основании составил 1,40-3,64%.

Содержание карбоната ( $CO_2$) в почве опытного участка в 0-40-сантиметровом слое составило от 12,08 до 20,08%, а в слое 40-100 см - от 10,96 до 23,35% (весной 1979г); средняя величина его по участку равнялась 15,8 и 17,10% соответственно по слоям.

Как видно, содержание карбоната в пахотном горизонте было меньше, чем в слое 40-100 см. За период от весны к осени

Таблица 4

Динамика почвенно-поглощающего комплекса на опытном участке открытого горизонтального дренажа

| Номер скважины | Горизонты, см | Годы ед.измерения | Весна 1979 Na | Весна 1979 K | Весна 1979 Ca | Весна 1979 Mg | Весна 1979 Сумма | Осень 1979 Na | Осень 1979 K | Осень 1979 Ca | Осень 1979 Mg | Осень 1979 Сумма | Весна 1980 Na | Весна 1980 K | Весна 1980 Ca | Весна 1980 Mg | Весна 1980 Сумма |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0-40 | мг/экв | 0,08 | 0,23 | 3,2 | 2,8 | 6,31 | 0,64 | 0,26 | 2,8 | 5,20 | 8,90 | 0,37 | 0,21 | 4,8 | 3,6 | 8,98 |
| | | % | 1,26 | 3,64 | 50,71 | 44,37 | 100 | 7,23 | 2,88 | 31,46 | 58,43 | 100 | 4,1 | 2,3 | 53,5 | 40,1 | 100 |
| | 40-100 | мг/экв | 0,24 | 0,18 | 2,4 | 2,0 | 4,82 | 0,26 | 0,13 | 2,0 | 2,4 | 4,79 | 0,19 | 0,09 | 3,6 | 2,7 | 6,58 |
| | | % | 4,98 | 3,73 | 49,79 | 41,49 | 100 | 5,47 | 2,67 | 41,75 | 50,11 | 100 | 2,9 | 1,4 | 54,7 | 41,0 | 100 |
| 3 | 0-40 | мг/экв | 0,11 | 0,18 | 3,6 | 3,2 | 7,09 | 0,08 | 0,21 | 3,2 | 4,0 | 7,48 | 0,15 | 0,15 | 4,5 | 1,9 | 6,7 |
| | 40-100 | % | 1,55 | 2,53 | 50,77 | 45,13 | 100 | 1,07 | 2,74 | 42,78 | 53,47 | 100 | 2,2 | 2,2 | 67,2 | 28,4 | 100 |
| | 40-100 | мг/экв | 0,05 | 0,13 | 3,2 | 2,8 | 6,18 | 0,07 | 0,15 | 2,8 | 4,0 | 7,02 | 0,13 | 0,13 | 4,3 | 1,9 | 6,46 |
| | | % | 0,81 | 2,10 | 51,79 | 45,3 | 100 | 0,94 | 2,19 | 39,88 | 56,98 | 100 | 2,0 | 2,0 | 66,6 | 29,4 | 100 |

Примечание. 1. В числителе - содержание почвенно-поглощающего комплекса, мг/экв; в знаменателе - содержание отдельных элементов ППК, % от суммы емкости поглощения

(1979г.) в содержании карбоната в почвогрунтах существенных изменений не наблюдалось. Средние величины их по участку в слое 0-40 см изменялись от 15,68 до 15,22%, а в слое 40-100 см - от 16,97 до 17,93%.

Содержание гумуса в слое 0-40 см изменялось от 0,26 до 0,44%; в среднем по участку составило 0,31%. В нижних горизонтах (40-100 см) содержалась от 0,16 до 0,45% (в среднем 0,24%; весна 1979г.). От весны к осени (1979г.) содержание его в слое 0-40 см увеличилось от 0,31 до 0,32%, а в слое 40-100 см - от 0,24 до 0,26%.

При рассмотрении изменения содержания карбоната и гумуса в почвогрунтах в годовом цикле можно заметить, что запасы карбоната в слое 0-40 см от весны 1979 г. до весны 1980 г. в среднем по трем стационарным точкам остаются почти без изменения и в слое 0-40 см составляют 18,22 и 18,42%, а в слое 40-100 см - 20,89 и 20,92% соответственно по годам.

Гумус за год в верхнем слое 0-40 см увеличился с 0,30 до 0,34%, а в слое 40-100 см уменьшился с 0,21 до 0,197%.

Количественные величины питательных элементов, содержащихся в почвогрунтах, и направленность их изменения под влиянием мелиоративных мероприятий предопределяют урожай выращиваемых культур.

На опытном участке, где полив сельскохозяйственных культур проводился дренажной водой с минерализацией 3-6 г/л, при существующих режимах орошения, техники полива и проводимых агромелиоративных мероприятиях содержание питательных элементов в почвах большого изменения не претерпевает. Содержание азота и фосфора в слое 0-40 см составляет 0,082-0,175% и 0,074-0,095% соответственно по компонентам; средняя величина их по участку составляет 0,135 и 0,086% (весна 1979 г.); в слое 40-100 см - 0,082-0,18% и 0,073-0,102%, в среднем по участку - 0,115 и 0,083% (весна 1979г.).

В целом за период от весны к осени 1979г. содержание азота и фосфора незначительно увеличилось как в слое почв 0-40 см (в среднем по участку азот увеличился с 0,128 до 0,13%, фосфор с 0,087 до 0,106 %), так и в слое 40-100 см (азот с

0,107 до 0,136% и фосфор - с 0,082 до 0,097%).

Таким образом, предварительные результаты исследований указывают на возможность использования минерализованных вод на орошение и промывки на сравнительно больших площадях.

Для создания более благоприятного водно-солевого, воздушного и питательного режимов почвогрунтов и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур необходимо увеличить оросительную норму, т.е. усилить промывной режим орошения на 20-25% и, соответственно, увеличить дренированность территорий или обеспечить снижение глубины грунтовых вод до 2,0-2,5 м в период вегетации. Полученные результаты исследований являются предварительными и будут уточняться материалами последующих лет исследований.

## Литература

1.Ковда В.А. "Основы учения о почвах" (книга первая), М., "Наука", 1973,

2.Нерозин А.Е."Сельскохозяйственные мелиорации", Ташкент, "Ўқитувчи", 1980.

А.Рамазанов, канд.с.-х.наук
К.Саятов, канд.с.-х.наук
Д.Матмуратов
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

# О ВЛИЯНИИ ПОЛИВА ДРЕНАЖНО-СБРОСНОЙ ВОДОЙ НА РЕЖИМ ПОЧВОГРУНТОВ РИСОВОГО ПОЛЯ

Возрастающий дефицит оросительной воды все острее ставит неотложную задачу - изыскание дополнительных ресурсов для орошения основных севооборотных культур хлопкового и рисового комплексов. Один из наиболее вероятных и экономически приемлемых путей решения этой проблемы - повторное использование дренажно-сбросных вод, формируемых на территории рисовых оросительных систем. Многолетние наблюдения, проведенные в зоне развития рисосеяния автономной республики, показывают, что минерализация дренажно-сбросных вод в период орошения риса сравнительно невысокая и в большинстве случаев составляет 2,5-6,0 г/л по плотному остатку. Это объясняется тем, что с рисовых полей (в силу специфики возделывания риса и установившейся традиции) сбрасывается определенный объем воды для создания проточности и во избежание застойных явлений.

Для получения определенной информации об изменении режима почв рисовых полей при орошении дренажно-сбросной водой в 1981-1982 гг. проводились полевые и лабораторные исследования. Полевые исследования были организованы на территории системы Г-I-23 экспериментального совхоза им. 50 лет ВЛКСМ (Нукусский р-н). Почвы участка - луговые, староорошаемые и по механическому составу представлены от песка до тяжелых глин. Почвы опытного участка - слабозасоленные с содержанием в толще 0-3 м хлор-иона - 0,02-0,04 и плотного остатка - 0,14-0,35% от веса почвы. Опыт заложен в 3-кратной повторности по схеме:

I вариант - орошение риса обычной водой (контроль);

II вариант - орошение риса до фазы кущения обычной водой, а в последующем дренажно-сбросной водой;

Ш вариант - орошение риса только дренажно-сбросной водой.

Каждый вариант опыта выполнялся в пределах одного поливного участка - чека (площадью 0,5 га). На опытном участке возделывался сорт риса УзРОС-59 и применялась система агротехники, рекомендованная для данной зоны. Орошение риса производилось затоплением с поддержанием слоя воды в чеке: максимального 20-25 см, минимального 3-5 см. За период вегетации на I га посевов риса подано от I9,3 до 24,6 тыс.$м^3$ воды.

В амударьинской воде содержание солей составляло 0,44-0,97 г/л, в т.ч. токсичных - 0,I6-0,50 г/л, превалировали соли бикарбоната кальция. Минерализация воды, откачиваемой из дрены-собирателя ДС-I-20, составляла: в опыте I980 г. - I,0-2,2 г/л, в т.ч. 0,4-I,2 г/л токсичных, в I98I г. - I,4-3,7 г/л, в т.ч. 0,5-2,5 г/л токсичных. В составе солей дренажно-сбросной воды преобладали хлористый магний и натрий. В поливной, дренажно-сбросной и сбрасываемой с чеков воде максимальное количество питательных элементов составляло: нитратов - 0,38-0,58, аммиака - I,0-I,86, фосфора - 0,I9-0,22 и калия - I2,0-36,I мг/л.

При принятых режиме водоподачи и системе агротехники за два года орошения риса дренажно-сбросной водой общие запасы азота в почве возросли. За исключением отдельных горизонтов запасы валового фосфора также увеличились (табл.I). Отмечено уменьшение калия в исследуемой толще, за исключением I варианта.

Сопоставление данных повторных солевых съемок по закрепленным на местности точкам показало, что за два года орошения запасы солей в толще 0-300 см в контрольном варианте уменьшились с 88,2 до 76,2 т/га. Аналогичная картина наблюдалась и во П варианте опыта. В Ш варианте общие запасы солей в исследуемой толще за рассматриваемый период с 66,9 увеличились до 86,4 т/га (табл.2).

Наблюдения за изменением минерализации грунтовых вод в первый год опыта показали заметное увеличение хлор-иона от весны

Таблица I

Изменение валовых форм питательных элементов в почве, %

| Вариант опыта и номер разреза | Толща, см | Гумус | | Фосфор ($P_2O_5$) | | Азот ($N-NH_3$) | | Калий ($K_2O$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I7/У-80 | I4/X-8I | I7/У-80 | I4/X-8I | I7/У-80 | I4/X-8I | I2/У-8I | I4/X-8I |
| Вариант I | 0-30 | 0,357 | 0,I79 | 0,I42 | 0,I2I | 0,I38 | 0,I26 | 0,868 | 0,546 |
| (разрез 4) | 30-70 | 0,280 | 0,249 | 0,II0 | 0,I08 | 0,097 | 0,I39 | I,I2I | I,24I |
| | 70-I00 | 0,324 | 0,288 | 0,083 | 0,080 | 0,070 | 0,I38 | I,583 | I,4II |
| Вариант 2 | 0-30 | 0,475 | 0,303 | 0,I40 | 0,I59 | 0,063 | 0,I05 | I,32I | 0,833 |
| (разрез 5) | 30-70 | 0,248 | 0,I98 | 0,I04 | 0,II5 | 0,080 | 0,I34 | I,225 | I,I08 |
| | 70-I00 | 0,326 | 0,2I9 | 0,070 | 0,II4 | 0,I45 | 0,I42 | I,I89 | I,I3I |
| Вариант 3 | 0-30 | 0,272 | 0,390 | 0,I27 | 0,229 | 0,077 | 0,I22 | I,II3 | 0,922 |
| (разрез 6) | 30-70 | 0,208 | 0,088 | 0,094 | 0,2I8 | 0,092 | 0,067 | I,339 | 0,584 |
| | 70-I00 | 0,3II | 0,I32 | 0,075 | 0,203 | 0,086 | 0,I00 | I,43I | 0,744 |

Таблица 2

Изменение запасов солей по вариантам опыта (т/га)

| Толща, см | Варианты и сроки определения | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I вариант | | II вариант | | III вариант | |
| | I7/У-80 | I4/Х-8I | I7/У-80 | I4/Х-8I | I7/У-80 | I4/Х-8I |
| 0-40 | 2,06 / I4,99 | 2,53 / I0,24 | I,78 / I2,54 | 3,94 / I4,23 | I,62 / 9,06 | 3,26 / II,80 |
| 40-I00 | 2,82 / I6,58 | 4,99 / I7,99 | 2,77 / I6,08 | 7,02 / I7,65 | I,99 / I3,65 | 4,59 / 20,84 |
| I00-200 | 3,85 / 28,34 | 9,00 / 27,02 | 3,32 / 24,76 | I0,32 / I2,94 | 3,32 / 23,I0 | 7,33 / 29,34 |
| 200-300 | 3,39 / 28,34 | II,06 / 2I,0I | 4,83 / 27,78 | 8,47 / I8,02 | 3,02 / 2I,I4 | 7,33 / 24,45 |
| 0-300 | I2,I2 / 38,25 | 27,58 / 76,26 | I2,70 / 8I,I6 | 29,75 / 62,84 | 9,95 / 66,95 | 22,5I / 86,43 |

Примечание. Числитель - хлор-ион, знаменатель - плотный остаток.

к осени, хотя общее содержание солей в грунтовой воде не изменилось. На второй год наблюдений каких-либо существенных изменений в минерализации грунтовых вод не обнаружено.

Исследованиями установлено, что при орошении риса дренажно-сбросной водой содержание гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) и карбонатов ($CO_2$) в почве (особенно в верхних слоях) увеличивается за счет поступления их с оросительной водой. Кроме того, дренажно-сбросные воды оказывают определенное влияние на тепловой режим рисового поля. Установлено, что при одинаковом режиме подачи и слое воды в чеке температура воды при поливе дренажно-сбросной водой несколько выше. Очевидно, наличие в воде водорастворимых солей способствует сравнительно быстрому нагреванию ее. Анализ данных по изменению температуры в течение дня показывает, что при прочих равных условиях в утренние часы температура почвы в II варианте опыта несколько ниже по сравнению с другими вариантами. Вместе с тем, прогревание почвы под лучами солнца при наличии слоя воды в чеке в варианте полива минерализованной водой происходит несколько быстрее

по сравнению с вариантом орошения обычной водой. При этом максимальные значения температуры почвы отмечены во второй половине июня и в начале июля, т.е. в наиболее жаркие месяцы. Сопоставление дневного хода температуры также показывает, что в первых двух вариантах она имеет более выраженный характер, чем в варианте полива дренажно-сбросной водой. Дневной ход температуры воды в чеке в целом повторяет изменение температуры почвы. В утренние часы во всех вариантах температура воды почти одинакова, в остальные - ход температуры повторяет общую закономерность изменения температуры почвы, с той лишь разницей, что количественные показатели ее несколько другие. Отметим, что по сравнению с I вариантом опыта диапазон изменений температуры воды во второй половине дня в остальных вариантах несколько выше (табл.3).

Таблица 3

Дневной ход температуры воды и почвы рисового поля

| Вариант | Дни наблюдений | Часы наблюдений | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 | II | I5 | I9 | 23 |
| I | I3/УП-8Iг. | 25,0 / 27,2 | 29,0 / 27,7 | 33,5 / 28,5 | 32,0 / 29,5 | 29,0 / 29,0 |
| | I7/УШ-8Iг | 25,0 / 24,0 | 28,0 / 24,4 | 29,3 / 26,4 | 24,8 / 24,7 | 23,6 / 24,0 |
| 2 | I3/УП-8Iг. | 25,3 / 26,7 | 29,0 / 27,3 | 33,2 / 29,7 | 33,I / 30,8 | 29,0 / 29,5 |
| | I7/УШ-8Iг | 23,6 / 23,3 | 28,3 / 24,I | 29,2 / 26,3 | 24,7 / 24,6 | 23,4 / 24,I |
| 3 | I3/УП-8Iг | 25,0 / 27,4 | 28,2 / 27,6 | 34,0 / 28,0 | 33,6 / 29,0 | 30,0 / 28,2 |
| | I7/УП-8Iг | 24,4 / 24,0 | 28,4 / 24,5 | 29,5 / 26,5 | 24,9 / 24,8 | 23,2 / 24,3 |

Примечание. В числителе - температура воды, в знаменателе - температура почвы (слой 0-I0 см).

Изучение биологической активности почв рисовых полей (совместно с Каракалпакским филиалом АН УзССР) в период кущения (3 июля) и цветения (3 августа) показало, что во всех вариантах опыта происходит процессы аммонификации, денитрификации, сульфатредукции сложных соединений, находящихся в почве.

Особых различий в распределении микроорганизмов по вариантам опыта не отмечено. Исключение составляет группа сульфатредукторов, численность которой увеличивается по мере созревания риса (в период цветения в I и П вариантах). В варианте полива дренажно-сбросной водой наблюдается уменьшение сульфатредуцирующих микроорганизмов (табл.4).

Таблица 4

Количество микроорганизмов в почве по вариантам опыта (1981 г.)

| Вариант опыта | М П А (аммонификаторы) | Бактерии на К А А | Среда Гильтая (денитрификаторы) | Среда Тауона (сульфатредуцирующие) |
|---|---|---|---|---|
| | | 3 июля | | |
| I | $5 \cdot 10^7$ | $15 \cdot 10^5$ | $18 \cdot 10^6$ | $3 \cdot 10^4$ |
| 2 | $3 \cdot 10^7$ | $20 \cdot 10^5$ | $13 \cdot 10^6$ | $8 \cdot 10^4$ |
| 3 | $3 \cdot 10^7$ | $5 \cdot 10^5$ | $8 \cdot 10^6$ | $28 \cdot 10^5$ |
| | | 3 августа | | |
| I | $6 \cdot 10^7$ | $10 \cdot 10^5$ | $6 \cdot 10^6$ | $3 \cdot 10^5$ |
| 2 | $150 \cdot 10^7$ | $14 \cdot 10^5$ | $3 \cdot 10^6$ | $18 \cdot 10^5$ |
| 3 | $78 \cdot 10^7$ | $4 \cdot 10^5$ | $2 \cdot 10^6$ | $9 \cdot 10^7$ |

При проведении опыта были организованы систематические наблюдения за ростом и развитием риса по общепринятой методике. Во всех вариантах поддерживалась одинаковая система агротехники возделывания риса. Посев риса производился в одни и те же сроки при достижении температуры почвы + 12 - +14°С. Норма высева семян 200-220 кг/га. При одинаковых сроках посева риса в целом в каждом варианте опыта выдержи-

Таблица 5

Результаты фенологических наблюдений

| Повторность опыта | Вариант опыта | Число кустов на 1 м², шт. | Число стеблей на 1 м², шт. | Кустистость | Высота стебля, см | Длина метелки, см | Кол-во зерен в одной метелке, шт. | К-во зерен в 1 м², шт. | % пустозерности | Вес 1000 зерен, г | Биологич. урожай, ц/га | Фактический урожай, ц/га |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | I | I40 | 229 | I,64 | II9 | 20 | I36 | 3II95 | 3,8 | 30,7 | 92,7 | 60,8 |
| | | I36 | 230 | I,69 | II8 | I8 | I35 | 3I050 | 3,9 | 30,0 | 93,I | 59,6 |
| | 2 | I56 | 258 | I,65 | II8 | I9 | I32 | 34II5 | 4,0 | 28,4 | 89,5 | 59,2 |
| | | I40 | 240 | I,7I | II9 | I9 | I37 | 32880 | 4,0 | 28,5 | 93,5 | 59,0 |
| | 3 | I44 | 267 | I,86 | II5 | I8 | I25 | 334I4 | 4,6 | 27,6 | 86,8 | 57,5 |
| | | I34 | 236 | I,76 | II8 | I8 | I33 | 3I388 | 4,8 | 27,6 | 86,6 | 56,5 |
| II | I | I40 | 236 | I,68 | II8 | I9 | I36 | 32I06 | 3,9 | 29,3 | 90,4 | 58,6 |
| | | I34 | 220 | I,64 | II8 | I8 | I38 | 39256 | 3,8 | 29,0 | 88,0 | 57,2 |
| | 2 | I39 | 223 | I,60 | II9 | I9 | I46 | 32526 | 4,I | 28,5 | 88,9 | 57,I |
| | | I32 | 222 | I,68 | II9 | I9 | I40 | 3I080 | 4,2 | 29,0 | 90,I | 58,0 |
| | 3 | I38 | 245 | I,77 | II4 | I8 | I32 | 323I7 | 4,5 | 27,8 | 85,8 | 55,8 |
| | | I25 | 232 | I,85 | II9 | I9 | I32 | 30624 | 4,6 | 28,2 | 86,3 | 55,0 |
| III | I | I5I | 243 | I,6I | II9 | 20 | I36 | 33008 | 3,8 | 29,6 | 94,0 | 6I,3 |
| | | I22 | 2I0 | I,72 | II9 | I9 | I45 | 30450 | 4,I | 29,7 | 90,4 | 60,0 |
| | 2 | I37 | 226 | I,65 | II7 | 20 | I40 | 3I664 | 3,9 | 30,3 | 92,2 | 59,7 |
| | | I28 | 226 | I,76 | II8 | I8 | I40 | 3I640 | 3,9 | 29,4 | 93,0 | 59,3 |
| | 3 | I20 | 230 | I,92 | II5 | I9 | I42 | 32649 | 4,5 | 28,8 | 89,8 | 58,5 |
| | | I07 | 204 | I,90 | II9 | I9 | I50 | 30600 | 4,5 | 28,8 | 88,I | 58,0 |

Примечание. В числителе - опыт 1980 г., в знаменателе - опыт 1981 г.

валась почти одинаковая густота стояния растений. При этом, как видно из данных табл.5, в варианте орошения риса только дренажно-сбросной водой степень кустистости была выше и доходила до I,77-I,92,в то время как в I и II вариантах в разрезе повторностей опыта этот показатель составлял I,60-I,76.

При сравнительно высокой степени кустистости высота стебля в варианте полива дренажно-сбросной водой оказалась сравнительно ниже. По длине и количеству зерен в метелке существенных различий между вариантами опыта не наблюдалось.

Подсчеты показывали, что при незначительном различии в количестве зерен в I $м^2$ процент пустозерности в варианте полива дренажно-сбросной водой был выше, чем в I и II вариантах опыта (3,8-4,2 %), и доходил до 4,5-4,8%.

Вес 1000 зерен составлял 29,0-30,7 г в I и II вариантах и 27,6-28,8 г в III. Урожайность риса в целом по участку колебалась от 55 до 61,3 ц/га, причем,во II варианте она на 0,7-I,6, а в III - на 2,0-3,3 ц/га ниже, чем в контрольном.

А.Рамазанов,канд.с.-х.наук
А.Ражабов,канд.с.-х.наук
Д.Матмуратов
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

## О ВЛИЯНИИ ПОЛИВА ДРЕНАЖНО-СБРОСНОЙ ВОДОЙ НА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ

Важнейшим фактором, определяющим изменения и направленность почвенных процессов, плодородие почвы, является ее окислительно-восстановительный потенциал (ОВП).

На основании многолетних исследований установлено, что при затоплении почвы резко изменяется ее окислительно-восстановительное состояние (Неунылов,1948; Мицуи,1960; Блек,1973).

При этом вместе с воздухом из почвы вытесняется газообразний кислород. Кислород, растворенный в воде, не проникает в глубь почвы, а перехватывается ее поверхностным слоем. В результате деятельности микроорганизмов и развивающихся растений количество кислорода в почве начинает заметно уменьшаться и практически на 5-8-й день после затопления не обнаруживается. Это приводит к тому, что почвенные системы переходят на потребление других источников свободной энергии, необходимой для окисления органического вещества, в результате чего в пахотном горизонте почвы начинают преобладать процессы восстановительного характера. При этом на рисовом поле, залитом водой, возникает несколько разнозаряженных зон или слоев: слой воды с положительным значением ОВП, два слоя : верхний - окисленный (его толщина, как правило, составляет несколько миллиметров) и нижний - восстановленный, простирающийся почти на весь пахотный горизонт, где восстановительные процессы выражены слабее и ОВП имеет положительные значения.

Б.А.Неуныпов (1961) отмечает, что в ризосфере риса восстановленная среда пахотного горизонта пронизана густой сетью окисленных микрозон, располагающихся вдоль корней риса, которые предохраняют их от влияния токсичных веществ, образующихся при снижении окислительно-восстановительного потенциала.

По данным И.С.Каурычева (1969), наиболее низкий ОВП характерен для длительно затопляемых почв рисовых полей, а также болот.

М.У.Умаров и др. (1971) считают, что в корнеобитаемом слое староорошаемых сероземно-луговых и болотно-луговых почв (при глубине залегания грунтовых вод 1-2 м) в период вегетации хлопчатника благоприятным является ОВП в пределах от 300 до 400 мв. При поднятии УГВ до корнеобитаемого слоя хлопчатника ОВП ухудшается и происходит накопление в почве закисных форм железа.

Исследования Н.Зухурова (1964), проведенные в контуре распространения болотных почв (Ташкентская область), позволили установить, что при затоплении рисовых полей показатель ОВП снижается. Так, при величине ОВП в поливной воде - 550 мв, в наилке - 350 мв, а в 10 см слое - 320 мв, через месяц после заливки чеков он снизился соответственно до 440, 130 и

100 мв. В период орошения риса (май-август) показатель ОВП по профилю резко снижается, достигая минимума в глеевом горизонте. Осенью, после спуска воды с рисовых полей, он резко увеличивается.

До настоящего времени количественные значения этого показателя - одного из основных факторов, обуславливающих физико-химические процессы в почве, для условий низовьев Амударьи вообще и для зоны развития рисосеяния в частности практически не установлены.

В целях выяснения возможных изменений этого показателя при повторном использовании дренажно-сбросных вод на орошение риса были проведены специальные наблюдения: в 1981 г. - при длительном стоянии воды на рисовом поле, после сброса ее из чека и сразу после повторного затопления, в фазу цветения (август); в 1982 г. - до затопления чека водой (май), в фазы кущения (июль), цветения (август) и после уборки (октябрь) (табл.1).

Из данных табл.1 видно, что во всех вариантах показатель ОВП колеблется от 67 до 222 мв и при этом в воде он выше, чем в почве. При наличии слоя воды в чеке наблюдается восстановительный процесс в почве, т.е. показатель ОВП имеет минусовые значения. Этот процесс наиболее выражен в II и III вариантах опыта, где показатель ОВП почвы в слое 0-20 см соответственно составляет 105-120 мв и 110-147 мв при 55-67 мв в I варианте (контроль).

После сброса воды из чеков воздушный режим почвы улучшается и происходит окислительный процесс, показатель ОВП имеет положительные значения. Этот процесс наиболее выражен в I варианте, где орошение риса производилось обычной водой: в верхнем 0-2 см слое почвы ОВП составляет 110 мв при 70 мв и 30 мв соответственно в II и III вариантах опыта.

При повторном затоплении рисового поля свежей порцией воды, в составе которой находилось 10,2 мг/л (I вариант) и 8,4 мг/л (II вариант) растворенного кислорода, наблюдался окислительный процесс и показатель ОВП имел положительное значение. При поливе риса только дренажно-сбросной водой, в которой содержалось 6,3 мг/л растворенного кислорода, этот показатель имел

Таблица I

Величина окислительно-восстановительного потенциала воды и почвы рисового поля (период цветения, 1981 г.)

| Вариант | Место определения | | Сроки определения: При наличии слоя воды в чеке (13/УШ в $11^{30}$) t°C | показатель ОВП, мв | После сброса воды из чека через 18ч (14/УШ в $10^{00}$) t°C | показатель ОВП, мв | После повторного затопления чека (15/УШ в $11^{00}$) t°C | показатель ОВП, мв |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | В воде (чек) | | 22 | 153 | - | - | 32 | 208 |
| | В слое почвы | 0-2 см | 22 | -55 | 27 | 110 | 30 | 30 |
| | | 2-10 см | 22 | -60 | 26,9 | 30 | 29 | 10 |
| | | 10-20 см | 22,5 | -67 | 26,9 | 30 | 28,6 | -30 |
| II | В воде (чек) | | 23 | 210 | - | - | 27,9 | 67 |
| | В слое почвы | 0-2 см | 22 | -120 | 30 | 70 | 27,9 | 40 |
| | | 2-10 см | 22 | -105 | 29 | 23 | 27,9 | 27 |
| | | 10-20 см | 22 | -110 | 28,6 | 10 | 27,9 | 27 |
| III | В воде (чек) | | 24 | 222 | - | - | 27,5 | 165 |
| | В слое почвы | 0-2 см | 22 | -110 | 34 | 30 | 27,8 | -45 |
| | | 2-10 см | 22 | -140 | 32 | 15 | 27,9 | -70 |
| | | 10-20 см | 22 | -147 | 29,8 | 12 | 27,9 | -95 |

минусовые значения, т.е. происходил восстановительный процесс.

Таким образом, от посева до уборки риса динамика изменения показателя ОВП следующая. До затопления рисового поля водой в почве происходит окислительный процесс. Величина ОВП в 0-2 см слое почвы при температуре 35-37,5°С составляет 250-260 мв, а в нижних слоях она несколько ниже - 210-235 мв (табл.2).

После затопления чеков водой в силу изменения реакции среды, превалирования анаэробных условий происходит восстановительный процесс и показатель ОВП имеет минусовые значения. Сопоставление полученных данных в разрезе вариантов опыта показывает, что восстановительный процесс менее всего выражен в варианте полива обычной водой. Здесь показатель ОВП колеблется от 20-100 мв (слой 0-2 см) до 85-160 мв (слой 10-20 см), а при поливе риса только дренажно-сбросной водой, при сравнительно высокой температуре почвы показатель ОВП значительно выше и составляет 320-405 мв (слой 0-2 см) и 340-450 мв (слой 10-20 см). После сброса воды с рисовых полей резко меняется водно-воздушный режим верхнего слоя почвы и ярко выражен окислительный процесс со значением ОВП порядка 250-360 мв (слой 0-10 см). Отметим, что интенсивность этого процесса в разрезе исследуемых вариантов орошения риса существенных различий не имеет.

