

Работа выполнена на кафедре сельскохозяйственных мелиораций
Московского гидромелиоративного института.

Научные руководители: - заслуженный деятель науки и техники
РСФСР, доктор техн. наук, профессор,
академик ВАСХНИЛ С.Ф. Аверьянов;
канд. техн. наук, старший научный сот-
рудник И.П. Айдаров.

Официальные оппоненты: - доктор техн. наук, профессор
Г.В. Воропаев;
канд. техн. наук Л.М. Рекс.

Ведущая организация - "Узгипроводхоз"

Защита диссертации состоится 29 октября 1974 г.
на заседании Ученого Совета Московского гидромелиоративного ин-
ститута.

Ваши отзывы по автореферату (два экземпляра, заверенные печатью)
просим направлять по адресу: 125008, Москва, А-8, ул. Прянишни-
кова, 19, МГИИ, Ученый Совет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь МГИИ
канд. техн. наук

В.Н. Квасова

Министерство сельского хозяйства СССР
Московский гидромелиоративный институт

На правах рукописи

Эргаш КАРИМОВ

ВОПРОСЫ ОБОСНОВАНИЯ
ПРОМЫВНОГО РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ
НА ЗАСОЛЕННЫХ ДРЕНИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ
(на примере Канибадамского массива)

06.01.02 - мелиорация и орошаемое земледелие.

Диссертация написана на русском языке.

Автореферат
диссертации на соискание
ученой степени
кандидата технических наук.

Москва 1974

Директивами XXIV съезда КПСС намечены большие работы по мелиорации земель с целью дальнейшего подъема сельского хозяйства, увеличения производства продукции земледелия и животноводства. В ближайшее десятилетие в стране намечается увеличение площадей орошаемых земель в засушливых районах на 7-8 млн. га в основном за счет развития орошения в зоне хлопководства и зернового хозяйства, к 1975 г. намечено увеличить производство хлопка-сырца до 7,5 млн. тонн. Увеличение валовых сборов хлопка предусматривается как за счет расширения посевных площадей, так и за счет увеличения урожайности.

В системе мелиоративных мероприятий по регулированию водного и солевого режимов орошаемых земель и получению высоких урожаев основную роль играет орошение. Проблема развития орошения являлась всегда одной из важнейших. Научные исследования в этой области с самого начала получили в целом правильное направление, в основу которого была положена необходимость радикальных мероприятий, обеспечивающих регулирование водного и солевого режимов орошаемых земель (дренаж, промывки, промывной режим орошения с.-х. культур).

В последние годы в области разработки основ регулирования водного и солевого режимов орошаемых земель достигнуты большие успехи. Высокий уровень развития мелиоративной науки и успехи в освоении крупных массивов (Голодная, Каршинская степи и др.) достигнут благодаря трудам ее основоположника А.Н.Костякова и его последователей — С.Ф.Аверьянова, Н.Д.Кременецкого и др.

Большая заслуга в развитии биологических основ орошаемого земледелия принадлежит отечественным ученым — Ковде В.А., Волобуеву В.Р., Рыжову Н.С., Рабочеву И.С., Петинovu Н.С., Легостаеву В.М., Алпатову А.М. и др. В результате обобщения большого количества

материалов и теоретических проработок получены практические рекомендации, позволяющие оценить процессы передвижения влаги и солей в почвах и требования растений к водному и солевому режимам. В настоящее время разработаны методы расчета водопотребления и режима орошения с.-х. культур, основанные на учете природно-хозяйственных условий и биологических особенностей растений, методике гидромодульного районирования и некоторых рекомендаций по промывному режиму орошения.

Практика доказала необходимость и целесообразность широкого применения этих мероприятий.

Однако ограниченность водных ресурсов и наличие значительных площадей засоленных или подверженных засолению земель, обуславливает необходимость разработки более обоснованных рекомендаций по регулированию водного и, главным образом, солевого режима орошаемых земель и рациональному использованию оросительной воды.

Настоящая работа посвящена вопросам изучения промывного режима орошения с.-х. культур на засоленных дренированных землях. В основу работы положены водобалансовые и почвенно-мелиоративные исследования автора, проведенные в период 1970-1971 гг. на опытно-производственном участке Канибадамского массива Таджикской ССР, а также теоретические исследования и обобщения.

В главе I рассмотрены требования с.-х. растений к водному и солевому режимам, потребление влаги растениями для условий нормальной их обеспеченности всеми другими факторами жизни и особенности режима орошения на засоленных дренированных землях.

В общем комплексе мероприятий по регулированию условий внешней среды на засоленных землях решающую роль оказывает обеспечение требуемого водного и солевого режимов орошаемых земель.

Все другие условия жизни (тепло, воздух, свет и т.д.), играющие также важную роль в развитии растений, в значительной степени зависят от водного режима почв.

Таким образом, при высокой культуре земледелия, требуемые условия развития с.-х. растений можно полностью регулировать, создавая определенный водный режим земель с учетом требований растений и особенностей природных условий.

Поступление влаги в корневую систему растений происходит под действием сосущей силы, которая измеряется как разность между величиной осмотического давления клеточного сока и водоудерживающей силой почвы, обусловленной наряду с осмотическим давлением почвенного раствора и силами другой природы (капиллярными, молекулярными и др.). Следовательно, регулирование необходимого для растений водного режима почв должно основываться на рассмотрении физиологических особенностей самих растений и условий внешней среды - водно-физических свойств почв. Обобщение имеющихся данных показало, что поступление влаги в растение значительно изменяется в зависимости от влажности почвы; при этом в скорости поступления влаги отмечается два перегиба - верхний, соответствующий $\sim 0,9$ ППВ, и нижний $\sim 0,5-0,6$ ППВ. При дальнейшем снижении влажности почвы, скорость поступления влаги в растение резко падает. Эти данные можно рассмотреть как пределы доступной и полезной для растений влаги. Принимая во внимание что растения в различные фазы своего развития потребляют разное количество влаги, оптимальные пределы регулирования влажности почвы необходимо дифференцировать во времени в течение вегетационного периода. Общие закономерности изменения водопотребления растений позволяют установить и характер изменения оптимальных пределов регулирования влажности. Рис. I. При этом верхний предел определяется предельной полевой влагоемкостью и остается более или

менее постоянной, а меняется лишь нижний. Следует вместе с этим отметить, что на засоленных землях фактором, ограничивающим нижний предел оптимального регулирования влажности, является предельно допустимая концентрация почвенного раствора. Увеличение концентрации солей в почвогрунтах до 12 г/л по плотному остатку и 2 + 4 г/л по хлору для хлоридно-сульфатного типа засоления вызывает глубокое расстройство водного режима растений в виду несоответствия осмотического давления клеточного сока и почвенного раствора.

Опыт орошения в республиках Средней Азии и Закавказья показал, что режим орошения с.-х. культур тесно связан с природно-хозяйственными условиями и помимо водопотребления растений определяется рядом факторов, таких как: глубина и минерализация грунтовых вод, техника орошения (техника полива, оросительная и коллекторно-дренажная сеть), минерализация оросительной воды, уровень агротехники и др. Таким образом, при определении режима орошения с.-х. культур на засоленных дренированных землях необходимо основываться не только на водопотреблении растений, но и на анализе водного и солевого режимов орошаемых земель. Количественная связь природно-хозяйственных условий, определяющая водно-солевой режим и мелиоративное состояние орошаемых земель, может быть выражена уравнением баланса почвенных вод

$$\pm \Delta W_n = O_p + O_c - E \pm g, \quad (I)$$

где: ΔW_n - изменение запасов влаги в почвогрунтах зоны аэрации;

O_p - оросительная норма, нетто;

O_c - атмосферные осадки;

E - суммарное испарение (водопотребление);

$\pm g$ - влагообмен между почвогрунтами зоны аэрации и грунтовыми водами.

Уравнение (I) является основным при определении оросительных норм.

Анализ составляющих баланса почвенных вод и методов их расчета показал, что в условиях засоленных или подверженных засолению орошаемых земель наиболее важными и наименее разработанными в настоящее время являются вопросы обоснования сроков и норм подачи дополнительного количества оросительной воды, необходимого для создания промывного режима орошения.

