МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

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

КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА (КазНИИВХ)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО УЛУЧШЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В КАЗАХСТАНЕ

Сборник научных трудов

Ташкент — 1982

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

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

Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства (КазНИИВХ)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕЛИОРАТИВНОГО УЛУЧШЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В КАЗАХСТАНЕ

Сборник научных трудов

Ташкент—1982

УДК 631.587:631.6(574)

В сборнике освещаются вопросы совершенствования технологии мелиоративного улучшения орошаемых земель в Казахстане: рассмотрены пути оптимизации норм орошения, технологии и техники освоения засоленных и склонных к засолению орошаемых земель, методы оценки эффективности мелиорации в республике.

Сборник содержит практические предложения и рекомендации, которые могут быть использованы в практике проектирования, эксплуатации оросительных систем и освоения орошаемых земель.

Редакционная коллегия

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

Редакционный совет сборника

Жулаев А.Ж. (ответственный редактор)

Вагапов Р.И. (зам.ответственного редактора), Рабинович А.Я., Креккер Н.Ю., Панасенко И.М., Мухамеджанов В.Н., Кван Р.А., Выпольский Ф.Ф., Рау А.Г.

Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства (КазНИИВХ), 1982.

С

А.Ж.Жулаев
кандидат технических наук
Н.Б.Атшабаров
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

РИСОВАЯ ОРОСИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА И УСЛОВИЯ ЕЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИ ОРОШЕНИИ

Современная рисовая оросительная система представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных единым технологическим процессом звеньев в виде оросительных и водоотводных каналов, гидросооружений на них, поливных карт и др. элементов. Для создания оптимальных условий произрастания риса на полях поддерживается определенный слой воды (0...20 см) в зависимости от периода вегетации.

Автоматизация водораспределения заливных рисовых полей связана с регулированием расхода водоподачи в зависимости от колебания уровня воды. Надежность и технико-экономические показатели технических средств, обеспечивающих регулирование водораспределения, во многом зависят от того, как обоснованно выбраны принципиальные схемы устройств с учетом факторов, влияющих на режим их работы. На наш взгляд, к таким условиям относятся:

- исходные параметры объекта регулирования;
- обоснование допускаемой величины амплитуды колебания уровня воды в чеке;
- выбор общей схемы водоподачи и способа регулирования;
- выбор источника энергии для привода технических средств.

Основными исходными параметрами объекта регулирования для организации автоматизированного орошения являются: характеристика элементов оросительной сети, поливных карт, гидросооружений; расходные и перепадные характеристики, режим орошения риса. Кроме того, должны быть учтены: качество оросительной воды по мутности и минерализации, почвенно-климатические условия и перечень унифицированных сборных железобетонных изделий для района строительства.

Внутрихозяйственная оросительная сеть рисовых систем Казахстана включает участковый распределитель, 3-4 картовых оросителя с площадью орошения 80...I00 га. Протяженность оросителей составляет 800...I200 м с уклоном дна 0,000I...0,0004 при горизонтальных дамбах. Регулирующие сооружения оформлены в виде трубчатых водовыпусков. Диаметры труб назначены из условий пропуска форсированных расходов для периода затопления полей и составляют для

водовыпусков в распределитель I250...I500 мм, в картовые оросители 600...I000 мм, в рисовые чеки и из них в сбросы 200...300 мм.

Расходы воды, пропускаемые по участковому распределителю в период затопления, составляют I,0...I,5 $м^3/с$, а в период поддержания слоя 0,25...0,40 $м^3/с$, по картовым оросителям соответственно 300...600 и 60...I00 л/с. Разница уровней в бьефах гидросооружений незначительна, так, на водопропускных сооружениях в оросители и рисовые чеки составляет в основном 5...20 см.

Оросительная норма риса складывается из климатической, гидрогеологической и эксплуатационной частей, составляющими которых являются испарение и транспирация; насыщение почвогрунта и общая фильтрация; проточность, сбросы и непроизводительные потери. В период затопления рисовых полей объем воды расходуется на насыщение почвогрунта и создание слоя воды на чеках. Расход водоподачи зависит от пропускной способности трубчатых водовыпусков и осуществляется при полностью открытых отверстиях водопропускных сооружений. Основными составляющими расхода воды с рисового поля для периода поддержания слоя являются испарение, транспирация и фильтрация. Интенсивность расходов воды в этот период имеет нестабильный характер, но вместе с тем происходит непрерывно, что позволяет разделить общий расход потребления на постоянную и переменную величины.

Важным фактором при автоматизации водораспределения является обоснованный выбор допускаемой величины амплитуды колебания заданного уровня воды в чеке. Колебания заданного уровня воды в автоматизированном чеке являются следствием наличия сил сопротивления в связях устройств. Соответствующим выбором конструкции и параметров чувствительного элемента устройства в определенной степени можно уменьшить влияние этих сил на точность регулируемой величины. Высокая чувствительность авторегулятора, обеспечивая более равномерный режим работы картовых и групповых оросителей, ведет к усложнению его конструкции. Напротив, слабая чувствительность устройства упрощает конструкцию, но вызывает неравномерность режима работы оросителей. Поэтому возникает необходимость установления максимальной допустимой величины колебания уровней воды в чеке при автоматизации водораспределения.

Следует также отметить, что при регулировании расходы водовыпусков по времени будут переменными величинами, т.е. в одни отрезки времени расходы будут больше потребления воды рисовым полем, а в другие отрезки - меньше. Это вызывает необходимость ак-

кумулирования в пределах картовых и групповых оросителей некоторого резервного объема воды, который используется в период увеличения подачи воды на чеки.

Величина резервной емкости определяется по зависимости

$$W = (1-\beta_2)\cdot S\cdot \bar{q}\cdot T \ , \qquad (I)$$

где S – площадь орошения;

$\bar{q}$ – средний расход воды с I га рисового поля;

β_2 – коэффициент неравномерности поступления воды в чек;

T – период регулирования.

При этом величина резервной емкости должна удовлетворять условию

$$W \geq \Delta h_g \cdot S, \qquad (2)$$

откуда

$$\Delta h_g \leq \frac{W}{S} \ ,$$

где Δh_g – максимально допустимая величина колебания уровня воды в чеках.

Если считать, что требуемый резервный объем полностью аккумулируется в пределах картового оросителя, то этот объем представляет собой треугольную призму с вершиной, расположенной в начале бьефа, а основанием – в конце оросителя. Нижнюю грань призмы представляет кривая свободной поверхности воды в канале при максимальном расходе водовыпусков, а верхнюю грань – при минимальном их расходе. Обозначая амплитуду колебания уровня воды в конце оросителя через ΔH , получим:

$$W = \alpha\cdot L\cdot \Delta H\cdot B_{cp} \ , \qquad (3)$$

где L – протяженность оросителя;

B_{cp} – средняя ширина призмы;

α – коэффициент, учитывающий форму призмы.

При заданных параметрах канала (B, m, n, i) можно определить уклоны свободной поверхности воды, соответствующие расходам Q_{max} и Q_{min} . Тогда ΔH определяется как

$$\Delta H = (i_{max} - i_{min})\cdot L \ . \qquad (4)$$

Расчеты показывают, что в пределах картовых оросителей протяженностью 900...I000 м можно аккумулировать объем воды в пределах I50–200 $м^2$, для которого Δh_g составляет 5...7 мм.

При выборе схемы водоподачи из условия технико-экономических соображений необходимо, чтобы требуемый резервный объем не

приводил к увеличению габаритов оросителей. Такое условие может быть достигнуто при достаточно высоком коэффициенте равномерности $\beta_2 \approx 0{,}9$ и при непрерывном характере подачи воды с соотношением расходов $\eta = Q_{min}/Q_{max} \geq 0{,}75$. При этом за период регулирования T расходы Q_{min} и Q_{max} должны удовлетворять условию:

$$Q_{min} \leq f(t) \leq Q_{max}, \qquad (5)$$

исключая случай интенсивных осадков, когда поддержание уровня может быть достигнуто прекращением водоподачи и организацией сброса. Однако следует отметить, что выпадение интенсивных осадков в условиях рисовых массивов аридной зоны в вегетационный период является крайне редким явлением. Кроме того, регулирование расхода прерывистой схемой в диапазоне

$$0 < Q \leq Q_{max} \qquad (6)$$

вызывает необходимость устройства сбросных сооружений, что приводит к непроизводительным потерям воды. Поэтому целесообразна организация непрерывной схемы водоподачи с разницей удельных расходов на I га ($q_{max} - q_{min}$) не более I,0 л/с. Другой особенностью является метод регулирования расхода водопропускных сооружений. Расход любого водовыпуска является функцией двух величин: площади отверстия и разности уровней воды в оросителе и чеке, т.е. $Q = f(\omega, z)$. Регулирование величины расхода может быть достигнуто изменением как ω, так и z. Одновременное регулирование величин ω и z приводит к усложнению конструкции, поэтому регулирование Q производится изменением одного из параметров ω или z.