Исследования на рисовом поле показали, что содержание закисных (FeO) и окисных ($Fe_2O_3$) форм железа в весенний период (май) колеблется в пределах 0,023-0,029 мг на 100 г почвы. Исключение составляют отдельные горизонты, где содержание закисных форм железа доходит до 0,045 мг на 100 г почвы. Как видно из приведенных в табл.3 данных, от весны к осени содержание окисных форм железа существенно не изменяется и составляет 0,022-0,031 мг на 100 г почвы. В то же время, в силу усиления процессов восстановления при затоплении рисового поля со второй половины июля в почве накапливаются закисные формы железа. Этот процесс наиболее выражен в верхнем 0-10 и 10-20 см слое почвы. В разрезе рассматривае-

Таблица 2

Динамика окислительно-восстановительного потенциала почвы рисового поля (1982 г.)

| Вариант опыта | Сроки определения / Место определения | До затопления чеков водой, 21/У | | В конце фазы кущения, 30/УП | | В фазу цветения, 24/УШ | | После уборки риса, 5/X | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | t°C | показатель ОВП, мв | t°C | показатель ОВП, мв | t°C | показатель ОВП, мв | t°C | показатель ОВП, мв |
| Орошение обычной водой (I) Разрез I | В воде (чек) | - | - | 23 | 330 | 18,2 | 290 | - | - |
| | В слое почвы 0-2 см | 35,0 | 250 | 24,5 | -20 | 19,3 | -100 | 8 | 320 |
| | 2-10 см | 28,0 | 210 | 23,7 | -67 | 20,0 | -160 | 8 | 260 |
| | 10-20 см | 23,5 | 210 | 34,5 | -85 | 19,8 | -160 | 9 | 225 |
| Орошение с фазы кущения дренажно-сбросной водой (II) Разрез 2 | В воде (чек) | - | - | 27 | 300 | 19,0 | 280 | - | - |
| | В слое почвы 0-2 см | 34,0 | 260 | 26,0 | -245 | 20,0 | -100 | 9 | 360 |
| | 2-10 см | 28,5 | 235 | 25,2 | -290 | 21,0 | -150 | 9 | 250 |
| | 10-20 см | 23,0 | 210 | 26,0 | -305 | 20,5 | -160 | 10 | 245 |
| Орошение дренажно-сбросной водой (III) Разрез 3 | В воде (чек) | - | - | 26,2 | 370 | 20,9 | 330 | - | - |
| | В слое почвы 0-2 см | 37,5 | 250 | 26,2 | -405 | 22,4 | -320 | 9 | 335 |
| | 2-10 см | 29,0 | 230 | 25,0 | -420 | 22,8 | -330 | 9 | 258 |
| | 10-20 см | 24,5 | 220 | 26,0 | -450 | 21,2 | -340 | 10 | 238 |

Таблица 3

Динамика подвижных форм железа в почвах рисовых полей
(мг на 100 г почвы)

| Горизонт, см | Контроль | | | | Полив минерализованной водой, начиная с фазы кущения | | | | Полив минерализованной водой | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1980 г. | | 1981 г. | | 1980 г. | | 1981 г. | | 1980 г. | | 1981 г. | |
| | 17/У | 24/Х | 12/У | 20/Х | 17/У | 24/Х | 12/У | 20/Х | 17/У | 24/Х | 12/У | 20/Х |
| 0-10 | 0,023 | 0,042 | 0,024 | 0,100 | - | 0,025 | 0,025 | 0,126 | - | 0,025 | 0,025 | 0,050 |
| | 0,024 | 0,022 | 0,027 | 0,028 | 0,024 | 0,028 | 0,028 | 0,028 | 0,024 | 0,028 | 0,028 | 0,027 |
| 10-20 | 0,045 | 0,050 | 0,024 | 0,100 | 0,024 | 0,026 | - | 0,049 | - | 0,025 | 0,025 | 0,075 |
| | 0,025 | 0,030 | 0,026 | 0,030 | 0,027 | 0,028 | 0,027 | 0,027 | 0,028 | 0,028 | 0,027 | 0,028 |
| 20-30 | не опр. | 0,027 | 0,023 | 0,051 | не опр. | - | 0,024 | 0,052 | не опр. | - | 0,025 | 0,050 |
| | не опр. | 0,031 | 0,026 | 0,029 | не опр. | 0,029 | 0,028 | 0,028 | - | 0,029 | 0,027 | 0,028 |

Примечание. В числителе - FeO, в знаменателе - $Fe_2O_3$.

мых вариантов опыта процесс восстановления и появления закисных форм железа наиболее четко выражен при орошении риса обычной водой (контроль). Так, весной в слое 0-10 см содержится 0,023 мг закиси железа, к осени увеличивается до 0,042 мг на 100 г почвы, а в слое 10-20 см наблюдается увеличение на 0,005 мг по сравнению с весенними данными.

В остальных вариантах весной закисные формы железа в слое 0-10 см не были обнаружены. В осенний период содержание их составило 0,025 мг на 100 г почвы. Таким образом, к весеннему периоду в почве содержание как окисных, так и закисных форм железа выравнивается. Однако в количественном отношении окисных форм заметно больше, чем закисных. Увеличение в почве закисных форм железа от весны к осени также отмечено в опыте 1981 г.

Приведенные выше данные показывают, что в разрезе вегетационного периода при сохранении в почве анаэробного процесса в осенний период увеличиваются закисные формы железа.

Однако в осенне-зимний и весенний периоды из-за изменения реакции среды и наличия анаэробного процесса происходит интенсивное окисление форм железа и закисные формы переходят в окисные, т.е. в формы не вредные для растений. Таким образом, обратимость физико-химических процессов во времени в условиях достаточной дренированности территории рисовых систем не ухудшает почвообразовательного процесса при длительном возделывании риса в монокультуре. Использование на орошение риса дренажно-сбросных вод с минерализацией 2-3 г/л по плотному остатку также не оказывает отрицательного воздействия на направленность почвенных процессов.

М.С.Мерешенский, канд.тех.наук
С.А.Полинов, канд.техн.наук
Х.И.Якубов, канд.техн.наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

# ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ВОДОТРЕБОВАНИЙ ОРОШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕГУЛИРОВАНИЕМ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА

(на примере низовьев Амударьи)

Бассейн Аральского моря располагает поверхностными водными ресурсами в 127 км$^3$ (по норме годового стока рек) и земельным фондом, пригодным к орошению, 58 млн.га, из них 28 млн.га обладают высоким потенциальным плодородием для возделывания пропашных культур хлопкового и рисового комплексов. На современном уровне здесь орошается около 7 млн.га при безвозвратном годовом объеме речного стока 100-105 млрд.м$^3$. Данное соотношение показывает, что при огромном резерве земель водные ресурсы практически близки к исчерпанию. А это в условиях природнозасоленных земель как староорошаемой, так и новой зоны орошения за счет значительного возврата дренажного стока предопределяет постепенное нарастание минерализации поверхностных вод, Это, в свою очередь, увеличивает водопотребление на погашение процесса соленакопления на орошаемой территории.

Данные особенности водной проблемы,как в целом для бассейна рек Аральского моря, так и для Амударьи в частности,в наибольшей мере проявились для зоны низовьев - зоны эффективного современного и динамично нарастающего перспективного развития орошаемого земледелия. Здесь за последние 10 лет площадь орошения увеличилась с 0,5 млн.га (1970 г.) до 0,7 млн.га (1980 г.) при росте водозабора с 15,8 млрд.м$^3$ (1970 г.) до 22,5 млрд.м$^3$ (1980 г.). Это в показателях относительно всего бассейна Амударьи составляет 26% по площади орошения и 46% по объему водозабора. Удельный головной водозабор к 1980-1981 гг. достиг 30-33 тыс.м$^3$ га, что превышает в 1,5-2 раза удельный водозабор по другим

орошаемым зонам. В ближайшей перспективе в низовьях Амударьи планируется довести площадь орошения до I,2 млн.га при лимите водных ресурсов для этой зоны в I5,5 млрд.м$^3$, а также значительно расширить зону орошения за счет переброски части стока сибирских рек. Из данного соотношения роста площадей орошения и водотребований видно, что проблема повышения эффективности использования земельных и водных ресурсов Амударьи должна решаться через поиск водосберегающих решений и прежде всего для зоны низовьев.

Следовательно, в условиях ограниченности собственных водных ресурсов рек бассейна Аральского моря, количественного и качественного их истощения уже в современных условиях, возможность дальнейшего освоения новых площадей и интенсификации староорошаемых зон, в целях прогрессивного роста производства сельскохозяйственной продукции, может обеспечиваться только по принципу единства комплексного решения двух направлений: переброс вод из сопредельного многоводного бассейна (переброс части стока сибирских рек) при реализации экономически эффективных водосберегающих направлений (методов, мероприятий, средств). В связи с этим в использовании водных ресурсов бассейнов рек на каждом временном этапе развития водного хозяйства должен разрабатываться комплекс водохозяйственных и водоохранных мероприятий, снижающих водотребования на единицу планируемого объема и вида продукции при суммарных затратах (материальных, финансовых и трудовых ресурсов), не превышающих нормативную эффективность капитальных вложений в водохозяйственное строительство и производство продукции.

В этом плане общая экономико-математическая модель представляется в следующем виде:

$$\frac{W}{\sum_i^n \Pi} \to min, \quad \frac{\left[ССВП - \left(E\sum_i^i K_i + \sum_i^i U_i\right)\right]}{W_p} \to max \quad (I)$$

оптимум определяется при $\frac{\partial Э}{\partial W} = 0$,

где $W_p$ – величина доступных к использованию водных ресурсов;
$\sum_i^n \Pi$ – планируемые объемы ( $\Pi$ ) и виды сельскохозяйственной продукции ( $n$ );

$ССВП$ - совокупная стоимость валовой продукции;

$E\sum_{1}^{i}K_i+\sum_{1}^{i}И_i=И^0$ - приведенные затраты;

$E$ - нормативная эффективность капитальных вложений;

$K$ - величина капитальных вложений;

$И$ - ежегодные эксплуатационные затраты;

$i$ - виды направлений капитальных вложений в водное и сельское хозяйство, предопределяющие эффективность использования водных ресурсов;

$Э$ - расчетный эффект.

Для практической реализации данного принципа при решении оптимизационных задач в использовании водных ресурсов необходимо исходить из следующих положений водохозяйственной практики.

Учет фактора времени. Известно, что основные гидротехнические объекты ирригации - плотины, каналы переброски, насосные станции, оросительная и дренажная сеть - характеризуются чрезвычайной капиталоемкостью и являются стационарными территориально закрепленными объектами с определенными природными условиями орошаемой территории, "вековыми" по срокам службы. Построив данную водохозяйственную систему на определенный технический уровень, при динамичности общих и частных гидромелиоративных условий орошаемых зон трудно перестроить ее на другие технические параметры, что обычно сопровождается омертвлением капитальных вложений. Причем, для водохозяйственной практики свойственна последовательность реализации проектов: сначала выбор доступного и эффективного направления в использовании водных ресурсов, затем использование их в режиме бытового стока, регулирование, поиск водосберегающих решений и, в конечном счете, пополнение их за счет переброса из сопредельного многоводного водоисточника. Зачастую три последних направления решаются в единстве. Поэтому при оптимизационных расчетах, особенно в использовании водных ресурсов, должна учитываться стратегия развития и движения оптимума, отвечающего соответствию сроков службы объектов с замыкающими оценками по

временным этапам развития водного хозяйства, в конечном счете, системе оценок переброса части стока сибирских рек.

Как же это определяется? Главное - это получение заданного объема продукции при наименьших затратах, что определяет известный принцип экономического расчета - минимум приведенных затрат - $U^o = EK + U = min$ или $\frac{U^o}{\Delta W_p} = min$, где $\Delta W_p$ - искомый параметр (дополнительный гарантированный в режиме водный ресурс).

Простота трактовки принципа минимума приведенных затрат при решении оптимизационных задач зачастую приводит к ошибочным выводам в поиске оптимума. Так, исходя из условия, что $\frac{U^o}{\Delta W_p} = min$, после дифференцирования получим $\bar{U}^o_{ср} = \bar{U}^o_{доп}$. Из этого соотношения следует, что за оптимальный предел расчетного параметра следует принять тот момент, когда дополнительные затраты ( $\bar{U}^o_{доп}$ ) на единицу дополнительных гарантированных водных ресурсов достигнут средних значений ( $\bar{U}^o_{ср}$ ). Но это локальный оптимум и выбор по нему расчетного параметра приводит к значительному недоиспользованию водных ресурсов, т.е. такое решение на оптимум применимо лишь в условиях неограниченности ресурсов, т.е. не приемлемо для бассейна Аральского моря, где сток рек естественно задан и ограничен. В настоящее время сток рек используется и в дальнейшем будет полностью, в экономически доступной мере, использован на хозяйственные нужды населения при главенствующей части на развитие орошения. Отсюда необходимость переброса воды в бассейн извне, как предопределено, из рек Сибири. Следовательно, в ближайшее время, через одно, два десятилетия, замыкающей оценкой затрат на "создание" водных ресурсов для бассейна Аральского моря будут затраты на дополнительную единицу привода сибирской воды $\bar{U}^o_{доп.сб.}$ Это положение должно быть определяющим при технико-экономическом обосновании всех объектов водохозяйственного строительства со сроками службы выше указанных 10-20 лет.

Таким образом, задача на оптимум сводится к тому, чтобы максимально эффективно использовать собственные водные ресурсы бассейна в комплексе с требованиями на сибирскую воду. Эффективное решение при этом достигается при условии, что

$\bar{U}^{o}_{\phi} \cdot \Delta W_{в} + \bar{U}^{o}_{сб} \cdot W_{сб} = min$ или (после дифференцирования)

$\bar{U}^{o}_{доп} = \bar{U}^{o}_{доп.сб}$, т.е. оптимум определится, когда дополнительные приведенные затраты на I м$^3$ прироста зарегулированного стока собственных водных ресурсов ( $\bar{U}^{o}_{доп}$ ) достигнут величины дополнительных приведенных затрат на I м$^3$ вод сибирских рек ( $\bar{U}^{o}_{доп.сб}$ ) - это в части регулирования водных ресурсов. В решениях, когда идет поиск экономии воды в системе (регулированием мелиоративного режима почв, переустройством ГМС, повышением КПД и т.д.), предел эффективности водосберегающих решений определится из условия:

$$\frac{\bar{U}^{o}_{доп.сб}}{\eta_{в}} + \bar{U}^{o} = \Delta \bar{U}^{o}_{эк}(\eta_{в}) ,$$

где $\Delta \bar{U}^{o}_{эк}(\eta_{в})$ - дополнительные приведенные затраты в системе по экономии единицы воды (в изменении технического КПД системы);

$\eta_{в}$ - коэффициент полезно обусловленного использования водных ресурсов.

В свою очередь, дополнительные приведенные затраты на I м$^3$ переброски ( $\bar{U}^{o}_{доп.сб}$ ) не должны превышать той величины в составе общих затрат орошаемого земледелия, при которой в соизмерении эффекта и затрат достигается равенство совокупной стоимости продукции ( $\overline{ССВП}$ ) с дополнительными суммарными затратами водного и сельского хозяйства $\partial(U^{o}_{o} + U^{o}_{сб})$ на I м$^3$ используемых ресурсов:

$$\overline{ССВП} = \partial(U^{o}_{o} + U^{o}_{сб}) \quad и \quad \partial U^{o}_{сб} = \overline{ССВП} - \partial U^{o}_{o} , \qquad (2)$$

т.е. затраты на привод сибирской воды ( $\partial U^{o}_{сб}$ $(\eta_{в})$ ) можно рассматривать и как предельно допустимую оценку водных ресурсов по эффективности их использования в орошаемом земледелии. В конечном счете, оптимальному пределу отвечает точка графического решения уравнений (I) и (2).

<u>Выбор расчетной единицы</u>. Известно, что при решении задачи на оптимум использования водных ресурсов участвует вся динами-

чная совокупность технико-экономических показателей водного и сельского хозяйства, т.е. вся система технико-экономических показателей орошаемой территории.

В условиях многофакторности показателей решение возможно только при определенной дифференциации, начиная от разделения бассейна на зоны орошения, виды мероприятий, их состав и т.д. до соответствующей системы технико-экономических показателей. В этих условиях единственно приемлемой расчетной единицей является орошаемый гектар. Это позволяет более правильно оценить ряд составляющих экономико-математической модели в общей динамической системе технико-экономических показателей водного и сельского хозяйства при дифференцировании и исключить показатели, имеющие постоянные характеристики.

За расчетную единицу водотребований принимается удельный головной водозабор, поскольку водные ресурсы призваны прежде всего обеспечить гарантированный головной водозабор водной системы орошаемой территории. При этом в водотребовании по головному водозабору нами учитывается совокупность необходимых затрат водных ресурсов, изымаемых из водоисточника, призванная обеспечить в единстве взаимосвязи формирования запасов поверхностных и подземных вод и направленное регулирование всех составляющих водного баланса орошаемых земель в требуемом режиме с учетом потерь воды на неорошаемых землях в пределах балансового контура.

В этой связи принятое положение о водотребовании орошаемой территории в пределах балансового контура нами представляется в следующем расчетном составе показателей.

Водотребование - необходимое изъятие водных ресурсов из водоисточника (водозабор) определяется как функция показателей:

$$W_p = f(E, U_r, h_r, \eta_т, \eta_з, C_o, C_r),$$

где $E$ - величина суммарного испарения с орошаемой и неорошаемой территории в пределах балансового контура;

$U_r$ - испарение с уровня грунтовых вод;

$h_r$ - уровень грунтовых вод;

$\eta_т$ - КПД оросительной системы;

$\eta_з$ – КЗИ

$C_o$ – минерализация оросительной воды;

$C_г$ – минерализация грунтовых вод.

Уравнение водного баланса, определяющее необходимое изъятие водных ресурсов из водоисточника для обеспечения водотребований, по составляющим запишется как

$$W_p = E_o + E_н + M_o + \Delta W_c + \Delta W_г \pm \Delta П - O$$

или

$$W_p = W_п + W_г ,$$

где $W_п$ – обеспечение поступления воды или поверхностная водоподача, определяемая по уравнению

$$W_п = (E_o - U_{г.д}) + M_o + \Delta W_{co} - O ,$$

$W_г$ обеспечение поступления вод подземным путем, которое определяется:

$$W_г = U_{г.д} + (E_н - O) + \Delta W_г \pm \Delta П$$

На основании натурных данных установлено, что искомые составляющие водного баланса имеют определенные закономерности изменения их и функциональные связи с уровнем и минерализацией грунтовых вод, минерализацией оросительной и дренажной воды, КПД и КЗИ, а также дренажным стоком.

Суммарное испарение с орошаемой площади (эвапотранспирация) – $(E_o)$ устанавливается на основании обработки данных натурных наблюдений и использования эмпирических зависимостей Г.С.Ефимова / 1 / с учетом существующей агротехники, урожайности и режима орошения. Для хлопкового поля низовьев Амударьи получено уравнение связи эвапотранспирации с глубиной залегания грунтовых вод:

$$E_o = \mathcal{E}_o e^{-\beta_o h} ,$$

где $\mathcal{E}_o$ = 10,9 и 8,9 за год и вегетационный период соответственно: $\beta_o$ = 0,074.

$И_{co}$ – интенсивность подпитывания зоны аэрации орошаемых земель грунтовыми водами; определяется по данным К.Г.Ганиева / 2 /. Для низовьев Амударьи получено уравнение вида:

$$И_{го} = Q_{го} e^{-\beta_{го} h},$$

где $Q_{го}$ = 8,9 и 8,7 за год и за вегетационный период соответственно; $\beta_{го}$ = 0,7 и 0,8 за год и за вегетационный период соответственно;

$E_н$ – суммарное испарение с неорошаемых земель балансируемого контура.

Для низовьев Амударьи зависимость $E_н$ от $h$ установлена на основании обработки данных натурных наблюдений Ф.М.Рахимбаева / 3 /:

$$E_н = A_н e^{-\beta_н h},$$

где $A_н$ = 7,5 – за год; $\beta_н$ = 0,74.

Объем инфильтрации (мелиоративная доля водотребований) – $M_0$, необходимый для поддержания заданного солевого режима зоны аэрации орошаемых земель, определяли, исходя из следующих положений мелиоративной практики. Так, основываясь на данных статистического анализа фактического материала, приведенного Н.Г.Минашиной / 4 /, установлено, что в расчетном диапазоне залегания уровня грунтовых вод менее 3 м основное соленакопление происходит в верхней метровой толще, в которую восходящие токи оттесняют упаривающиеся почвенные растворы. Это определяет приемлемость расчетной зависимости, предложенной В.Р.Волобуевым / 5 / для метровой толщи зоны аэрации:

$$M_0 = \alpha \lg\left(\frac{S_1 + \Delta S}{S_1}\right),$$

где $\alpha$ – показатель солеотдачи;

$S_1$ – исходное содержание солей в почве;

$\Delta S$ – увеличение солесодержания в зоне аэрации (соленакопление, подлежащее удалению), определяемое по уравнению

$$\Delta S = W_n C_0 + И_{го} C_г.$$

При этом установлено, что степень засоления зависит от режима орошения – промывной или непромывной, отличающегося

объемами и режимами водотребований, применимость которых, в свою очередь, определяется степенью дренированности орошаемой территории. С другой стороны, в зависимости от степени засоления формируется продуктивность орошаемых земель. Так, И.С.Рабочевым и др. / 6 / установлен верхний предел солесодержания - менее 0,03% по $Cl'$ от веса сухой почвы, допуская повышение засоления в вегетационный период до 20% от этой величины, что практически не снижает продуктивности сельхозкультур , в частности, хлопчатника (против возделывания на незасоленных землях). При превышении этих пределов продуктивность резко снижается. Поэтому при оптимизации модели водотребований, отвечающей эффективному поиску водосберегающих режимов в соизмерении с продуктивностью земель, предопределяется необходимость обоснования вида мелиорации земель - режима орошения.

В нашем примере - для низовий Амударьи - мелиоративные водотребования определялись по зависимостям:

при непромывном режиме орошения -

$$M_{он} = \alpha \lg \frac{S_1 (10{,}9e^{-0{,}074h} - O) C_0 + 8{,}9e^{-0{,}7h}(C_r - C_0)}{S_1} ;$$

при промывном(между тактами допускается повышение засоления до 20% от 0,03% по $Cl'$ ) - $M_{оп} = M_{вес} + M_{нов}$ ,

$$M_{вес} = nM_1 = \alpha n \lg 1{,}2 ,$$

где $n$ - число поливов, определяемое как

$$n = \frac{S_1 + (8{,}9e^{-0{,}074h} - O_{вес}) C_0 + 8{,}7e^{-0{,}3h}(C_r - C_0)}{1{,}2 S_1} ,$$

$M_1$ - мелиоративная доля за I полив $= \alpha \lg \frac{S_1 + 0{,}2 S_1}{S} = \alpha \lg 1{,}2$

$$M_{нов} = \alpha \lg \left[ \frac{S_1 + (2{,}0e^{-0{,}074h} - O_{нов}) C_0}{1{,}2 S_1} - \frac{(8{,}9e^{-0{,}7h} - 8{,}7e^{-0{,}3h})(C_r - C_0)}{1{,}2 S_1} \right]$$

$\alpha$ - показатель солеотдачи равный I,I2 при $C_0$ = 0,6 г/л [7 7].

Объем сработки грунтовых вод - $\Delta W_г$ или объем воды, необходимый для поддержания заданного уровня грунтовых вод по режиму орошения в вегетационный период, срабатываемый дренажной системой в невегетационный период, определяется по зависимости

$$\Delta W_г = 1{,}0^4 \mu (H-h),$$

где $\mu$ - коэффициент водоотдачи ( $\mu$ = 0,08 - для низовий Амударьи);

$H$ - глубина заложения дренажа;

$h$ - заданный (искомый) по режиму орошения уровень грунтовых вод в вегетационный период.

Необходимый объем технологического сброса воды - $\Delta W_c$ ввиду коротких тупиковых борозд в низовьях Амударьи приравнивается к нулю.

Изменением объема подземного притока и оттока воды в балансируемом контуре орошаемой территории при изменении режима орошения $\pm\Delta П$ можно пренебречь ввиду несоизмеримо малых его значений.

Осадки - $(O)$ определяются по данным метеорологических станций. Поскольку расчет водотребований определяется для всего балансируемого контура - $F_б$, включающего и неорошаемые земли, то учет водотребований по составляющим водного баланса ( $E, \Delta W_г, O$ ) в приведении к орошаемой площади (орошаемому гектару) - $F_o$ необходимо производить через коэффициент, равный $\frac{1-\eta_з}{\eta_з}$, где

$$\eta_з = \frac{F_o}{F_б} \text{ - КЗИ}$$

КПД оросительной системы - $(\eta_т)$ определяется как объективно обусловленная величина из условия, что потери воды из оросительной сети также идут на обеспечение части водотребований орошаемой зоны и должны быть равны затратам стока, расходуемого на поддержание заданного (искомого) уровня грунтовых вод и испарение на орошаемой и неорошаемой территории в пределах

балансируемого контура, т.е. $\eta_т$ является не заданной, а искомой величиной в системе изменения водотребований

$$W_p = \frac{W_o}{\eta_т} = \frac{W_г}{1-\eta_т}$$

В установленных зависимостях, составляющих уравнение водного баланса, видна прямая связь изменения водотребований от глубины уровня грунтовых вод, которая в условиях рассматриваемого региона предопределена до глубины $h$ = 3 м, что и принимается за предел искомого уровня грунтовых вод.

Таким образом, на основании приведенных экономических положений полученной системы зависимостей, составляющих водный баланс, и принятых условий представляется следующая последовательность решения задачи по оптимизации водотребований орошаемой территории, ниже иллюстрируемая примером расчета (применительно к Хорезмскому оазису низовьев Амударьи).

Исходные данные: $C_o$ = 0,8 г/л; $C_г$ = 3 г/л; $\eta_з$ = 0,5; режим орошения - промывной; верхний предел солесодержания - 0,03% по иону $Cl$, допускается повышение засоления (до конца вегетации) до 20%; урожайность - 40 ц/га; ССВП = 3300 руб/га; годовые приведенные затраты сельского хозяйства - $U^o_{сх}$ = 1900 руб/га, годовые приведенные затраты - $U^o_{сх}$ (по регулированию водных ресурсов, водозабору и распределению воды); в зависимости от $\eta_т$ КПД принимается соответственно данным /8/:

| $\eta_т$ | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
|---|---|---|---|---|
| $U^o_o$ | 10 | 25 | 42 | 62 |

$U^o_o$ - руб. на 1000 м³ головного водозабора; технический предел КПД системы 0,8; вид дренажа - закрытый горизонтальный, годовые удельные приведенные затраты по дренажу в зависимости от глубины заложения принимаются соответственно данным / 9 /:

| $H$ | 1,5 | 2,5 | 3,5 |
|---|---|---|---|
| $U^o_o$ | 3,2 | 5,5 | 7,8 |

$H = 0,5 + h_г$,

$U^o_o$ - руб. на 1 м дренажа; длина дренажа определялась при

Таблица

Результирующие расчетные технико-экономические показатели экономико-математической модели оптимизации водотребований в зависимости от уровня грунтовых вод

| №№ пп | Расчетный показатель | Условное обозначение | Единица измерения | $h_г$ (м) I | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | Головной водозабор | $W_p$ | $\frac{т \cdot м^3}{га}$ | I7,5 | I3,I | II,2 |
| 2 | Поверхностная водоподача | $W_п$ | " | 9,6 | 9,I | 9,0 |
| 3 | Подземная | $W_г$ | " | 7,9 | 4,0 | 2,2 |
| 4 | Мелиоративная составляющая | $M_o$ | " | 3,9 | 2,8 | 2,3 |
| 5 | Объективно обусловленная величина КПД системы (тех. уровень системы) | $\eta_т$ | | 0,55 | 0,7 | 0,8 |
| 6 | Глубина заложения дренажа ($H=0,5+h_г$) | $H$ | м | I,5 | 2,5 | 3,5 |
| 7 | Удельная протяженность дренажа | $L_q$ | $\frac{м}{га}$ | I2,0 | I0,0 | 8,0 |
| 8 | Годовые приведенные затраты водного хозяйства | $И^o_{вх}$ | $\frac{руб}{га}$ | 365 | 605 | 765 |
| 9 | Дополнительные приведенные затраты водного хозяйства по экономии водных ресурсов | $\Delta И^o_{вх}$ | " | - | 240 | 400 |
| I0 | То же, на I м³ водных ресурсов | $\bar{И}^o_{вх}$ | $\frac{коп}{м^3}$ | коп- | 5,5 | 6,4 |
| II | Чистый совокупный эффект | $Э$ | $\frac{руб}{га}$ | I035 | 795 | 635 |
| I2 | То же, на I м³ водных ресурсов | $\Delta Э$ | $\frac{коп}{м^3}$ | 5,9 | 6,I | 5,7 |

следующей литологии: грунт-суглинки с поверхности мощностью I,5-2,5 м, подстилаемые I5-метровой толщей серого песка с коэффициентом фильтрации 20 м/сут; замыкающая оценка экономии собственных водных ресурсов - приведенные затраты на переброску части стока сибирских рек - $\bar{U}^{o}_{сб}$ = 6 коп/м$^3$.

На основе этих данных в таблице приведены результаты асчетов.

После соответствующей обработки результирующих данных видно, что экономически эффективное водосберегающее решение, отвечающее принципу снижения требований водных ресурсов на единицу планируемого объема и вида продукции при суммарных затратах (в соизмерении с эффектом), равных нормативной эффективности капитальных вложений в водохозяйственное строительство (с учетом переброски части стока сибирских рек) и производство продукции, достигается при водотехническом уровне состояния ГМС, обеспечивающем поддержание горизонта грунтовых вод не ниже 2-3 м.

На основании счета по этой модели легко установить тенденцию поиска наиболее оптимальных водосберегающих направлений. Алгоритм решения задачи является доступным и для счета на ЭВМ. Полагаем, что модель найдет практическую применимость в проектных оптимизациях, расчетах и в эксплуатационной водохозяйственной практике для сопоставительного анализа и оценки фактических данных с экономически эффективными показателями состояния гидромелиоративных систем.

Литература

I.Ефимов Г.С. Водный баланс и районирование дренажа в Туркменской ССР. "Ылым", Ашхабад, I968.

2.Ганиев К.Г. Испарение и инфильтрационное питание грунтовых вод. "Фан", Ташкент, I979.

3.Рахимбаев Ф.М. Опыт изучения геолого-мелиоративных условий Хорезмской области. Институт научно-технической информации и пропаганды УзССР. Ташкент, I967.

4.Минашина Н.Г. Солевой режим почв и дренаж грунтовых вод. "Хлопководство", № 8, 1971.
5.Волобуев В.Р. О промывных нормах при мелиорации засоленных земель. "Гидротехника и мелиорация", № 12, 1959.
6.Рабочев И.С. Мелиорация засоленных почв. Туркмен.изд-во, 1964.
7.Якубов Х.И., Мершенский М.С., Савельева Р.В. Промывка и режим орошения на фоне систематического дренажа в Хорезмской области. Сб.научн.трудов САНИИРИ, вып.139, Ташкент, 1973.
8.Полинов С.А., Пинхасов М.А., Калфас Т.А. НТО "Разработать систему показателей эффективности использования оросительной воды". САНИИРИ, Ташкент, 1980.
9.Стрепков Ю.П. НТО "Разработать методику оптимизации параметров дренажа и прогноз водно-солевого режима орошаемых земель". САНИИРИ, Ташкент, 1979.

П.Д.Умаров

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

## МЕЛИОРАТИВНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ДРЕНАЖА В УСЛОВИЯХ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Исследование работы комбинированного дренажа со скважинами-усилителями повышенной водозахватной способности и оценка его мелиоративной эффективности проводились на опытно-производственном участке (ОПУ) в совхозе им. К.Маркса, являющемся наиболее типичным в геофильтрационном отношении для применения комбинированного дренажа в Каршинской степи.

Покровный мелкозем представлен здесь переслаивающимися суглинками и супесями, глинами и песками с общей мощностью 5-15 м. Подстилающие отложения представлены разнозернистыми песками мощностью 3-20 м, местами с включением гравия с прослоями супесей, суглинков и песчаников. Ниже залегают неоген-

древнечетвертичные отложения в виде глин и алевролитов.