Вторая глава посвящена обзору методов регулирования водного и солевого режимов орошаемых земель. В главе рассмотрены общие закономерности образования первичного и вторичного засоления и современные методы расчета водно-солевого режима орошаемых земель.

Первоочередной задачей мелиорации засоленных земель в настоящее время в связи с широким развитием орошения и интенсивным использованием орошаемых земель является изучение физической сущности процессов переноса солей в почвогрунтах и разработка на этой основе методов обоснования мероприятий по борьбе с засолением.

Вопросам обоснования методов расчета и регулирования водного и солевого режимов орошаемых земель посвящено много работ (Л.П. Розов, А.Н.Костяков, В.М.Легостаев, В.А.Ковда, В.Р.Волобуев и др.); в настоящее время разрабатывается теория совместного движения влаги и солей в почвогрунтах, основанная на схематизации реальных почвогрунтов и процессов солестдачи и использовании представлений физико-химической гидродинамики (Н.Н.Веригин, С.Ф.Аверьянов, В.М.Шестаков, Л.М.Рекс, Д.Ф.Шульгин и др.). Полученные количественные связи, несмотря на ряд допущений, учитывают основные факторы, влияющие на процесс передвижения солей и влаги в почвогрунтах, и могут быть использованы для оценки перераспределений легкорастворимых солей и

обоснований мероприятий по борьбе с засолением орошаемых земель.

В диссертации рассмотрены наиболее простые схемы и решения, характеризующие количественную связь водного и солевого режимов: (С.Ф.Аверьянов, Л.М.Рекс) а) для случая равномерного исходного распределения солей в почвогрунтах

$$C = C_n + 0,5[(C_0 - C_n)]F(\alpha x_0) \quad (2)$$

б) для случая неравномерного исходного распределения солей в почвогрунтах

$$C = C_n + 0,5[(C_0 - C_n)]F(\alpha x_0) + \sum_{j=0}^{n-1} (C_{j,n} - C_j)F(\alpha x_{j,n}), \quad (3)$$

где: C_n — минерализация оросительной воды, г/л;

C_0 — исходное содержание солей, г/л;

C_j — содержание солей в характерных точках, г/л

$$F(\alpha x_0) = \operatorname{erf}(\alpha x_0) + [\operatorname{erfc}(\alpha x_0) - 4\alpha \operatorname{erfc}(\alpha x_0)]e^{4\alpha^2 x_0^2}$$

$$\alpha = \frac{V}{2} \sqrt{\frac{t}{D^2}}; x_j^* = 1 + h_j^* x; x = \frac{x}{Vt}; V = \frac{V_0}{m}; x_0 = 1 + x; h_j^* = \frac{h_j}{Vt}$$

Экспериментальные опытно-производственные исследования процессов совместного переноса влаги и солей в почвогрунтах показали, что наиболее простые решения (2,3) с достаточной для практики точностью описывают перераспределение легкорастворимых солей в почвогрунтах при капитальных промывках, то есть при полном насыщении почвогрунтов (И.П.Айдаров, Л.М.Рекс и др.). Вместе с тем, следует отметить, что при рассмотрении водно-солевого режима земель в период вегетации расходование влаги происходит не с поверхности почвы, а в основном из корнеобитаемого слоя (транспирация).

В работе рассмотрен вопрос влияния отбора влаги корнями растений на характер перераспределения солей в почвогрунтах. Имеющиеся данные по корневой системе с.-х. растений позволяют говорить о мощности корнеобитаемого слоя, но не дают возможности детально оценить

интенсивность отбора влаги по горизонтам. В связи с этим в первом приближении интенсивность отбора влаги для расчетов принята в виде

$$\omega = \alpha \bar{x} e^{\alpha \bar{x}}, \quad (4)$$

где

$$\bar{x} = \frac{x}{h_r} - \text{глубина, м;}$$

$$h_r - \text{глубина грунтовых вод, м;}$$

α и a - коэффициенты.

Принимая во внимание глубину расположения основной массы корней для различных с.-х. культур (люцерна $\sim 1,0$ м, хлопчатник - 0,4-1,0 м, зерновые - 0,2-0,4 м), определим значение коэффициента α : люцерна - 4, хлопчатник - 6, зерновые - 8.

Определив скорость отбора влаги по горизонтам почвы как:

$$V(\bar{x}) = \int \omega(x) dx \quad (5)$$

и используя наиболее простое решение (С.Ф.Аверьянова), (когда

$$V_2=0, \bar{V}=\infty) \text{ получим: } C = e^{2Pe\alpha(\bar{x})}, \quad (6)$$

$$\text{где: } \alpha(\bar{x}) = \int V(x) dx.$$

Сравнительную оценку распределения солей по горизонтам почвогрунта выполним для случаев:

1. Испарение происходит с поверхности почвы,
2. Отбор влаги корнями растений.

Для сопоставления различных законов примем, что объем отбора влаги одинаков, то-есть:

$$\int_0^1 \omega_i(\bar{x}) d\bar{x} = \int_0^1 \omega_j(\bar{x}) d\bar{x} = \omega_0, \quad (7)$$

$$\text{где } i = 1, 2, 3, 4, \dots$$

Используя работы С.Ф.Аверьянова, И.П.Айдарова, В.Х.Хачатурьяна для наиболее простого случая (отсутствие инфильтрации), получим:

$$C_1 = e^{2Pe(1-\bar{x})} \quad (8)$$

$$C_2 = e^{Pe\{2.26 - 2.22[\bar{x} + e^{-4\bar{x}}(0.5 + \bar{x})]\}} \quad (9)$$

$$C_3 = e^{Pe\{2.06 - 2.04[\bar{x} + e^{-6\bar{x}}(0.333 + \bar{x})]\}} \quad (10)$$

$$C_4 = e^{Pe\{2 - 2[\bar{x} - e^{-8\bar{x}}(0.25 + \bar{x})]\}} \quad (11)$$

Результаты расчетов показывают, что при учете отбора влаги из слоя почвогрунтов солевой режим корнеобитаемой толщи улучшается, отклонение в содержании солей по горизонтам составляет для I м слоя $\sim 15-25\%$. Это обстоятельство необходимо учитывать при назначении интенсивности промывного режима орошения, то есть не допускать увеличения общей водоподачи сверх расчетной.

Следует также отметить, что имеющиеся экспериментальные данные соответствуют полному насыщению почвогрунтов при промывках; при рассмотрении же режима орошения необходимо учитывать особенности переноса солей в условиях неполного насыщения почвогрунтов зоны аэрации.

Глава III посвящена задачам и методике исследований. Основной задачей настоящей работы является анализ и экспериментальная опытно-производственная проверка основных теоретических положений и оценка возможности применения наиболее простых моделей переноса солей в почвогрунтах в условиях неполного их насыщения, а также разработки методики обоснования промывного режима орошения с.-х. культур.

Исследования проводились на опытно-производственном участке (площадь брутто 150 га) Канибадамского массива Таджикской ССР. Канибадамский массив расположен в западной части Ферганской долины и в геоморфологическом отношении представляет собой первую и частично вторую надпойменные террасы р.Сырдарьи, сложенные мощной толщей

слабопроницаемых аллювиально-пролювиальных отложений, подстилаемых галечниками. В центральной части массива галечниковые отложения пролювиальной подгорной долины сменяются мелкоземом.

При таком типичном для предгорных равнин геологическом строении подземные воды приобретают напорность, а центральная часть массива является зоной разгрузки.

Опытно-производственный участок расположен в центральной части массива, выполненной мощной толщей (~ 100 м) слабопроницаемых суглинистых отложений, подстилаемых галечниками. Коэффициент фильтрации покровных отложений в горизонтальном и вертикальном направлении малы и составляют 0,14-0,45 м/сут и 0,01-0,03 м/сут.

Здесь выделяются верхний безнапорный и нижний напорный горизонты подземных вод. Участок ограничен со всех сторон коллекторами глубиной 3-4,5 м и разделен открытыми коллекторами на три поля: I поле - открытые дрены с расстоянием 400-200 м, 2 поле - закрытые дрены с расстоянием 200 м и 3 поле - закрытые дрены с расстоянием 300 м.

Рис.2. Средняя глубина дрен - 3 м.

Почвогрунты опытного участка до глубины 3 м представлены в основном суглинками, глубже преобладают тяжелые супеси. Подстилающиеся породы отличаются большой слоистостью и слабой водопроницаемостью.