Изменение действующего напора на водовыпуске обеспечивается оснащением выходного оголовка гофрированной трубой или выдвижными цилиндрами, которые в зависимости от уровня воды в чеке изменяют свое высотное положение. Такой метод регулирования имеет некоторые недостатки, заключающиеся в необходимости устройства высоких цилиндров при больших напорах, а наличие поворота в водопроводящем тракте может вызвать закупорку трубы мусором и наносами при малых скоростях течения воды.

Более приемлемым является метод регулирования, основанный на изменении площади отверстий. При этом он может быть осуществлен простейшими устройствами, например, плоским щитом, перекрывающим выходное отверстие водовыпуска.

Для изложения способа регулирования водоподачи рассмотрим условия формирования расхода водопотребления рисового чека.

Как известно, подача воды в чек осуществляется через трубчатый водовыпуск, расход подачи в зависимости от перекрытия затвором может изменяться от 0 до Q_0 (Q_0 – пропускная способность водовыпуска, рассчитанная на подачу форсированных расходов воды при затоплении рисовых чеков). Поэтому любая величина расхода водопотребления чека $S \cdot \bar{q}$ лежит в этом интервале, т.е.

$$Q < S \cdot \bar{q} < Q_0 . \qquad (7)$$

Допустим, что за период регулирования T, в течение которого необходимо поддерживать заданный уровень воды в чеке h, удельный расход водопотребления изменяется в пределах $q_{min} \cdots q_{max}$. Для обеспечения постоянного уровня воды в чеке необходимо, чтобы расход водовыпуска удовлетворял условиям:

$$\begin{aligned} Q_{min} &< S \cdot q_{min} , \\ Q_{max} &> S \cdot q_{max} . \end{aligned} \qquad (8)$$

Для выражения условий (8) через площадь представим расход $Q = \mu w \sqrt{2gz}$ в виде: $Q = A \cdot w$, где $A = \mu \cdot \sqrt{2gz}$.

Тогда можно записать, что:

$$w_{min} < \frac{S \cdot q_{min}}{A} , \qquad w_{max} > \frac{S \cdot q_{max}}{A} , \qquad (9)$$

здесь w_{min} – площадь, соответствующая Q_{min} ;
w_{max} – площадь, соответствующая Q_{max} .

В результате условия (8,9) можно представить в виде:

$$\begin{aligned} Q_{min} \leq Q \leq Q_{max} &\ll Q_0 \\ w_{min} \leq w \leq w_{max} &\ll w_0 , \end{aligned} \qquad (10)$$

где w_0 – площадь сечения трубы.

Из приведенного анализа следует вывод о том, что регулирование подачи воды в чек можно обеспечить путем частичного перекрытия сечения трубчатого водовыпуска с тем, чтобы регулируемая часть отверстия находилась в интервале $w_{min} \ldots w_{max}$. Кроме того, расход водовыпуска в любой фазе регулирования можно разделить на две части, что следует из значения водопотребления $S \cdot q$, которое, как установлено, изменяется в пределах $S \cdot q_{min} \cdots S \cdot q_{max}$, т. е. часть расхода формируется за счет неперекрывающегося затвором сечения отверстия водовыпуска с площадью w_{min}. Расход, про-

ходящий через этот участок отверстия, не зависит от положения регулирующего затвора, поэтому эту часть расхода в дальнейшем будем называть постоянным расходом $Q_{пос}$. Другую часть расхода водовыпуска, которая формируется под воздействием автоматического устройства, будем называть переменным расходом $Q_{пер}$. Тогда расход водовыпуска в любой фазе регулирования будет равен:

$$Q = Q_{пос} + Q_{пер} \quad . \qquad (II)$$

За период регулирования T величина $Q_{пос}$ зависит лишь от W_{min} и колебания уровня в оросителе $\tilde{z}$. Величина $Q_{пер}$ зависит от значения расхода потребления и фазы регулирования.

Следует также отметить, что регулирование с разделением общего расхода на составляющие позволяет значительно уменьшить габариты автоматического устройства.

Управление перемещением регулирующих затворов средств гидроавтоматики может быть осуществлено потенциальной энергией колебания уровня воды в нижнем бьефе или потенциальной энергией воды верхнего бьефа относительно нижнего. В первом случае используются средства гидроавтоматики прямого действия, основанные на использовании колебания уровня в нижнем бьефе как импульса для приведения в движение рабочего органа-затвора. Такие устройства не обладают высокой точностью регулирования, а попытки к ее повышению ведут к увеличению передаточного числа системы затвор-привод, а также габаритов последнего. Более рационально использование для привода регулирующих органов потенциальной энергии воды верхнего бьефа с применением устройств с усилительными звеньями.

В заключение отметим, что приведенный анализ рисовой оросительной системы из условия создания автоматизации орошения риса выполнен применительно к внутрихозяйственному звену рисовых массивов Казахстана. Очевидно, основные положения выбора принципиальных схем метода регулирования водораспределения и технических средств гидроавтоматики являются общими для других зон возделывания затопляемой культуры риса.

ЛИТЕРАТУРА

I. Жулаев Р.Ж. Общие основы регулирования водораспределения в рисовые чеки. Вестник АН КазССР - Алма-Ата: Наука, 1978, № 9, с. 41-47.

С.Д.Магай
старший научный сотрудник
Л.В.Круглов
старший научный сотрудник
В.А.Кислинский
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ НА КЗЫЛКУМСКОЙ РИСОВОЙ СИСТЕМЕ

После майского /1966г./ Пленума ЦК КПСС в нашей стране быстрыми темпами начало развиваться орошаемое земледелие, в т. ч. рисоводство. За истекшие 15 лет значительно расширились посевы риса за счет строительства новых рисовых систем и реконструкции старых на юге Украины, Северном Кавказе, Дальнем Востоке, Узбекистане, Казахстане и других районах страны. Постоянно повышалась отдача гектара рисовых полей. Так, если к концу девятой пятилетки урожайность риса в стране составила 4,0 т/га, а его производство – 2 млн.т , то к концу десятой пятилетки урожайность возросла до 4,2 т/га, а валовый сбор достиг 2,8 млн.т [11].

Большие успехи в развитии рисосеяния достигнуты в Казахской ССР, где рисовые оросительные системы размещены в бассейнах трех рек: Сырдарьи, Или и Каратала. Причем более 110 тыс.га посевов риса из 130 тыс.га по республике в настоящее время расположены в среднем и нижнем течении реки Сырдарьи. Валовый сбор риса в Казахстане в 1980 году составил 611,8 тыс.т , а урожайность – 4,7 т/га [4].

Народнохозяйственным планом развития страны в одиннадцатой пятилетке предусмотрен дальнейший рост производства риса за счет ввода новых технически совершенных рисовых оросительных систем и реконструкции существующих. Однако большинство рисовых оросительных систем Казахстана построено в основном из карт Краснодарского типа, которые не везде обеспечивают необходимую дренированность на орошаемых землях из-за неудовлетворительной работы дренажно-сбросной сети. Практика эксплуатации открытого горизонтального дренажа в условиях неустойчивых, легкооплывающих грунтов показала, что в результате деформации и оплывания глубина картовых сбросов не превышает 0,8–1,1 м, а дреносборителей 1,5–1,8 м. Деформация откосов, изменение поперечных сечений открытой дренажной сети и зарастание её в процессе эксплуатации приводит к изменению гидравлических параметров, снижению пропускной и дренирую-

щей способности. Недооценка возникшего снижения дренированности территории приводит к ухудшению мелиоративного состояния земель и снижению урожайности.