Водно-физические свойства почвогрунтов исследуемой территории характеризуются следующими показателями (табл.I).

Таблица I

Основные характеристики водно-физических свойств почвогрунтов опытно-производственного участка по совхозу им. К.Маркса

| Показатель | Ед.измерения | Диапазон значений |
|---|---|---|
| Удельный вес | г/см$^3$ | 2,6-2,7 |
| Объемный вес | -"- | I,47-I,73 |
| Породность покровных суглинков | % | 35-45 |
| Предельная полевая влагоемкость | -"- | 34-38 |
| Водоотдача | -"- | I0-I2 |
| Коэффициент фильтрации | | |
| а) покровных суглинков | м/сут | 0,6-0,9 |
| б) подстилающих песков | -"- | 22-25 |

Земли этого совхоза, организованного на базе колхоза, объединявшего кишлаки Каучун, Ширкент, Туракул, являлись староорошаемыми и по типу засоления характеризовались как сульфатные, хлоридно-сульфатные. По степени засоления они классифицировались как слабозасоленные (0,5-I,0% по плотному остатку) в верхнем двухметровом слое и среднезасоленные (I-I,6%) в нижних горизонтах.

Расширение, с приходом "большой" амударьинской воды, орошаемых площадей при низких темпах строительства коллекторно-дренажной сети и реконструкции старой, неинженерной, оросительной сети способствовали подъему слабо- и среднеминерализованных грунтовых вод, заболачиванию и даже образованию озера в небольшом естественном понижении у кишлака Ширкент, в восточной части хозяйства.

В частности, на территории нынешнего опытно-производствен-

ного участка, где применялся комбинированный дренаж, усиливающий внутрихозяйственный коллектор ЮК-5-2, из-за высокого стояния грунтовых вод (0,5-0,8 м) и "недоспева" почв затягивались или становились практически невозможными посевные работы и межполивные сельскохозяйственные обработки поля.

Специфика этих условий при типичности геофильтрационного строения, а также учет высокой дренирующей способности усиленных коллекторов, установленной нашими предварительными исследованиями в совхозе I4, предопределили выбор опытно-производственного участка (ОПУ), подвешенного к коллектору ЮК-5-2 (рис.1).

Детальные исследования дренирующей способности системы комбинированного дренажа при существующих режиме орошения и технике полива проводились на 500-метровом отрезке коллектора при варианте размещения усилителей через I00 м друг от друга. Для проверки возможности дренирования одними усиленными коллекторами при обычном их размещении через I000 м был выделен балансовый контур по обе стороны от учетного отрезка коллектора с общей площадью 50 га, что соответствует удельной протяженности дренажа I0 м/га.

Для учета притока и оттока поверхностных и подземных вод, дренажного стока коллектора и скважин-усилителей участок был оборудован водосливами и наблюдательной пьезометрической сетью.

Как показали наши наблюдения, в результате действия системы комбинированного дренажа резко изменился режим грунтовых вод - от подтипа "компенсированного транспирацией и испарением" (В.А.Ковда) до "компенсированного подземным оттоком". В то же время в зоне действия комбинированного дренажа уровни грунтовых вод находятся заметно ниже окружающих территорий, а режим их носит ярко выраженный сезонный характер. Причем, рассматривая типовые режимные графики (рис.2), нетрудно заметить специфические особенности в колебаниях уровня грунтовых вод на различных расстояниях от системы комбинированного дренажа.

Так, амплитуда колебания уровня грунтовых вод, составляя

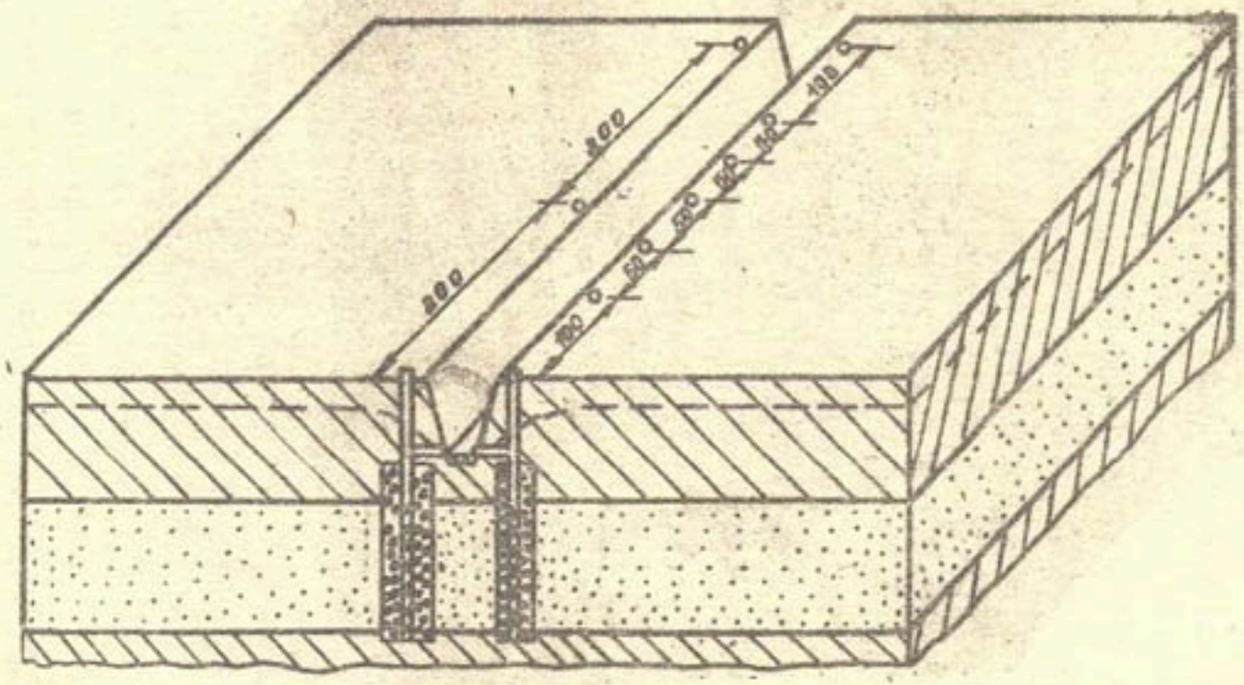


Рис.I. Опытно-производственный участок применения комбинированного дренажа в совхозе им. К.Маркса Каршинской степи.

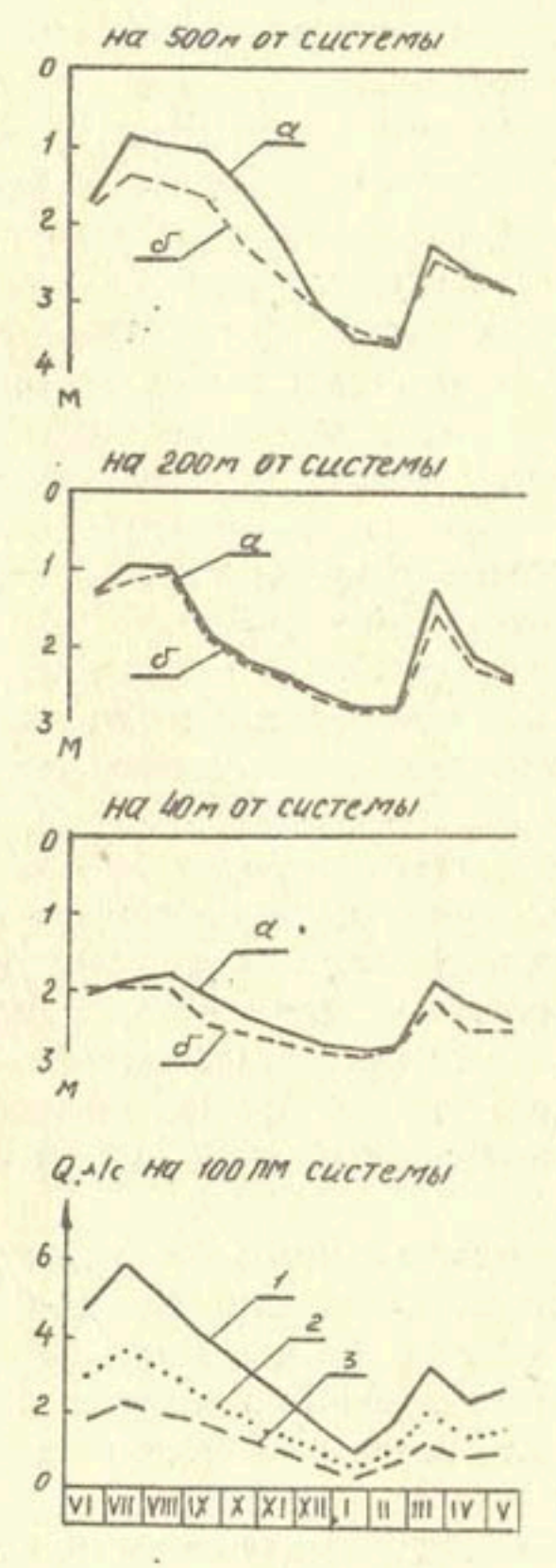


Рис.2. Режим грунтовых (а) и подземных (б) вод, дренажного стока системы комбинированного дренажа (I), слагаемого из расхода усилителей (2) и коллектора (3).

2,7-2,3 м в области междренья, падает до 0,5-I,0 м в зоне резких деформаций у дренирующей системы. Эти различия объясняются тем, что область междренья, характеризуясь постоянными нисходящими токами при работе исследуемой системы, превращается в своеобразную зону питания грунтовых вод с присущими ей зональными особенностями режима. Инфильтрационные воды благодаря хорошей гидравлической связи подземных вод покровного и подстилающего слоев погружаются здесь в сильнопроницаемый слой и поступают в придренную область, представляющую собой зону разгрузки. Здесь же осуществляется их выход в коллектор. Дренажный же сток, слагаясь из расхода коллектора и дебита усилителей, колеблется ритмично сезонному режиму грунтовых вод (рис.2).

Равномерная сработка грунтовых вод по всему междренью предопределяет формирование равномерного фона влажности почвогрунтов (рис.3), составляя I5-24% для верхних горизонтов и 22-26 - для нижних. В вегетационный период влажность по всей площади ОПУ поддерживалась на оптимальном уровне и соответствовала 0,7-I,0 ППВ.

Скорость сработки грунтовых вод, составляя в первые дни после поливов I0-20 см/сут против 2-5 на недренированных участках, исключала возможность сезонной аккумуляции солей. Четкую тенденцию рассоления почвогрунтов с переходом среднезасоленных в слабозасоленные, а слабозасоленных в незасоленные можно проследить также по типовым солевым профилям в придренной и междренной областях (рис.4) системы комбинированного дренажа.

Благодаря активизации вертикального водообмена уже за первые два года ощутимо выравнялась площадная минерализация грунтовых вод - с 3,3 до 2,6 г/л в междренье и с 7,7 до 4,3 г/л в придренной зоне. Выравнялась также и послойная минерализация грунтовых вод, которая, в отличие от недренированных земель, с глубиной уже не увеличивается.

Для оценки направленности мелиоративного процесса на фоне комбинированного дренажа особый интерес представляет формирование водного баланса опытно-производственного участка (табл.2).

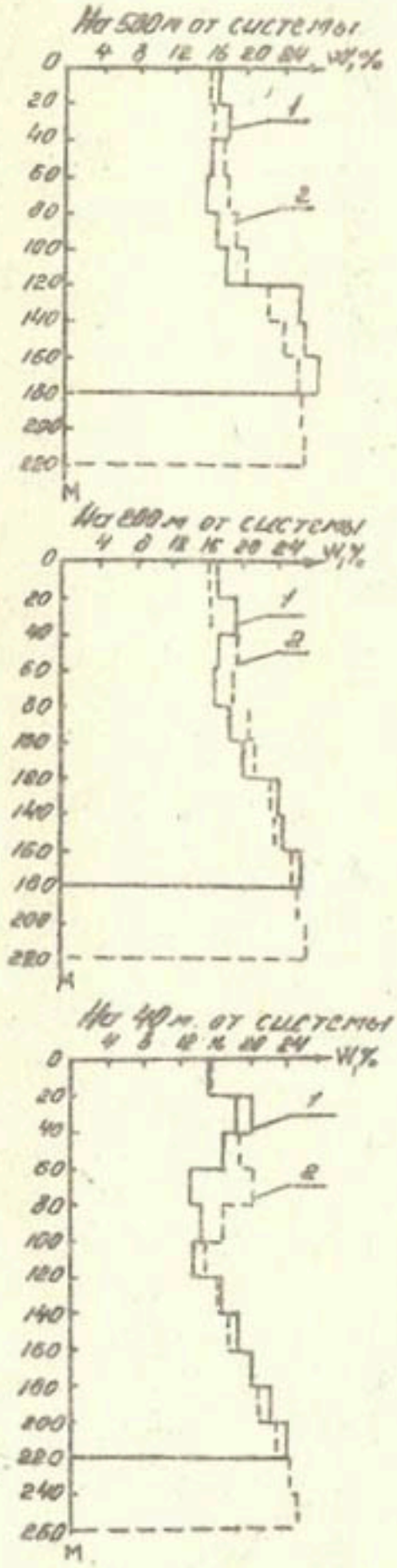


Рис.3. Типовые эпюры влажности почвогрунтов на различном расстоянии от системы комбинированного дренажа на весенний (I) и осенний (2) периоды.

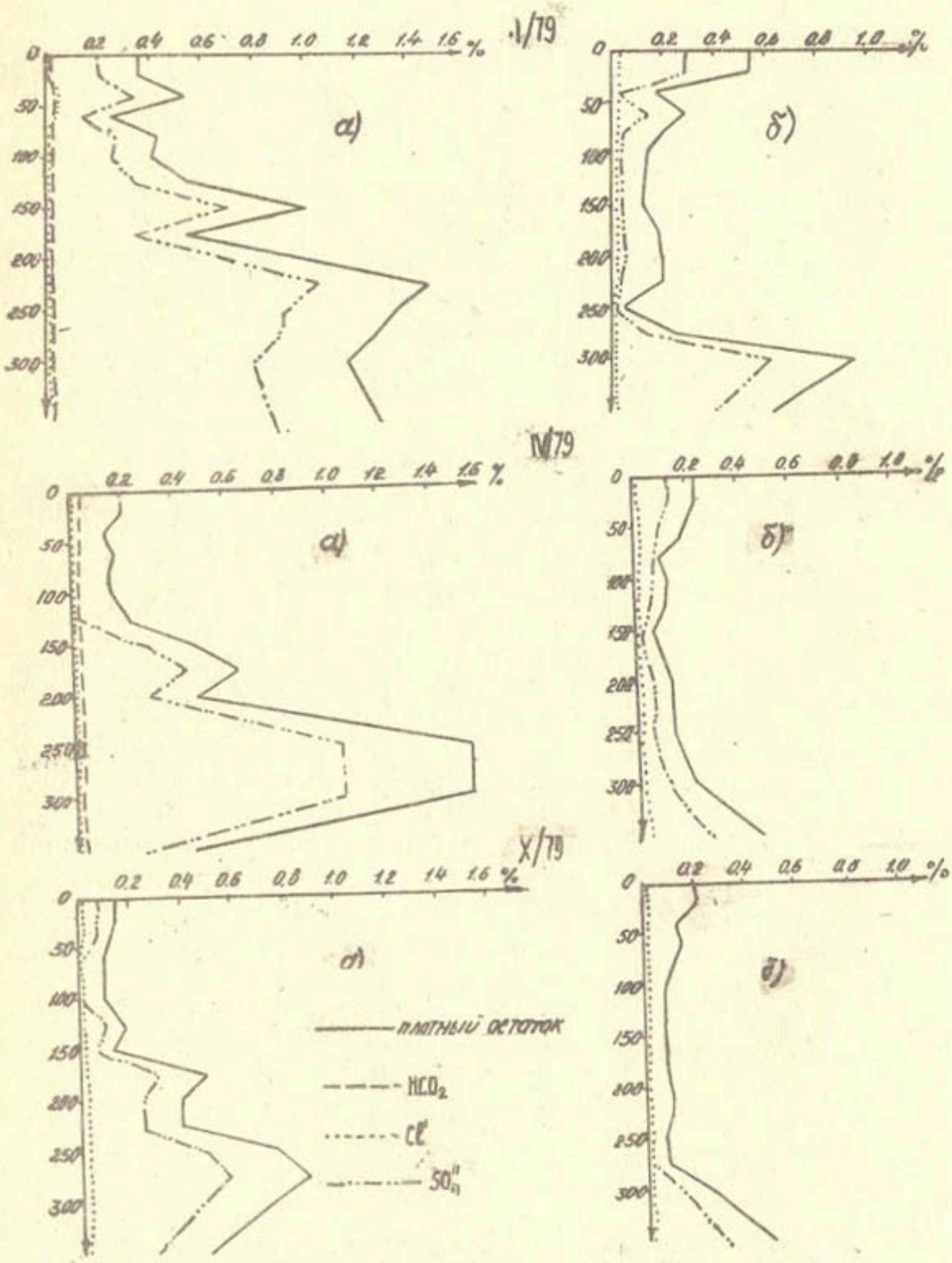


Рис.4.Типовые солевые профили в придренной (а) и междренной (б) областях на фоне комбинированного дренажа.

Анализ структуры водного баланса показывает, что в исследуемый период на территории опытно-производственного участка обеспечивался промывной режим орошения с преобладанием водоподачи над испарением. При этом дренажный сток, формируемый непосредственно на опытно-производственном участке без дополнительного притока, обусловленного локальной его дренированностью, составлял от 35-37% в вегетационный период до 53-57% - в течение года от общей водоподачи.

Повышенные величины дренажного стока, составляющие 41-53,5% от суммы расходных статей рассматриваемых водных балансов, обусловлены значительным притоком подземных вод с окружающих территорию опытного участка земель.

Значения подземного притока проверялись с помощью пьезометрических наблюдений по нормально ориентированным к границам участка створам. Сопоставление фактических величин подземного притока с рассчитанными по водному балансу показало расхождения в пределах 10-15%, что находится в пределах точности определения остальных слагаемых.

При оценке мелиоративной эффективности комбинированного дренажа, наряду с водным балансом, определяющим режим грунтовых вод, очень важно учесть процессы изменения запасов солей, которые могут проявляться в результате орошения даже слабозасоленных почвогрунтов, например в виде сезонной аккумуляции солей.

Для выявления влияния сложившегося под действием комбинированного дренажа водного баланса на характер и интенсивность мелиоративного процесса, проанализируем формирование баланса солей.

Изменение запасов солей расчетного слоя почвогрунтов определялось, как разность между их средневзвешенными величинами, установленными в результате солевых съемок, выполнявшихся до периода влагозарядковых поливов (в начале года), после них (перед посевом) и в конце вегетации (осенью).

Так, запасы солей в расчетном слое за период вегетации (4-X/79 г.) в результате поддержания промывного режима орошения уменьшились с 74,4 до 56,1 т/га - по плотному остатку, с

Таблица 2

Общий водный баланс опытно-производственного участка применения комбинированного дренажа

| Период наблюдения | Приход, м³/га и % | | | | | Расход, м³/га и % | | | Изменение запасов влаги, м³/га и % | | | Изменение глубины грунтовых вод, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | осадки | водоподача | фильтрационные потери | разность подземного притока и оттока | итого | суммарное испарение | дренажный сток | итого | в грунтовых водах | в зоне аэрации | итого | |
| | | | | | 1979 год | | | | | | | |
| IУ-IX | 437 | 8064 | 1832 | 3589 | 13922 | 7843 | 6556 | 14399 | -297 | -180 | -477 | 0,27 |
| | 3,1 | 56,0 | 12,7 | 24,9 | 96,7 | 54,5 | 45,5 | 100 | 1,9 | 1,2 | 3,3 | |
| I-XII | 2574 | 9876 | 2286 | 4791 | 19527 | 9077 | 10452 | 19529 | -22 | +20 | -2 | -0,02 |
| | 13,2 | 50,6 | 11,7 | 24,5 | 100 | 46,5 | 53,5 | 100 | | 0 | | |
| | | | | | 1980 год | | | | | | | |
| IУ-IX | 454 | 8213 | 1650 | 2725 | 13042 | 7967 | 5604 | 13571 | -319 | -210 | -529 | -0,29 |
| | 3,3 | 60,5 | 12,2 | 20,1 | 96,1 | 58,7 | 41,3 | 100 | | | 3,9 | |
| I-XII | 2293 | 10158 | 2085 | 3724 | 18260 | 8968 | 9074 | 18042 | +198 | +20 | +218 | +0,18 |
| | 12,6 | 55,6 | 11,4 | 20,4 | 100 | 49,1 | 49,7 | 98,8 | | | 1,2 | |

7,0 до 6,4 т/га - по хлору и с 35,3 до 30,6 т/га - по сульфатам.

Поступление солей с оросительной водой за рассматриваемый период при средней минерализации ее 0,5 г/л составило 4,03 т/га; то же, с подземным притоком с окружающих территорий при средней минерализации его 3 г/л, составило 10,77 т/га.

Минерализация стока скважин-усилителей и самого коллектора составила в среднем за рассматриваемый период соответственно 3,7 и 3,8 г/л. При этом общее количество солей, отведенное системой комбинированного дренажа за рассматриваемый период, составило 24,8 т/га (табл.3).

Как видно, расчет солевого баланса подтверждает тенденцию опреснения, установленную по солевым съемкам перед посевом (апрель) и после вегетации (октябрь) с общим выносом солей 18,2 т/га.

Таблица 3

Солевой баланс территории опытно-производственного участка за период (4-X 1979 г.)

| Элементы солевого баланса | Запасы солей, т/га |
|---|---|
| Приток | |
| с оросительной водой | 4,03 |
| с подземным притоком | 10,77 |
| Отток | |
| с дренажным стоком | 24,58 |
| Разница | - 9,78 |

Таким образом, в результате высокой дренирующей способности системы комбинированного дренажа и поддержания промывного режима орошения обеспечен благоприятный водно-солевой режим почвогрунтов с рассолением их до 0,2% (по плотному остатку), а грунтовых вод до 2-3 г/л. Это служит основным показателем достигнутой мелиоративной эффективности, определившей восстановление исходного плодородия земель и повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

В.Г.Насонов, канд.геол.-мин.наук
И.А.Закс
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

# РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ДРЕНАЖЕМ В УСЛОВИЯХ РАСЧЛЕНЕННОГО РЕЛЬЕФА

Требуемый мелиоративный режим на орошаемых землях в значительной степени поддерживается путем обеспечения уровней грунтовых вод, отвечающих заданной норме осушения. При этом расчет мощности дренажа осуществляется, исходя из природных условий орошаемой территории, основными из которых являются геологическое строение, фильтрационные параметры покровных отложений и водоносных пластов, рельеф местности.

В существующей практике проектирования дренажа в основном учитываются первые два фактора, т.е. строение и фильтрационные параметры / 1 /. Однако наблюдения показывают, что на формирование режима грунтовых вод существенное влияние оказывает также рельеф местности(наличие водоразделов и понижений), который при расчете дренажа до сих пор не учитывался / 2 /. Горизонтальные дрены из-за технических возможностей механизмов закладываются на одну и ту же глубину от поверхности земли, что при расчлененном рельефе обуславливает неодинаковые относительные отметки заложения дрен и связанное с этим перераспределение нагрузки на дренаж по всему расчетному профилю. Существенное значение в дренировании территории имеют открытые коллектора, которые в определенных условиях могут принимать до 80-90% нагрузки на дренаж. Проходя по наиболее пониженным отметкам рельефа, они имеют значительно большую глубину вреза относительно точки водораздела и большее сечение, чем горизонтальный дренаж, вследствие чего обладают значительно большей дренирующей способностью, чем закрытые горизонтальные дрены (табл.I).

Таблица I

| Элементы коллекторно-дренажной сети | Глубина заложения, м | Междренное расстояние, м | Удельная протяженность, м/га | Напор средний, м | Водоприемная способность одного метра, л/с |
|---|---|---|---|---|---|
| Закрытый горизонтальный дренаж | 2,5-3,5 | 500-400 | 25-200 | 0,65-I,0 | 0,0005-0,0025 |
| Коллектора открытые внутрихозяйственные | 3,5-6,0 | 800-I600 | I0-I5 | I,75-2,50 | 0,00I2-0,005I |
| Коллектора межхозяйственные и магистральные | 4,5-8,0 | I800-2000 | 4-7 | 2,00-3,20 | 0,0075-0,0I |

Хотя коллектора имеют гораздо меньшую удельную протяженность, чем закрытые горизонтальные дрены, их совместное водопонизительное действие без учета дренирующего действия коллекторов может привести к неравномерному дренированию массива, переосушению отдельных его участков, неоправданному увеличению мощности дренажа в целом, а следовательно, и средств на его строительство.

Чтобы избежать этого, расчет дренажа необходимо проводить дифференцированно. В этом случае он сводится к расчету понижения уровня грунтовых вод от действия только открытой коллекторной сети. Причем, расчет депрессионных кривых необходимо проводить по всему расчетному профилю, так как в силу особенностей рельефа максимальные точки подъема грунтовых вод на депрессионных кривых могут не совпадать с минимальной глубиной залегания уровня грунтовых вод в этих точках.

Сопоставление полученных результатов расчета с рельефом местности производится по формуле

$$\Delta h = H_{(x)_i} - H_{x_i}, \qquad (I)$$

где $\Delta h$ – глубина залегания грунтовых вод в точке $i$ ;

$H_{(x)i}$ – относительная отметка поверхности земли в точке $i$ ;

$H_{x_i}$ – относительная отметка грунтовых вод на депрессионной кривой в точке $i$ .

Расчет депрессионной кривой для параллельных коллекторов с одинаковыми уровнями их заложения удобно производить по формуле, основанной на методе фильтрационных сопротивлений / 3 /. Принимая поток линейным в плане, а режим фильтрации стационарным, имеем:

$$H_x = H_g + \frac{WL}{2T} L_{нg} + \frac{Wx}{2T}(L-x). \qquad (2)$$

Здесь $H_g$ – напор в коллекторе, м;

$W$ – инфильтрационное питание, м/сут;

$L$ – расстояние между коллекторами, м;

$T$ – проводимость водоносного пласта, м$^2$/сут;

$x$ – текущая координата.

Если коллекторная сеть в сочетании с рельефом местности не обеспечивает требуемой нормы осушения, то расчет повторяется с одной закрытой горизонтальной дреной. Если сопоставление полученных результатов расчета с рельефом местности также показывает недостаточность глубин залегания УГВ, расчет повторяется с двумя дренами, тремя и т.д. Таким образом, расчет осуществляется подбором количества дрен и междренных расстояний, при которых в любой точке рассматриваемого профиля обеспечивается требуемая норма осушения. Уровень грунтовых вод для любого междренья может быть найден по зависимости

$$H_{h_i} = H_{h_i} - \frac{H_{h_{i-1}} - H_{h_i}}{L_{i-1,i}} x - \frac{Wx}{2T}(L_{i-1,i} - x), \qquad (3)$$

где $H_{h_i}$ – напоры на линии $i$-й дрены или коллектора;

$L_{i-1,i}$ – расстояние между $i-1$, $i$-й дреной или коллектором.

Остальные обозначения прежние.

Рассмотрим вывод зависимостей к расчету напоров на линии дрен и коллекторов для случая, когда первая дрена находится

на водоразделе (рис.Iа). Для упрощения задачи будем рассматривать половину расстояния между коллекторами. Используя метод фильтрационных сопротивлений, свяжем напоры на линии дрен и коллекторов с их удельными расходами через сопротивление на несовершенство:

$$q'_g = T\frac{H'_л - H'_g}{L'_{нд}},\ q''_g = T\frac{H''_л - H''_g}{L''_{нд}},\ \ldots,\ q^n_g = T\frac{H^n_л - H_g^n}{L^n_{нд}}. \qquad (4)$$

Найдем удельные расходы потока на линии дренажа:

$$q_0 = 0,\ q'_0 = T\frac{H'_л - H''_л}{L_1} - \frac{WL_1}{2},\ q_1 = T\frac{H'_л - H''_л}{L_1} + \frac{WL_1}{2},$$

$$q'_1 = T\frac{H''_л - H'''_л}{L_2} - \frac{WL_2}{2},\ q_2 = T\frac{H''_л - H'''_л}{L_2} + \frac{WL_2}{2}, \qquad (5)$$

$$q'_2 = T\frac{H'''_л - H^{IV}_л}{L_3} - \frac{WL_3}{2},\ \ldots,\ q_n = T\frac{H^{n-1}_л - H^n_л}{L_{n-1}} + \frac{WL_{n-1}}{2}.$$

Из условий баланса потока найдем расходы на линии дрен:

$$q'_g = q_0 - q'_0,\ q''_g = q_1 - q'_1,\ q'''_g = q_2 - q'_2,\ \ldots,\ q^n_g = q_n \qquad (6)$$

Подставив в (6) выражения (4) и (5), получим систему уравнений:

$$\left.\begin{aligned}
&-\frac{H'_л - H''_л}{L_1} + \frac{WL_1}{2T} = \frac{H'_л - H'_g}{L'_{нд}}\\
&\frac{H'_л - H''_л}{L_1} + \frac{WL_1}{2T} - \frac{H''_л - H'''_л}{L_2} + \frac{WL_2}{2T} = \frac{H''_л - H''_g}{L''_{нд}}\\
&\frac{H''_л - H'''_л}{L_2} + \frac{WL_2}{2T} - \frac{H'''_л - H^{IV}_л}{L_3} + \frac{WL_3}{2T} = \frac{H'''_л - H'''_g}{L'''_{нд}}\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\frac{H^{n-1}_л - H^n_л}{L_{n-1}} - \frac{WL_{n-1}}{2T} = \frac{H^n_л - H^n_g}{L^n_{нд}}
\end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Для случая, когда между коллекторами расположена одна дрена (рис.Iб), система уравнений допускает получение несложного алгебраического выражения для вычисления напоров на линии дрен ( $H'_л$ ) и коллекторов ( $H''_л$ ):

$$H'_л = H'_g + L'_{нд}\left(\frac{WL}{T} - \frac{H''_л - H''_g}{L''_{нд}}\right), \qquad (8)$$

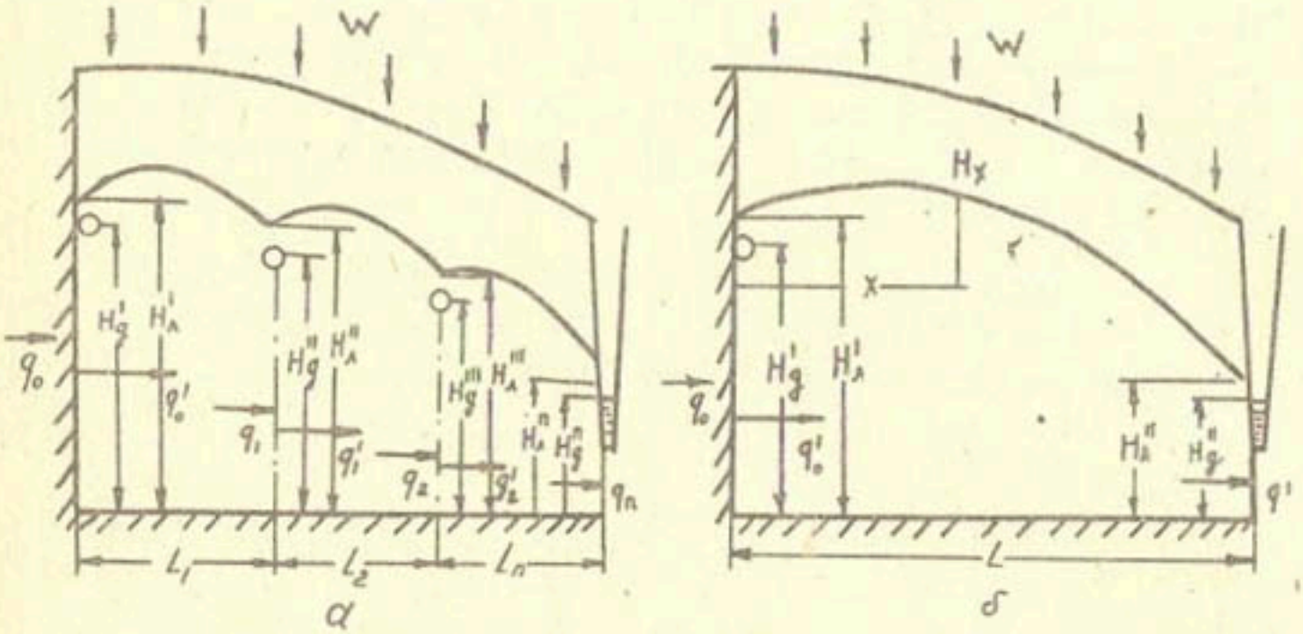


Рис.I. Схема к расчету закрытого горизонтального дренажа в условиях дренирующего действия коллекторов и расчлененного рельефа (первая дрена находится на водоразделе): а - схема к расчету из $n$ дрен;
б - схема к расчету из одной дрены.