Земли опытно-производственного участка в период с 1964 по 1967 г. были промыты (величины промывных норм составили 11,5-20,1 тыс. м³/га). В результате проведения двухлетних промывок почвогрунты опытного участка в слое 0-100 см были опреснены до пределов, допускающих возделывание с.-х. культур (И.П.Айдаров, Л.Ф.Харламова). Однако по ряду причин земли опытного участка после промывки в течение 1968-69 гг. не осваивались, что привело к реставрации засоления. Содержание хлора к началу исследований (III-1970г.) по

данным солевой съемки составило:

Таблица I

Горизонты, см	Содержание хлора, в %		
	I поле	2 поле	3 поле
0-50	0,281	0,240	0,083
0-100	0,270	0,171	0,070
0-200	0,170	0,167	0,067

Тип засоления земель опытно-производственного участка - хлоридно-сульфатный.

Оросительная сеть опытного участка представлена лотковыми распределителями и временными оросителями.

За основной метод исследований был принят анализ водного и солевого балансов опытного участка с целью установления количественных связей между элементами балансов. Балансы составлялись на основе измерений в натуре и расчета всех элементов независимыми способами с соблюдением правил замыкания. Уравнения водного и солевого балансов для условий опытного участка могут быть записаны в следующем виде (С.Ф.Аверьянов):

$$\Delta W_0 = Q_c + B - (I + T_p) - D - \bar{C} \pm P + \Pi - O \quad (12)$$

$$\Delta G_0 = G_{op} + G_p - G_{gr} - G_{\bar{c}} \quad (13)$$

где: ΔW_0 - изменение запасов влаги;
 Q_c - атмосферные осадки;
 B - водоподача;
 $I + T_p$ - суммарное испарение;
 $\bar{C}$ - поверхностные сбросы;
 D - дренажный сток;
 P - влагообмен между подземными водами (напорное питание);

Π, Q - подземный приток и отток;

ΔG_0 - изменение запасов солей в расчетном слое почвогрунтов;

G_{op} - соли, внесенные с оросительными водами;

G_p - соли, внесенные с напорными водами;

G_p, G_c - соли, удаленные с дренажным стоком и сбросными водами.

Для оценки водообмена между почвенными и грунтовыми водами, характеризующего мелиоративное состояние орошаемых земель, составлен баланс почвенных вод:

$$\Delta W_n = B_n - T_p \pm q, \quad (I4)$$

где: ΔW_n - изменение запасов влаги;

B_n - инфильтрация поверхностных вод;

T_p - транспирация;

$\pm q$ - влагообмен между почвенными и грунтовыми водами.

Для условий опытного участка принято, что подземный приток в виде транзитного потока полностью компенсируется оттоком.

Для замеров водоподачи, дренажного стока и сбросов, опытный участок был оборудован сетью гидрометрических постов. Кроме общих замеров воды на полях, замеры производились также на почвенных площадках размером 40 x 12 м.

Замеры уровней грунтовых вод производились ежедневно, по скважинам, объемы дренажных вод один раз в 5 дней. Величина водообмена грунтовых вод с нижележащими горизонтами подземных вод определялась по 3 кустам пьезометров, дающих возможность установить нисходящие и восходящие токи воды (напорное питание).

Изменение запасов влаги в зоне аэрации определялось по 6 почвенным площадкам, расположенным между закрытыми дренами. Влажность почвогрунтов определялась в трехкратной повторности. Осадки принимались по данным Кайрак-Кумской гидрометеорологической обсерватории, расположенной в 70 км к западу от опытного участка и Джигдаликской

метеостанции, расположенной в 10 км от опытного участка.

Испарение за 1970 год и до начала вегетации 1971 года подсчитано расчетными методами по материалам Кайрак-Кумской гидрометеорологической обсерватории. Суммарное испарение хлопкового поля в 1971 году определялось методом теплового баланса на специально оборудованной метеоплощадке, расположенной в центре между дренами 3-го поля. Расчеты испарения производились на ЭВМ "НАИРИ" по программе, составленной С.И.Ваничкиной.

Наблюдения за динамикой солевого режима участка производились путем отбора проб на 6 почвенных площадках, расположенных на различных расстояниях от дрен. Отбор проб осуществлялся в 3-х кратной повторности до и после каждого полива - до глубины одного метра через 10 см, а дальше до уровня грунтовых вод через 20 см.

Наблюдения за изменением содержания солей по площади опытного участка осуществлялись путем проведения солевых съемок. Солевые съемки производились два раза в год весной и осенью; общее количество скважин солевой съемки - 97 штук.

В главе IV приводятся результаты водобалансовых и почвенно-мелиоративных исследований на опытно-производственном участке. Земли опытного участка осваивались под с.-х. культурами. Вид с.-х. культур, площади и сроки посева, уборки и урожай приведены в таблице 2.

Агротехника возделывания с.-х. культур на опытном участке не отличалась от принятой в производственных условиях. Освоение земель началось с планировки поверхности и проведения влагозарядковых поливов, имеющих целью не только создание запасов влаги, но главным образом опреснения верхних горизонтов почвогрунтов перед посевом с.-х. культур. После влагозарядковых поливов производилась глубокая вспашка с внесением фосфора в количестве 100 кг на 1 га с последую-

шим боронованием и молотением. В период вегетации после каждого

Таблица 2

Поле	Год	Площадь посева, га	Культура	Сроки сева	Окончание поливов	Продолжительность поливного периода, сут.	Урожайность, ц/га
1	1970	30	дзугара (на силос)	3/VI	12/X	132	200
2	1970	40	хлопчатник сорт 108-Ф	12-14/V	3/X	143	16
	1971	20	Хлопчатник сорт 108-Ф	10/V	20/IX	133	25
		20	кукуруза (на силос)	10-13/V	8/УШ	81	300
	1970	32	Хлопчатник сорт 108-Ф	4-6/V	28/IX	146	25
3	1971	32	Хлопчатник сорт 108-Ф	2-3/V	18/IX	139	28

полива производилась культивация и мотыжение. Удобрения (азот) вносились из расчета, в среднем, 150-200 кг на 1 га.

Полив с.-х. культур производился по проточным бороздам длиной 200-400 м, расходом 0,5-0,8 л/сек. Поливы производились круглосуточно. Величина оросительных норм вегетационного периода по отдельным культурам составляла: хлопчатник 3 поля - 7,5-10 тыс. м³/га, на 2 поле - 4,5-7,5 тыс. м³/га, кукуруза 4,3-5,2 тыс. м³/га, дзугара - 5,5 тыс. м³/га. Изменение оросительных норм связано главным образом с недостатком оросительной воды и организационно-хозяйственными условиями хозяйства.

Результаты исследований водного режима орошаемых земель, выполненные на 6 почвенных площадках, показали, что в среднем за вегетацию 1970-71 гг. влажность почвогрунтов колебалась в пределах от 22,2% до 32,2% от объема почвы или 61-88% от ППВ. Рис.3.

Одной из основных и наиболее трудно определяемых составляющих водного баланса является суммарное испарение. Величина суммарного испарения определялась расчетным путем с использованием материалов Кайрак-Кумской гидрометеорологической обсерватории и непосредственно на опытном участке. Величины суммарного испарения с хлопкового поля, полученные различными методами, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Месяц, год	E, м ³ /га			
	по биологической кривой	по суммарной радиации	по Константину	тепловой баланс
У/1970	824	845	839	
VI/1970	1238	1210	1242	
УП/1970	1600	1705	1452	
УШ/1970	1520	1475	1816	
IX/1970	1004	1110	1283	
Сумма за 1970г. (У-IX)	6186	6345	6632	
У/1971	909	939	893	
VI/1971	1238	1165	1376	
УП/1971	1840	1842	1724	1830
УШ/1971	1830	1641	1865	2102
IX/1971	1140	1305	1418	1076
Сумма за 1971г. (У-IX)	6957	6892	7277	

Результаты расчетов показывают, что отклонение величин испарения, полученных различными методами за вегетационный период, незначительно. Это подтверждает возможность использования расчетных методов для определения суммарного испарения в рассматриваемых условиях.

Средние уровни грунтовых вод в характерные периоды года по отдельным полям опытного участка приведены в таблице 4.