Для большинства районов рисосеяния Казахстана характерно близкое залегание от поверхности грунтовых вод, имеющих, в большинстве случаев, небольшую минерализацию. Освоение таких земель под рисовые севообороты во многом зависит от конструкции рисовой системы, которая должна обеспечивать наиболее эффективное использование водных, земельных и трудовых ресурсов, отвечать биологическим требованиям возделывания риса и сопутствующих культур, а главное способствовать повышению продуктивности орошаемых земель. В этой связи возникла необходимость в разработке основных конструктивных элементов рисовых систем и в первую очередь эффективной конструкции дренажа, позволяющего регулировать водно-воздушный, солевой и пищевой режимы почв рисовых полей.

Для обеспечения перечисленных требований КазНИИВХ разработал конструкцию рисовой оросительной системы со скважинами вертикального дренажа (а/с № 579966, авторы: Рау А.Г., Гукасов Э.Х., Круглов Л.В., Магай С.Д.). Данная конструкция отличается от существующих тем, что позволяет регулировать мелиоративные процессы в нужном направлении, создавая необходимую дренированность рисовых полей. Система /рис. I/ состоит из сети водоподводящих каналов: внутрихозяйственного распределителя I, распределителя последнего порядка 2, картового оросителя 3, и гидротехнических сооружений 4-7 для регулирования расходов и уровня воды. Для отвода воды от скважины вертикального дренажа I2 в период осушения рисовых чеков и снижения уровня грунтовых вод устраивается концевой сброс 8 в коллектор 9. Вдоль распределителей, коллекторов и рисовых карт, с противоположной стороны картового оросителя, устраиваются насыпные дороги I0. В зависимости от рельефа местности рисовые карты разделены на чеки чековыми валиками II.

Конструктивные параметры скважины: глубина 50 м, диаметр бурения I270 мм, общая длина щелевого фильтра 20 м состоит из двух частей по I0 м, между которыми делают разрыв в 2 м для насоса, затрубное пространство засыпается разнозернистым гравием. Скважины оборудуются электрическими погружными насосами типа ЭЦВ. В местах установки скважины устраивается площадка с гравийным покрытием, где размещается трансформаторная подстанция; трубопровод I3 снабжен задвижкой I4 для регулирования расходов воды.

Литологическое строение почвогрунтов Кзылкумского рисового

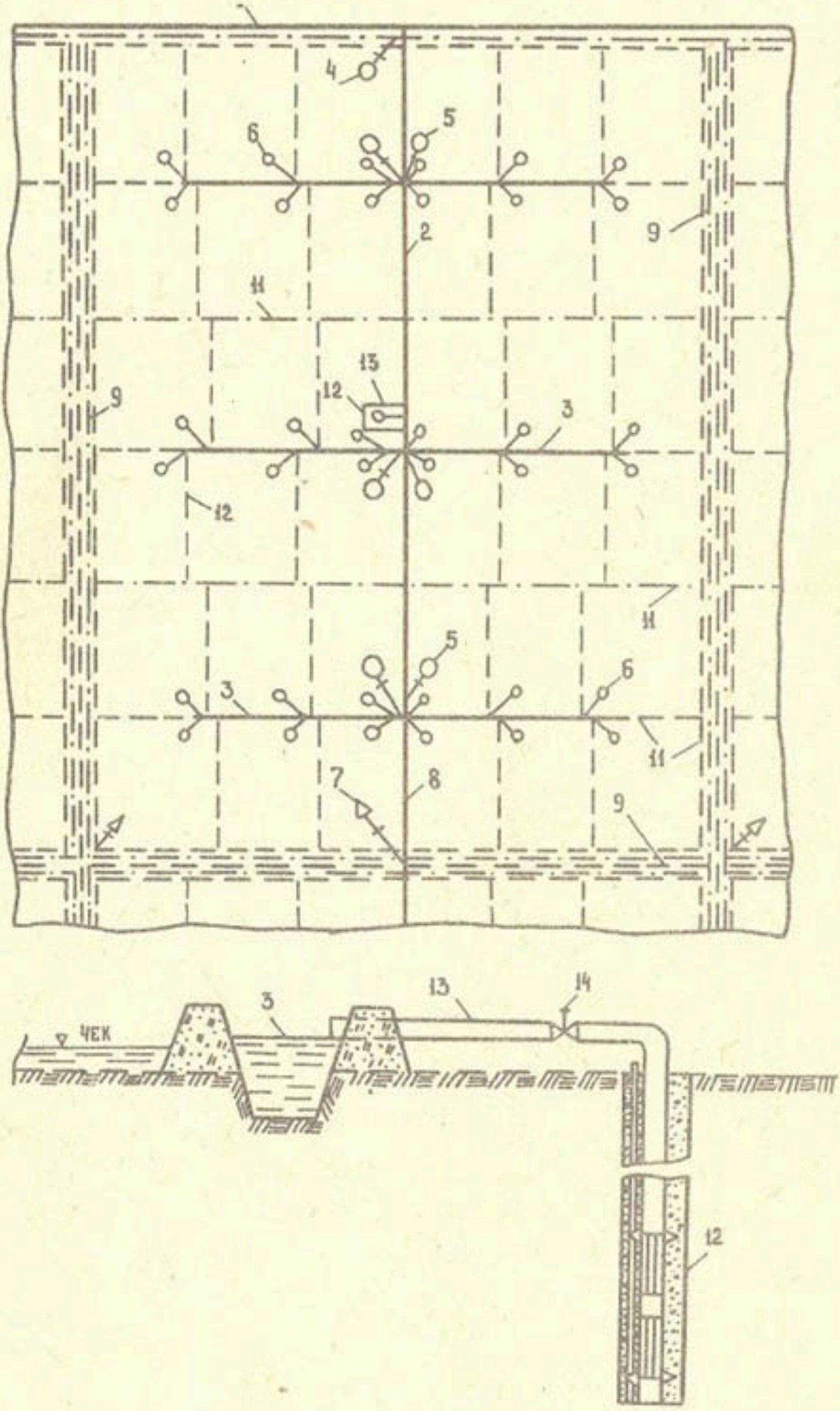


Рис. I Конструкция рисовой системы со скважинами вертикального дренажа.

массива, где на поверхности залегают суглинки слоем 0,8-6,0 м, а ниже пески мощностью 40-60 м, позволяет в широких масштабах применять вертикальный дренаж /рис.2/. Покровные мелкоземы, имея более низкий коэффициент фильтрации по сравнению с подстилающими песками, сглаживают влияние неравномерности пьезометрической поверхности, которая возникает при откачках из систем скважин вертикального дренажа (СВД). Уровень грунтовых вод в таких условиях отрывается от пьезометрической поверхности, создается перепад напоров, обеспечивающий сток грунтовых вод в подстилающие пески, из которых производится откачка. Вместе с тем под влиянием орошения сохраняется относительная однородность в распределении глубин залегания грунтовых вод по площади [9].

Изучением мелиоративного действия вертикального дренажа на орошаемых землях занимались многие ученые как в нашей стране, так и за рубежом, которые отмечали его высокую эффективность. Однако использовать имеющиеся материалы на рисовых оросительных системах Казахстана не представляется возможным, так как они получены в иных природных условиях и с другими культурами. Поэтому было решено провести исследования возможности применения вертикального дренажа на рисовой системе.

На опытном участке, где проводились исследования под руководством к.с.-х.н. А.Г.Рау, при выращивании риса применялся укороченный режим орошения, сущность которого заключается в следующем. Сразу после сева риса чеки затапливаются 5-I0 см слоем воды на 5-6 дней. Затем подача воды прекращается. Вода из чеков не сбрасывается, а впитывается в почвогрунт. С появлением всходов чеки вновь затапливаются I2-I5 см слоем воды. В фазу кущения слой воды понижается до 5-3 см. После кущения до молочной спелости риса слой воды в чеках поддерживается на уровне I0-I5 см. В конце фазы молочно-восковой спелости вода из чеков не сбрасывается, а впитывается в почву при работающих скважинах. Данный режим орошения риса улучшает доступ кислорода в период прорастания семян. Создаваемые при этом аэробные условия повышают энергию прорастания и всхожесть семян риса. Прекращение водоподачи на поля в фазу молочно-восковой спелости уменьшает оросительную норму и не оказывает влияния на урожай риса.