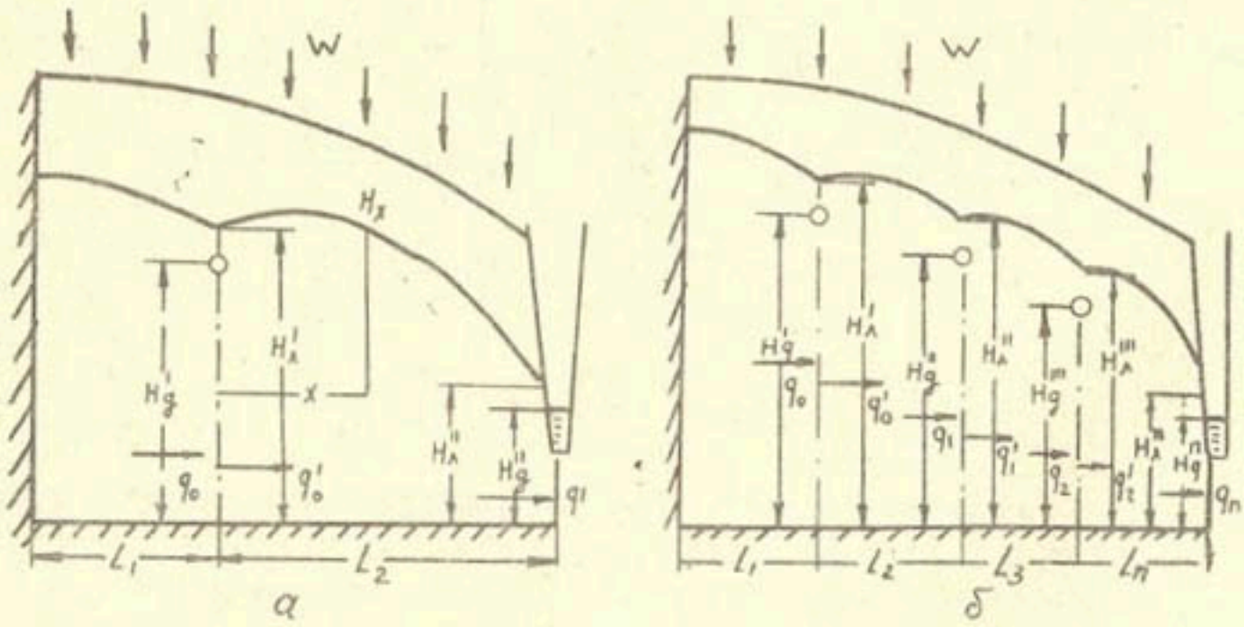


Рис.2. Схема к расчету закрытого горизонтального дренажа в условиях дренирующего действия коллекторов и расчлененного рельефа (первая дрена не находится на водоразделе): а - схема к расчету из двух дрен;
б - схема к расчету из $n$ дрен

$$H''_л = \frac{H'_g + \frac{WL_1}{T}\left(L'_{нg} + \frac{L}{2}\right) + \frac{H''_g}{L''_{нg}}\left(L'_{нg} + L\right)}{1 + \frac{L'_{нg}}{L''_{нg}} + \frac{L}{L''_{нg}}}$$

. Для большого количества дрен систему уравнений (7) удобно записать в виде рекурентного соотношения:

$$\left.\begin{aligned} &H'_л = a_1 H''_л + a_1 b_1 L_1 \\ &H_{лi} = \frac{a_i}{L_{i-1}} H_{лi-1} + \frac{a_i}{L_i} H_{лi+1} + a_i b_i \qquad i = 2,3,4 \ldots n-1 \\ &H_{лn} = a_n H_{лn-1} + a_n b_n L_{n-1} \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

$$a_1 = \frac{L'_{нg}}{L'_{нg} + L_1}, \quad a_i = \frac{1}{\frac{1}{L_{i-1}} + \frac{1}{L_i} + \frac{1}{L_{нgi}}}, \quad a_n = \frac{L''_{нg}}{L''_{нg} + L_{n-1}}$$

$$b_1 = \frac{H'_g}{L'_{нg}} + \frac{WL_1}{2T}, \quad b_i = \frac{H_{gi}}{L_{нgi}} + \frac{W}{2T}\left(L_{i-1} + L_i\right), \quad b_n = \frac{H''_g}{L''_{нg}} + \frac{WL_{n-1}}{2T};$$

Во многих случаях первую дрену нецелесообразно располагать на водоразделе, т.е. ее расположение произвольно между коллекторами.

Рассуждая аналогичным образом, получим формулы к расчету напоров на линии двух дрен, расположенных между коллекторами (рис.2а):

$$H'_л = H''_л - \frac{WL_2^2}{2T} + \frac{L_2}{L''_{нg}}\left(H''_л - H''_g\right) \qquad (10)$$

$$H''_л = \frac{\frac{WL_2^2}{2T\,L''_{нg}} + \frac{W}{T}\left(L_1 + L_2\right) + \frac{H'_g}{L'_{нg}} + \frac{H''_g}{L''_{нg}}\left(1 + \frac{L_2}{L'_{нg}}\right)}{\frac{1}{L'_{нg}} + \frac{1}{L''_{нg}} + \frac{L_2}{L'_{нg} \cdot L''_{нg}}}$$

В случае n дрен, когда первая дрена не расположена на водоразделе (рис.2б), систему уравнений также удобно представить в виде рекурентного соотношения:

$$\left.\begin{aligned} &H'_л = a_1 H''_л + a_1 b_1 L_2 \\ &H_{лi} = \frac{a_i}{L_i} H_{лi-1} + \frac{a_i}{L_{i-1}} H_{лi+1} + a_i b_i \qquad i = 2,3,4 \ldots n-1 \\ &H_{лn} = a_n H_{лn-1} + a_n b_n L_n \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

$$a_1 = \frac{L'_{нд}}{L'_{нд} + L_2}, \quad a_i = \frac{1}{\frac{1}{L_i} + \frac{1}{L_{i+1}} + \frac{1}{L_{нд i}}}, \quad a_n = \frac{L^n_{нд}}{L^n_{нд} + L_n},$$

$$b_1 = \frac{H'_д}{L'_{нд}} - \frac{W}{T}(2L_1 + L_2), \quad b_i = \frac{H_{дi}}{L_{нд i}} + \frac{W}{2T}(L_i + L_{i+1}), \quad b_n = \frac{H^n_д}{L_{нд n}} + \frac{WL_n}{2T}.$$

Предложенная методика расчета дренажа в условиях дренирующего действия коллекторов и расчлененного рельефа местности выполнена для случая, когда фильтрационная среда расчетного профиля не изменяется в пространстве, т.е. в любой его точке проводимость водоносного пласта остается постоянной. Однако анализ геофильтрационного строения орошаемых массивов показывает, что фильтрационная среда между коллекторами, как правило, неоднородна (так как расстояние между ними довольно велико), т.е. существуют два или несколько фрагментов с кусочно-постоянной проводимостью водоносного пласта. Если водопроводимость этих фрагментов существенно изменяется, то ее осреднение по всему расчетному профилю может привести к большим погрешностям в определении истиной мощности дренажа или междренных расстояний.

Учитывая сказанное, найдем расчетные зависимости для построения депрессионной кривой между коллекторами в условиях неоднородности водоносной толщи. Как и в предыдущих случаях, прежде всего следует найти напоры на линии коллекторов и некоторый напор на границе смены проводимостей.

Допустим, что между коллекторами имеются два фрагмента с кусочно-постоянной проводимостью (рис.3а). Используя метод фильтрационных сопротивлений, свяжем напоры на линии левого и правого коллекторов с их удельными расходами через сопротивление на несовершенство:

$$q_{лев.} = T_1 \frac{H'_л - H'_д}{L'_{нд}}, \quad q_{прав.} = T_2 \frac{H^n_л - H^n_д}{L^n_{нд}}, \qquad (12)$$

Здесь $L_{нд}$ рассчитывается по известным зависимостям, в которых проводимость пласта (T) отвечает месторасположению данного коллектора.

Удельные расходы потока на линии коллекторов запишутся как

$$q_0 = 0,\ q_0' = T_1 \frac{H_A' - H_P''}{L_1} - \frac{WL_1}{2},\quad q_2 = \frac{H_P'' - H_A'''}{L_2} + \frac{WL_2}{2}. \qquad (13)$$

Аналогичным образом найдем напоры на границе смены проводимостей водоносного пласта. Удельные расходы потока на границе запишутся как

$$q_1 = T_1 \frac{H_A' - H_P''}{L_1} + \frac{WL_1}{2},\quad q_1' = T_2 \frac{H_P'' - H_A'''}{L_2} - \frac{WL_2}{2}, \qquad (14)$$

Так как $q_1 = q_1'$,

то $$T_1 \frac{H_A' - H_P''}{L_1} + \frac{WL_1}{2} = T_2 \frac{H_P'' - H_A'''}{L_2} - \frac{WL_2}{2} \qquad (15)$$

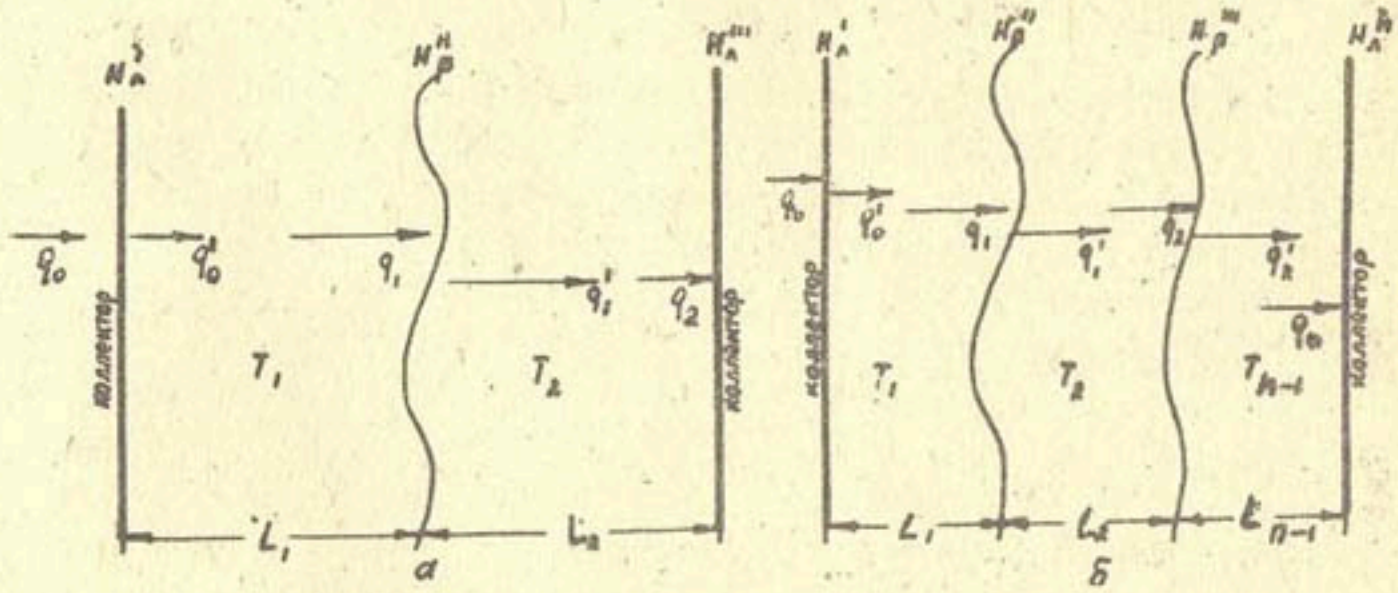


Рис.3. Схема к расчету депрессионной кривой уровня грунтовых вод в условиях кусочно-постоянной проводимости водоносного пласта:

а) пласт с двумя фрагментами различной проводимости (одна граница смены);

б) пласт с $n$ фрагментами различной проводимости ($n$I-I границ смены)

Из условий баланса потоков найдем расходы на линии коллекторов и в точке смены проводимости:

$$q_{лев} = q_0 - q_0', \quad q_0 = q_1 - q_1', \quad q_{прав} = q_2 . \qquad (16)$$

Подставив в (16) выражения (12), (13) и (15), получим систему уравнений для расчета напоров на линии коллекторов в условиях кусочно-постоянной проводимости водоносного пласта, состоящего из двух фрагментов:

$$\left.\begin{aligned}
&T_1 \frac{H_л' - H_p}{L_1} + \frac{WL_1}{2} = T_1 \frac{H_л' - H_g'}{L_{нд}'} \\
&T_1 \frac{H_л' - H_p''}{L_1} + \frac{WL_1}{2} = T_2 \frac{H_p'' - H_л''}{L_2} - \frac{WL_2}{2} \\
&T_2 \frac{H_p'' - H_л''}{L_2} + \frac{WL_2}{2} = T_2 \frac{H_л'' - H_g''}{L_{нд}''}
\end{aligned}\right\} \qquad (17)$$

Для расчетного профиля из $n$ фрагментов с кусочно-постоянной проводимостью водоносного пласта систему уравнений для нахождения напоров на линии коллекторов и в точках смены проводимостей (рис.3б) удобно представить в виде рекурентного соотношения:

$$\left.\begin{aligned}
&H_л' = a_1 H_p'' + a_1 b_1 L_1 \\
&H_{pi} = a_i \frac{T_{i-1}}{L_{i-1}} H_{лi-1} + a_i \frac{T_i}{L_i} H_{p\,i+1} + a_i b_i \qquad i = 2,3,4 \ldots n-1 \\
&H_л^n = a_n H_{p\,n-1} + a_n b_n L_{n-1}
\end{aligned}\right\} \qquad (18)$$

$$a_1 = \frac{L_{нд}'}{L_{нд}' + L_1}, \quad a_i = \frac{L_{i-1} \cdot L_i}{T_{i-1} \cdot L_i + T_i \cdot L_{i-1}}, \quad a_n = \frac{L_{нд}^n}{L_{нд}^n - L_{n-1}},$$

$$b_1 = \frac{H_g'}{L_{нд}'} + \frac{WL_1}{2T_1}, \quad b_i = \frac{W}{2}(L_{i-1} + L_i), \quad b_n = \frac{H_g^n}{L_{нд}^n} + \frac{WL_{n-1}}{2T_{n-1}}.$$

Зная напоры на линии коллекторов и в точках смены проводимостей водоносного пласта, можно построить кривую депрессии для каждого выделенного фрагмента с данной проводимостью по формуле (3).

В результате расчета получим некоторую ломаную депрессионную кривую грунтовых вод, которая будет отвечать заданной проводимости каждого рассматриваемого фрагмента расчетного профиля. Сопоставив полученные результаты с отметками поверхности земли по формуле (I), получим глубину залегания грунтовых вод, сформированную за счет работы коллекторов в условиях кусочно-постоянной проводимости водоносного пласта.

Приведем пример расчета уровня грунтовых вод при работе коллекторов в условиях кусочно-постоянной проводимости водоносного пласта. Двухслойная фильтрационная среда между двумя коллекторами с расстоянием 1000 м состоит из 4 фрагментов с кусочно-постоянной проводимостью. Покровный мелкозем мощностью 5-6 м имеет коэффициент фильтрации ( $K_п$ )=0,5 м/сут, инфильтрационное питание 0,001 м/сут. Глубина коллектора до уреза воды - 3,0м, смоченный периметр ( $d_g$ ) - 0,6 м.

Рельеф местности - наклонный со средним уклоном 0,002.

В этих условиях необходимо рассчитать уровень грунтовых вод, сформировавшийся под влиянием работы коллекторов.

Проводимость пласта распределена следующим образом (слева направо):

I.- фрагмент $L_1 = 200$ м $T_1 = 50$ м²/сут
2 - фрагмент $L_2 = 300$ м $T_2 = 40$ м²/сут
3 - фрагмент $L_3 = 300$ м $T_3 = 60$ м²/сут $H_{g\,лев.} - H_{g\,прав.} = 2{,}0$ м
4 - фрагмент $L_4 = 200$ м $T_4 = 100$ м²/сут

Рассчитаем несовершенство левого и правого коллекторов с учетом отвечающей им проводимости водоносного пласта по формуле

$$L_{нg} = 0{,}73 \frac{T}{K_п} \cdot lg \cdot \frac{8 \cdot m_g}{\pi \cdot d_g}$$

$m_g$ в данном случае равно: $m_g = 5\,м - 3\,м = 2\,м$

$$L_{нg\,лев.} = 0{,}73 \frac{50}{0{,}5} \cdot lg \frac{8 \cdot 2}{3{,}14 \cdot 0{,}6} = 68\,м$$

$$L_{нд\,прав.} = 0{,}73\,\frac{100}{0{,}5}\cdot lg\,\frac{8\cdot 2}{3{,}14\cdot 0{,}6} = 135\,м$$

По формулам (I8) рассчитаем напоры на линии коллекторов ($H'_л$ и $H''_л$) и напоры на границах смены проводимостей водоносного пласта ($H'_р$, $H''_р$, $H^{IV}_р$):

$$a_1 = \frac{68}{68+200} = 0{,}254 \qquad b_1 = 0{,}029 + 0{,}002 = 0{,}031$$

$$a_2 = \frac{200\cdot 300}{50\cdot 300 + 40\cdot 200} = 2{,}61 \qquad b_2 = 0{,}25$$

$$a_3 = \frac{300\cdot 300}{40\cdot 300 + 60\cdot 300} = 3{,}00 \qquad b_3 = 0{,}3$$

$$a_4 = \frac{300\cdot 200}{600\cdot 200 + 100\cdot 300} = 1{,}43 \qquad b_4 = 0{,}25$$

$$a_5 = \frac{135}{135+200} = 0{,}4 \qquad b_5 = 0{,}015 + 0{,}001 = 0{,}016$$

Составим систему уравнений:

$$H'_л = 0{,}254\,H''_л + 1{,}57\,;$$

$$H''_р = 0{,}65\,H'_л + 0{,}35\,H''_р + 0{,}65\,;$$

$$H''_р = 0{,}4\,H''_р + 0{,}52\,H^{IV}_р + 0{,}90\,;$$

$$H^{IV}_р = 0{,}29\,H''_р + 0{,}71\,H^{V}_л + 0{,}36\,;$$

$$H^{V}_л = 0{,}4\,H^{IV}_р + 1{,}28\,,$$

Отсюда

$$H'_л = 2{,}52\,м,\ H''_р = 3{,}76\,м,\ H''_р = 4{,}20\,м,\ H^{IV}_р = 3{,}47\,м,\ H^{V}_л = 2{,}67\,м$$

Рассчитаем депрессионные кривые для каждого фрагмента:

для фрагмента $T_I$ $x = 100$ $H_x = 3{,}67 - 0{,}62 + 0{,}1 = 3{,}24\,м$

для фрагмента $T_2$ $x = 100$ $H_x = 4{,}20 - 0{,}15 + 0{,}25 = 4{,}3\,м$

$x = 200$ $H_x = 4{,}20 - 0{,}29 + 0{,}25 = 4{,}16\,м$

для фрагмента $T_3$ $x = 100$ $H_x = 4{,}20 - 0{,}24 + 0{,}17 = 4{,}13\,м$

$x = 200$ $H_x = 4{,}20 - 0{,}49 + 0{,}17 = 3{,}88\,м$

для фрагмента $T_4$ $x = 100$ $H_x = 3{,}47 - 0{,}4 + 0{,}05 = 3{,}12\,м$

Для сравнения проведем расчет кривой депрессии без учета смены проводимостей водоносного пласта. Примем средневзвешенную проводимость равной 60 м$^2$/сут.

Несовершенство коллекторов в этом случае составит:

$$L_{пр} = 0{,}73 \frac{60}{0{,}5} \lg \frac{8 \cdot 2}{3{,}14 \cdot 0{,}6} = 84 \text{ м}$$

По формуле (2) рассчитаем депрессионную кривую:

$x = 100$ $\quad H_x = 2{,}0 + 0{,}5 + 0{,}72 = 3{,}22$ м.

$x = 200$ $\quad H_x = 2{,}0 + 0{,}5 + 1{,}29 = 3{,}79$ м.

$x = 300$ $\quad H_x = 2{,}0 + 0{,}5 + 1{,}69 = 4{,}19$ м.

$x = 400$ $\quad H_x = 2{,}0 + 0{,}5 + 1{,}93 = 4{,}43$ м.

$x = 500$ $\quad H_x = 2{,}0 + 0{,}5 + 2{,}02 = 4{,}51$ м.

Рассчитаем уровни грунтовых вод по (I) и результаты расчета сведем в следующую табличную форму.

| Расстояние слева направо | Отметка земли $H_{(x)i}$ | $H_x$ с учетом изменения $T$ | $H_x$ без учета изменения $T$ | УГВ с учетом измен. $T$ | УГВ без учета измен. $T$ | Разница |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 5,2 | 3,24 | 3,22 | I,96 | I,98 | -0,02 |
| 200 | 5,5 | 3,76 | 3,79 | I,74 | I,7I | 0,03 |
| 300 | 5,7 | 4,3 | 4,I9 | I,4 | I,5I | -0,II |
| 400 | 5,9 | 4,I6 | 4,43 | I,74 | I,47 | 0,27 |
| 500 | 6,0 | 4,20 | 4,5I | I,80 | I,49 | 0,3I |
| 600 | 5,9 | 4,I3 | 4,43 | I,77 | I,47 | 0,3 |
| 700 | 5,7 | 3,88 | 4,I9 | I,82 | I,5I | 0,3I |
| 800 | 5,5 | 3,47 | 3,79 | 2,03 | I,7I | 0,32 |
| 900 | 5,2 | 3,I2 | 3,22 | 2,08 | I,98 | 0,I |

Сопоставление результатов двух расчетов показывает, что на некоторых участках расчетного профиля имеется значительная погрешность в уровнях грунтовых вод, определенных без учета изменяющейся проводимости водоносного пласта.

Расчеты с другими параметрами показали, что чем больше варьирует проводимость водоносных пластов на одном расчетном профиле, тем больше погрешность в уровнях грунтовых вод, рассчитанных на среднюю величину проводимости водоносного пласта.

Литература

I.Инструкция по проектированию оросительных систем. Часть УШ. "Дренаж на орошаемых землях". М., В/О Союзводпроект, 1975.

2.Духовный В.А., Якубов Х.И., Насонов В.Г., Закс И.А. Анализ эффективности коллекторно-дренажной сети в Каршинской степи и рекомендации по совершенствованию методов проектирования дренажа. Тезисы докладов республиканской научно-техн.конференции закрытых дренажных систем в зоне орошения. Ташкент, САНИИРИ, 1981.

3.Шестаков В.М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. МГУ, 1965.

Н.Х.Атабаев
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

# РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА УГВ РИСОВЫХ СЕВООБОРОТОВ ЛЕВОБЕРЕЖНОГО КЫЗЫЛОРДИНСКОГО МАССИВА

Установление основных закономерностей движения грунтовых вод в условиях эксплуатации рисовых оросительных систем является исходной базой для разработки мероприятий по регулированию режима грунтовых вод и борьбе с засолением почвогрунтов.

Режим УГВ изучался нами по материалам полевых исследований /I,2,3/, проведенных на двух опытных участках, расположенных в левобережном Кызылординском массиве на территории Тереньузякского и Джалагашского районов Кызылординской области КазССР.

Левобережный Кызылординский массив, находящийся в низовьях р.Сырдарьи, представляет собой древнедельтовую область с ярко выраженными процессами длительного соленакопления. Грунтовые воды бесточные, и вся поступавшая в дельту во время разливов вода расходуется на испарение, а заключенные в ней соли остаются в почве и грунтовой воде.

Почвенный покров левобережного массива довольно разнообразен и представлен следующими разновидностями почв:

I. Такыровидными солончаковатыми почвами в сочетании с типичными солончаками;

2. Такыровидными солончаковатыми в сочетании с такырами и песками;

3. Лугово-болотными с аллювиально-луговыми, болотными и типичными солончаками;

4. Аллювиально-луговыми (тугайными) с аллювиально-луговыми, опустынивающимися, в сочетании с песками.

Наиболее благоприятными для возделывания риса являются болотные, лугово-болотные, глинистые и тяжелосуглинистые

почвы. Площади этих почв в пределах массива составляют 120 тыс.га.

По условиям формирования уровня и минерализации грунтовых вод на массиве отчетливо выделяются два периода: до начала регулярного орошения и после ввода в эксплуатацию Кызылординского гидроузла и начала возделывания риса. До начала орошения грунтовые воды залегали на глубине от 2,5 до 10 м и глубже.

Изменения режима уровня и минерализации грунтовых вод связаны с развитием орошения на массиве, сроками поливного периода, работой крупной оросительной системы.

Опытный участок в Тереньузякском районе представляет собой крупный производственный массив, ограниченный с севера коллектором, с юга - каналом ЛМК-12, с запада - сборным коллектором.

Балансовый участок в Джалагашском районе расположен на территории совхоза им. Калинина и ограничен с севера правой веткой магистрального канала Чиркейли; с юга - сборным коллектором; на востоке и западе - картовым оросителем. Общая площадь опытных участков 2300 га.

В режимную сеть на территориях указанных участков включено более 200 наблюдательных скважин. На основании статистических методов обработки данных многолетних наблюдений обобщены материалы исследований за 14 лет. При этом математический анализ результатов режимных наблюдений дал возможность составить долгосрочный прогноз уровня грунтовых вод, т.е. предвидеть изменения УГВ в условиях эксплуатации рисовых инженерных систем.

По годовому изменению уровня грунтовых вод на опытных участках можно выделить довегетационный, вегетационный и послевегетационный периоды. Довегетационный период включает в себя зимне-весенние месяцы - декабрь-март и первую половину апреля, 135-140 сут.; вегетационный - вторую половину апреля, начало сентября, 132-135 сут.; послевегетационный - со второй половины сентября по январь, 90-100 сут.

Динамика режима уровня грунтовых вод, представленная в

табл.I, характеризует изменение его по периодам за ряд лет. В общем довегетационный период характеризуется стабильным состоянием уровня грунтовых вод: колеблется в пределах 2,26-2,34 м.

Спустя 5-10 сут. после начала водоподачи, в целом по массивам отмечается тенденция к подъему УГВ.

Таблица I

Глубина залегания УГВ на рисовом поле

| Сроки наблюдений | Глубина залегания УГВ (в м) по наблюдательным скважинам | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | 3 | 4 | 6 | 8 | 9 | 10 |
| 20.У.1973г. | I,6I | I,44 | 2,I2 | 0,98 | 0,32 | 0,42 | 0,40 |
| 20.У.198Iг. | I,50 | I,30 | I,8I | 0,36 | 0,48 | 0,60 | 0,57 |

В начале вегетационного периода оросительные системы все еще играют роль дренажа (северный коллектор и магистральный канал Чиркейли). С момента водоподачи по магистральному каналу Чиркейли последний играет роль искусственной водонапорной системы, подпитывающей грунтовые воды.

Таким образом, за счет фильтрации из каналов пополняются запасы грунтовых вод, в результате чего формируется бугор пресных линз, где УГВ достигает отметки I,5-2,5 м от поверхности земли. На прилегающей территории уровень грунтовых вод за этот период отмечается на глубине 3,5-5,0 м. Минерализация грунтовых вод значительная: 5-10 г/л и более; в полосе р.Сырдарьи и магистральных каналов, в зоне формирования бугра пресных линз - I-2,0 г/л.

Послевегетационный период включает в себя процесс растекания или разгрузки куполов под рисовым массивом. Понижение уровня грунтовых вод, отмечаемое повсеместно, в конце вегетационного периода относительно стабилизируется на отметках 3,0-3,5 м от поверхности земли.

По генетическим типам режимов грунтовых вод орошаемые земли левобережного Кызылординского массива, согласно классификации В.А.Погребинского /3/, относятся к инфильтрационному

типу, ирригационному подтипу, инфильтрационно площадной и линейной разновидностям. По условиям дренированности, согласно классификации Д.М. Каца /5/, относятся к типу земель с весьма замедленными движениями водотоков, принадлежат к искусственно-слабодренированному классу и характеризуются следующими видами режима грунтовых вод:

а) на орошаемых землях, занятых рисовыми культурами;

б) то же, под сопутствующими культурами в рисовых севооборотах;

в) то же, на орошаемых участках в приканальных зонах;

г) то же, на прилегающих залежных землях.

## Режим грунтовых вод на орошаемых землях, занятых рисовыми культурами

Как видно из данных многолетних наблюдений по скважинам, расположенным на рисовых чеках, изменение уровенно-солевого режима грунтовых вод тесно взаимосвязано с режимом орошения.

С подачей оросительной воды на рисовые поля, начиная с начала мая, в зависимости от сроков затопления рисовых чеков, происходит резкий подъем уровня грунтовых вод до максимального положения. Продолжительность этого периода в 1976 г. составила 16 сут., а в 1979г. - 28 сут.

Многолетние наблюдения показали, что минимальная глубина залегания уровня грунтовых вод относится к летнему периоду (июль-август), а абсолютный минимум приходится на середину июля (в 1979г. - 16-21 июля по массиву).

В это время непосредственно под рисовыми полями происходит смыкание оросительных и грунтовых вод, и лишь на участке, где в разрезе преобладают почвогрунты тяжелого механического состава, а также на рисовых полях, расположенных на повышенных отметках рельефа, грунтовые воды залегают на глубине 0,1-0,3 м от поверхности земли. Продолжительность формирования "бугра" ирригационно-грунтовых вод в периоды высокого стояния их уровня по массиву в целом изменяется в незначительных пределах - в среднем 130-135 сут.