Таблица 4

Поле	Предпосевной период (IY)		Вегетационный период (Y-IX)		Невегетационный период (X-III)	
	1970г.	1971г.	1970г.	1971г.	1970г.	1971г.
1	1,80	-	1,50	-	2,00	-
2	2,30	2,00	2,10	1,65	1,91	-
3	1,90	2,27	2,00	1,80	2,53	-

Полученные данные показывают, что в целом по опытному участку систематический горизонтальный дренаж обеспечивает достаточное понижение уровня грунтовых вод при принятых технике и режиме орошения с.-х. культур.

Анализ результатов исследований минерализации грунтовых вод показывает, что при принятом режиме орошения и нормальной работе дренажа происходит постепенное опреснение верхних горизонтов грунтовых вод.

Величина водообмена между грунтовыми и подземными водами (напорное питание) по отдельным периодам составляло.

Таблица 5

Величина напорного питания, м ³ /га					
Периоды	1 поле	Периоды	2 поле	Периоды	3 поле
I/Y-30/Y-70	146	IO/III-30/Y-70	415	IO/III-Y-70г	192
I/Y-31/IX-70	385	Y-IX-70г	866	Y-IX-70г	429
		X-70-Y-71	920	X/70-III-71г	944
		Y-71-IX-71	464	III-71-Y-71г	205
				Y-71-IX-71	451

Сопоставление данных исследований 1962-67 гг. и 1970-71 гг. показывает, что интенсивность напорного питания в среднем за год практически не изменилась. Вертикальный дренаж, построенный в 1965-67 гг. вдоль Большого Ферганского канала, не оказал пока

существенного влияния на снижение пьезометрических напоров в водоносном пласте в зоне разгрузки.

Одним из основных мелиоративных мероприятий по борьбе с засолением орошаемых земель является дренаж, поэтому представляет интерес оценка эффективности работы горизонтального дренажа на опытном участке.

В весенний период 1970 г. (до освоения) дренирование опытного участка в достаточной степени обеспечивалось открытыми коллекторами, в связи с чем закрытый дренаж практически не работал.

Дренаж в этот период отводит подземные воды, модуль дренажного стока составляет 0,027-0,048 л/сек.га.

В вегетационный период максимальные расходы дрен наблюдаются в VI-VIII месяцах и составляют 0,10 + 0,24 л/сек.га.

В соответствии с характером формирования дренажного стока меняется и его минерализация. Оставаясь в целом после двухлетнего освоения земель опытного участка более или менее неизменной, минерализация дренажных вод меняется в зависимости от интенсивности инфильтрационного питания. Увеличение дренажного стока в период максимальной водоподачи вызывает некоторое увеличение минерализации дренажных вод до 6-8 г/л за счет вымыва легкорастворимых солей из почвогрунтов зоны аэрации. В осенне-зимний период (X-IV) при отсутствии инфильтрационного питания, когда дренаж работает на отвод подземных вод, минерализация дренажных вод снижается до 1-2 г/л и соответствует минерализации подземных вод.

В целом, оценивая эффективность работы дренажа на опытном участке, следует отметить, что в 1970 г. дренаж работал вполне удовлетворительно и обеспечивал сработку запасов грунтовых вод, пополняющихся за счет промывного режима орошения, фильтрационных потерь из оросительной сети и напорного подпитывания со стороны водоносного горизонта.

В 1971 году условия работы закрытого дренажа значительно ухудшились в связи с подпором со стороны коллекторов. Подпор в дренаж был вызван тем, что сбросные воды с орошаемых полей отводились по трассам закрытых дрен, что, в свою очередь, отразилось на водном и солевом режимах орошаемых земель.

Проведенные водобалансовые исследования позволили составить водный баланс пятиметрового слоя почвогрунтов опытного участка.

Таблица 6.

Данные исследований солевого режима земель опытного участка показывают, что весенние влагозарядковые поливы нормой 1,5-2,0 тыс. м³/га на 2 и 3 полях позволили значительно уменьшить содержание солей в слое почвогрунтов до 2 метров. Кроме того, влагозарядковые поливы позволили значительно увеличить запасы влаги в активном слое. Полученные результаты приведены на рисунках 4,5.

Анализ результатов исследований солевого режима в период вегетации показал, что солевой режим почвогрунтов самым тесным образом связан с водным режимом (сроки и нормы полива, суммарное испарение). Вегетационные поливы приводят к значительному уменьшению содержания солей (хлора). Однако в межполивные периоды происходит интенсивное накопление солей в метровом слое почвогрунтов. Следует отметить некоторые различия в солевом режиме почвогрунтов 2 и 3 полей. На 2 поле динамика хлора в вегетационные периоды 1970 и 1971 гг. выражена более отчетливо, что связано в целом с более высоким исходным содержанием хлора в почвогрунтах к началу вегетации. Это подтверждает вывод о том, что в первые годы освоения солончаков после капитальных промывок необходимо осуществлять интенсивный промывной режим орошения с.-х. культур. На основании исследований был составлен солевой баланс для 5 м слоя почвогрунтов опытного участка. Табл. 7.

Таблица 6

в м³/га

Периоды	Приходные статьи				Расходные статьи				ΔW_p	$h_{n, M}$	$h_{K, M}$	ΔW_ϕ	$\phi, \%$	
	O_p	O_c	P	Σ	Σ	E	D_p	$\bar{C}$						Σ
I. IV-30. IV-70г. У-IX-70г	1066	355	146	1557	950	95	426	1471	+96	2,66	2,52	+220	124	8,3
	4520	198	385	5098	3508	1120	988	5833	-735	2,52	2,49	+30	765	15,0
10. III-30. IV-70г У-IX-70г. Х-70-IV-71г	1383	450	415	2248	859	154	514	1527	+721	2,90	2,79	+420	301	13,0
	9701	193	866	10760	6186	1280	3069	10535	+225	2,79	2,71	+160	197	1,0
У-71-IX-71г (хлопчатник)	-	925	920	1845	1707	940	-	2647	-802	2,71	2,63	+150	952	51,0
	5915	54	464	6433	5800	315	745	6860	-427	2,63	2,50	+250	677	10,0
У-71-VIII-71 (кукуруза)	4760	54	297	5111	3033	114	470	3617	+1494	2,63	1,97	+1500	0	0
	975	450	192	1617	859	206	166	1231	+386	2,55	2,56	-20	406	25,0
10. III-IV. 70г. У-IX-70г	5875	198	429	6497	5794	2154	2034	9984	-3485	2,56	2,80	-450	3085	46,0
	-	613	944	1557	1120	776	-	1896	-329	2,80	2,81	-20	309	20,0
Х-70-III-71г III-71-IV-71г	925	312	205	1442	1216	195	121	1582	-90	2,81	2,82	-20	78	4,8
	5935	54	451	6440	6957	406	859	8222	-1782	2,82	2,61	+400	2182	34,0
У-71-IX-71г														

Таблица 7

		в т/га								
Поле	Период	Приходные статьи			Расходные статьи			ΔG_p	$\Delta G_{\text{ф}}$	
		$G_{\text{ос}}$	G_p	Σ	$G_{\text{гр}}$	$G_{\text{с}}$	Σ			
1	I/IY-30/IY-70	0,097	0,17	0,267	0,43	0,10	0,53	-0,263	-21,3	
	Y-IX-70	0,285	0,68	0,965	5,87	0,24	6,11	-5,145	-17,8	
2	IO/III-30/IY-70	0,20	0,80	1,0	0,77	0,07	0,84	+0,16	-14,5	
	Y-IX-70	0,904	2,00	2,904	5,38	0,24	5,62	-2,476	-3,7	
	X-70-IY-7Iг	-	1,88	1,88	1,61	-	1,61	+0,27	+8,8	
	Y - IX-7Iг	1,39	0,73	2,12	1,62	0,094	1,704	+0,406	+4,6	
3	IO/III-70-30IY-	0,20	0,62	0,82	0,96	0,02	0,98	-0,16	-6,4	
	Y-IX-70	0,644	1,06	1,704	6,98	0,20	7,18	-5,476	-32,5	
	X-70-II-7Iг	-	1,18	1,18	0,90	-	0,90	+0,28	+20,5	
	III-7I-IY-7Iг	0,165	0,47	0,635	0,50	0,03	0,53	+0,104	-33,7	
	Y-7I-IX-7I	1,00	0,68	1,68	1,35	0,13	1,48	+0,2	+8,5	

Следует отметить, что в настоящее время вопросы составления солевых балансов разработаны недостаточно; одна из трудностей, возникающих при этом, заключается в оценке вертикального солеобмена между грунтовыми и подземными водами. Поэтому солевой баланс составлен для качественной оценки водно-солевого режима земель опытного участка и подтверждения основных выводов в отношении неустойчивости опреснения почвогрунтов в рассматриваемых условиях.