Новая конструкция рисовой оросительной системы позволяет сократить забор воды для полива риса, так как откачиваемая в вегетационный период дренажная вода от скважин подается в оросительную сеть, где, смешиваясь с оросительной, поступает на чеки. За оро-

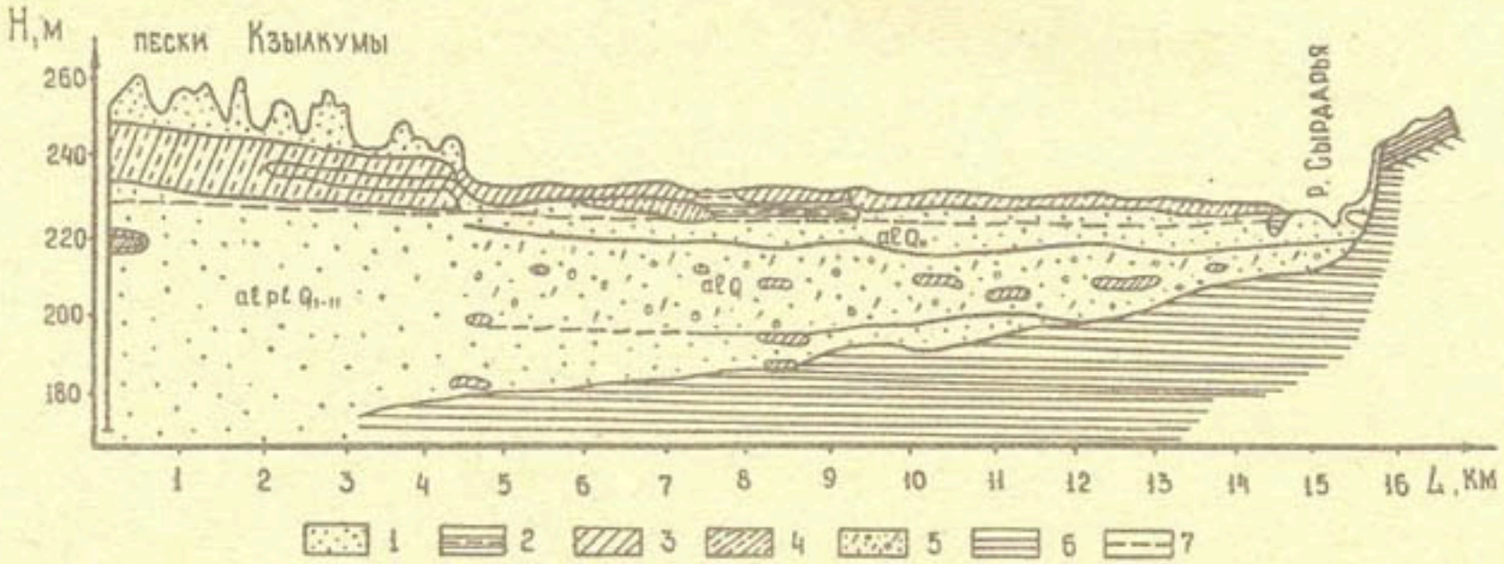


Рис. 2 Гидрогеологический разрез (Кзылкумская рисовая система):

I – пески мелкозернистые; 2 – глины с прослойками суглинков, супесей и песков; 3 – суглинки с подчиненными супесями и глинами; 4 – супеси с прослойками суглинков и песков; 5 – пески мелко-и среднезернистые с галькой; 6 – глины; 7 – уровень грунтовых вод.

сительный период СВД, обслуживающие поле площадью 80...I00 га,могут подавать воду на орошение при 40 л/с - 3460...4300 м^3/га, 50 л/с - 4320...5400 м^3/га, 60 л/с - 5I80...6500 м^3/га,что составляет I5-27% от оросительной нормы. Таким образом,СВД повышают водообеспеченность и снижают нагрузку на оросительные каналы,упрощая управление вододелением.

На рисовой системе Кзылкумского массива фильтрационные воды попадая в водоносный горизонт вызывают подъем их уровня. На 5-6 сутки грунтовые воды смыкаются с поверхностными. Следовательно, на полях под культурой риса почти весь оросительный период имеет место подпертая фильтрация,которая по величине намного меньше свободной. Результаты полевых исследований на участках с различной дренированностью показали, что фильтрация с рисовых полей играет немаловажную роль в формировании урожая риса. Для условий Кзылкумского массива максимальные урожаи риса получены при скоростях фильтрации 6-8 мм/сутки, причем при фильтрации 4-6 и 8-I2 мм/сут урожайность не опускалась ниже 45-50 ц/га. Учитывая, что фильтрация является той составляющей оросительной нормы на которую можно воздействовать с помощью дренажа в целях повышения урожайности риса её необходимо регулировать в течении вегетационного периода. Фильтрация с рисовых чеков зависит от гидрогеологических условий и водно-физических свойств почвогрунтов. В разрезе вегетационного периода её величина уменьшается от начала к концу оросительного периода. Это вызвано тем, что под влиянием слоя воды на рисовых чеках происходит уплотнение почвы, нарушается её структура.

В то же время в пределах одного массива и даже поля величина фильтрации может изменяться в широких пределах. На опытно-производственном участке в рисосовхозе "Кзылкумский" чеки одного и того же поля имеют различные отметки, причем разница в отметках доходит до 2,0 м. Наблюдения за фильтрацией с чеков, которые имеют различные абсолютные отметки, показывают, что при не работающих вертикальных дренах фильтрация зависит от высотного расположения чеков: чем выше расположен чек тем больше фильтрация /рис. 3/.

Сравнительно небольшая мощность покровных отложений на Кзылкумском массиве и хорошая гидравлическая связь верхних слоев грунтовых вод с водой откачиваемого слоя дают возможность вертикальному дренажу выполнять роль не только регулятора грунтовых вод, при соответствующем режиме его работы, но и оказывать воздействие на величину фильтрации с рисовых чеков. Откачка воды

скважинами из песчаного слоя вызывает нисходящие токи в покровных отложениях, что приводит к увеличению фильтрации. При работающей скважине фильтрация зависит от расстояния до вертикальной дрены /рис. 4/. Преимуществом вертикального дренажа по сравнению с

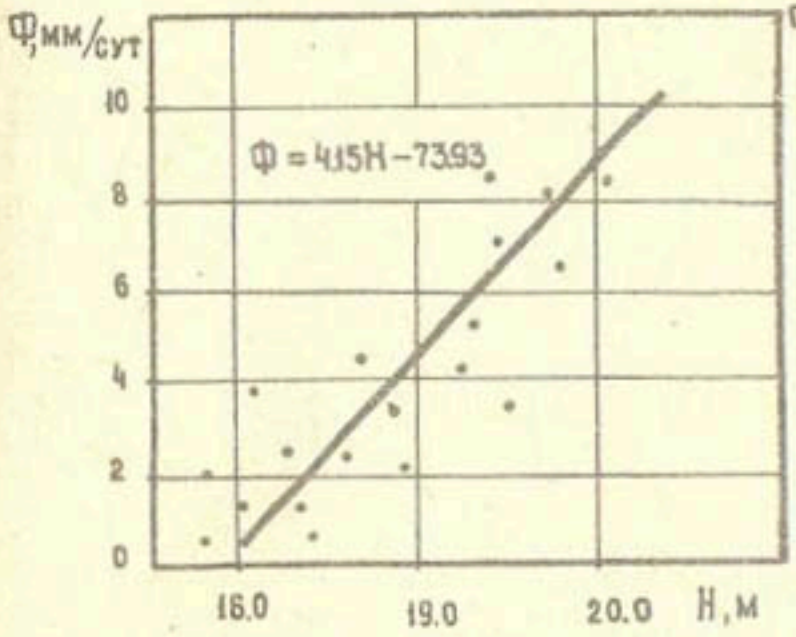


Рис. 3 Зависимость фильтрации от отметок чеков.