С прекращением подачи воды на затопление и поддержание на

рисовых чеках слоя воды и при осуществляющихся повсеместно сбросах перед уборкой риса происходит снижение уровня грунтовых вод, но уже со средними скоростями, и уровень их оказывается значительно ниже, чем в начале поливного периода. Средняя скорость спада уровня грунтовых вод в процессе растекания "бугра" составляет 4-7 см/сут.

Понижение уровня грунтовых вод на 60-70 см, обеспечивающее осушение почвогрунтов для уборки риса, происходит на отдельных участках за 18-28 сут., в то время как проектом и расчетами дренажно-сбросной сети предусматриваются 10 - 20 суток.

Наблюдениями, проведенными нами за 1967-1981 гг., установлено, что полной сработки "бугра" под рисовыми картами не происходит. Причина - плохая работа дренажных систем в условиях сложного литологического состава, когда подземного оттока грунтовых вод не происходит. В результате процесс растекания, начатый в послевегетационный период данного сезона, сливается с процессом смыкания следующего сезона, следствие чего - подъем УГВ в целом по массиву.

Максимальные глубины залегания УГВ, наблюдаемые в январе-феврале, составляют 2,2-2,8 м. По степени минерализации и химическому составу существенных изменений за 1979-1981гг. не произошло. Преобладали слабосолоноватые грунтовые воды с общей минерализацией от 1,0 до 5 г/л и более. По химическому составу грунтовые воды сульфатно-хлоридно-натриевые.

## Режим грунтовых вод на орошаемых землях, занятых под сопутствующими культурами в рисовых севооборотах

Сезонный режим грунтовых вод на площади севооборотных культур характеризуется медленным и затяжным подъемом их уровня, начиная со второй половины мая. Данные табл.2 характеризуют режим уровня грунтовых вод с 1973 по 1981 год.

Самое высокое стояние УГВ отмечается в июле - 0,2-0,4 м, затем начинается медленный спад, продолжающийся 130 сут. С середины декабря на большей части территории происходит

Таблица 2

Глубина залегания УГВ на полях сопутствующих культур

| Сроки наблюдения | Наблюдательные скважины | | | | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I2 | I3 | I5 | I6 | I7 | |
| Совхоз "Калинина" Джалагашского р-на | | | | | | |
| 20.У.1973 | 0,25 | 0,30 | 0,86 | 0,45 | 0,76 | Рис |
| 20.У.1981 | 0,25 | 0,91 | I,30 | I,62 | 2,57 | Люцерна |
| Совхоз "Терень-Узяк" Тереньузякского р-на | | | | | | |
| | 5 | 6 | 9 | II | I2 | |
| 20.У.1973 | I,89 | I,91 | 2,05 | 2,5I | 2,60 | Люцерна |
| 20.У.1981 | I,70 | I,45 | I,04 | I,96 | I,98 | Рис |

относительная стабилизация, уровень УГВ находится в пределах 2,I - 3,2 м.

По степени минерализации и химическому составу преобладают слабосолоноватые и слабосоленые, сульфатно-хлоридно-натриевые воды.

### Режим уровня грунтовых вод на орошаемых участках в приканальных зонах

Режим уровня грунтовых вод вдоль каналов характеризуется как установившийся, и ход колебаний его уровней в многолетнем разрезе, хотя с некоторым запозданием (в результате кольматации русла), повторяет колебания горизонтов воды в каналах. Минимальный уровень (0,8-I,2 м от поверхности земли) отмечен в 1979-1981 гг.в середине мая до середины июля - в период максимальной водоподачи оросительной сети.

Максимальное залегание уровня грунтовых вод наблюдалось в январе-феврале 1979-1981гг. - 3,0-3,2 м. Расходы в головной части большинства каналов были несколько выше, чем в 1977-1978 гг., что соответственным образом сказалось на уровенном режиме, приведшем к приращению в среднем на 0,I-0,25 м.

Таблица 3

Совмещенная таблица изменений УГВ и их прогноз

| Период | Данные по УГВ | Годы | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1967 | 1970 | 1974 | 1978 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 |
| До вегетации | Фактический | 2,38 | 2,34 | 2,31 | 2,30 | 2,27 | 2,30 | | | |
| | Прогнозный | 2,34 | 2,34 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 2,31 | 2,31 | 2,33 | 2,34 |
| | Разность, м | -0,04 | 0 | -0,01 | 0 | -0,03 | -0,01 | | | |
| | % | 2 | 0 | 1 | 0,0 | 1 | 1 | | | |
| Вегетационный | Фактический | 1,40 | 1,25 | 1,06 | 0,90 | 0,78 | 0,76 | | | |
| | Прогнозный | 1,52 | 1,47 | 1,02 | 0,90 | 0,88 | 0,88 | 0,89 | 0,89 | 0,90 |
| | Разность, м | +0,12 | +0,22 | -0,04 | 0 | +0,10 | +0,12 | | | |
| | % | 8 | 18 | 4 | 0 | 12 | 15 | | | |
| После вегетации | Фактический | 2,50 | 2,32 | 2,23 | 2,19 | 2,18 | 2,17 | | | |
| | Прогнозный | 2,68 | 2,45 | 2,24 | 2,20 | 2,20 | 2,18 | 2,16 | 2,14 | 2,14 |
| | Разность, м | +0,18 | +0,13 | +0,01 | +0,02 | +0,01 | | | | |
| | % | 7 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |

Вблизи магистральных каналов за счет фильтрации формируется бугор пресных линз с минерализацией I,2-I,5 г/л. Полосы "бугра" вдоль каналов имеют ширину I5-20 м (по обеим сторонам).

## Режим уровня ГВ на прилегающих залежных землях

На залежных землях, прилегающих к орошаемым участкам, в многолетнем разрезе в целом по левобережному Кызылординскому массиву происходит медленный, но повсеместный подъем УГВ за счет гидростатической передачи напоров со стороны орошаемых площадей, который, в частности в I979 - I98I гг., составил 0,I2-0,24 м/год.

Материалы натурных исследований в период I967-I98I гг. УГВ в целом по рисовым картам на территориях ОПУ анализированы нами методом математической статистики. При этом определены корреляционные связи, давшие уточненную интерпретацию основных факторов, формирующих грунтовые воды, и позволившие обоснованно подойти к выявлению региональных закономерностей.

По данным корреляционных анализов режимных наблюдений за УГВ, нами получено уравнение прямой регрессии, с помощью которого было прогнозировано изменение УГВ.

Уравнение регрессии до вегетации имеет следующий вид:

$$z = 0,3323X+0,432Y + 0,54245\pm0,366;$$

в период вегетации

$$z = 0,0462X+0,65424Y + 0,259\pm0,50;$$

после вегетации

$$z = 0,2947X+0,229\,Y + I,0445\pm0,4I.$$

Средняя ошибка уравнений регрессии по периодам равна:

до вегетации $Sz = + 0,336;$

в период вегетации $Sz = \pm 0,50;$

после вегетации $Sz = \pm0,4I,$

X - уровень грунтовых вод за 2 года до прогноза;

Y - уровень грунтовых вод за год до прогноза.

Как видно из табл.3, УГВ по периодам изменяется неравномерно. В довегетационный период вначале УГВ резко повышается, а затем скачкообразно понижается.

В целом к 1984г. произойдет стабилизация УГВ и восстановится его равновесие.

Вегетационный период имеет устойчивую тенденцию к подъему. В этот период происходит процесс смыкания УГВ с поверхностными водами. К 1984г. УГВ достигнет 0,90м от поверхности. Величина подъема УГВ в среднем по массиву -от 4 до 8 см в год

В послевегетационный период на рисовом севообороте происходит повсеместная разгрузка или растекание бугров УГВ,сформировавшихся в вегетационный период. Однако окончательной разгрузки купола УГВ не происходит из-за сложного литологического состава грунтов (переслаивающихся слоев суглинков, глин и супесей).

В результате указанного процесс растекания, начатый в послевегетационный период данного года, сливается с процессами смыкания последующего года, что вызывает медленный и непрерывный подъем УГВ в целом по массиву.

Сравнение прогнозных данных с фактическими указывает на сходимость результатов; расхождения небольшие,в пределах ошибок измерений УГВ.

## Выводы и рекомендации

На основе анализа и систематизации собранных материалов полевых исследований можно сделать следующие выводы.

1.В целом по левобережному Кызылординскому рисовому севообороту наблюдается тенденция к сезонному засолению земель, особенно площадей, занятых сопутствующими культурами.

2. Освоение земель вызывает медленный и устойчивый подъем уровня грунтовых вод - 4-8 см в год.

3. Основным рекомендуемым нами методом оптимального регулирования УГВ в борьбе с засолением рисовых севооборотов левобережного Кызылординского массива является применение горизонтального дренажа.

Для продуктивного использования земельно-водных ресурсов рисовых систем левобережного Кызылординского массива необходимо переустройство оросительной коллекторно-дренажной системы, которое должно включать:

- мероприятия по борьбе с фильтрацией из оросительных каналов;
- строительство совершенных дренажных систем, которое позволит обеспечить оптимальный мелиоративный режим земель рисового севооборота при экономном использовании водно-земельных ресурсов.

Литература

1. Атабаев Н.Х. НТО по теме: "Разработка мероприятий по борьбе с засолением рисовых систем левобережного Кызылординского массива", фонды САНИИРИ. Ташкент, 1981.
2. Боровский В.М., Погребинский М.А. "Древняя дельта Сырдарьи и северные Кызылкумы", т.I, Алма-Ата, изд.АН КазССР, 1958.
3. Буруменский В.С., Атабаев Н.Х. НТО по теме: "Изучение режима дренажного стока и их моделирование". Фонды КазНИИВХ, Джамбул, 1976.
4. Кац Д.М. Типы ирригационных режимов грунтовых вод Средней Азии. Докл.АН СССР, т.77, №4, 1951.

Г.Д.Юлдашев, канд.с.-х.наук
М.К.Джураев
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВ НА ФОНЕ РАБОТЫ СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА (СВД) НА КЫЗЫЛКУМСКОМ МАССИВЕ

Кызылкумский массив орошения расположен по левобережью Сырдарьи в ее нижнем течении, приурочен к аллювиальной рав-

нине, сформированной в результате аккумулятивной деятельности рек.

Рассматриваемая территория общей площадью 9050 га относится ко П очереди освоения Кызылкумского массива (рис.I). Это зона пустынь и полупустынь со среднегодовой температурой воздуха II,6...I2,9 °С,при среднемесячном максимуме в июле 27,2°...29,3 °С.Наиболее низкие значения температуры воздуха приходятся на декабрь-январь (3,3...5,7 °С),абсолютный максимум - на июнь-август (46...47 °С).Абсолютный минимум в наиболее холодные зимы в декабре-январе и в феврале достигает 36...39 °С.

Среднегодовая сумма осадков колеблется в пределах I60... 200 мм, по естественному увлажнению осадками вегетационный период очень сухой. Относительная влажность воздуха составляет 70-80% в зимние месяцы и 23-28% в летние при среднегодовых значениях, равных 52-59%.

Гидрогеологическим условиям, оказывающим большое влияние на мелиоративную обстановку данного участка, присущи следующие особенности:

- все отложения водоносны и имеют достаточно хорошую гидравлическую связь, в особенности I и П водоносные пласты, представленные преимущественно песками различной крупности;
- воды хорошо проницаемых пластов безнапорны;
- самые молодые отложения (покровный мелкозем) мощностью до I0 м имеют незатрудненные условия оттока грунтовых вод, так как под ними расположены мелко- и среднезернистые пески с большой мощностью.

Покровные современные отложения представлены суглинками, супесью и глинами и не превышают II м.

С глубины I0-II м вскрываются верхнечетвертичные средние, мелкие и пылеватые пески с тонкими прослоями суглинков и глин. В толще песков помимо маломощных прослоев имеются прослои глин, среднечетвертичных отложений мощностью от I,2-6,0 до I4,0 м, которые являются относительными местными водоупорами.

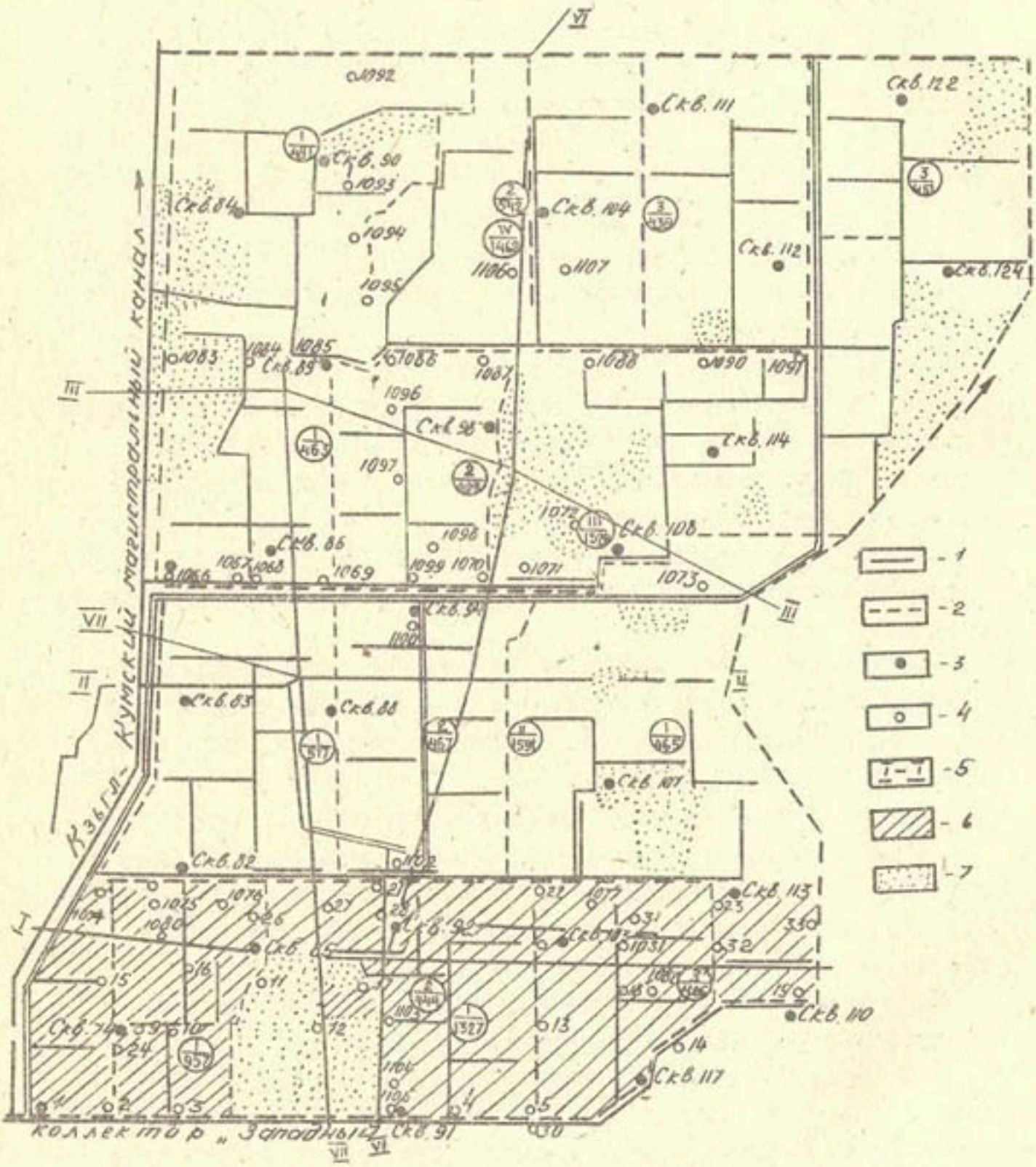


Рис. I. Схематическая карта опытного участка вертикального дренажа в совхозе "Достык" Кызылкумского массива ($W_{бал.}$ = 9,05 тыс. га): I - распределитель; 2-коллектора; 3- вертикальные скважины; 4- наблюдательная сеть; 5-створы; 6- балансовый участок САНИИРИ; 7-выключка.

Мощность водоносных песков колеблется в пределах 4,8 ... 96 м. При этом погружение кровли водоупора идет с востока на запад (от р.Сырдарьи в сторону массива Кызылкум).

Грунтовые воды до зарегулирования стока р.Сырдарьи и развития регулярного орошения залегали на глубине I,0... I0,0 м с общим понижением в направлении от реки к пескам Кызылкум. Годовая амплитуда колебаний уровня грунтовых вод, по данным режимных наблюдений, составляла 0,I-0,3 м; режим их полностью определялся гидрологическим фактором.

По результатам опытных откачек установлено, что средние значения коэффициента фильтрации составляют: для мелкозернистых песков - 8,5 м/сут, среднезернистых - I2,5 м/сут, пылеватых - 2,5 м/сут. Средний коэффициент фильтрации, подсчитанный в результате статистической обработки, составил 9,9 м/сут.

Вся орошаемая площадь Кызылкумского массива подвешена к Кызылкумскому магистральному каналу (ККМК), который является основным источником орошения и совхоза "Достык". Орошение земель совхоза производят по каналам I-Х-I, I-Х-2, I-Х-3 и I-Х-4, фактический коэффициент полезного действия (КПД) сети на участке 0,80 против проектного 0,92. Оросительная сеть совхоза в облицовке с удельной протяженностью - 23,5I м/га.

Освоение и орошение земель совхоза начато в I978 г. Общая водоподача в I978-I98Iгг. колебалась в пределах 7,72... I0,2I тыс.м$^3$/га (нетто). В I98Iг. общий объем водоподачи в период вегетации составил 8I68 м$^3$/га, по сравнению с I980г. она была увеличена на 8II м$^3$/га. Водоподача в (I98Iг.) в невегетационный период составила I2I9 м$^3$/га (за счет объема откачек из скважин вертикального дренажа).

Фильтрационные потери со стороны Кызылкумского магистрального канала в течение I978-I98Iгг. почти не менялись и находились в пределах 828-862 м$^3$/га. В настоящее время на участке имеется коллекторно-дренажная сеть (КДС) с удельной протяженностью 2I м/га. В I98I г. дренажный модуль увеличился до 34I2 м$^3$/га (0,I05 л/с/га) против 993 м$^3$/га (0,037 л/с/га) в I978г.

В 1981 г. земельный фонд на опытном участке (1327 га) по культурам составил:

- хлопчатник - 815 га (61,4%);
- люцерна - 300 га (22,6%);
- соя - 94 га (7%);
- яровой ячмень - 100 га (7,5%);
- бахчи и прочие - 19 га (1,5%);

Площадь, занятая оросительной, осушительной, дорожной сетью, составляет 107 га, постройками - 20 га; КЗИ - 0,91.

Валовая площадь совхоза "Достык" - 9050 га, в т.ч. орошаемой 6000 га. Освоение земель базируется в основном на фоне работы скважин вертикального дренажа в количестве 25 шт.

САНИИРИ с 1978 г. ведет систематические наблюдения за работой системы скважин на опытно-производственном участке (ОПУ), которые позволили установить коэффициент полезной работы (КПР) и объем откачек по системе скважин до 1982 г.

Установлено, что КПР системы скважин в среднегодовом разрезе увеличился с 0,19 (1978г.) до 0,65 (1981г.).

Минерализация откачиваемых вод за период исследований (1978-1981гг.) изменилась незначительно и колебалась от 0,97 до 1,46 г/л. Средняя ее величина по 25 скважинам в 1981г. составила 1,26 г/л по плотному остатку, в т.ч. 0,22 г/л по хлор-иону. Откачиваемая вода в настоящее время успешно используется для орошения сельскохозяйственных культур.

До орошения относительно высокое залегание уровня грунтовых вод (до 7,0) наблюдалось лишь в пределах крупных естественных понижений. На всей остальной территории грунтовые воды залегали глубже. Поэтому испарение и транспирация не оказывали существенного влияния на их режим и они практически не участвовали в почвообразовательных процессах.

Средняя скорость подъема уровня грунтовых вод под влиянием орошения составила 0,85 м/год. Об изменениях, которые произошли под влиянием орошения, можно судить по (табл.1).

Таблица I

Распределение площадей с различной глубиной залегания уровня грунтовых вод в совхозе "Достык" по годам

| Глубина залегания, м | Год | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1978 | | 1979 | | 1980 | | 1981 | |
| | га | % | га | % | га | % | га | % |
| | | | | Апрель | | | | |
| < I,0 | - | - | - | - | 32 | 0,35 | - | - |
| I - 2 | - | - | - | - | 235 | 2,60 | - | - |
| 2 - 3 | - | - | 278 | 3,0 | 383 | 4,25 | I065 | II |
| 3 - 5 | - | - | 466 | 5,I | 6I3 | 6,80 | 2349 | 25 |
| > 5 | 9050 | I00 | 8306 | 9I,9 | 7787 | 86,0 | 5636 | 64 |
| Всего: | 9050 | I00 | 9050 | I00 | 9050 | I00 | 9050 | I00 |
| | | | | Сентябрь | | | | |
| < I,0 | - | - | I7,2 | 0,I9 | 58,0 | 0,64 | - | - |
| I - 2 | - | - | 2I7,6 | 2,4I | 384 | 4,24 | I46 | I,0 |
| 2 - 3 | - | - | 382,2 | 4,22 | 485 | 5,36 | 2I85 | 24 |
| 3 - 5 | - | - | 399,4 | 4,42 | 367 | 4,06 | 28I7 | 3I |
| > 5 | 9050 | I00 | 8033,6 | 88,76 | 7756 | 85,70 | 3902 | 44 |
| Всего: | 9050 | I00 | 9050 | I00 | 9050 | I00 | 9050 | I00 |

Минерализация грунтовых вод на территории совхоза колебалась в пределах 0,48 ... 3,4I г/л по плотному остатку и 0,0I... 0,04 г/л по хлор-иону. С орошением участка (I978г.) началось засоление грунтовых вод и сокращение площадей с минерализацией до I,0 г/л.

В октябре I978 г. площади с минерализацией грунтовых вод <I г/л составляли I067 га, с I-2 г/л - 260 га и с 2-3 г/л не отмечались. В октябре I98Iг. эти величины соответственно были:<I г/л - 24I га, I-2 г/л - 964 га, 2-3 г/л - I22 га (табл.2).

По характеру засоления грунтовые воды относятся к хлоридно-сульфатному типу с соотношением $SO_4 : Cl'$ = I,2-4,6, а по катионам к магниево-кальциевому с соотношением

$$\frac{Ca^{\cdot\cdot} + Mg^{\cdot\cdot}}{Na^{\cdot} + K^{\cdot}} > 1,0$$

Таблица 2

Распределение площадей по степени минерализации грунтовых вод на ОПУ по годам

| Минерализация, г/л | Год | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1978 | | 1979 | | 1980 | | 1981 | |
| | га | % | га | % | га | % | га | % |
| | | | Апрель | | | | | |
| < 1,0 | 1028 | 78 | 717 | 61 | 550 | 42 | 310 | 23 |
| 1-2 | 299 | 22 | 510 | 39 | 690 | 52 | 719 | 54 |
| 2-3 | - | - | - | - | 87 | 6,0 | 298 | 23 |
| Итого: | 1327 | 100 | 1327 | 100 | 1327 | 100 | 1327 | 100 |
| | | | Сентябрь | | | | | |
| < 1,0 | 1067 | 81 | 831 | 55 | 494 | 37 | 241 | 18 |
| 1-2 | 260 | 19 | 520 | 39 | 765 | 57 | 964 | 73 |
| 2-3 | - | - | - | - | 68 | 6 | 122 | 9 |
| Итого: | 1327 | 100 | 1327 | 100 | 1327 | 100 | 1327 | 100 |

Изменение запасов легкорастворимых солей изучалось на 53 солевых точках, расположенных равномерно по всему участку. Исследования показали, что на фоне работы системы скважин существенные изменения по запасам солей произошли в трехметровой толще (рис.2).

В связи с орошением с 1978 по 1981 год произошла миграция солей из нижних горизонтов в верхние. Запасы солей для горизонтов 0-1, 1-2 и 2-3 м в 1978г. составляли 15,43; 66,75 и 25,73 т/га, а в 1981г. соответственно - 64,42; 39,20 и 20,31 т/га. Следовательно, к четвертому году орошения произошло вторичное засоление земель метрового слоя.

Построенные по данным осенне-весенних солевых съемок карты засоленности земель ОПУ показали ту же картину перераспределения солей на территории (табл.3).

Как видно из табл.3, с 1972г. идет незначительное накопление солей в метровом слое. По-видимому, орошение

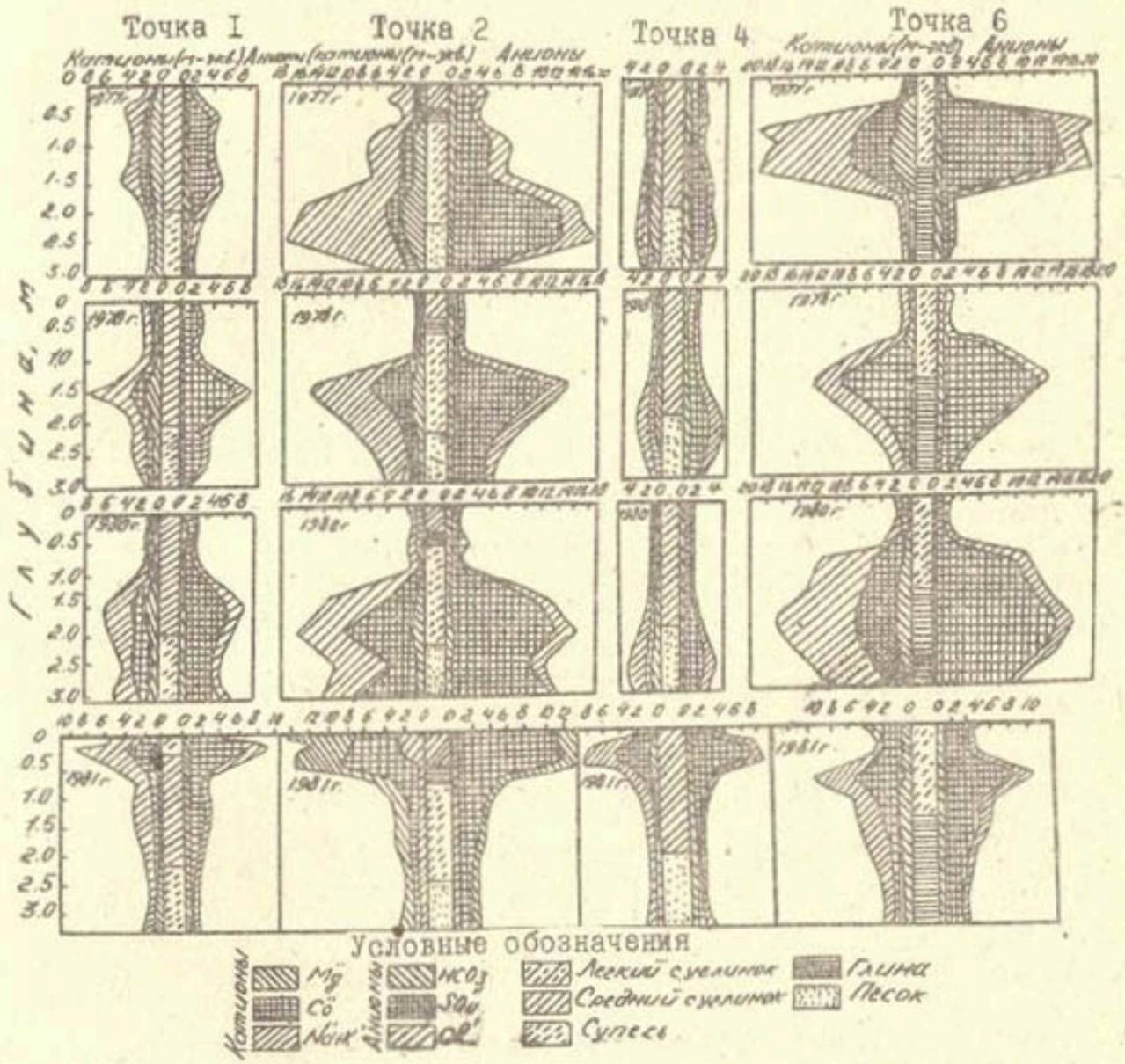


Рис.2. Динамика распределения легкорастворимых солей в почвогрунтах ОПУ в совхозе "Достык"

Таблица 3

Динамика площадей по степени засоления почвогрунтов ( h = 1,0м) ОПУ в совхозе "Достык". ( $W_{op.}$ = 1327 га)

| Показатель степени засоления почвогрунтов | 1979 | | 1980 | | 1981 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | га | % | га | % | га | % |
| | | | Май | | | |
| Незасоленные | 982,7 | 74,0 | 829,5 | 62,5 | 716 | 53,9 |
| Слабозасоленные | 269,3 | 20,2 | 497,5 | 37,5 | 458 | 34,5 |
| Среднезасоленные | 55,6 | 4,1 | - | - | 153 | 11,6 |
| Сильнозасоленные | 19,4 | 1,7 | - | - | - | - |
| Итого: | 1327 | 100 | 1327 | 100 | 1327 | 100 |
| | | | Октябрь | | | |
| Незасоленные | 947,6 | 71,4 | 726 | 54,8 | 660 | 49,7 |
| Слабозасоленные | 350,5 | 26,4 | 593 | 44,7 | 458 | 34,5 |
| Среднезасоленные | 28,9 | 2,2 | 6 | 0,5 | 209 | 15,8 |
| Сильнозасоленные | - | - | - | - | - | - |
| Итого: | 1327 | 100 | 1327 | 100 | 1327 | 100 |

накопленных тысячилетиями, что и вызвало их перераспределение по территории (в плане) и по профилю почвогрунтов.

Водный и солевой балансы покровного мелкозема на ОПУ изучаются с 1978 г. Расчетом установлено, что водный баланс покровного мелкозема за 1979-1980гг. складывался положительно (табл.4).

За указанный период общая водоподача увеличилась с 7740 м$^3$/га в 1978г. до 8680 м$^3$/га в 1981 г. Нехватку водных ресурсов в вегетацию хозяйство покрывало за счет воды, откачиваемой из скважин вертикального дренажа.