Полученные данные показывают, что в целом по участку и по отдельным полям наблюдается тесная связь водного и солевого режимов орошаемых земель. Преобладание восходящих токов в осенне-зимние месяцы приводит к накоплению солей в почвогрунтах. В вегетационный период 1970 г. при удовлетворительно работающем дренаже при промывном режиме орошения происходит некоторое опреснение. В 1971 г. картина меняется - отмечается накопление солей, что вполне согласуется с особенностями формирования водного режима.

В целом результаты составления солевого баланса дают четкую качественную картину связи водного и солевого режимов орошаемых земель опытного участка.

Полученные результаты еще раз подтверждают всю трудность борьбы с засолением орошаемых земель в условиях напорного подпитывания и невозможность "коренного" необратимого опреснения почвогрунтов и грунтовых вод. Успешное освоение земель в подобных условиях возможно на фоне систематического дренажа при условии осуществления промывного режима орошения с.-х. культур.

В главе У приводится анализ и обобщение полученных экспериментальных данных, проверка основных теоретических положений по перераспределению солей в почвогрунтах, оценка возможности их применения для составления прогноза солевого режима и обоснования промывного режима орошения с.-х. культур и методика выбора оптимальных мелиоративных режимов орошаемых земель.

Полученные в результате исследований 1970-71 гг. данные по водно-солевому режиму орошаемых земель опытно-производственного участка подтверждают положения о том, что режим орошения с.-х. культур самым тесным образом связан с режимом грунтовых вод и параметрами дренажа. Таким образом, при обосновании режима орошения с.-х. культур на засоленных дренированных землях необходимо рассматривать весь комплекс природно-хозяйственных условий, наиболее сложным моментом в котором являются вопросы переноса солей в почвогрунтах.

Полученные в настоящее время решения, как уже отмечалось, несмотря на ряд допущений, позволяют учесть основные природно-хозяйственные факторы и, что - самое главное, связать водный и солевой режимы почвогрунтов с техникой орошения (техника полива, конструкция и к.п.д. оросительной сети, параметры дренажа) и режимом грунтовых вод.

Опытно-производственные исследования кафедры с.-х. мелиорации МГМИ, выполненные на участке в 1962-68 гг., позволили проверить основные положения теории переноса солей в почвогрунтах, рассоляющее действие промывок и разработать некоторые вопросы составления прогноза солевого режима орошаемых земель.

Сопоставление расчетных и натурных данных по перераспределению солей в почвогрунтах в допромывной период и в период промывок, несмотря на разнообразие и сложность природных условий, показали удовлетворительную сходимость результатов, что позволило говорить о соответствии наиболее простых математических моделей природным условиям. На основании полевых исследований 1962-68 гг. на опытном участке были выполнены массовые определения параметра переноса солей. Средние значения D^* для условий опытного участка при влажности почвогрунтов $(0,7 \pm 0,9)$ ППВ составляет $7,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{сут.}$

Полученные в этот период данные по величинам параметров переноса солей позволяют дать объективную количественную оценку соответствия теоретических и натурных данных по перераспределению легко-растворимых солей в почвогрунтах в исследованиях 1970-71 гг. и оценить возможность использования наиболее простых решений для условий неполного насыщения почвогрунтов. Используя уравнение (3), водобалансовые и почвенно-мелиоративные исследования и значение параметра переноса солей D^* , сопоставим фактическое распределение солей (хлора) в почвогрунтах в период вегетации с расчетным. При этом скорость движения влаги в почвогрунтах определяем из выражения

$$V = \frac{Q_p + Q_c - E}{t \cdot m}, \quad (15)$$

где: V - фактическая скорость движения влаги в почвогрунтах, м/сут.;

Q_p - поливная норма нетто, м;

E - суммарное испарение за рассматриваемый период t , м;

Q_c - атмосферные осадки, м;

t - поливной (межполивной) период, сут.;

m - активная пористость, принятая равной влажности, в долях от объема.

Минерализация оросительных вод C_r принималась по данным непосредственных определений на опытном участке. Все расчеты выполнены на ЭВМ для 6 почвенных площадок за период вегетации 1970-71 гг. Полученные результаты показывают удовлетворительную сходимость расчетных и натурных данных (рис. 4, 5), что говорит о возможности использования уравнения (3) для обоснования промывного режима орошения с.-х. культур на засоленных дренированных землях. Расхождение между расчетными и фактическими данными в среднем составляет примерно $\sim 10\%$, что с точки зрения практики может быть признано достаточным. Обращает на себя внимание лучшая сходимость результатов на 3 поле, что, по-видимому, можно объяснить более высокой влажностью почвогрунтов и меньшим содержанием солей в почвогрунтах.

Следует отметить, что расчетные данные в межполивные периоды, как правило, завышены, что связано с условностью расчетной схемы, в котором испарение принимается с поверхности почвы, а не из слоя.

Анализ и обобщение полученных материалов позволяет сделать общие выводы в отношении обоснования промывного режима орошения и наметить методику его расчета. Осуществление промывного режима орошения с.-х. культур на засоленных дренированных землях целесообразно за счет проведения невегетационных влагозарядковых поливов, задача которых заключается в регулировании водного и, главным образом, солевого режима орошаемых земель. В этом случае увеличение оросительных норм не вызывает увеличения ординаты гидромодуля, а следовательно, и стоимости оросительной сети; поливы можно проводить в удобное по организационно-хозяйственным условиям время. Кроме того,

невегетационные поливы дают возможность более рационально использовать не только оросительные воды, но и орошаемые земли, и трудовые ресурсы. Сроки проведения влагозарядковых поливов необходимо определять из условия создания оптимального водно-солевого режима почвогрунтов.

При проведении осенних профилактических поливов, особенно в условиях аридного климата, к началу следующего вегетационного периода происходит расходование влаги на испарение и некоторое накопление солей в почвогрунтах. Поэтому во многих случаях более целесообразным будет проведение весенних влагозарядковых поливов. При весенних влагозарядковых поливах к началу вегетационного периода сохраняется значительное количество влаги в активном слое почвогрунтов, что очень важно с точки зрения развития с.-х. растений в начале вегетации (рис.6). Полученные данные позволяют рекомендовать методику количественной оценки водного и солевого режимов орошаемых земель для обоснования промывного режима орошения с.-х. культур на засоленных дренированных землях. При этом в полной мере (на данном этапе развития теории) учитываются не только природные (климат, состав севооборота, вид и водопотребление с.-х. культур, водно-физические и химические свойства почвогрунтов, техника орошения), но и организационно-хозяйственные условия. Прогноз водно-солевого режима с.-х. культур на засоленных землях необходимо составлять на ряд лет при следующих исходных данных: коэффициент конвективной диффузии, солевой профиль почвогрунтов, вид с.-х. культур и суммарное испарение, осадки, минерализация поливных вод и принятый режим орошения. На основании вышеуказанных данных вегетационный период разбивается на поливные и межполивные периоды, по которым и оценивается солевой режим орошаемых земель.

Используя все имеющиеся методы количественной оценки факторов,

определяющих мелиоративный режим орошаемых земель и объем водозабора в систему, можно путем сравнения выбрать наиболее целесообразный вариант с учетом конкретных условий. Понятие "мелиоративный режим" орошаемых земель включает в себя режим грунтовых вод и связанный с ним режим орошения с.-х. культур. В качестве основного критерия экономической эффективности необходимо принимать показатели, которые соответствуют критериям экономической эффективности по народному хозяйству в целом. При этом необходимо учитывать, чтобы принятый вариант был не только наиболее эффективным в отношении капитальных вложений, но и способствовал повышению эффективности всего народного хозяйства, то-есть учитывал эффект и в сфере эксплуатации водохозяйственных объектов. Следовательно, в качестве критерия оптимизации можно принять приведенные затраты, исчисляемые по формуле

$$\Sigma Z = (C_i^0 + E_k k_i^0) + (C_i^2 + E_k k_i^2), \quad (16)$$

где: C_i^0 - текущие издержки (ежегодные затраты) на содержание и эксплуатацию оросительной сети, производство поливов с учетом стоимости оросительной воды; C_i^2 - текущие издержки (ежегодные затраты) на содержание и эксплуатацию коллекторно-дренажной сети; k_i^0 и k_i^2 - единовременные затраты (капитальные вложения) по сравниваемым вариантам на строительство оросительной и коллекторно-дренажной сети; E_k - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_k = 0,12$).