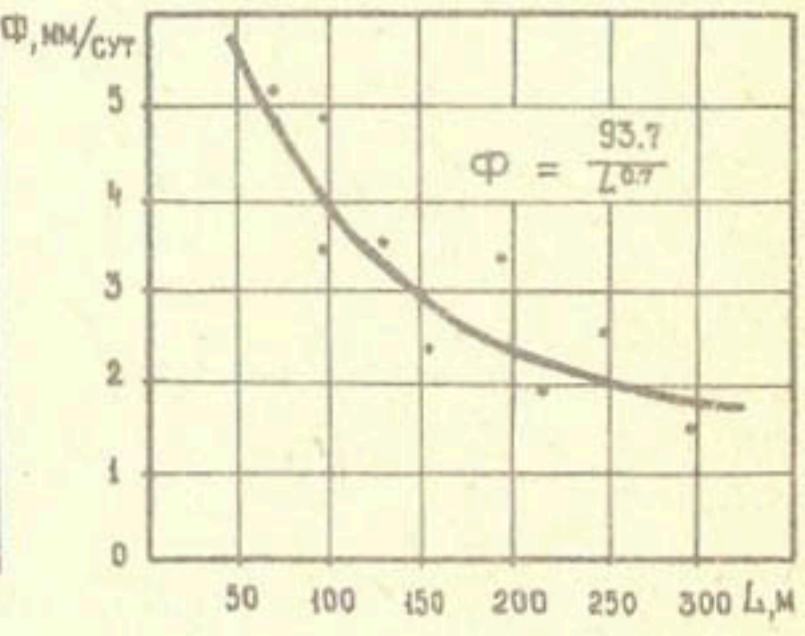


Рис. 4 Зависимость фильтрации от расстояния до СВД.

открытым горизонтальным является то, что появляется возможность в течение вегетационного периода, меняя дебит скважины регулировать величину фильтрации с рисовых чеков по фазам развития риса в необходимых пределах с целью получения максимального урожая риса /рис. 5/.

Различная фильтрация с рисовых чеков сказывается и на динамике содержания солей в почвогрунтах. Почвогрунты опытно-производственного участка до освоения относились к категории среднезасоленных, тип засоления хлоридно-сульфатный. Основная масса солей /70 т/га/ была сосредоточена в верхнем полутораметровом слое. Суммарный эффект токсичных ионов равнялся в первом метре 2,05, во втором I,7I, далее до глубины 20 метров он не превышал 0,5. Запасы солей в различных точках опытного поля не зависели от расстояния до СВД и в целом по участку составляли в первом от дневной поверхности метровом слое - 50 т/га, в двухметровом - 77 т/га, в том числе на долю токсичных солей приходилось соответственно 39 и 63 т/га или 78 и 8I процентов от общей суммы солей /табл. I/.

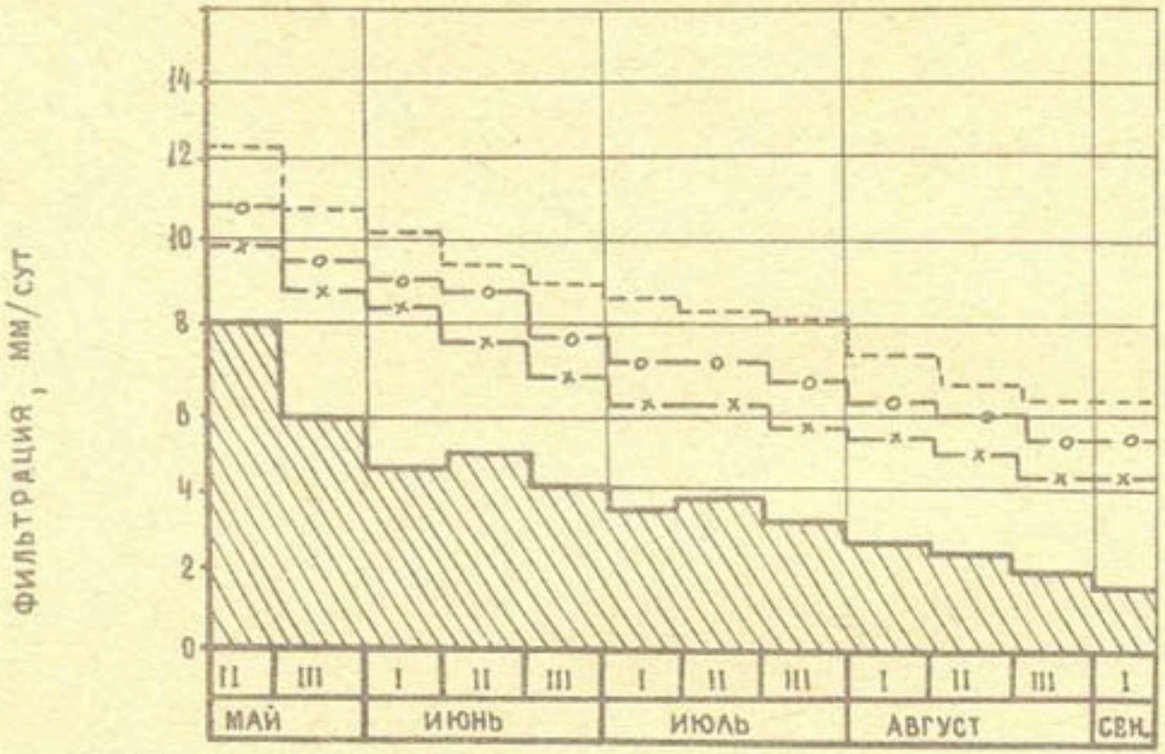


Рис. 5 Фильтрация с рисового поля.

▨ - СВД не работает, СВД работает с расходом 40 л/с —x——x—, 50 л/с —o—o—, 60 л/с — — — — .

Таблица I

Запасы солей в почвогрунтах опытного участка до освоения, т/га

Горизонты, см	Сумма солей	в том числе		Процент токсичных солей от общей суммы
		неток-сичных	токсич-ных	
0-40	I8,93	3,95	I4,98	79,I
0-I00	50,40	II,09	39,3I	78,0
I00-200	27,03	3,34	23,69	87,6
0-200	77,43	I4,43	63,00	8I,4

После возделывания риса содержание солей на различных чеках одного поля изменилось. Изменение запасов солей зависело прежде всего от дренированности, т.е. фильтрации с рисовых чеков. На низких чеках с малой величиной фильтрации рассоление почв произошло в меньших размерах по сравнению с хорошо дренированными чеками. По створам с перепадами отметок чеков до ± 20-30 см содержание солей на различном удалении от СВД уменьшилось в убывающем порядке. В течение ротации севооборота количество солей уменьшалось при возделывании риса и увеличивалось при выращивании люцерны. Происходило циклическое изменение запасов солей почвогрунтов зоны аэрации с постепенным их количественным уменьшением /табл. 2/.

Таблица 2

Содержание солей в 0-2 метровом слое почвогрунтов опытного поля, т/га

Наименование солей	Культура и период её возделывания	Расстояние от СВД, м			
		0-I00	I00-250	250-500	> 500
Плотный остаток	рис /Iг./	36,39	43,20	59,I9	69,93
	люцерны /2г./	59,82	70,7I	80,45	98,06
	рис /2г./	29,78	36,82	42,82	55,56
	люцерна /2г./	43,99	59,65	72,05	86,I0
Токсичные соли	рис	24,06	30,65	42,80	46,92
	люцерна	4I,35	43,00	60,53	68,68
	рис	I8,5I	2I,00	26,20	3I,8I
	люцерна	28,72	34,54	54,9I	62,I4

С мелиоративной точки зрения на каждой карте создаются различные условия для выращивания риса и зависят они в первую очередь от дренированности, которая играет основную роль в формировании водно-солевого, воздушного и пищевого режимов почв [I]. По этой причине наблюдаются большие колебания в урожаях риса выращенного на различных участках одной и той же системы.