В 1981 г. величина суммарного испарения и транспирации

Таблица 4

Динамика водно-солевого баланса покровного мелкозема на ОПУ в совхозе "Достык"

($W_{op}$= 1327 га)

| Статья баланса | Проектные данные: мелиоративный период | Проектные данные: эксплуатационный период | Фактические данные: с I/X-77г. по 30/IX-79г. | Фактические данные: с I/X-78г. по 30/IX-79г. | Фактические данные: с I/X-79г. по 30/IX-80г. | Фактические данные: с I/X-80г. по 30/IX-81г. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **I. Водный баланс, м³/га** | | | | | | |
| Приход: | | | | | | |
| водоподача на поля из оросит. сети | 10928 | 9892 | 7740 | 7192 | 6509 | 8680 |
| осадки | 3718 | 3718 | 2028 | 2650 | 2304 | 2770 |
| фильтрация из ЮМК | - | - | 855 | 862 | 848 | 828 |
| водоподача из скважин вертикального дренажа | - | - | 846 | 1418 | 2006 | 707 |
| Итого | 14646 | 13610 | 11469 | 12122 | 11667 | 12985 |
| Расход: | | | | | | |
| суммарное испарение, транспирация | 9328 | 9328 | 8050 | 8145 | 7905 | 8130 |
| отток из покровного мелкозема. | 5318 | 4282 | 3755 | 1954 | 3450 | 4880 |
| Итого | 14646 | 13610 | 11805 | 10099 | 11355 | 13010 |
| Баланс | | | | | | |
| Изменение запасов влаги в балансовой толще | - | - | -336 | +2023 | +312 | -25 |
| **II. Солевой баланс, т/га** | | | | | | |
| Поступление: | | | | | | |
| с водой, поданной на поля | 10,93 | 9,89 | 7,98 | 8,46 | 2,46 | 10,49 |

Продолжение табл.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| фильтрационной водой из КМК | – | – | 0,65 | 0,73 | 0,87 | 0,91 |
| с водой, поданной вертикальным дренажем | – | – | 0,21 | 0,46 | 1,82 | 0,86 |
| Итого: | 10,93 | 9,89 | 8,84 | 9,65 | 12,15 | 12,26 |
| Вынос: | | | | | | |
| с оттоком воды из покровного мелкозема | 25,93 | 18,89 | 8,26 | 5,86 | 10,35 | 14,64 |
| Итого | 25,93 | 18,89 | 8,26 | 5,86 | 10,35 | 14,64 |
| Солевой баланс | -15,0 | -9,0 | +0,58 | +3,79 | +1,80 | -2,38 |

достигла 8130 м$^3$/га, против 6864 м$^3$/га в 1978г, что обусловлено подъемом уровня грунтовых вод.

Транспирация водного баланса обуславливает изменение солевого баланса как всего массива, так и отдельных его частей. Солевой баланс в 1978-1980гг. складывался по типу соленакопления – от 0,58 до 3,79 т/га; в 1981 г. происходило незначительное (2,38 т/га) рассоление покровного мелкозема.

Отток солей (14,64 т/га) происходил, в основном, за счет оттока грунтовых вод из покровного мелкозема в водоносный горизонт. При этом вынос солей в 1981г. (2,38 т/га) был ниже проектной величины. Следовательно, темпы рассоления в существующих условиях недостаточны, целесообразно усилить дренированность территории.

Урожайность хлопчатника по годам составляла:

1978 – 11 ц/га,
1979 – 14,6 ц/га,
1980 – 17,0 ц/га,
1981 – 16,0 ц/га.

Снижение урожайности хлопчатника в 1981г. по сравнению с 1980г. объясняется ухудшением мелиоративного состояния земель. Поэтому в настоящее время условия требуют регулиро-

вания водного и солевого режима почв на фоне работы скважин вертикального дренажа. Режим откачек для данных условий определялся гидрогеолого-почвенными условиями, современным мелиоративным состоянием земель в увязке с режимом орошения и промывок, исходя из требований обеспечения оптимального водно-солевого и питательного режима почв и заданного (прогнозного) уровня грунтовых вод (табл.5).

Расчетами установлено, что в течение вегетационного периода одновременно должны эксплуатироваться 19-20, а в остальное время -18-19 скважин.

Для обеспечения заданного оттока грунтовых вод скважины должны работать со средним дебитом 40л/с и ежемесячно откачивать от 187,1 до 236,5 $м^3$/га, а уровень грунтовых вод - регулироваться в широких пределах: от 2,09 до 2,62 м, т.е. будет создан полугидроморфный мелиоративный режим.

Коэффициент полезной работы (КПР) системы при работе 20 скважин составит 0,80, среднегодовое его значение не превысит 0,75. При этом общая продолжительность работы системы составит 278 суток, в остальное время будет производиться ремонт скважин.

Расчет солевого баланса для заданного режима работы системы скважин показал, что в течение года произойдет уменьшение запасов легкорастворимых солей в покровном мелкоземе до 12,6 т/га.Такой темп рассоления позволит уже через год перевести все слабозасоленные земли в категорию незасоленных. Введение режима откачек, разработанного нами (табл.5), позволит улучшить мелиоративное состояние земель, более экономно расходовать оросительную воду и уменьшить продолжительность работы системы.

## Выводы

1. Орошение существенно изменило мелиоративную обстановку рассматриваемой территории и характер почвообразовательного процесса: орошаемая площадь за рассматриваемый период увеличилась с 1327 (1978г.) до 4630 га (1981г.), водоподача - с 7740 (1978г.) до 8680 $м^3$/га (1981г.).

2. Исследуемый период характеризуется интенсивным подъе-

Таблица 5

Годовой план-график откачек по системе скважин вертикального дренажа в совхозе "Достык"

| Показатель | Месяц | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IУ | У | УI | УII | УIII | IX | X | XI | XII | Итого |
| Количество скважин по системе | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 26 | 25 |
| Количество работающих скважин одновременно | I8 | I8 | I8 | I9 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | I9 | I9 | I9 | - |
| Объем потребной откачки, $м^3$/га | 207,I | I87,I | 207,I | 2I4,5 | 236,5 | 2I4,5 | 236,5 | 236,5 | 2I4,5 | 22I,6 | 2I4,5 | 22I,6 | 26I2,0 |
| Продолжительность работы системы, сут. | 22 | 20 | 22 | 23 | 25 | 24 | 25 | 25 | 24 | 23 | 22 | 23 | 278 |
| Коэффициент полезной работы (КПР) | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,70 |
| Период работы системы | с I по I0 с20 по 3I | с I по I0 с20 по 23 | с I по I0 с20 по 3I | с I по II с20 по 30 | с I по 20 с26 по 3I | с I по 20 с27 по 30 | с I по 20 с26 по 3I | с I по 20 с26 по 3I | с I по 20 с27 по 30 | с I по II с20 по 3I | с I по I0 с20 по 3I | с I по II с20 по 30 | |
| Период остановки системы | с II по I9 | с II по I9 | с II по I9 | с I2 по I9 | с2I по 25 | с2I по 26 | с2I по 25 | с2I по 25 | с2I по 26 | с I2 по I9 | с I2 по I9 | с I2 по I9 | |
| Глубина залегания грунт. вод в нач. и конце мес., м | 2,62-2,54 | 2,54-2,43 | 2,43-2,49 | 2,44-2,34 | 2,34-2,52 | 2,52-2,42 | 2,42-2,36 | 2,36-2,09 | 2,09-2,25 | 2,25-2,46 | 2,46-2,53 | 2,53-2,62 | |
| Среднемесячные глубины залегания грунт. вод, м | 2,58 | 2,48 | 2,46 | 2,42 | 2,43 | 2,47 | 2,39 | 2,22 | 2,I7 | 2,35 | 2,49 | 2,57 | 2,42 |

мом уровня грунтовых вод: с 6,80 м в 1977 г. до 2,89 м в 1981г.,т.е. подъем УГВ за пять лет составил 3,91 м.

3. В настоящее время почвы совхоза по степени засоления относятся в основном к незасоленным и слабозасоленным и распределены соответственно: 4836 га (53,4%) и 2469 га (27,3%). Площадь среднезасоленных почв составляет всего 63 га (0,6%).

4. Для обеспечения благоприятного водно-солевого режима почвогрунтов, включая корнеобитаемый слой, и поддержания оптимального уровня грунтовых вод, для рассматриваемой территории разработан рациональный режим работы скважин вертикального дренажа, согласно которому объем потребной откачки на валовую площадь составил 2612 $м^3$/га, в т.ч.1353 1353 $м^3$/га в вегетационный период.

5. Среднемесячные глубины залегания уровня грунтовых вод при этом должны быть поддержаны в интервалах от 2,17 до 2,58м. Коэффициент полезной работы системы составит в этих условиях 0,75.

Земли совхоза "Достык" являются типичными почти для всей территории Кызылкумского массива, поэтому изложенные нами предложения по изменению режима орошения, промывок и работы дренажных систем можно распространить и на другие хозяйства.

Л.Н.Даниелова, канд.техн.наук
З.Х.Джалилов, канд.техн.наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

## ВЛИЯНИЕ УНИПОЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРООБРАБОТКИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

Возрастающий дефицит оросительной воды в орошаемой зоне все острее указывает на необходимость изыскания эффективных приемов использования минерализованных вод в сельскохозяй-

ственном производстве.

Использование коллекторно-дренажных вод для орошения хлопчатника - одно из мероприятий, способствующих дополнительному расширению посевных площадей и улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель.

В настоящее время по Узбекистану насчитывается около 19 млрд.м$^3$ в год коллекторно-дренажных вод, которые позволят оросить 1,5 млн. га. Кроме того, по подсчетам гидрогеологов, для орошения можно ежегодно использовать около 16 млрд.м$^3$ минерализованных подземных вод. В Узбекистане эти воды интенсивно используются только в маловодные годы.

Обобщенный мировой опыт, в том числе и СССР, показывает, что при орошении водами повышенной минерализации возникают специфические почвенные процессы, течение которых зависит от химизма воды и почвы, дренированности, режима орошения, литологического строения почвогрунтов. Возникает необходимость изыскания методов улучшения качества минерализованных вод с целью повторного использования их для орошения. К настоящему времени накоплен определенный опыт по опреснению минерализованных вод с помощью электрического тока, солнечной энергии, различных химических реагентов и др. Отметим, что в силу технической сложности эти методы в сельском хозяйстве должного развития не получили.

Особый интерес в этом направлении представляет новый метод электрохимической обработки воды, разработанный в институте "СредазНИИГаз". Он предусматривает воздействие на воду электрическим током в зоне одного из электродов электрохимической системы - униполярную электрообработку.

Метод униполярной обработки позволяет путем электрохимического превращения веществ снизить минерализацию воды, изменить ее химический и ионный состав, а также физико-химические и электродинамические свойства.

Эффективность униполярной обработки воды определяется не столько традиционными показателями качества электрохимических процессов (степень разложения веществ и др.), сколько разницей pH и редокс-потенциалов исходной и обрабо-

танной жидкости, временем физико-химической релаксации системы, подвергнутой униполярному воздействию. Кроме того, недорогая стоимость обработки воды (I-2 коп. за $1м^3$) и простота конструкции установки позволяют проводить исследования в области обработки коллекторно-дренажных вод с целью повторного их использования для орошения.

В связи с вышеизложенным в САНИИРИ проведены лабораторные исследования по применению метода электрохимической активизации воды для улучшения качества коллекторно-дренажных вод.

Основными вопросами исследований были следующие:

- определение основных параметров униполярной обработки коллекторно-дренажных вод;
- изучение релаксации активизированных минерализованных вод;
- выбор оптимального соотношения ионного состава активизированной воды.

Для эксперимента была использована двухкамерная ванночка из оргстекла. В качестве электродов использованы графитовые пластины, которые создают положительную и отрицательную полярность воды. Были проведены 68 экспериментов по униполярной обработке воды при различном напряжении. Минерализация исходной воды изменялась от 3000 до 19000 мг/л. После того, как отрицательно и положительно заряженная вода собралась в отдельные склянки, был проведен физико-химический анализ обработанной воды.

Получены следующие предварительные результаты.

Вода с отрицательно заряженного электрода имеет щелочную реакцию: pH повышается с 8,0 (исходная вода) до 10,3...12,6.

Окислительно-восстановительный потенциал (редокс-потенциал) меняет полярность : положительную (+350 мВ исходной воды) на отрицательную (-920 мВ). Абсолютная величина редокс-потенциала находится в прямой зависимости от полученной pH воды: чем выше pH, тем выше редокс; при pH=12,15 $\varphi$ = -920 мВ; при pH = 10,3 $\varphi$ = -870 мВ.

Период релаксации редокс-потенциала составляет несколько часов. Через сутки $\varphi$ снова меняет свою полярность с минуса на плюс и принимает значение абсолютной величины исходной

воды.

Изменение pH и редокс-потенциала зависит от напряжения, силы тока и времени воздействия. При постоянном напряжении сила тока прямо пропорциональна минерализации воды и колеблется в наших опытах от 0,2 до 5,5 А.

В результате сильной щелочной реакции воды происходит выпадение коллоидного осадка гидратов окиси магния, кальция и полуторных окислов ($Al^{3+}$. $Fe^{2+}$), в связи с чем содержание в воде ионов $Mg^{2+}$ и $Ca^{2+}$ снижается: $Mg^{2+}$ с 302,0 мг/л до I9,5 и $Ca^{2+}$ с 296,6 до I88,4 мг/л при $\Sigma a$ = 6300 мг/л или $Mg^{2+}$ с 507,I до 4,9 мг/л и $Ca^{2+}$ с 334,7 до I8I,3 мг/л при $\Sigma a$ = I0256 мг/л (табл.I). Обнаружено некоторое снижение хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов: хлоридов с I3I9 до I028; сульфатов с 3028 до I992; гидрокарбонатов с 256 до 36,6 мг/л при $\Sigma a$ = 6300 мг/л. при $\Sigma a$= I0256 мг/л хлориды снизились с I57I,4 до II93,4; сульфаты с 4740,5 до 3637,7 и гидрокарбонаты с 4I4,8 до 48,8 мг/л. Снижается соответственно и величина минерализации: с 6300 до 4650 и с I0256 до 7336 мг/л (табл.I).

Таким образом, в результате униполярной обработки воды при вышеуказанном режиме в воде с отрицательным зарядом происходит снижение минерализации на 24-32%, магния на 90-I00%, кальция до 36%, сульфатов до 34%, хлоридов до 36%; повышается активность воды за счет изменения заряда потенциала.

Положительно заряженная вода меняет реакцию воды с 8,0 до I,2; редокс-потенциал возрастает с +396 до +I200 мВ, т.е. полярность воды остается.

Период релаксации положительно заряженной воды более длителен - до одного месяца.

При положительной обработке воды образуется большое количество свободного хлора, которое пропорционально содержанию хлоридов в исходной воде. Поскольку pH положительной воды очень низкая (кислая), выпадения осадка не происходит, а наоборот, создается возможность миграции анионов из камеры с положительным зарядом, чем объясняется некоторое снижение там ионов сульфатов и хлоридов. Обнаружено полное отсутствие в положительной воде гидрокарбонатов,

что соответствует закону карбонатного равновесия: в сильно кислой среде основной формой производных угольной кислоты стал ион $CO_3^{2-}$.

Минерализация положительно обработанной воды по сравнению с исходной снижается незначительно за счет улетучивания свободного хлора: с 6300 до 5828 и с 10256 до 9664 мг/л (табл.2).

Иногда наблюдается некоторое увеличение сульфатных и хлоридных ионов за счет миграции их из камеры с отрицательным зарядом. Например, если ионы $SO_4^{2-}$ исходной воды при $\Sigma a$ = 19452 составляли 9069 мг/л, то в положительной воде их величина достигла 9629 мг/л; хлориды при $\Sigma a$ = 10256 мг/л составляли 1571,4 мг/л, после обработки содержание их увеличилось до 1843 мг/л (табл.2).

На основании изложенного считаем, что для специалистов водного и сельского хозяйства представляет несомненный интерес метод униполярной обработки воды, направленный на получение воды с отрицательным редокс-потенциалом с целью снижения минерализации коллекторно-дренажных вод, которые можно повторно использовать для орошения. Тем самым снижается величина сброса минерализованных вод в поверхностные, что является одной из составляющих комплекса водоохранных мероприятий.

По данным института "СредазНИИГаз", методом униполярной обработки можно получить 95% воды с отрицательным зарядом.

Поскольку все результаты исследований этого года являются предварительными, необходимо продолжить исследования по следующим направлениям:

1. Выбор оптимальных условий униполярной обработки коллекторно-дренажных вод с целью максимального снижения минерализации и количества токсичных ионов.

2. Отработка режима униполярной обработки для получения максимального количества воды с отрицательным зарядом.

3. Изучение влияния активизированных минерализованных вод на рост, развитие хлопчатника и почвенные процессы.

Таблица I

Качественный состав коллекторно-дренажных вод до и после униполярной обработки
(вода с отрицательным потенциалом)

| Вода | pH | φ | Общая жест. мг·экв/л | Компоненты, мг/л: сухой остаток | % сниж. | $Ca^{2+}$ | % сниж. | $Mg^{2+}$ | % сниж. | $SO_4^{2-}$ | % сниж. | Cl | % сниж. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Исходная | 7,9 | +690 | 20,8 | 2592 | 24,8 | I74,3 | 34,8 | I47,I | 90 | II85 | I8,I | 426,8 | 27 |
| обработанная | II,I | -840 | 6,I | I948 | | II3,7 | | I5,8 | | 97I,I | | 3I0,4 | |
| Исходная | 7,7 | +770 | 27,8 | 4008 | 23,8 | 2I0,4 | 28,6 | 2I0,4 | I00 | I6I3,I | 22,4 | 873 | 26,6 |
| обработанная | II,5 | -870 | 7,5 | 3054 | | I50,3 | | 0,0 | | I250,9 | | 640,2 | |
| Исходная | 8,6 | +4I4 | 32,5 | 4904 | 26,0 | 224,4 | 38,4 | 259,0 | I00 | 2I89,2 | 36,I | 8I4,8 | 36,6 |
| обработанная | I2,I5 | -920 | 7,I | 3604 | | I38,2 | | 0,0 | | I402,I | | 52I,8 | |
| Исходная | 8,05 | +4I0 | 37,0 | 5460 | 23,0 | 300 | 36,6 | 264 | 92,0 | 2592 | 22,0 | I080 | 33 |
| обработанная | | | 9,8 | 42I0 | | I90,2 | | 22 | | 20I6 | | 720 | |
| Исходная | 8,I | +420 | 39,7 | 6300 | 26,0 | 296,6 | 36,0 | 302,8 | 93,2 | 3028 | 34,0 | I3I9 | 22 |
| обработанная | II,0 | -7I0 | II,0 | 4650 | | I88,4 | | I9,5 | | I992 | | I028 | |
| Исходная | 8,2 | +520 | 47,0 | 7700 | 24,0 | 360 | I6,0 | 348 | 9I,0 | 3840 | 27,5 | I440 | 26,4 |
| обработанная | II,I | -8I0 | I7,6 | 5840 | | 300 | | 32 | | 2784 | | I060 | |
| Исходная | 8,I | -490 | 6I,8 | 8040 | 32,0 | 397 | 22,0 | 50I | 99,0 | 3840 | 29,0 | I299 | 36,6 |
| обработанная | II,7 | -860 | I5,7 | 5430 | | 3I0 | | 2 | | 27I0 | | 824 | |
| Исходная | 8,I | +350 | 54,2 | I0256 | 29,2 | 334,7 | I6,5 | 507,I | 99,0 | 4740,5 | 23,0 | I57I,4 | 24,6 |
| обработанная | II,4 | -870 | 8,5 | 7336 | | 28I,3 | | 4,9 | | 3637,7 | | II83,4 | |
| Исходная | 7,8 | +770 | I08,0 | I9452 | I6,5 | 56I,I | 36,7 | 972,8 | 90 | 9069,4 | II | 3026,4 | I4 |
| обработанная | I0,3 | -820 | 4I,8 | I6242 | | 355,6 | | 97,8 | | 7999,6 | | 2580,2 | |

Таблица 2

Качественный состав коллекторно-дренажных вод до и после униполярной обработки (вода с положительным потенциалом)

| Вода | Общая жесткость, мгэкв/л | Компоненты, мг/г | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | сухой остаток | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $Cl$ | $SO_4^{2-}$ | $SO_4^{2-}$ | pH |
| Исходная | 20,8 | 2592 | I74,3 | I47,I | 426,8 | II85,I | 7,9 | 690 |
| обработанная | I9,3 | 2500 | I66,3 | I33,7 | 252,2 | I465,0 | 2,2 | II80 |
| Исходная | 27,8 | 4008 | 2I0,4 | 2I0,4 | 873,0 | I6I3,I | 7,7 | 770 |
| обработанная | 25,0 | 3752,0 | 202,4 | I8I,2 | 504,4 | I893,0 | 2,0 | I200 |
| Исходная | 32,5 | 4904 | 224,4 | 259,0 | 8I4,8 | 2I89,2 | 8,06 | 4I4 |
| обработанная | 27,0 | 4690 | I98,3 | 207,9 | I358,0 | 3II9,0 | I,35 | II78 |
| Исходная | 39,7 | 6300 | 296,6 | 302,8 | I3I9,2 | 3028,6 | 8,I | 420 |
| обработанная | 37,6 | 5828 | 304,6 | 272,4 | I26I,0 | 2979,0 | I,5 | I2I0 |
| Исходная | 58,4 | I0256 | 334,7 | 507,I | I57I,4 | 4740,6 | 8,I | 350 |
| обработанная | 54,2 | 9664 | 3I6,0 | 467,0 | I843,0 | 5580,0 | I,8 | I2I0 |
| Исходная | 79,0 | I0564 | 54I,I | 632,3 | I998,2 | 45I0,0 | 8,08 | 396 |
| обработанная | 64,2 | I0056 | 442,8 | 5II,9 | 26I9,0 | 54I5,0 | I,48 | II80 |
| Исходная | 92,0 | I4936 | 52I,0 | 802,6 | 2832,4 | 627I,2 | 8,I5 | 438 |
| обработанная | 76,8 | I4394 | 444,8 | 663,9 | 3395,0 | 7349,0 | I,55 | II86 |
| Исходная | I08 | I9452 | 56I,I | 972,8 | 3026,4 | 9069,4 | 7,8 | 770 |
| обработанная | I08 | I8680 | 54I,I | 970,3 | 254I,4 | 9629,I | I,9 | I2I0 |

Ф.А.Бараев,канд.техн.наук
Ле Шам
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

# ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПЛАНИРОВОЧНЫХ РАБОТ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Известно, что качество планировочных работ имеет важное значение при решении вопросов уменьшения потерь воды и улучшения водного режима; определении конструктивных особенностей карт для улучшения мелиоративной обстановки; создании оптимальных условий для полива сельскохозяйственных культур, а также при внедрении автоматического регулирования уровней воды в каналах.

В настоящее время при проектировании планировочных работ проектные отметки поверхности карт назначаются независимо от степени подверженности грунтов просадкам.

Исследованиями установлено, что в результате поливов на спланированной поверхности происходят просадочные явления в грунтах, которые существенно нарушают качество проведенной планировки земель.

Контрольное нивелирование ранее спланированной поверхности показало, что в результате просадок проектные отметки поверхности орошаемых полей значительно снижены. Причем, на площадях подсыпок грунта просадки составляли 10...15 см, а на контурах срезок - 5...7 см. Первоначальные проектные отметки карт ранее запроектированных гидротехнических сооружений, оросительных каналов оказались завышенными, так как не учитывались просадочные явления. Излишние объемы земляных работ при строительстве каналов с завышенными отметками составляли 5...7%.

Неучет просадочных явлений при планировках ведет к потерям до 1000...1500 $м^3$/га оросительной воды, к нарушению водного режима сельскохозяйственных культур (хлопчатника,

риса и др.) и потерям урожая до 3...5 ц/га.

Затраты на ежегодные эксплуатационные работы по планировке поверхностей орошаемых полей увеличиваются на 5...10%.

В связи с тем, что коллекторно-дренажная сеть в результате просадок грунтов частично теряет запас в перепаде напоров, затрудняется отток грунтовых и поверхностных вод, что существенно влияет на мелиоративное состояние земель, занятых хлопчатником и другими сельскохозяйственными культурами.

В результате производственных исследований предложено назначать проектные отметки земель при планировочных работах в виде двух величин. Проектная отметка назначается отдельно для площадей подсыпок и для площадей срезок с таким расчетом, чтобы после просадок обе отметки установились на окончательных предполагаемых (прогнозных) отметках и спланированное поле приняло заданный уклон.

На предполагаемые (прогнозные) проектные отметки карт проектируются все ГТС и ирригационная сеть.

Проектирование и производство планировочных рабрт по такому методу показали полное соответствие прогнозных отметок фактическим данным.

В ходе исследований обратил на себя внимание следующий факт. Вдоль оросительных каналов орошаемых массивов наблюдались, как правило, понижения глубиной 30...50 см и шириной 25...40 м, занимающие 10-15% всей площади. Эти понижения образовались при строительстве оросительных каналов и дорожной сети. В результате для придания планируемым землям проектных уклонов приходится срезать верхний плодородный гумусный слой грунта с остальных 85...90% площади и засыпать пониженные участки, выполняя при этом большие объемы земляных работ (до 2000...2500 $м^3$/га). Из-за подсыпок и последующих просадок грунтов на пониженных участках создаются неблагоприятные условия для вегетации хлопчатника и других культур. Урожайность здесь на 15-20% ниже, чем на остальной площади. Аналогичные факты нами установлены практически во всех вновь построенных хозяйствах.

Экономическая эффективность и своевременный учет просадочных явлений на орошаемых землях при планировочных работах составляет 250...300 р/га. Недопущение искусственных нарушений рельефа карт при строительстве оросительных каналов экономит 300 р/га.

Ф.Карамов
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

# РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ВОД ВЕРТИКАЛЬНЫМ ДРЕНАЖЕМ В ДАЛЬВАРЗИНСКОЙ СТЕПИ

Дальварзинская степь расположена в восточной части Голодностепской межгорной впадины на площади 80 тыс.га. На юго-востоке к степи примыкают горы Могол-Тау, на северо-востоке - Кураминский хребет, юго-западная и западная границы степи - р.Сырдарья.

Степь охватывает территорию двух районов: Матчинского района Ленинабадской области ТаджССР и Бекабадского района Ташкентской области УзССР.

Основная сельскохозяйственная культура территории - хлопчатник.

Климат района резко континентальный. Наиболее жаркий период приходится на май - сентябрь, среднемесячная температура воздуха в летнее время колеблется от 20 до 30 °С, максимальная доходит до 38-44 °С. Испаряемость, рассчитанная по Иванову, составляет 1260 ... 1300 мм в год.

Зона строительства вертикального дренажа приурочена к делювиально-пролювиальной равнине и слабо волнистой пролювиальной равнине с уклонами поверхности 0,002...0,02, которые соответствуют 3-й и 4-й надпойменным террасам р.Сырдарьи.

Литологический разрез представлен суглинками , супесями с прослоями и линзами песков, пластами галечниково-валунных и гравийно-галечниковых отложений. Мощность этих отложений в пределах территории не выдержана. Покровные мелкоземы имеют мощность 10 ... 20 м, первый водоносный горизонт 40...50 м, разделяющий слой 10...30 м.

На глубине 100-120 м вскрывается напорный водоносный горизонт, мощностью более 100 м.

Несмотря на преобладание в литологическом разрезе крупнообломочных пород, сток грунтовых вод затруднен, положение их уровня устойчиво неглубокое. Освоение и орошение Верхнедальварзинской зоны (ТаджССР) вызвали катастрофический подъем уровня грунтовых вод и ухудшение мелиоративного состояния земель в Узбекской части степи. Особенно тяжелая мелиоративная обстановка наблюдалась в зоне влияния канала Правая ветка. Здесь начался интенсивный процесс засоления и заболачивания. В вегетационный период уровень грунтовых вод находился на глубине 0 ... I м, минерализация их доходила до 5... I0 г/л и более.

Существовавшая открытая коллекторно-дренажная сеть не в состоянии была улучшить мелиоративное состояние земель. Неоднократные попытки углубить КДС не дали положительных результатов из-за оплывания откосов и расширения дна коллекторов.

В связи с этим возникла необходимость проектирования и строительства скважин вертикального дренажа.

Этапы проектирования и строительства определялись следующим образом: опытно-производственная система (ОПС, 2700 га); I этап строительства (1200 га); продолжение I этапа (2340 га); II этап (3800 га) (табл.I).

ОПС была создана в совхозе Дальварзин-I Бекабадского района Ташкентской области, где сложилась особенно неблагополучная мелиоративная обстановка. ОПС расположена на третьей надпойменной террасе р.Сырдарьи. В условиях напорности подземных и близкого залегания грунтовых вод применение другого вида дренажа не представлялось возможным.

Перед ОПС ставились следующие задачи: разработка дренажных мероприятий; проведение исследований, направленных на получение опытных данных и установление оптимальных параметров вертикального дренажа и режима его работы; улучшение мелиоративного состояния земель на территории ОПС.

Территория ОПС характеризуется наличием водоносных галечников, разнозернистых песков с гравием и галькой,

Таблица I

Параметры вертикального дренажа по этапам проектирования и строительства

| Параметры системы вертикального дренажа | Опытно-производственная система (ОПС) | I этап строит. вертик. дренажа | Продолжение I-этапа (с-з ДВЗ-3, к-з им. Ленина) | II этап строительства |
|---|---|---|---|---|
| Общая площадь, га | 2700 | 1200 | 2340 | 3800 |
| Мощность водоносного пласта, м | 20-60 | 15-80 | 150-200 | 200 |
| Глубина скважины, м | 40-51 | 41-80 | 55-70 | 55-92 |
| Длина фильтра, м | 19-33 | 15-35 | 9,5-27 | 10-37 |
| Тип фильтра, м | Щелевой | Щелевой | Щелевой | Каркасно-стержневой |
| Тип обсыпки | гравийно-песчаная смесь | гравийно-песчаная смесь | гравийно-песчаная смесь | |
| Диаметр скважины, мм | 900 | 900 | 900 | 900 |
| Диаметр фильтрового каркаса, мм | 325 | 325 | 325 | 325 |
| Дебит скважин, л/с | 60-100 | 50-100 | 40-120 | 50-100 |
| Удельный дебит, л/с | 3-12,5 | 2-11 | 2-20 | 2,9-17,1 |
| Коэффициент фильтрации покрова, м/сут | 0,2-0,3 | 0,2-0,3 | 0,2 | 0,4 |
| Коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут | 25 | 25 | 20-40 | 20-60 |
| Площадь, обслуживаемая 1 скважиной, га | 120-140 | 120 | 130 | 120 |

суммарной мощностью до 40м, перекрытых чаще всего покровным слоем суглинков мощностью 15...20 м.

Единый водоносный горизонт местами разделяется суглинками на несколько пластов, что создает многопластовую геофильтрационную схему.

Напорный галечниковый горизонт находится на глубине 100м и имеет мощность 100...150 м, местами более 200 м. Он отделяется от верхнего напорно-безнапорного горизонта плотными суглинками и глинами.

Покровные глины, тяжелые суглинки, супеси на площади ОПС имеют ограниченное распространение. Для их механического состава характерно значительное содержание пылеватых фракций.

Засоленность почвогрунтов составляет 0,05-1,59%, с глубиной снижаясь до 0,08%. Соответственно уменьшается содержание иона $SO_4$: от 0,1...0,3% до 0,01...0,02%; содержание иона $HCO_3$ до глубины 50,0м незначительно увеличивается; содержание гипса уменьшается с глубиной от 0,344 до 0,109%; $CaCO_3$ увеличивается от 22,5 до 38%, что свидетельствует о различной степени засоления почвогрунтов.

Грунтовые воды распространены лишь в поверхностных мелкоземах. Уровень грунтовых вод до строительства и эксплуатации скважин вертикального дренажа вскрывался на глубинах, преимущественно, 0...1;1...2 м.