Анализ количественных связей, определяющих мелиоративный режим, позволяет оценить сумму приведенных затрат в зависимости от принятого уровня грунтовых вод и техники орошения.

При уменьшении средней глубины грунтовых вод уменьшается стоимость дренажа, но резко **возрастут** ежегодные издержки на проведение поливов и стоимость оросительной сети, что в целом ведет к увеличе-

нию суммы приведенных затрат. Увеличение средней глубины грунтовых вод, напротив, приводит к значительному увеличению стоимости дренажа, сокращает издержки на проведение поливов и стоимость оросительной сети, что также приводит к увеличению суммы приведенных затрат.

Таким образом, естественна экстремальная постановка задачи, то-есть $\Sigma Z = \min$ (рис.7).

Последовательность расчетов сводится к следующему.

1. На основании анализа гидрогеологических и почвенно-мелиоративных условий выбираются расчетные схемы и исходные параметры (водно-физические характеристики, исходное содержание солей, параметры переноса солей и др.).

2. На основании составления прогноза солевого режима орошаемых земель для принятого состава и ротации сельскохозяйственных культур в севооборотах определяется промывной режим орошения, величины оросительных и поливных норм при разных глубинах грунтовых вод.

3. В зависимости от применяемой техники орошения и к.п.д. системы оцениваются величины фильтрационных потерь из каналов, определяются инфильтрационная нагрузка на дренаж и его параметры для всех вариантов по уровню грунтовых вод.

Дальнейшие расчеты сводятся к определению суммы приведенных затрат по вариантам и их анализу.

Выполненные расчеты показывают, что для рассматриваемых условий оптимальный мелиоративный режим орошаемых земель, характеризующийся минимумом приведенных затрат, обеспечивается в зависимости от стоимости оросительной воды при глубине грунтовых вод от 2,0 до 2,8 м.

Выводы и рекомендации

Создание оптимальных условий развития сельскохозяйственных растений требует регулирования не только водного, но и солевого

режима орошаемых земель, что достигается за счет осуществления комплекса мелиоративных и агротехнических мероприятий, основную роль в которых играет режим орошения и условия дренированности территорий. Интенсивное освоение засоленных или подверженных засолению орошаемых земель возможно при условии строительства дренажа и создания промывного режима орошения. При этом создание нисходящих токов оросительных вод в большинстве случаев целесообразно обеспечивать за счет невегетационных весенних влагозарядковых (профилактических) поливов. Применение невегетационных поливов позволяет более рационально использовать водно-земельные и трудовые ресурсы. Сроки и нормы влагозарядковых поливов должны устанавливаться на основании составления прогноза солевого режима орошаемых земель с учетом природно-хозяйственных условий.

Экспериментальная проверка наиболее простых теоретических решений по переносу солей в почвогрунтах при неполном их насыщении показала удовлетворительную сходимость расчетных и фактических данных, что позволяет рекомендовать уравнения конвективной диффузии для обоснования промывного режима орошения с.-х. культур на засоленных дренированных землях.

Выбор оптимального мелиоративного режима орошаемых земель, включающего режим грунтовых вод, режим орошения с.-х. культур, технику орошения и параметры дренажа, необходимо производить на основании инженерных технико-экономических расчетов. При этом следует учитывать, с одной стороны, капитальные и эксплуатационные затраты по системе водохозяйственных объектов, с другой - затраты на проведение поливов с.-х. культур и стоимость оросительной воды. При проектировании оросительных систем на засоленных и подверженных засолению землях в качестве расчетной глубины грунтовых вод необходимо принимать ту, которая обеспечивает требуемый режим с минималь-

ными затратами.

Результаты расчетов показывают, что оптимальный мелиоративный режим для рассматриваемых условий обеспечивается глубоким дренажем 3,5-4,0 м при уровне грунтовых вод от 2 до 2,8 м.

Полученные выводы требуют дальнейшего теоретического и экспериментального обоснования, однако в настоящее время в первом приближении предлагаемые методы обоснования промывного режима орошения с.-х. культур на засоленных дренарованных землях и обоснование оптимальных мелиоративных режимов, учитывающих конкретные природно-хозяйственные условия, могут быть использованы в практике проектирования.

Результаты исследований были доложены на научной конференции МГМИ в 1973 г., а также на заседании расширенного семинара отдела инженерных мелиораций САНИИРИ (от 25/VI-73 г.).

По материалам диссертации автором опубликованы следующие статьи:

1. Вопросы обоснования мелиоративных режимов орошаемых земель при проектировании оросительных систем. "Водные ресурсы" №2, 1974г. (совместно с И.П. Айдаровым).
2. Расчет суммарного испарения для исследования режима орошения на засоленных землях. Доклады ВАСХНИЛ № 5, 1973 г. (совместно с С.И. Ваничкиной).
3. Промывной режим на засоленных дренарованных землях. "Хлопководство" № II, 1973 г.
4. Тепловой баланс и испарение с хлопкового поля. "Вестник сельскохозяйственной науки", № II, 1973 (совместно с С.И. Ваничкиной).

5. К вопросу обоснования промывного режима орошения с.-х. культур на засоленных дренарованных землях. Труды САНИИРИ, вып. 133, 1973г.

6. Исследование промывного режима орошения с.-х. культур на засоленных дренарованных землях (на примере Канибадамского массива) Науч. зап. МГМИ (в печати).

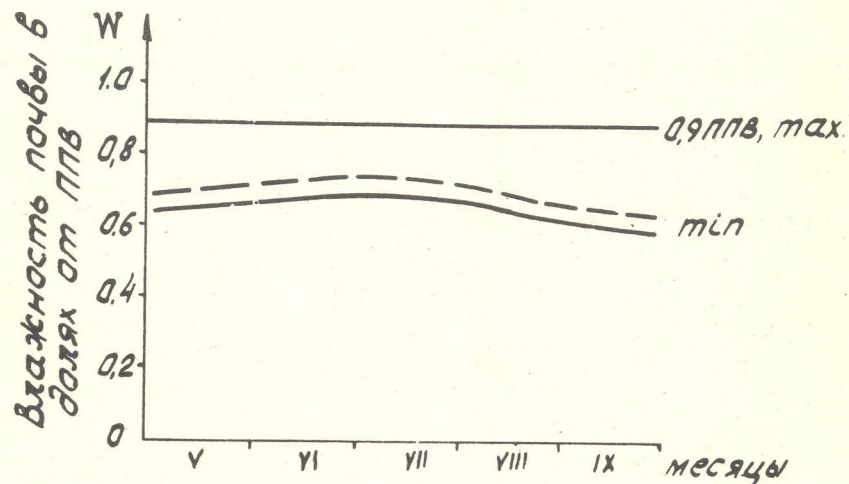


Рис. 1

Пределы колебания влажности почв под хлопчатником (н.с. Петцнов, н.с. Рыжов и др.)