Почвообразовательный процесс на землях рисовых оросительных систем связан с длительным затоплением, которое в зависимости от дренированности территории вызывает различные скорости фильтрации воды с рисового поля. Различная гидродинамическая структура грунтового потока под затопленным полем в значительной мере определяет направление почвообразовательного процесса. При малых скоростях фильтрации не происходит выноса вредных солей из корнеобитаемой зоны, а на солонцеватых почвах, которые часто встречаются в пустынной и полупустынной зонах рисосеяния нашей страны, имеется опасность появления соды [5]. Верхние слои почвы при наличии соды быстро диспергируются и теряют свою структурность, резко снижается водопроницаемость и ухудшаются физические свойства. Все это происходит в результате взаимодействия соды с почвенным поглощающим комплексом /ППК/:

$$ППК\begin{matrix}Ca\\Mg\end{matrix} + 2Na_2CO_3 = ППК - 4Na^+ + CaCO_3 + MgCO_3$$

Образующиеся соли $CaCO_3$ и $MgCO_3$, вследствии их слабой растворимости в щелочной среде, осаждаются и тем самым исключается конкурентная роль катионов Ca и Mg и усиливается адсорбционная роль Na в солонцеобразовании [8]. Многие ученые (И.Н.Антипов-Каратаев, В.А.Ковда, А.Н.Соколовский, К.Д.Глинка, Е.Н.Иванова, А.М.Можейко и др.) [2,6,7,I2] считают, что это наиболее вероятный путь образования солонцов и ухудшения водно-физических свойств почвогрунтов. Кроме того на рисовых полях при слабой дренированности в период поддержания слоя воды на чеках интенсивно развиваются восстановительные процессы с большими потерями кислорода почвы, что вызывает осолонцевание последних.

Целинные почвы опытного участка были насыщены большим количеством поглощенного натрия. Солонцеватые горизонты распространялись на большую глубину и занимали до I00% площади, /Табл. 3/.

Таблица 3

Солонцеватость почвы под рисом

Время отбора образцов	Горизонты, см	В %% от площади			
		несолонцеватая	слабосолонцеватая	солонцеватая	солонцы
Весной перед посевом риса /по целине/	0-20	-	25,0	25,0	50,0
	20-40	-	25,0	37,5	37,5
	40-60	-	I2,5	62,5	25,0
	60-80	-	I2,5	50,0	37,5
	80-I00	-	-	50,0	50,0
	I00-I20	-	-	62,5	37,5
Осенью, после года возделывания риса /после уборки/	0-20	I2,5	62,5	I2,5	I2,5
	20-40	I2,5	50,0	I2,5	25,0
	40-60	I2,5	62,5	I2,5	I2,5
	60-80	25,0	37,5	25,0	I2,5
	80-I00	-	50,0	37,5	I2,5
	I00-I20	I2,5	37,5	25,0	25,5
Весной, после двух лет возделывания риса /перед посевом/	0-20	20,0	20,0	40,0	20,0
	20-40	40,0	20,0	40,0	-
	40-60	40,0	40,0	-	20,0
	60-80	40,0	20,0	40,0	-
	80-I00	40,0	20,0	40,0	-
	I00-I20	20,0	20,0	60,0	-
Осенью, после трех лет возделывания риса /после уборки/	0-20	25,0	37,5	37,5	-
	20-40	I2,5	62,5	25,0	-
	40-60	I2,5	75,0	I2,5	-
	60-80	I2,5	62,5	25,0	-
	80-I00	I2,5	75,0	I2,5	-
	I00-I20	I2,5	62,5	25,0	-

Применение вертикального дренажа на таких почвах и использование оросительных вод гидрокарбонатно-сульфатного типа для полива риса ускоряет обменные реакции, в результате которых поглощенный натрий вытесняется кальцием, приводя к формированию несолонцеватых и слабосолонцеватых почв, что улучшает мелиоративное состояние земель и повышает плодородие почв. После трех лет возделывания риса солонцов не осталось, а стали доминировать несолонцеватые и слабосолонцеватые почвы.

При выращивании люцерны отмечаются восходящие токи воды с накоплением солей в почве. Однако анализы состава поглощенных оснований показывают, что, несмотря на накопление солей по профилю, солонцеватость почвы под люцерной не увеличивается, а наоборот имеется склонность к уменьшению, что является результатом накопления биологического кальция в почве.

Мелиорирующая роль люцерны, по данным И.Н.Антипова-Каратаева, предопределена тем, что количество корней, которые разлагаются еще при жизни растений приблизительно равно корневой массе, которая содержится в почве в неразложенном виде и к концу вегетации второго или третьего года жизни люцерны составляет около 20 т/га. Кальций выделенный в процессе разложения корешков растений приобретает большую подвижность и активно вытесняет натрий из поглощенного комплекса почвы, снижая ее солонцеватость. Особенно заметно эти процессы проявляются на участках расположенных в зоне активного влияния скважин вертикального дренажа в радиусе, где обеспечивается наилучшая дренированность и практически отсутствует влияние грунтовых вод.

В режиме работы вертикального дренажа необходимо выделить два периода его работы - вегетационный и невегетационный. В вегетационный период /май-сентябрь/ скважины поддерживают оптимальный водновоздушный и солевой режимы почвогрунтов, обеспечивают благоприятные условия для произрастания сельскохозяйственных культур, рассоление почвогрунтов и грунтовых вод, сокращение дефицита оросительной воды за счет использования откачиваемой воды из скважин на полив риса и сопутствующих культур. Во вневегетационный период /октябрь-апрель/ скважины должны поддерживать уровень грунтовых вод на глубине исключающей вторичное засоление земель. Для обеспечения благоприятных почвообразовательных процессов на массиве должны поддерживаться следующие глубины залегания грунтовых вод:

октябрь-апрель - 2,5-2,0 м;

май-сентябрь, рисовые поля 0,0-0,5 м;

май-сентябрь, на посевах люцерны I,5-2,0 м;

Таким образом, в вегетационный период, при понижении слоя воды перед внесением гербицидов и авиаподкормкой скважины должны работать при форсированном режиме, в остальное время при нормальном, при этом дренажная вода в смешанном виде с оросительной должна использоваться на орошение риса и сопутствующих культур.

Во вневегетационный период скважины должны включаться в работу, если грунтовые воды поднимутся выше 2,0 м от поверхности земли. Создание свободной порозности создает благоприятные условия для проведения осенних, весенних полевых работ и посева риса и способствует протеканию окислительно-восстановительных процессов.

Большая террасность чеков приводит к тому, что на многих пониженных чеках грунтовые воды принимают напорный характер. Это указывает на целесообразность применения вертикального дренажа, который снимает избыточный пьезометрический напор на большинстве низких чеках, так как создаются условия для образования нисходящих токов воды (рис. 6). Вокруг каждой скважины образуется депрессионная воронка, формирование которой при работе одиночной скважины заканчивается за 6-I4 суток. Радиус действия скважин вертикального дренажа, в зависимости от дебита скважин, мощности и коэффициентов фильтрации грунтов колеблется от 500 до 700 м. Работающие скважины вертикального дренажа, в период подачи воды на рисовые чеки, заметно понижают уровень грунтовых вод, но при удалении от вертикальной дрены более 500 м не происходит отрыва уровня грунтовых вод.

Следовательно, на фоне вертикального дренажа можно выделить два типа режима грунтовых вод.

Первый - пассивная зона влияния скважин вертикального дренажа, расстояние от скважины более 500 м. После создания постоянного слоя воды, уровень грунтовых вод до конца оросительного периода остается без существенных изменений. Колебание уровня находится в пределах I-2 см, и зависит, главным образом, от работы близлежащей оросительно-сбросной сети.

Второй - активная зона влияния скважины вертикального дренажа, расстояние от скважины до 500 м. Здесь уровень грунтовых вод находится в прямой зависимости от работы вертикальной дрены и колеблется в пределах 0,5...0,I м.

При возделывании люцерны в рисовых севооборотах на фоне СВД снижение уровня грунтовых вод достигает 4-I5 см/сут в радиусе 250 м и 2-3 см/сут в радиусе 500-700 м. Аналогичное действие вертикального дренажа и в период осушения рисовых чеков перед уборкой риса. Включение скважины в работу увеличивает скорость снижения уровня грунтовых вод по полю в I,5-2,0 раза, что сокращает сроки осушения и способствует своевременному проведению уборочных работ /рис. 7/.