Близкое залегание грунтовых вод в настоящее время наблюдается на полосе у канала Правая ветка.

Минерализация грунтовых вод на площади ОПС изменялась от 1 до 20 г/л, наиболее распространены участки с минерализацией воды 1-3...3-5 г/л. Минерализация грунтовых вод в первом водоносном пласте составляет 1-2 г/л, реже до 3 г/л. По химическому составу воды сульфатно-кальциевые и сульфатно-натриево-магниевые. Важно отметить, что низкая минерализация (0-3 г/л) подземных вод, развитых в каптируемых пластах, позволяет использовать их для орошения земель непосредственно на площади ОПС полностью без сброса.

Фильтрационные свойства покровных мелкоземов по типам почвогрунтов различны. Для тяжелых грунтов Кф=0,01...0,05 м/сут, для средних и легких суглинков, 0,1...0,8 м/сут, для супесей - до 2,0 м/с. Кф песков и галечников равен 15...45 м/сут, при этом его среднее значение по площади ОПС составляет 25 м/сут. Среднее значение водопроводимости водоносного пласта - 1000 $м^2$/сут.

На исследуемой площади наряду с безнапорным подземным потоком имеются единичные участки субнапорности; подземный приток составляет около 3000 $м^3$/га в год. Превышение

Таблица 2

Эксплуатационные показатели работы системы вертикального дренажа Бекабадского района Ташкентской области

| Показатели вертикального дренажа | Ед. изм. | Опытно-производственная система | | | | I этап | Продолжение I этапа | | II этап | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 |
| Мелиорируемая площадь | тыс. га | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 4,0 | 6,0 | 6,0 | 8,0 | 10 |
| Количество работающих скважин | шт | 14 | 18 | 17 | 18 | 20 | 22 | 17 | 24 | 34 |
| Объем откачки на I скв. | тыс. $м^3$ | 1697,2 | 1634,9 | 1680,3 | 1680,0 | 1601,0 | 1239,1 | 1470,0 | 1285,8 | 1201,4 |
| КПР системы | | 0,69 | 0,86 | 0,81 | 0,86 | 0,68 | 0,48 | 0,37 | 0,46 | 0,47 |
| Суммарный объем откачек | млн.$м^3$ | 23,761 | 29,428 | 28,365 | 30,240 | 32,020 | 27,260 | 24,990 | 30,869 | 40,840 |
| Средняя площадь, обслуживаемая I скв. | га | 193 | 150 | 159 | 150 | 250 | 227 | 353 | 333 | 294 |

пьезометрического уровня над уровнем грунтовых вод находится в пределах 0,5-0,7м.

На ранних этапах (1970-1973 гг.) система вертикального дренажа эксплуатировалась с высоким КПР - от 0,80 до 0,90, а в период вегетации даже до 0,95. По мере роста строительства этот коэффициент снизился, особенно в последние (1976-1978) годы, и составлял 0,4-0,5. Эксплуатационные показатели работы системы вертикального дренажа приводятся в табл.2.

За 3-4 года эксплуатации системы удалось создать благоприятные мелиоративные условия в хозяйстве. Применение вертикального дренажа привело к резкому сокращению площадей с высокой минерализацией грунтовых вод. Через 5-6 лет эксплуатации площади грунтовых вод с минерализацией 3-5 г/л и более составляли всего 9% от площади вала (табл.3).

Таблица 3

Динамика минерализации грунтовых вод, % от валовой площади

| Год | Минерализация, г/л | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0-1 | 1-2 | 2-3 | 3-6 | >5 |
| 1969 | 2,0 | 13,5 | 37,0 | 28,3 | 20,2 |
| 1970 | 2,5 | 12,4 | 44,3 | 23,2 | 18,0 |
| 1971 | 11,6 | 20,8 | 35,6 | 17,5 | 14,5 |
| 1972 | 13,1 | 18,2 | 39,7 | 15,4 | 14,7 |
| 1973 | 12,4 | 17,5 | 42,6 | 13,3 | 14,2 |
| 1974 | 15,8 | 23,6 | 32,3 | 16,3 | 12,0 |
| 1975 | 17,7 | 25,9 | 36,6 | 9,0 | 8,0 |
| 1976 | 22,1 | 36,5 | 32,7 | 8,7 | - |
| 1977 | 23,5 | 34,1 | 35,9 | 6,5 | - |
| 1978 | 25,0 | 48,0 | 22,1 | 4,9 | - |

В существующих условиях почти 80% орошаемых площадей имеют минерализацию 0-1 и 1-2 г/л.

Режимные наблюдения за уровнем грунтовых вод на площади ОПС и всей системы (10000га) показывают его устойчиво стабильное положение в период вегетации на глубине 1,7...2,2м. Уве-

личиваются площади с залеганием грунтовых вод на глубине 2-3 м и более. При работе системы наблюдается динамический уровень подземных вод на глубине 8-15м, что создает благоприятные условия для их движения вниз по вертикали (табл.4).

Таблица 4

Динамика глубины залегания грунтовых вод, % от валовой площади

| Год | 0-1 | 1-2 | 2-3 | 3-5 | 5,0 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1965 | 24,0 | 64,0 | 12,0 | - | - |
| 1966 | 15,0 | 54,0 | 21,0 | 20,0 | - |
| 1967 | 8,0 | 52,0 | 14,0 | 26,0 | - |
| 1968 | 5,0 | 48,0 | 30,0 | 17,0 | - |
| 1969 | 6,0 | 44,0 | 29,0 | 22,0 | - |
| 1970 | 4,0 | 34,0 | 42,0 | 20,0 | - |
| 1971 | 2,0 | 34,0 | 40,0 | 24,0 | - |
| 1972 | 3,0 | 40,0 | 32,0 | 25,0 | - |
| 1973 | 2,0 | 22,0 | 34,0 | 42,0 | - |
| 1974 | - | 20,0 | 40,0 | 35,0 | 5,0 |
| 1975 | - | 13,0 | 34,0 | 37,0 | 16,0 |
| 1976 | - | 22,0 | 35,0 | 40,0 | 3,0 |
| 1977 | - | 34,0 | 38,0 | 26,0 | 4,0 |
| 1978 | - | 30,0 | 38,0 | 32,0 | - |
| 1979 | - | 33,0 | 32,0 | 35,0 | - |

Применение вертикального дренажа привело к резкому сокращению площадей сильно- и среднезасоленных почвогрунтов. Полностью исчезли участки солончаков в южной части ОПС (табл.5).

Анализ и обобщение многолетних (1969-1978гг.) данных по режиму уровня, минерализации грунтовых и коллекторно-дренажных вод позволили получить по характерным точкам наблюдений некоторые статистические характеристики этих показателей (табл. 6, 7,8). Как показывают данные этих таблиц, на фоне работы скважин вертикального дренажа создана благоприятная мелиоративная обстановка.

Таблица 5

Динамика рассоления почвогрунтов, % от валовой площади

| Год | Почвогрунты | | | |
|---|---|---|---|---|
| | незасоленные и слабозасоленные | среднезасоленные | сильнозасоленные | солончаки |
| I968 | I5,0 | 6I,0 | 20,0 | 4,0 |
| I969 | I7,0 | 60,0 | I8,0 | 5,0 |
| I970 | 25,0 | 53,0 | I5,0 | 7,0 |
| I97I | 30,0 | 52,0 | I3,0 | 5,0 |
| I972 | 30,0 | 55,0 | II,0 | 4,0 |
| I973 | 40,0 | 46,0 | I2,0 | 2,0 |
| I974 | 4I,0 | 46,0 | I3,0 | - |
| I975 | 75,0 | 20,0 | 5,0 | - |
| I976 | 89,0 | 8,0 | 3,0 | - |
| I977 | 85,0 | I2,0 | 3,0 | - |
| I978 | 92,0 | 8,0 | - | - |
| I979 | 9I,0 | 9,0 | - | - |

Таблица 6

Статистическая характеристика уровня грунтовых вод, м (по данным I969-I978гг)

| Наблюдательная скважина | Среднее значение | Среднеквадратичное отклонение | Вариация, % |
|---|---|---|---|
| Скв. № 85 х/с ДВЗ-I | 2,7I | 0,55 | 20,3 |
| Скв. № 20 х/с ДВЗ-I | 2,I9 | 0,62 | 28,5 |
| Скв.№ I0I х/с ДВЗ-I | 2,28 | 0,65 | 28,2 |
| Скв.№ I$^{м}$ х/с ДВЗ-I | I,05 | 0,5I | 48,6 |
| Скв.№ 83-к к/з Ленина | 4,9 | 0,82 | I4,I |
| Скв.№ 7I-к к/з Ленина | 2,63 | 0,6I | 23,2 |

Таблица 7

Статистическая характеристика минерализации коллекторно-дренажных вод, г/л (по данным 1969-1978гг.)

| Коллектор | Среднее значение | Среднеквадратичное отклонение | Вариация, % |
|---|---|---|---|
| ГВСК | 1,26 | 0,13 | 10,3 |
| Улавливающий № 1 | 1,43 | 0,26 | 18,1 |
| Уртукли | 1,86 | 0,16 | 8,3 |
| Улавливающий № 2 | 2,28 | 0,17 | 7,6 |
| Песчаный | 3,10 | 0,33 | 10,6 |

Таблица 8

Статистическая характеристика минерализации грунтовых вод, г/л (по данным 1969-1978гг.)

| Наблюдательная скважина | Среднее значение | Среднеквадратичное отклонение | Вариация, % |
|---|---|---|---|
| Скв. № 16 х/с ДВЗ-1 | 2,31 | 0,67 | 29,0 |
| Скв. № 97 х/с ДВЗ-1 | 2,18 | 0,72 | 33,0 |
| Скв.№ 85 х/с ДВЗ-1 | 2,26 | 0,61 | 27,0 |
| Скв. № 18 х/с ДВЗ-1 | 2,75 | 0,44 | 16,0 |

Для раскрытия закономерностей режима грунтовых вод, минерализации и засоленности почвогрунтов и для прогноза возможных изменений его под влиянием работы вертикального дренажа составлен общий водно-солевой баланс (табл.9).

Основные приходные статьи баланса - водоподача на орошаемые поля и фильтрационные потери из каналов. С вводом в эксплуатацию системы вертикального дренажа резко изменились расходные статьи баланса. До строительства и эксплуатации системы основными расходными статьями были суммарное испарение и сбросные коллекторно-дренажные воды. После ввода системы главным фактором расхода является отбор воды скважинами для орошения в размере от 4500 до 7000 $м^3$/га, при этом доля

солей от общего выноса составляет 50...70 %.

В настоящее время на территории района функционируют 74 высокодебитные скважины, мелиорирующие 10000 га орошаемых площадей.

Строительство и эксплуатация вертикального дренажа на площади ОПС показали его высокую эффективность при мелиорации заболоченных и засоленных земель в периферийной части конусов выноса.

Общий водно-солевой баланс площади, мелиорируемой

| Статьи баланса | Опытно-производственная система (ОПС) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1969 | | 1970 | | 1971 | |
| | вода м3/га | соли т/га | вода м3/га | соли т/га | вода м3/га | соли т/га |
| Приходные: | | | | | | |
| атмосферные осадки | 7062 | - | 3013 | - | 2152 | - |
| фильтрация из канала | 4213 | 4,13 | 4609 | 4,10 | 5005 | 4,20 |
| подземный приток | 2920 | 3,21 | 2920 | 3,21 | 2920 | 3,21 |
| водоподача | 4110 | 4,04 | 6413 | 5,69 | 6481 | 5,44 |
| ИТОГО | 18305 | 11,38 | 16955 | 13,0 | 16558 | 12,85 |
| Расходные: | | | | | | |
| суммарное испарение | 7250 | - | 6873 | - | 7231 | - |
| открытая КДС | 4119 | 8,03 | 1309 | 2,40 | 835 | 1,33 |
| вертикальный дренаж | 576 | 0,63 | 5288 | 9,15 | 5527 | 8,62 |
| подземный отток | 2333 | 2,56 | 2333 | 2,56 | 2333 | 2,56 |
| сбросы | 4617 | 4,48 | 962 | 0,86 | 972 | 0,82 |
| ИТОГО | 18895 | 15,70 | 16765 | 14,97 | 16898 | 13,33 |
| $\mu_н \Delta H$ | -400 | | -260 | | +70 | |
| УГВ, м | 2,13 | | 2,39 | | 2,32 | |
| Изменение запаса влаги в зоне аэрации | -195 | | +190 | | -410 | |

Таблица 9

вертикальным дренажем в Бекабадском районе Ташкентской области

| Система вертикального дренажа в Бекабадском районе | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1972 | | 1973 | | 1974 | | 1975 | | 1976 | |
| вода м3/га | соли т/га | вода м3/га | соли т/га | вода м3/га | соли т/га | вода м3/га | соли т/га | вода м3/га | соли т/га |
| 3061 | - | 3061 | - | 2281 | - | 2185 | - | 3577 | - |
| 4760 | 5,43 | 5431 | 5,27 | 4779 | 5,30 | 4280 | 6,42 | 4783 | 5,60 |
| 2920 | 3,21 | 2920 | 3,21 | 2920 | 3,21 | 2920 | 3,21 | 2920 | 3,21 |
| 6415 | 7,32 | 6118 | 5,93 | 6300 | 7,00 | 6579 | 9,87 | 6659 | 7,79 |
| 18071 | 15,96 | 17530 | 14,41 | 16280 | 15,51 | 15964 | 19,50 | 17939 | 16,60 |
| 7170 | - | 7206 | - | 7148 | - | 7043 | - | 7226 | - |
| 1016 | 2,30 | 857 | 1,77 | 1301 | 2,55 | 1310 | 3,05 | 3505 | 7,68 |
| 6510 | 14,52 | 6886 | 13,84 | 4853 | 9,51 | 4141 | 8,82 | 4584 | 9,86 |
| 2333 | 2,56 | 2333 | 2,56 | 2333 | 2,56 | 2333 | 2,56 | 2333 | 2,56 |
| 962 | 1,10 | 918 | 0,89 | 945 | 1,05 | 987 | 1,48 | 999 | 1,17 |
| 17991 | 20,48 | 18200 | 19,06 | 16580 | 15,67 | 15814 | 15,91 | 18139 | 21,27 |
| -10 | | -140 | | +160 | | -50 | | +130 | |
| 2,33 | | 2,47 | | 2,31 | | 2,36 | | 2,23 | |
| -90 | | -530 | | -460 | | +200 | | -330 | |

Продолжение табл. 9

| Статьи баланса | 1977 | | 1978 | |
|---|---|---|---|---|
| | вода м3/га | соли т/га | вода м3/га | соли т/га |
| Приходные: | | | | |
| атмосферные осадки | 3689 | - | 3833 | - |
| фильтрация из канала | 4590 | 4,68 | 4740 | 6,16 |
| подземный приток | 2920 | 3,21 | 2920 | 3,21 |
| водоподача | 6243 | 6,37 | 6292 | 8,21 |
| ИТОГО | 17442 | 14,26 | 17785 | 17,58 |
| Расходные: | | | | |
| суммарное испарение | 7058 | - | 7098 | - |
| открытая КДС | 1562 | 3,33 | 2737 | 6,10 |
| вертикальный дренаж | 5322 | 11,34 | 4613 | 10,29 |
| подземный отток | 2333 | 2,56 | 2333 | 2,56 |
| сбросы | 937 | 0,96 | 944 | 1,23 |
| ИТОГО | 17212 | 18,19 | 17725 | 20,18 |
| $\mu_н \Delta H$ | +120 | | +70 | |
| УГВ, м | 2,11 | | 2,04 | |
| Изменение запаса влаги в зоне аэрации | +110 | | -10 | |

С.М.Шмидт
(САНИИРИ им. В.Д.Журина )

# О СТАТИСТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ УРОЖАЙНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА С ЗАСОЛЕНИЕМ ПОЧВОГРУНТОВ

При мелиорации засоленных земель на урожайность сельскохозяйственных культур значительно влияет засоление почвогрунтов /I/.

С целью планирования, а также оперативного регулирования водно-солевого режима почвогрунтов целесообразно расчетную обеспеченность оросительной и коллекторно-дренажной системы увязывать не только с водным и солевым балансом, но и с планируемой урожайностью - основным показателем благополучного состояния мелиорируемых земель [2,3,4] . Для этого могут быть применены условные вероятностные кривые или условные кривые обеспеченности [5] .

Обычно интегральная кривая распределения или обеспеченности строится на основании суммирования частот статистического ряда от наибольшего значения случайной величины к наименьшему. Эта кривая выражает вероятность появления любых возможных значений переменной величины

$$P/x/ = Вер/x' \geqslant x/.$$

Подобные функции являются одномерными функциями распределения, а построенные указанным способом кривые обеспеченности называются безусловными. Большинство переменных независимы, однако связаны с другими случайными величинами. Такие функции распределения называются двумерными или $n$ -мерными, а соответствующие им кривые обеспеченности - условными или $n$ - мерными.

Кривая $P/x,y/$ выражает одновременную вероятность превышения и называется двумерной условной кривой обеспеченности

$$P/x,y/= \text{Вер} \quad x' \geq x \text{ при } y' \geq y$$

На практике задача определения этих кривых сводится к следующему.

I. Определение статистической связи между исследуемыми величинами.

2. Нахождение параметров условных кривых обеспеченности.

3. Построение условных и безусловных кривых обеспеченности.

В данном случае зависимыми величинами, находящимися в довольно тесной связи, являются засоленность почвогрунтов по аниону $Cl^-$ и по плотному остатку / $\Sigma_{сол}$ / и урожайность хлопчатника относительно максимума на незасоленных землях, взятого по данным СоюзНИХИ и САНИИРИ. Выбор районов для определения зависимости $\frac{У}{У_м} - f(Cl, \Sigma_{сол})$ диктовался желанием получить характеристики связи при различных степенях засоления почвы на одних и тех же точках в разные годы.

Условные кривые обеспеченности используются для установления величины урожая определенной обеспеченности при заданной величине засоления почвогрунтов и для определения урожая данной обеспеченности по вероятной величине засоления почв.

За максимальную урожайность хлопчатника принята урожайность передовых хозяйств, применяющих новейшую агротехнику и перспективные приемы возделывания хлопчатника. Максимальное засоление (по $Cl^- = 0,15\%$, $\Sigma_{сол} = 2,1\%$) принято по Легостаеву и Рабочеву /2,4,6,7,8/.

Решение первой задачи состоит в построении условных кривых обеспеченности урожайности при фиксированном положении второй переменной, т.е. засоления /по $Cl^-$ или $\Sigma_{сол}$/, а второй - в совместном использовании условных кривых урожайности и безусловной кривой засоления почвогрунтов.

В данной работе мы рассматриваем только условные кривые обеспеченности урожайности относительно максимума при фиксированном положении второй переменной, т.е. засоления почвогрунтов.

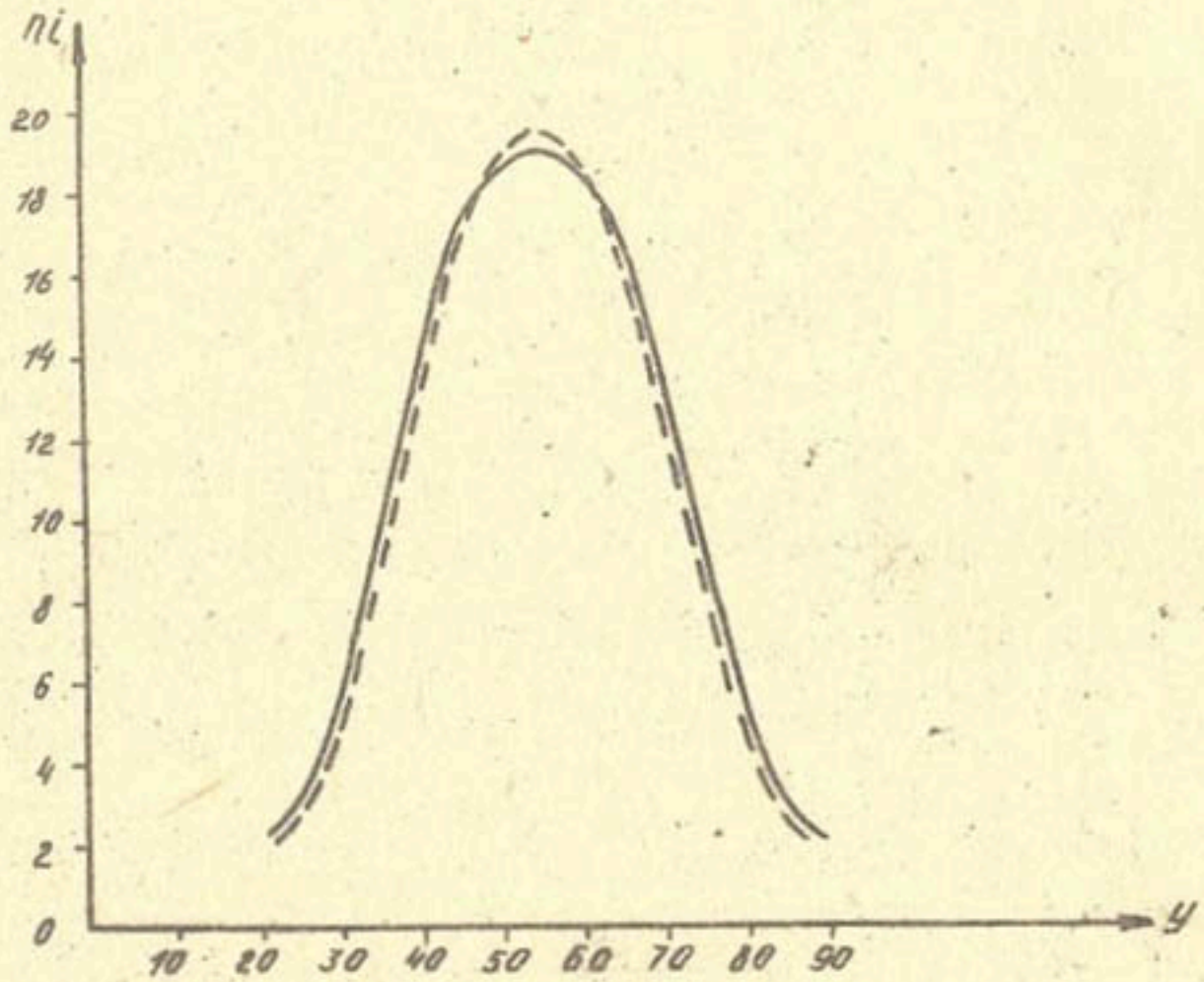


Рис.I. Эмпирическая и теоретическая кривые:
——— - эмпирическая; — — - теоретическая.

Для построения этих кривых нами были выбраны следующие градации по засолению почв.

По $Cl^-$ иону: 0-0,02% - незасоленные
0,02-0,03 - незначительное засоление
0,03-0,04 - слабое засоление
0,04-0,08% - среднее засоление
0,08-0,15% - сильное засоление

По плотному остатку ( $\Sigma_{сол}$ );

0-0,2% - незасоленные
0,2-0,4% - незначительное засоление
0,4-0,6% - слабое засоление
0,6-0,8% - среднее засоление
0,8-I,5% - сильное засоление.

Принадлежность всех наших выборок к одной генеральной совокупности отдельно для засоления по $Cl^-$ и по $\Sigma_{сол}$ устанавливали по критерию Фишера: $F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$ . Далее определяли, по какому закону распределяются случайные величины. Гипотезу нормальности распределения генеральной совокупности проверяли по критерию согласия Пирсона /9,I0/. Для построения эмпирической кривой распределения урожайности составили табл.I.

Таблица I

| $i$ | $n_i$ | $n'_i$ | $(n_i - n'_i)$ | $(n_i - n'_i)^2$ | $\frac{(n_i - n'_i)^2}{n_i}$ | $n_i^2$ | $\frac{n_i^2}{n_i}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 4 | 3,05 | -0,95 | 0,9 | 0,295 | I6 | 5,25 |
| 2 | 7 | 3,45 | -2,45 | 6,0 | 0,634 | 49 | 5,I9 |
| 3 | I2 | I7,0 | -5,0 | 25 | I,47 | I44 | 3,47 |
| 4 | I9 | I7,0 | +2,0 | 4,0 | 0,235 | 36I | 2I,24 |
| 5 | I4 | 9,45 | +4,55 | 20,7 | 2,I9 | I96 | 20,74 |
| 6 | 3 | 3,05 | -0,05 | 0,0025 | 0,00082 | 9 | 2,95 |
| | 59 | 59 | | | X = 4,84 | | 63,84 |

Число степеней свободы $K = S - I - r = 6 - I - 2 = 3$ определяли при условии, что $\chi^2_{наб.} > \chi_{кр}(a; K)$, где а - область нулевой гипотезы неравенства $\chi^2_{наб} < \chi^2_{кр}$ при уровне значимости 0,05 или обеспеченности 95%;

$\chi^2_{кр} = 7,8 > \chi^2_{наб} = 4,82$, следовательно, нет никаких оснований отвергать нулевую гипотезу.

По данным табл.I строим эмпирическую кривую распределения урожайности.

С целью исследования ряда по критерию нормальности путем сопоставления эмпирической и теоритической кривых распределения урожайности и с помощью данных табл.2 строим теоретическую кривую распределения совмещения ее с эмпирической кривой (рис.I).

Таблица 2

| $x_i$ | $n_i$ | $x_i - \bar{x}_0$ | $u_i = \frac{x_i - \bar{x}_0}{\sigma_0}$ | $\varphi_{u_i}$ | $y_i = \frac{nh}{\sigma} \cdot \varphi_{u_i} = 44{,}5(\varphi_{u_i})$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 4 | -25 | -I,89 | 0,0669 | 2,98 |
| 35 | 7 | -I5 | -I,I3 | 0,2I07 | 9,38 |
| 45 | I2 | -5 | -0,38 | 0,37I2 | I6,5 |
| 55 | I9 | +5 | 0,38 | 0,37I2 | I6,5 |
| 65 | I4 | +I5 | I,I3 | 0,2I07 | 9,38 |
| 75 | 3 | +25 | I,89 | 0,0669 | 2,98 |
| $\bar{x}=50$ | $\Sigma=59$ | | | | |

где $\sigma = \sqrt{S^2}$

здесь $S^2 = \frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{n-1}$ или, $S^2 = \frac{\Sigma(y-\bar{y})^2}{n-1} =$

$= \frac{I0I99}{58} = I76{,}0$, отсюда $\sigma = I3{,}26$

$h$ - интервал выборки, равный I0.

Исследование ряда по критерию нормальности показало, что мера крутости и мера косости объединенного ряда таковы, что нуль находится в пределах двукратных основных ошибок данных выборок.

Сопоставляя кривые распределения урожайности (рис.I), находим, что они имеют колоколообразную форму, точки эмпирической кривой ложатся вблизи теоретической кривой Гауса /9/.

Зависимости урожайности, взятой относительно максимума $y_m$ от засоления почвогрунтов по $Cl^-$ и по $\Sigma_{сол}$, имеют выраженный линейный характер (рис.2,3). Были найдены параметры уравнения регрессии зависимости урожайности, взятой по максимуму от засоления по $Cl^-$ и $\Sigma_{сол}$, а также построена линия регрессии, которая является линией условных средних величин распределения урожайности при любом фиксированном значении засоленности почвогрунтов:

| Засоление почвы | Уравнение регрессии | Коэффициент корреляции | Коэффициент регрессии | Доверительный интервал |
|---|---|---|---|---|
| По $Cl^-$ | $У=77,47-409,9 \cdot X$ | -0,74 | -409,9 | 0,316 |
| По $\Sigma_{сол}$ | $У=6,59-23,49 \cdot X$ | -0,74 | -23,49 | 0,311 |

Таким образом, средние условия значений урожайности для построения кривых обеспеченности определяются по уравнениям регрессии или снимаются с линии регрессии при заданных интервалах засоления отдельно по $Cl^-$ и по $\Sigma_{сол}$.

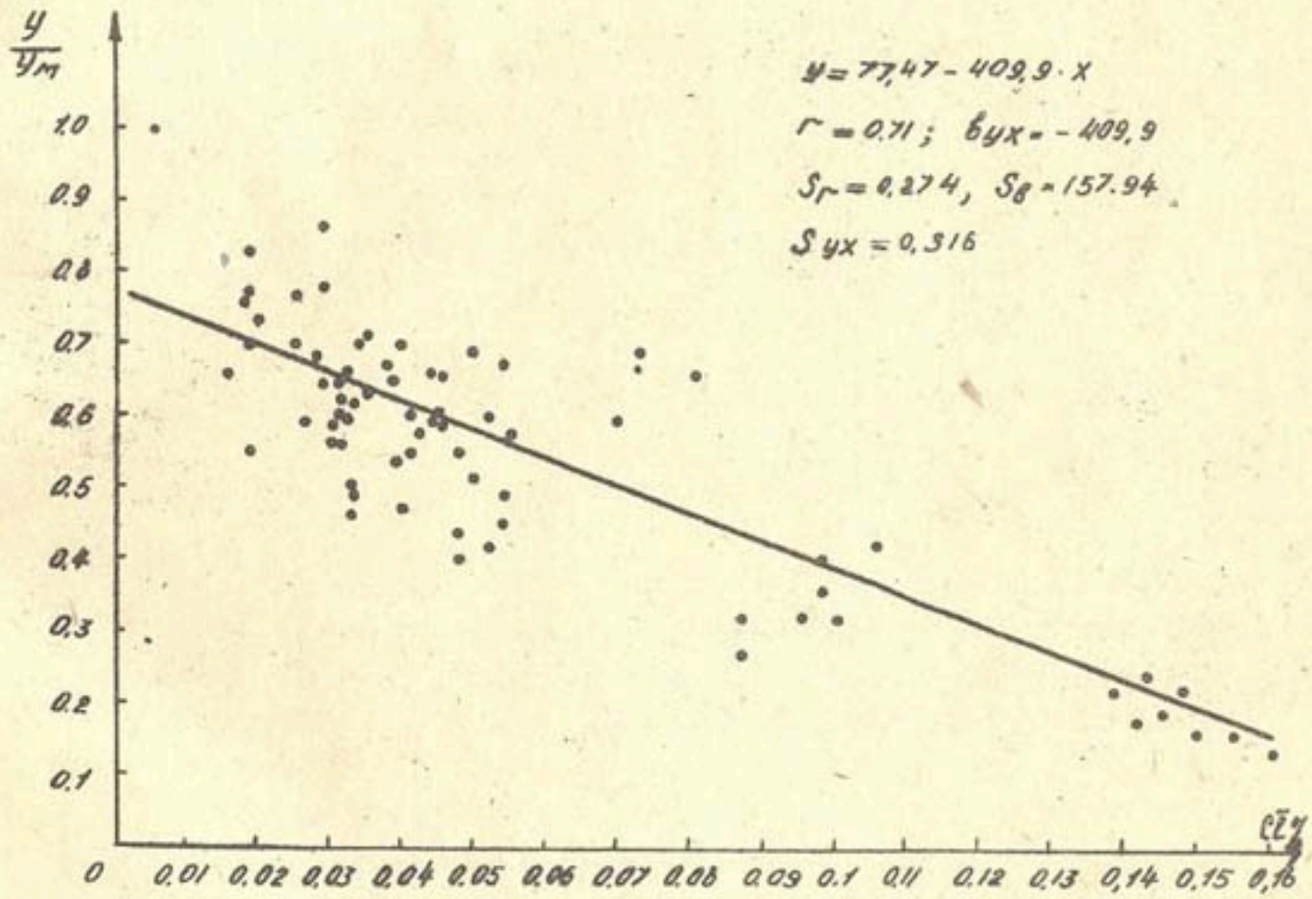


Рис.2. График связи величин урожайности и засоления почвогрунтов $У=f(c)$ по $Cl^-$, нормированных по максимальной урожайности.