0.9ППВ - Послеполивная влажность

--- Предполивная влажность для засоленных почв

— Предполивная влажность для незасоленных почв

СХЕМА ОПЫТНОГО УЧАСТКА КАНИБАДАМСКОГО МАССИВА ТАДЖИКСКОЙ ССР

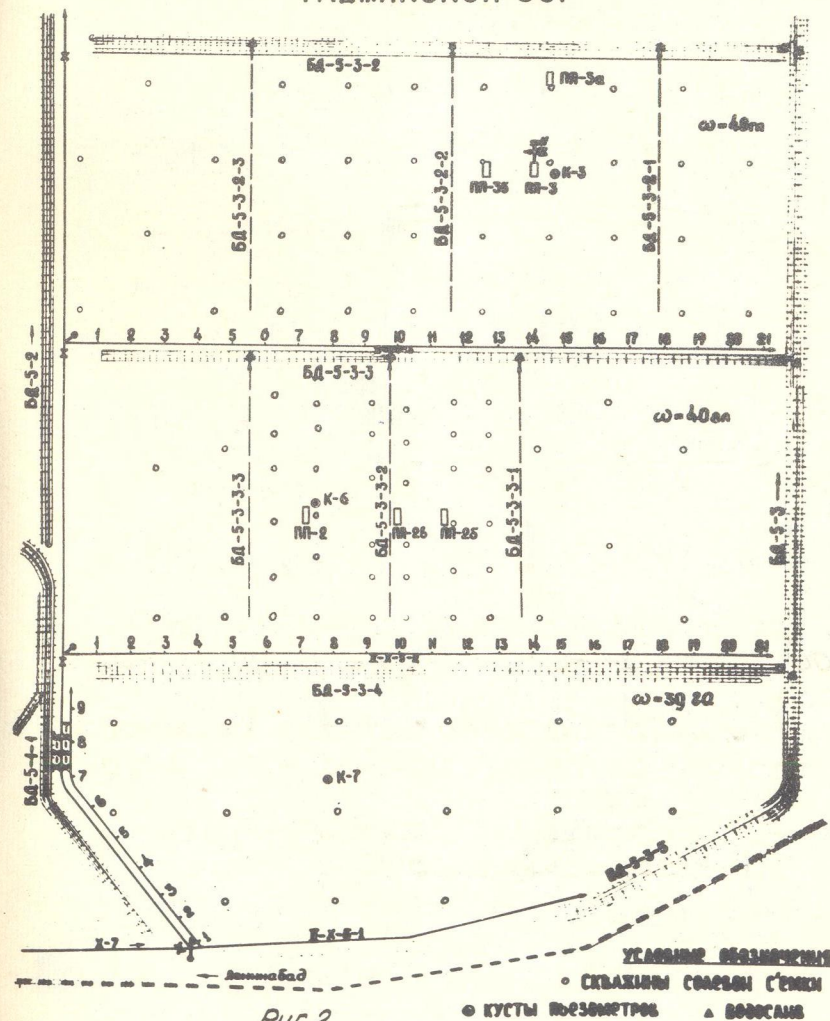
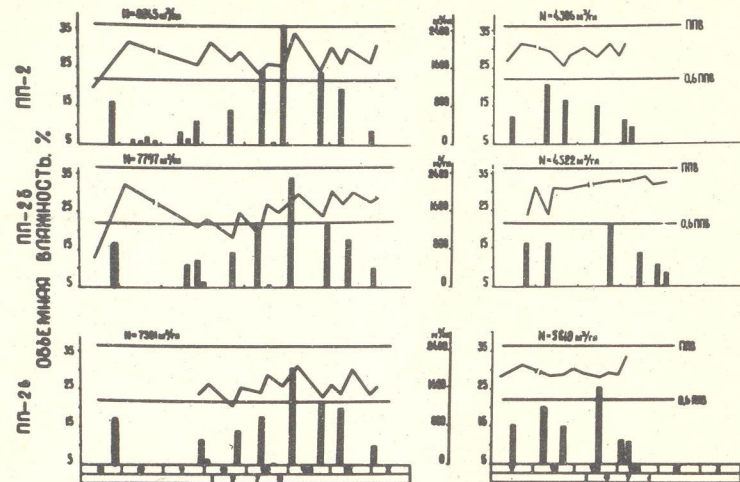
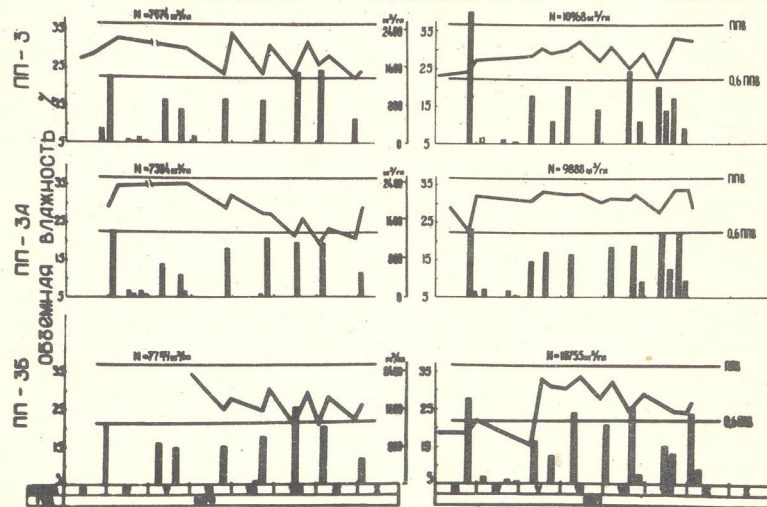


Рис. 2

ДИНАМИКА ВЛАЖНОСТИ 2^{го} ПОЛЯ



ДИНАМИКА ВЛАЖНОСТИ 3^{го} ПОЛЯ



СЛОЙ 0-100 см

Рис. 3

ДИНАМИКА ХЛОРА НА ПОЧВЕННОЙ ПЛОЩАДКЕ №2

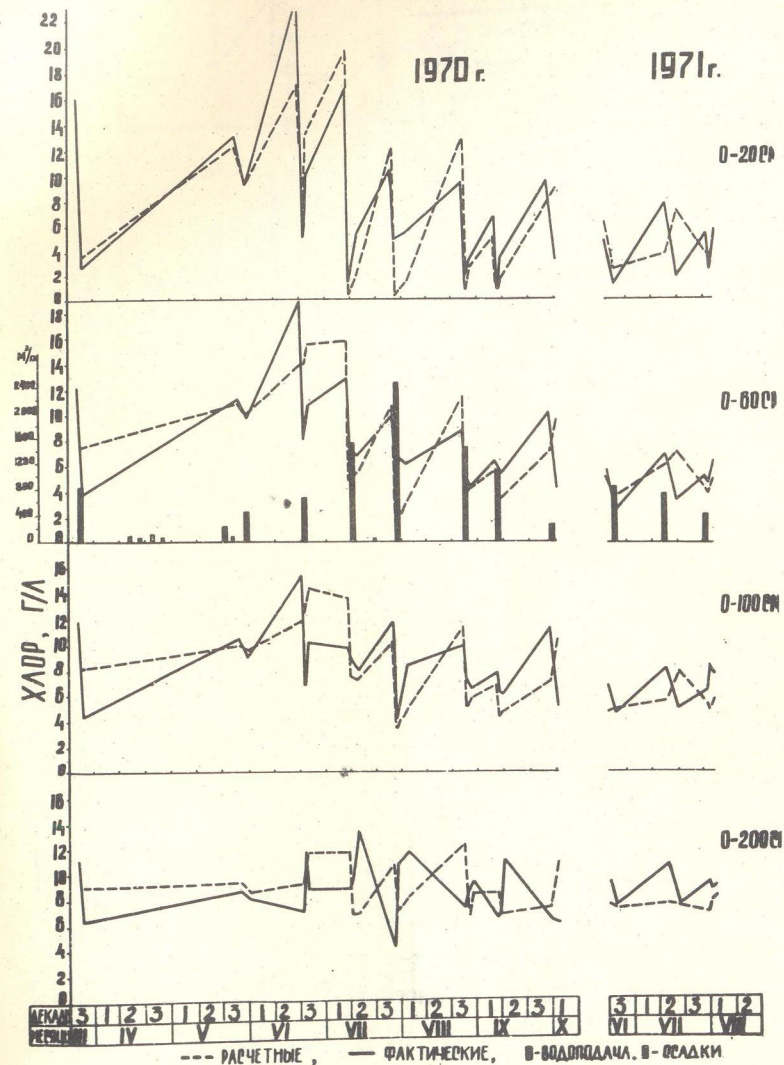


Рис. 4

ДИНАМИКА ХЛОРА НА ПОЧВЕННОЙ ПЛОЩАДКЕ №3 1970 г. 1971 г.