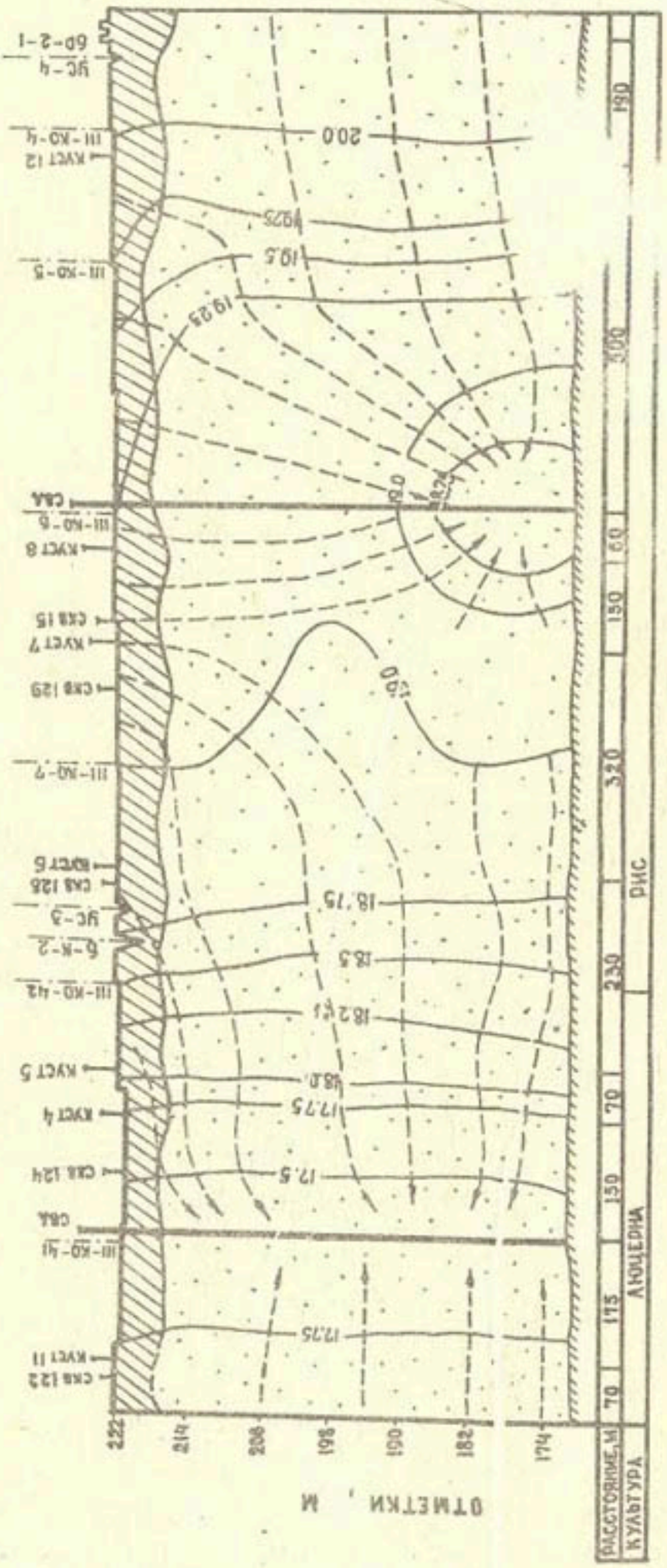


Рис. 6 Схема движения ... вертикального

Необходимо отметить, что приведенный в таблице 4 расчет режима работы СВД согласно "Руководства по проектированию режима работы систем вертикального дренажа для условий Средней Азии" [IO] для рисовых оросительных систем дает хорошую сходимость и для рисовых систем, что подтверждается данными полевых исследований.

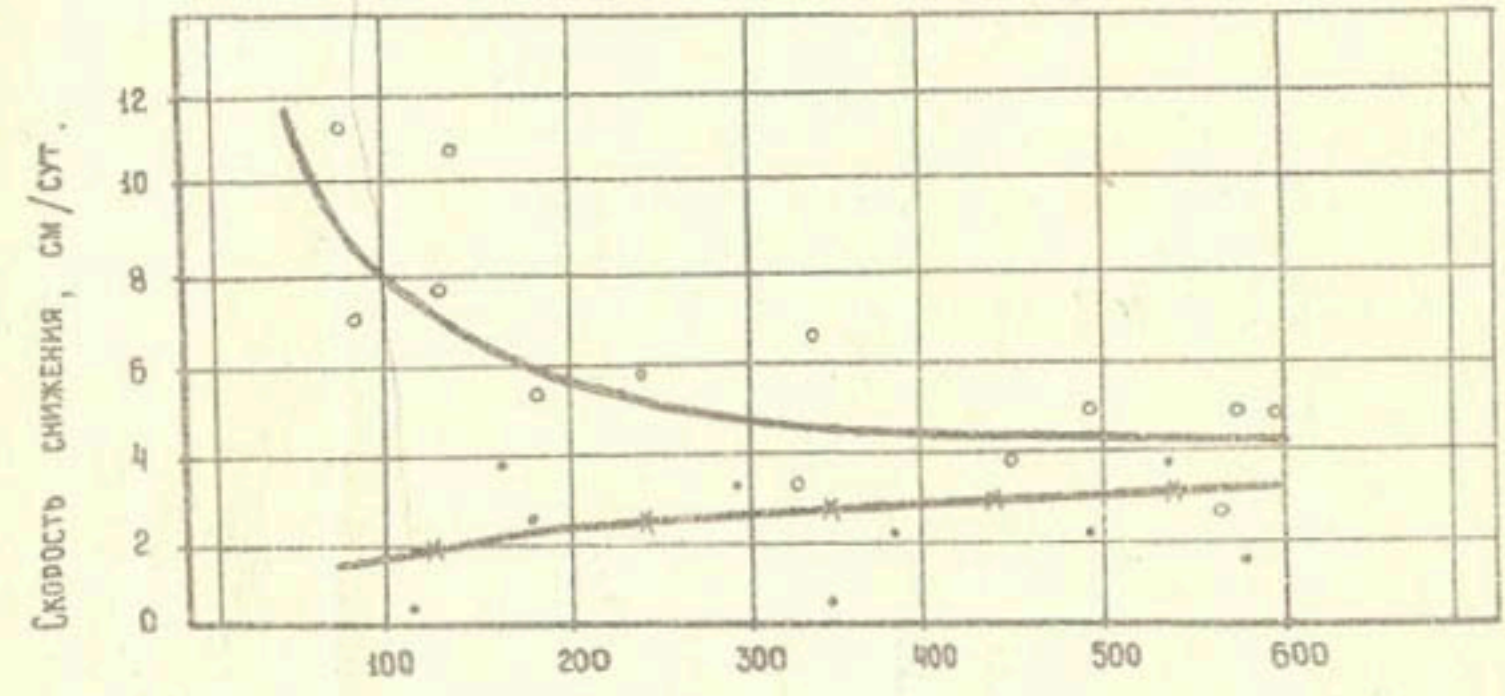


Рис. 7 Скорость снижения уровня грунтовых вод в период осушения рисовых чеков.

-x—x- СВД не работает, —— СВД работает.

Комплексные исследования новой рисовой системы показали, что она является технически совершенной конструкцией отвечающей биологическим требованиям возделывания риса и сопутствующих культур. Она позволяет активно и целенаправлено регулировать водно-солевой режим почвогрунтов и грунтовых вод. Использование дренажных вод на орошение позволяет сократить на 20% забор оросительной воды. У новой системы на 7% выше коэффициент земельного использования за счет отсутствия открытых дренажно-сбросных каналов. Внедрение скважин вертикального дренажа на Кзылкумской рисовой системе на площади I6,0 тыс.га позволило получить экономический эффект 788 тыс.рублей.