Коэффициент корреляции между урожайностью хлопчатника относительно максимального урожая и засолением почвогрунтов по $Cl^-$ и $\Sigma_{сол}$ при нормировании по максимуму равен $r = -0,74 \pm 0,04$. Проверка наличия корреляции по критерию Стьюдента $t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{n-2}$ с числом степеней свободы $n = 2$ показала, что вычисленный $r$ существен при 1%-ном уровне значимости /10/.

Далее были найдены параметры условных кривых обеспеченности:

среднее значение урожайности $\bar{y}_o$ ;

условное стандартное отклонение $\sigma_{uy}$ ;

коэффициент вариации $C_v$ ;

коэффициент асимметрии $C_s$ .

Условное стандартное отклонение определяется как ошибка в уравнении регрессии по формуле $\sigma_{uy} = \sigma_u \sqrt{1-r^2}$ ,

где $\sigma_u$ - безусловное стандартное отклонение величин урожайности.

Коэффициент вариации находится по выражению

$$C_v = \sqrt{\frac{\Sigma (K-1)^2}{n-1}}; \quad K = \frac{y_i}{\bar{y}_o}.$$

Здесь $y_i$ - величина урожайности статистического ряда в убывающем порядке;

$\bar{y}_o$ - среднее значение входящих в статистический ряд.

Так как засоление почвогрунтов и величины урожайности распределяются по нормальному закону, то принимаем коэффициент асимметрии равным $C_s = 0$. Следовательно, все параметры кривых обеспеченности найдены.

Расчет составляющих величин, входящих в формулу, производится в зависимости от $C_v$ , $C_s$ и $P_ф$ по таблицам Форстера - Рыбкина II . Расчет ординат ведем по следующей формуле:

$$Уф = \bar{y}_o \ (1 + C_v \cdot Pф),$$

где $y_ф$ - ордината кривой обеспеченности;

$\bar{y}_o$ - среднее значение данного статистического ряда, соответствующего определенной градации засоления;

$C_ф$ – коэффициент вариации;
$P_{ф\%}$ – берется по таблице Форстера-Рыбкина.

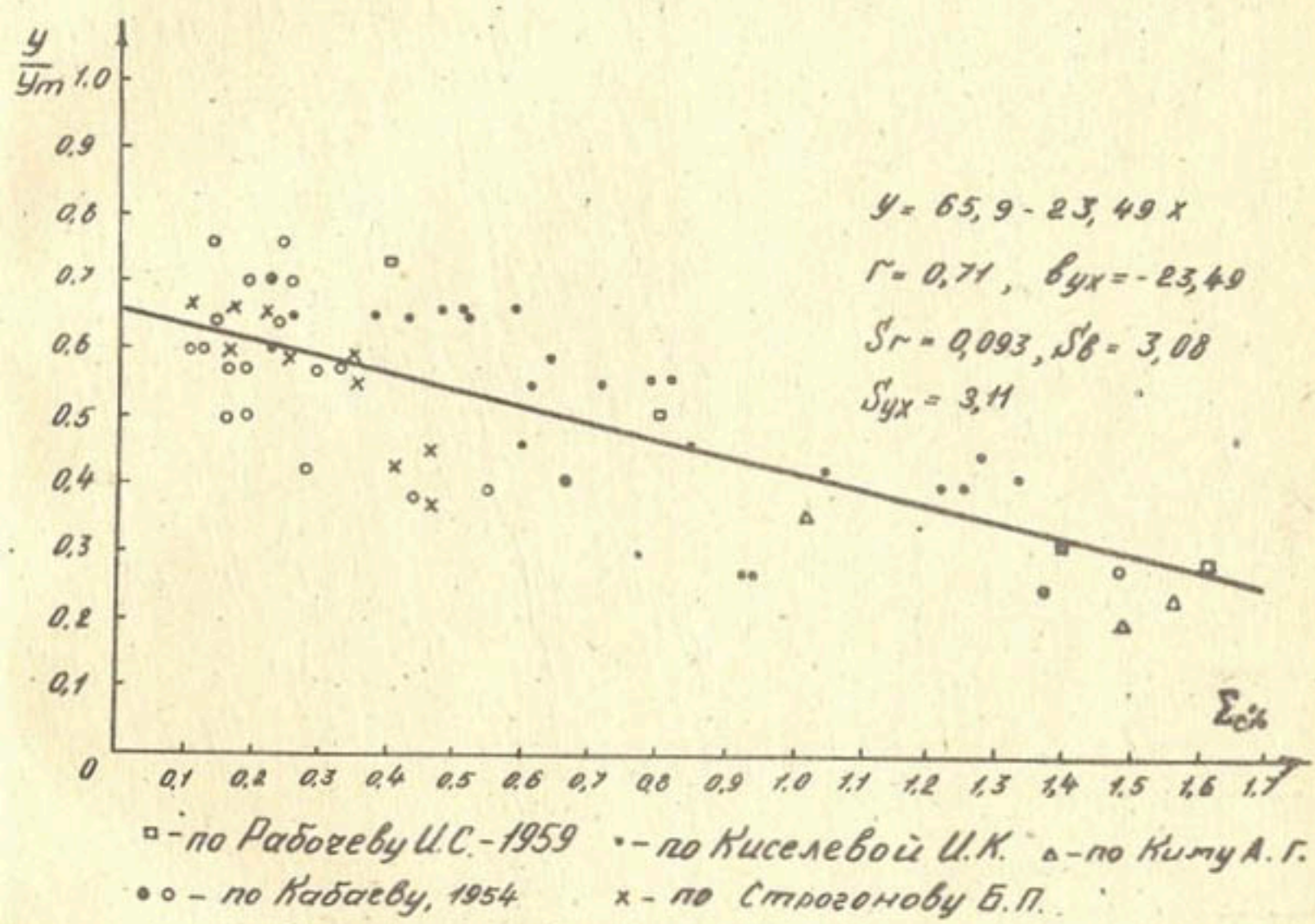


Рис.3. График связи величин урожайности и засоления почвогрунтов $У = f(C)$ по $\Sigma_{сол.}$ (плотному остатку), нормированных по максимальной урожайности.

После приведенных здесь вычислений строим серию кривых условной обеспеченности по уровню относительно максимума соответственно для каждой выделенной градации засоления, отдельно по $Cl^-$ и по $\Sigma_{сол.}$ (рис.4,5).

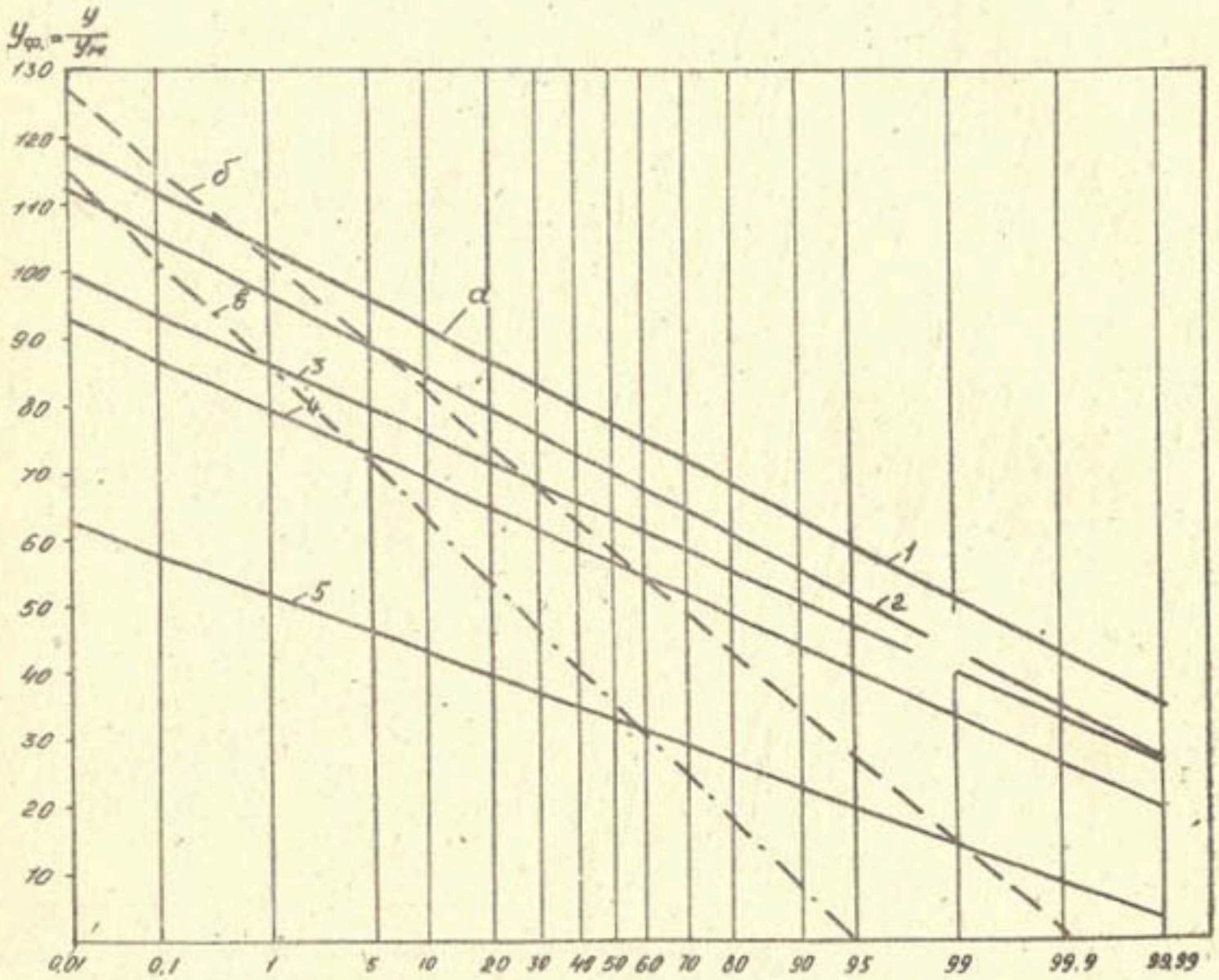


Рис.4. Условные и безусловные кривые обеспеченности урожайности ( $У$ ) и засоления ($C$) почвогрунтов по $Cl^-$ при нормировании по максимуму: а – условные кривые обеспеченности урожайности относительно максимума;
I– при $Cl^-$ = 0÷0,02%; 2 – при $Cl^-$ = 0,02÷0,03%;
3 – при $Cl^-$ = 0,03÷0,04%; 4 – при $Cl^-$ = 0,04÷0,08%;
5 – при $Cl^-$ = 0,08÷0,15%;
б – безусловная кривая обеспеченности урожайности;
в – безусловная кривая обеспеченности засоления почвогрунтов

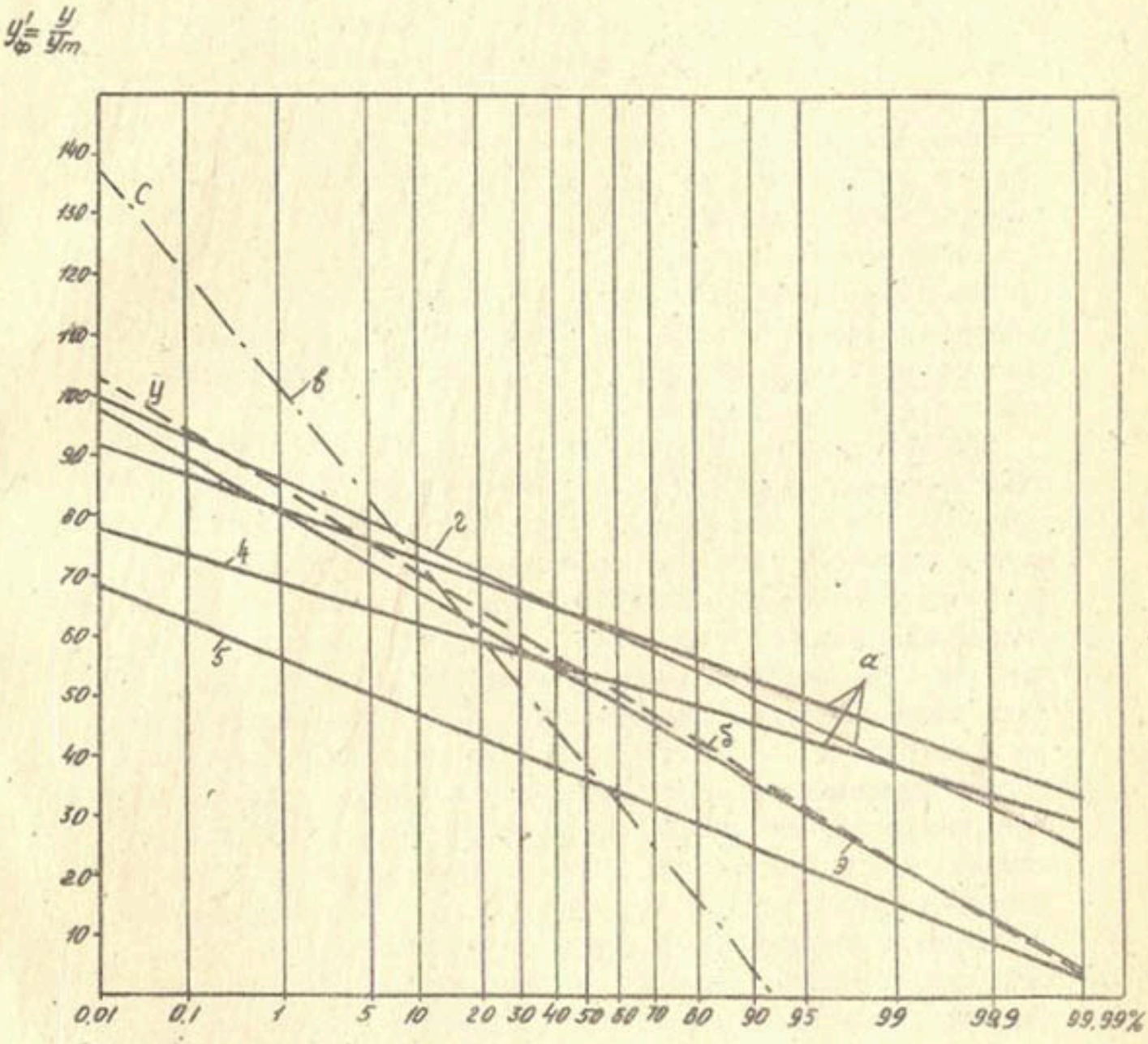


Рис.5. Условные и безусловные кривые обеспеченности урожайности ( $y_ф$ ) и засоления (С) почвогрунтов по $\Sigma_{сол}$ при нормировании по максимуму: I – при $\Sigma_{сол}$ + 0,2%; 2 – $\Sigma_{сол}$= 0,4%; 3 – $\Sigma_{сол}$=0,6%; 4 – $\Sigma_{сол}$= 0,8%; 5 – $\Sigma_{сол}$≥I,3%;
а – условные кривые обеспеченности по урожаю относительно максимума; б – безусловная кривая обеспеченности урожайности; в – безусловная кривая обеспеченности засоления почвогрунтов.

Чтобы определить все величины в натуральном ненормированном виде, следует (при нормировании по максимуму) умножить снятые с кривой показатели урожайности и засоления на максимальное значение урожая для данной области. Таким образом, по условным кривым при данном засолении почвогрунтов можно определить ожидаемый урожай хлопчатника данной обеспеченности.

Приведем пример использования условных кривых при нормировании по максимуму (рис.4). Требуется найти урожайность хлопчатника в Бухарской области 80%-ной обеспеченности при засолении по $Cl^-$, равном 0,04%.

Снимаем величину урожайности 80%-ной обеспеченности с условной кривой, соответствующей засолению по $Cl^-$ 0,04%, и получаем, что урожай равен 55% или 0,55 от максимума. По данным СоюзНИХИ, находим, что максимальный урожай передовых хозяйств в Бухарской области равен 50 ц/га. Следовательно, ожидается урожай не менее 27,5 ц/га. Однако не всегда заранее известно засоление почвогрунтов. Эта величина может быть также задана как вероятностная при необходимости оценки эффективности мелиоративных мероприятий, прогнозировании работы дренажа и определении оптимальных норм водоотведения, которые обеспечат с определенной степенью вероятности рассоление почвогрунтов. Тогда появляется необходимость решения второй задачи - установить урожайность определенной обеспеченности по вероятному засолению почвогрунтов. Для этого строится безусловная кривая обеспеченности засоления почвогрунтов, по которой вычисляется засоленность почвы определенной обеспеченности и далее по условным кривым снимается соответствующая заданной вероятности урожайность. Поскольку урожайность и засоление находятся в обратной зависимости, то засоленность определяется с концевой части кривой.

Другой пример. Найти урожайность хлопчатника в Ферганской долине 70%-ной обеспеченности при засолении почвы 80%-ной обеспеченности (нормирование по максимуму).

Решение. Снимаем величину засоленности с обратной стороны

безусловной кривой ( С ) по $Cl^-$ , т.е. при 20%. Получаем 53% или 0,53. Максимальное засоление по $Cl^-$ = 0,15. Находим 0,0795 ≈ 0,08. По условной кривой С = 0,08 (по $Cl^-$) находим урожайность 70%-ной обеспечности, оно равно 0,42. Найденное значение 0,42 (нормированное по максимуму) умножим на $У_{max}$ = 55 ц/га. Отсюда урожай хлопчатника будет составлять не менее 23,1 ц/га.

Приведенный выше метод, основанный на условных кривых обеспеченности урожайности, с наибольшей эффективностью может быть использован при оперативном прогнозе мелиоративного состояния орошаемого поля, а также для определения норм орошения и нагрузки на дренаж и норм водоотведения с целью оптимального регулирования водно-солевого режима почвогрунтов.

Литература

1.Шахов А.А. Солеустойчивость растений. М.,1956.
2.Вопросы мелиорации и орошения в хлопководстве. Труды СоюзНИХИ, вып.14. Ташкент, 1966.
3.Киселева И.К. Регулирование водно-солевого режима орошаемых почв Узбекистана. Ташкент, "Фан", 1973.
4.Легостаев В.М. Мелиорация засоленных земель. Ташкент,1959.
5.Соколовский Д.А. Речной сток. Л., Гидрометеоиздат, 1968.
6.Рабочев И.С. Засоление почв Туркменской ССР и их освоение. Ташкент,1957.
7.Рабочев И.С. Влияние минерализованных вод на солевой режим почв и урожай с/х культур. Ашхабад,1973.
8.Строганов Б.П. Физиологические основы солеустойчивости растений. М.,1962.
9.Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М., "Высшая школа", 1977.
10.Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. М., Физматгиз, 1961.
11. Гостунский А.Н. Гидрология Средней Азии. Ташкент, "Укитувчи", 1969.

Содержание

I. Якубов М.А., Икрамов Р.К., Джалилова Т., Каримова Н.М. К вопросу методики прогнозирования минерализации почвенного раствора и грунтовых вод при близком их залегании на крупных орошаемых массивах . . . . 3

2. Усманов А.У., Бекмуратов Т.У. Выбор и обоснование мелиоративного режима почв в условиях дефицита оросительной воды . . . . . 10

3. Усманов А.У., Бекмуратов Т.У., Якубов М.А. Изменение мелиоративного режима почв при автономном использовании дренажных вод . . . . . 24

4. Рамазанов А.Р., Саятов К., Матмуратов Д. О влиянии полива дренажно-сбросной водой на режим почвогрунтов рисового поля... 35

5. Рамазанов А.Р., Ражабов А., Матмуратов Д. О влиянии полива дренажно-сбросной водой на окислительно-восстановительный потенциал рисовых полей . . . . . 42

6. Меришенский М.С., Полинов С.А., Якубов Х.И. Экономико-математические основы модели оптимизации водотребований орошаемых территорий регулированием мелиоративного режима (на примере низовьев Амударьи) . . 50

7. Умаров П.Д. Мелиоративная эффективность работы комбинированного дренажа в условиях Каршинской степи . . . . . 63

8. Насонов В.Г., Закс И.А. Регулирование уровня грунтовых вод горизонтальным дренажем в условиях расчлененного рельефа . . . . . 74

9. Атабаев Н.Х. Регулирование режима УГВ рисовых севооборотов левобережного Кызылординского массива . . . . . 87

10. Юлдашев Г.Д., Джураев М.К. Регулирование водно-солевого режима почв на фоне работы скважин вертикального дренажа (СВД) в Кызылкумском массиве . . . . . 96

II. Даниелова Л.Н., Джалилов З.Х. Влияние униполярной электрообработки на физико-химические свойства минерализованных вод с целью использования их для орошения . . . . . 109
I2. Бараев Ф.А., Ле Шам. Пути повышения качества планировочных работ на орошаемых землях . . . . . 116
I3. Карамов Ф. Регулирование режима грунтовых вод вертикальным дренажем в Дальварзинской степи . . . . . 119
I4. Шмидт С.М. О статистической связи урожайности хлопчатника с засолением почвогрунтов . . . . . I32
I5. Рефераты . . . . . I44

Св.план, 1982,поз.7

ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ ПОЧВ.

Редакторы: Д.Х.Володина, А.С.Меркина, Т.М.Шапошникова

Р-05475 подписано в печать 13/XII.83г. Формат бумаги 60x90 1/16
Усл. п.л. 7,7. Тираж 450 экз. Заказ 4079. Цена 75 коп.

Картфабрика института "Узгипрозем", г. Ташкент, ул. Мукими, 176

# Р Е Ф Е Р А Т Ы

УДК 626.862:666.73:001.18

## К ВОПРОСУ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА И ГРУНТОВЫХ ВОД ПРИ БЛИЗКОМ ИХ ЗАЛЕГАНИИ НА КРУПНЫХ ОРОШАЕМЫХ МАССИВАХ

Якубов М.А., Икрамов Р.К., Джалилова Т.,Каримова Н.М.

Сборник научных трудов,САНИИРИ, 1982,вып.166

В работе описывается последовательность решения рассматриваемого вопроса путем составления общего водно-солевого баланса, балансов поверхностного слоя грунтовых вод, зоны аэрации мелиорируемой территории и корнеобитаемого слоя растений. Минерализация почвенного раствора определяется использованием эмпирических коэффициентов, исходя из засоленности почвы. Предлагаемая методика может применяться при расчетном обосновании проектных мелиоративных режимов и эксплуатации гидромелиоративных систем.

Библиогр. 9.

УДК 626.862.4

## ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Усманов А.У., Бекмуратов Т.У.

Сборник научных трудов САНИИРИ,1982,вып.166

Развивая имеющиеся в литературе принципы, авторы дают методику подхода к решению и возможности создания, а также поддержания оптимального мелиоративного режима на фоне вертикального дренажа с технико-экономическим обоснованием по минимуму приведенных затрат по дренажу оросительной системы и сэкономленной поливной воды. Установлены оптимальные величины водоподачи и водоотведения с составлением режимов работы системы скважин вертикального дренажа, обеспечивающие заданный мелиоративный режим.

Иллюстр.3,табл.4.

УДК 626.8:631

## ИЗМЕНЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА ПОЧВ ПРИ АВТОНОМНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДРЕНАЖНЫХ ВОД

Усманов А.У., Бекмуратов Т.У.,Якубов М.А.

Сборник научных трудов САНИИРИ, 1982, вып.166

На основе длительных натурных исследований использования на орошение дренажных вод с минерализацией 3-6 г/л на слабо- и среднезасоленных новоосвоенных землях Центральной Ферганы установлено, что при оросительной норме 4850-6540 $м^3$/га происходит увеличение запасов солей в почвогрунтах зоны аэрации и ухудшение их качественного состава при поддерживаемых мелиоративных режимах: гидроморфном - 1,30-1,5 м - в период вегетации; полугидроморфном - 2,5-2,8 м - в невегетацию. Выявлено, что для создания оптимальных условий для выращиваемых культур необходимо увеличить оросительную норму или обеспечить в вегетационный период поддержание уровней грунтовых вод ниже 2,0 от поверхности земли.

Табл.4,библиогр.2.

УДК 633.12:631.4

## О ВЛИЯНИИ ПОЛИВА ДРЕНАЖНО-СБРОСНОЙ ВОДОЙ НА РЕЖИМ ПОЧВОГРУНТОВ РИСОВОГО ПОЛЯ

А.Рамазанов, К.Саятов, Д.Матмуратов

Сборник научных трудов САНИИРИ, 1982, вып.166

В статье по результатам опыта раскрывается влияние полива дренажно-сбросной водой на химические, агрохимические, биологические свойства и температурный режим староорошаемых луговых почв зоны рисосеяния Каракалпакской АССР.

Табл.5.

УДК 633.12:631.4

## О ВЛИЯНИИ ПОЛИВА ДРЕНАЖНО-СБРОСНОЙ ВОДОЙ НА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ

А.Рамазанов, А.Ражабов, Д.Матмуратов

Сборник научных трудов САНИИРИ, 1982,вып.166

Впервые для условий низовий Амударьи установлены количественные показатели окислительно-восстановительного потенциала при различном режиме затопления, температуры воды и почвы рисового поля.
Табл.3.

УДК 626.862.4:551.49.51.001.57

## ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ВОДОТРЕБОВАНИЙ ОРОШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕГУЛИРОВАНИЕМ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА (на примере низовьев Амударьи)

Меришенский М.С., Полинов С.А., Якубов Х.И.

Сборник научных трудов САНИИРИ ,1982,вып.166

В статье анализируется водохозяйственная обстановка в бассейне Аральского моря и обосновывается необходимость оптимизации водотребований орошаемых территорий в этом регионе.

Приводится экономико-математическая модель оптимизации водотребований в пределах балансового контура, исходя из единства использования поверхностных и подземных водных ресурсов в зависимости от изменения мелиоративного режима.
Библиогр.9, табл.1

633:511:631.62

МЕЛИОРАТИВНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ДРЕНАЖА В УСЛОВИЯХ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Умаров П.Д.

Сборник научных трудов САНИИРИ, 1982, вып.166

Приводятся результаты исследований работы комбинированного дренажа на опытно-производственном участке - наиболее типичном для зоны его применения в Каршинской степи. Путем изучения изменений режима и минерализации грунтовых вод, скорости их сработки и взаимосвязи с подземными водами подстилающих песков, динамики влажности и засоленности почвогрунтов при активизации подземного водообмена, закономерностей формирования общего водного и солевого балансов, показана высокая мелиоративная эффективность комбинированного дренажа.

Илюстр.4, табл.4.

УДК 556.324:631:67

РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ДРЕНАЖЕМ В УСЛОВИЯХ РАСЧЛЕНЕННОГО РЕЛЬЕФА

Насонов В.Г., Закс И.А.

Сборник научных трудов САНИИРИ, 1982, вып.166

На основании многолетних натурных исследований мелиоративной эффективности коллекторно-дренажной сети выявлена высокая дренирующая способность открытых коллекторов. В связи с этим предложен метод расчета уровня грунтовых вод в условиях дренирующего действия коллекторов и расчлененного рельефа местности.

Библ.5, иллюстр.3.

УДК 626.80+626.8.81 /84 (574,53)

РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА УГВ РИСОВЫХ СЕВООБОРОТОВ ЛЕВОБЕРЕЖНОГО КЫЗЫЛОРДИНСКОГО МАССИВА. Н.Х.Атабаев

Сборник научных трудов САНИИРИ, 1982, вып.166

Приведены результаты изучения режима уровня грунтовых вод на рисовом массиве, позволившие произвести оценку современного мелиоративного состояния земель и сделать прогнозные расчеты изменения УГВ, на основе которых выработаны конкретные мероприятия по борьбе с засоленностью почвогрунтов.
Таблиц 3, библиогр.4

УДК 626.862.4

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВ НА ФОНЕ РАБОТЫ СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА (СВД) В КЫЗЫЛКУМСКОМ МАССИВЕ

Юлдашев Г.Д., Джураев М.К.
Сборник научных трудов САНИИРИ,1982,вып.166

В статье изложены результаты полевых исследований, проведенных на территории совхоза "Достык" Кызылкумского массива Чимкентской области с 1978 по 1981 год.

Рассматриваются литологическое строение участка, динамика водоподачи, влияние работы системы скважин вертикального дренажа на режим уровня грунтовых вод и его минерализацию, на засоленность почвогрунтов в период вегетационных поливов и водно-солевой режим почв.

Предлагаются рекомендации по режиму работы скважин вертикального дренажа для мелиоративного периода.

Иллюстр.2,табл.5.

УДК 626.8

ВЛИЯНИЕ УНИПОЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРООБРАБОТКИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

Даниелова Л.Н., Джалилова З.Х.

Сборник научных трудов САНИИРИ,1982,вып.166

Описан новый метод электрохимической обработки коллекторно-дренажных вод, позволяющий снизить минерализацию воды на 30%, изменить ее химический и ионный состав, а также физико-химические и электродинамические свойства.

Табл.2.

УДК 626.962:666.73

РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ВОД ВЕРТИКАЛЬНЫМ ДРЕНАЖЕМ В ДАЛЬВАРЗИНСКОЙ СТЕПИ. Карамов Ф.

Сборник научных трудов САНИИРИ, 1982, вып.166

В статье рассматривается общий водно-солевой баланс опытно-производственной системы вертикального дренажа в совхозе Дальварзин-I и системы вертикального дренажа в Бекабадском районе Ташкентской области; рекомендуются пути регулирования водно-солевого режима грунтовых вод.

УДК 631.6:633.18

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПЛАНИРОВОЧНЫХ РАБОТ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Бараев Ф.А., Ле Шам

Сборник научных трудов САНИИРИ,Ташкент,вып.166

Для улучшения качества планировочных работ и уменьшения вредного влияния просадочности грунтов необходимо проектирование и производство планировочных работ производить с учетом просадочных явлений. Не допускать образования искусственных понижений при строительстве оросительных каналов.

УДК 631.67:626.810.3

# О СТАТИСТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ УРОЖАЙНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА С ЗАСОЛЕНИЕМ ПОЧВОГРУНТОВ

Шмидт С.М.

Сборник научных трудов САНИИРИ, вып.166, Ташкент, 1982.

На основе статистической связи урожайности хлопчатника с засолением почвы построены условные и безусловные кривые вероятности урожайности при различных интервалах засоления почвогрунтов, нормированных по максимуму.

Приведенный метод, основанный на условных кривых обеспеченности урожайности, может быть использован при оперативном прогнозе мелиоративного состояния орошаемой территории, прогнозировании урожая, определении режима орошения, нагрузки на дренаж и норм водоотведения в период оперативного планирования водоподачи и назначения текущих мелиоративных мероприятий в мелиоративно неблагополучных районах.

Библ.11, иллюстр.5, табл.2.