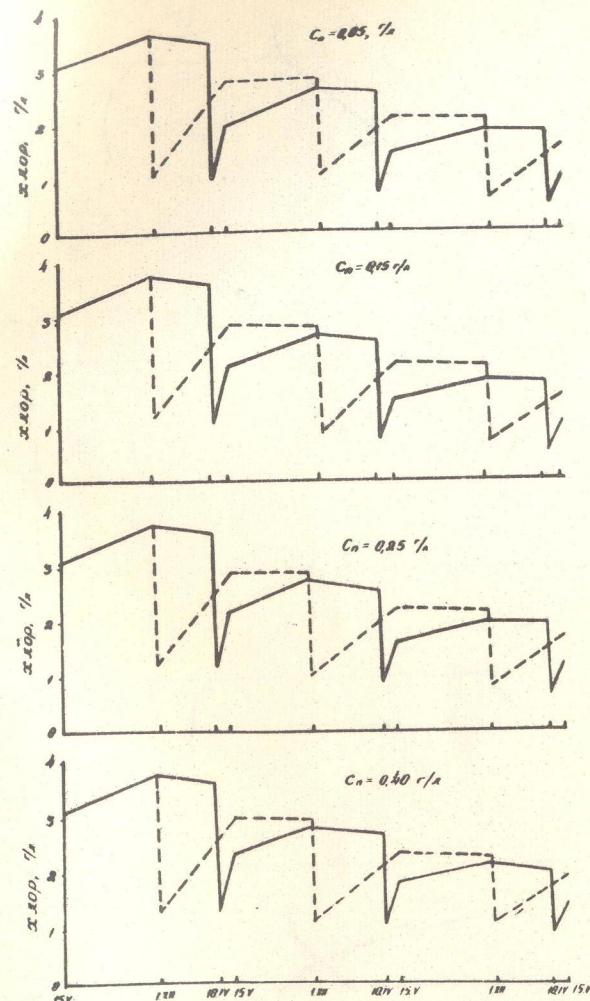
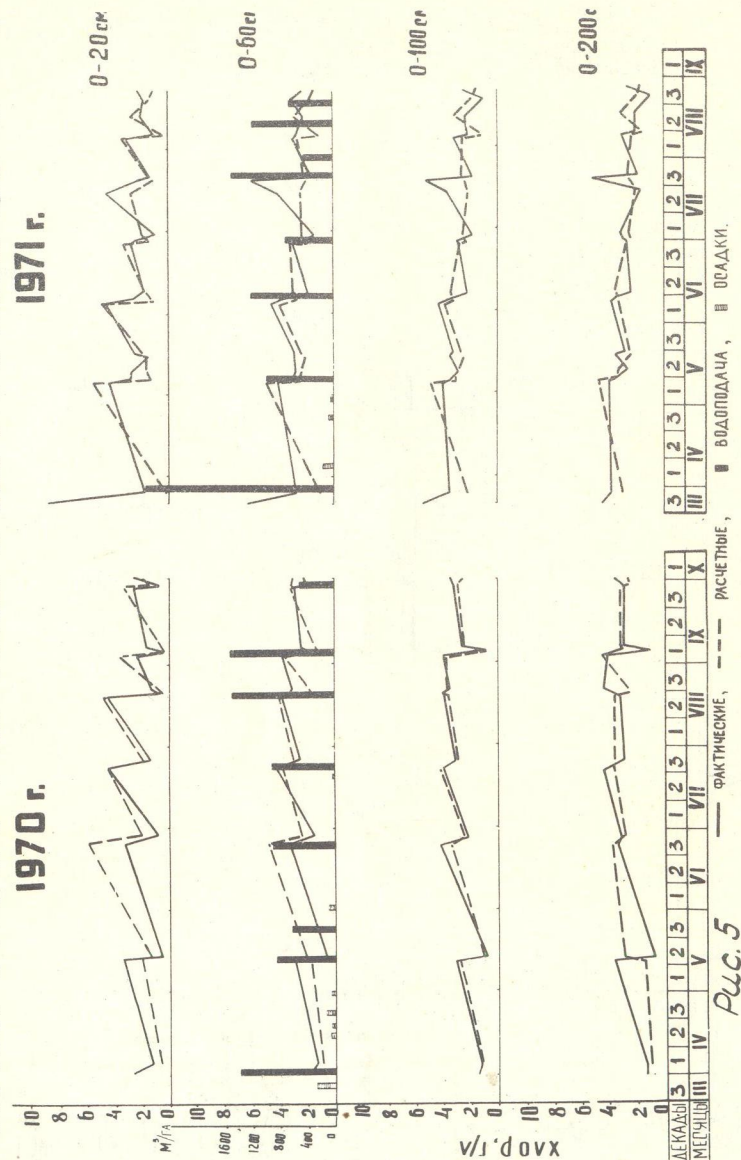


Рис. 6 Прогноз солевого режима орошаемых земель
— весенняя влагозарядка, --- осенняя влагозарядка
 C_n — минерализация оросительной воды по хлору, г/г
Баланс поверхностно-грунтовых и почвенных вод

	$\text{м}^3/\text{га}$	г/га	г/га	г/га
Весен. влагозар.	2000	930	100	1170
Осен. влагозар.	8000	9305	800	815

Технико-экономическое обоснование мелiorативного
режима
(режим грунтовых вод- режим орошения, параметр дренажа)

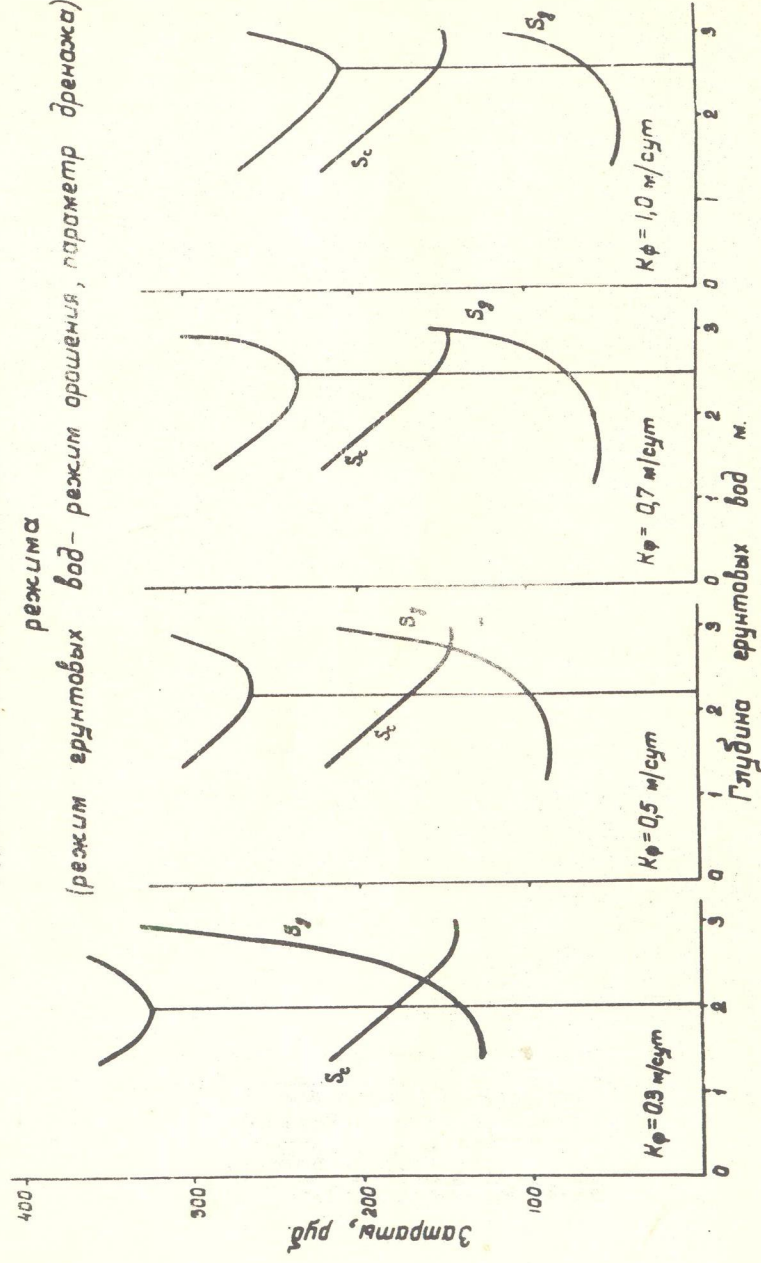


Рис. 7