Таблица 4

Расчет режима работы СВД на рисовом поле

Показатели	Месяцы												За год
	Вегетационный период						Невегетационный период						
	У	УI	УП	УШ	IX	X	XI	XП	I	П	Ш	IУ	
Поступление воды: Осадки, А, $м^3/га$	I70	40	I0	30	I0	II0	I40	300	370	270	360	290	2I00
Водоподача, В, $м^3/га$	6350	5490	5400	5II0	480	–	–	–	–	–	–	–	22830
Итого:	6520	5530	54I0	5I40	490	II0	I40	300	370	270	360	290	24930
Расход воды, И+Т, $м^3/га$	I630	2I30	32I0	3060	2220	250	I40	50	80	I20	240	650	I3780
Разность, $\pm q$, $м^3/га$	4890	3400	2200	2080	–I730	–I40	–	250	290	I50	I20	–360	III50
УГВ в начале, $h_н$, м	2,3	0	0	0	0	I,2	2,0	2,5	2,5	2,3	2,2	2,I	–
УГВ в конце, $h_к$, м	0	0	0	0	I,2	2,0	2,5	2,5	2,3	2,2	2,I	2,3	–
Среднемесячный УГВ, $h_{ср}$, м	I,I5	0	0	0	0,6	I,6	2,25	2,5	2,4	2,25	2,I5	2,2	–
Разность УГВ, $\pm \Delta h$, м	+2,3	0	0	0	–I,2	–0,8	–0,5	0	0,2	0,I	0,I	–0,2	–
Изменение запасов грунтовых вод, $\pm W=\mu \cdot \Delta h \cdot 10^4$, $м^3/га$	+2760	0	0	0	–I440	–960	–600	0	+240	+I20	+I20	–240	0
$\pm \Delta W = \pm q \pm W$, $м^3/га$	+2I30	+3400	+2200	+2080	–290	+820	+600	+250	+ 50	+ 30	0	–I20	III50
Приток (+), отток (–), $м^3/га$	– 360	–I560	– 360	–II0	+2330	+590	+430	–	– 50	– 30	0	+I20	+500
Отвод воды: Дреносборателем, ДС, $м^3/га$	240	550	550	480	480	I20	–	–	–	–	–	–	2490
Скважинами вертикального дренажа, СВД, $м^3/га$	I030	I290	I290	I420	I560	I290	I030	250	–	–	–	–	9I60
Время работы СВД, Т, сут.	3I	30	3I	3I	30	3I	30	7	–	–	–	–	22I
Дебит СВД, Q, л/с	40	50	50	55	60	50	40	40	–	–	–	–	–

ЛИТЕРАТУРА

I. Айдаров И.П. Методы и технология регулирования водно-солевого и пищевого режимов орошаемых земель: автореферат дис... д.т.н. – М.: 1980 – с. 34.

2. Антипов-Каратаев И.Н., Филлипова В.Н., Комарова Н.А. Исследования по влиянию орошения на солевой состав и физико-химические свойства почв. – В кн.: Труды комиссии по ирригации, вып. 4 – М.: АН СССР, 1935, с. 7-118.

3. Антипов-Каратаев И.П., Пак К.П. и др. Мелиорация солонцов в СССР. – М.: АН СССР, 1953, с 563.

4. Казахстан в цифрах: /Краткий статистический сборник/. – Алма-Ата: Казахстан, 1981, с. 208. /Центральное статистическое управление КазССР/.

5. Кириченко К.С. Почвы районов рисосеяния Европейской части СССР. – В кн.: Природа почв рисовых полей. – Алма-Ата: Наука, 1969, с 23-32.

6. Летунов П.А., Музычук И.Ф., Лапшина А.И. Передвижение солей с капилярно-подвешенной водой. – В кн.: Сб. памяти акад. В.Р. Вильямса, М.-Л.: АН СССР, 1942, с. 247-265.

7. Маттсон С. Почвенные коллоиды. – М.: Сельхозгиз, 1938, с 432.

8. Пак К.П. Солонцы СССР и пути повышения их плодородия. – М.: Колос, 1975, с 348.

9. Решеткина Н.М., Якубов Х.И. Вертикальный дренаж. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1978, с 320.

10. Руководство по проектированию режима работы вертикального дренажа для условий Средней Азии. ВТР-П-11-76. – Ташкент: САНИИРИ, 1977, с. 102.

11. СССР и союзные республики в 1980 году. – М.: Финансы и статистика, 1981. – с. 263.

12. Шаврыгин П.И. Физические свойства почв в зависимости от состава поглощенных оснований. – Науч.тр. /Почвенный институт им.В.В.Докучаева, 1936, Т.13, с 51-99.

А.Е.Михель
аспирант
(КазНИИВХ)

ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЯ РИСА ОТ ВЕЛИЧИНЫ ВОДОПОДАЧИ В РАЗЛИЧНЫЕ ФАЗЫ ЕГО РАЗВИТИЯ

Интенсивный рост орошаемых площадей ведет к повышению водопотребления на нужды сельскохозяйственного производства, которое в Средней Азии составляет около 80% всей потребляемой воды, причем половина из них используется безвозвратно. Это привело к тому, что в южных районах страны уже сейчас ощущается нехватка оросительной воды. Особенно это заметно при возделывании такой влаголюбивой культуры как рис. Так в маловодные 1974-75 годы рисосеющие хозяйства Казахстана, в сравнении с годами средней обеспеченности, недополучили 10-15% сельскохозяйственной продукции, что однако нельзя объяснить только нехваткой оросительной воды. В хозяйствах не знали, как рациональнее распорядиться данным им минимумом воды, так как не имели соответствующего опыта, каких либо научных рекомендаций и разработок по возделыванию риса малыми нормами.

В эти годы управления оросительных систем в основном пропорционально сокращали водоподачи для всех хозяйств. Этого же принципа придерживались и в хозяйствах, без учета биологических особенностей риса. Поэтому нами была поставлена задача определения влияния недополива на урожайность риса.

На данном этапе есть рекомендации по установлению оптимального режима орошения риса, при котором достигается максимальная его урожайность в различных почвенно-климатических условиях, которые и были нами взяты за основу [1,2].

Исследования проводились на Кзыл-Кумском рисовом массиве Чимкентской области лабораторией рисовых систем Казахского НИИ водного хозяйства под руководством к.с.-х.н. Рау А.Г. Закладка опытов осуществлялась согласно существующим методикам проведения полевого опыта, в вегетационных сосудах без дна, являющихся своеобразной моделью чека [3,4] . Для выявления целесообразных пределов недополива нами были заданы четыре уровня уменьшения водоподачи на 20,40,60 и 80%, по пяти основным фазам развития риса. Исследования проводились по следующем схеме: водоподача во все фазы развития 100%-контрольный вариант, недополив в период фазы прорастание - всходы на 20,40,60 и 80%; (В-1, В-2, В-3, В-4),в

остальные фазы развития подача воды такая же, как на контрольном варианте. Аналогично производилось уменьшение водоподачи на 20,40, 60 и 80% в фазу кущения (К-I, К-2, К-3, К-4), трубкования (Т-I, Т-2, Т-3, Т-4), выметывания-цветения (Ц-I, Ц-2, Ц-3, Ц-4) и молочной спелости (М-I, М-2, М-3, М-4). Такая постановка дает возможность определения периода, когда рис наиболее устойчив к уменьшению оросительной нормы. В каждый сосуд было высажено по 40 растений (I20 шт на I $м^2$), что является средней густотой прорастания на исследуемых полях. Фазы развития определялись по контрольному варианту, когда они отмечались у 80% растений.

Первоначальный объем воды, необходимый для насыщения толщи почвогрунта зоны аэрации и создания слоя затопления ($W_н$), был расчитан по формуле [5].

$$W_н = H \cdot n (\beta_п - \beta_н) + 10^4 h + 10^4 E t , \quad м^3/га$$

где H – мощность слоя почвогрунта до уровня грунтовых вод (м);

n – средняя скважность в % к объему почвогрунта;

h – высота слоя затопления (м);

E – среднесуточное испарение (м);

t – период затопления (сут.);

$\beta_н, \beta_п$ – средняя влажность в % к полной влагоемкости перед затоплением и полная влагоемкость соответственно.

Расчетный объем воды составил $W_н$ = 3212 $м^3$/га, однако при проведении опытов он был несколько выше в первый год $W_н$= 3400$м^3$/га, во второй $W_н$ = 3270 $м^3$/га, это объясняется увеличенной боковой фильтрацией за счет неравномерного затопления чека и сосудов.

За период вегетации оросительная норма (нетто) на контрольном варианте в первый год составила 20286 $м^3$/га, во второй - 2I024 $м^3$/га, при среднем урожае 56,9 и 64,6 ц/га соответственно. По данным исследований был определен коэффициент водопотребления, харатеризующий затраты воды на единицу продукции. Для наших условий его оптимальное значение колеблется в пределах 300-350 $м^3$/ц, однако для различных рисовых систем, расположенных в разнообразных почвенно-климатических условиях, он различен [6]. В таблице приведены осредненные величины урожая и расчетные значения коэффициентов водопотребления, при различных условиях недополива по разным фазам развития риса. По данным опыта видно, что при снижении оросительной нормы от его оптимального значения уменьшается

урожайность, но возрастают затраты воды на единицу продукции. Причем не во все фазы рис одинаково чувствителен к сокращению водоподачи. Наиболее резкое увеличение коэффициента водопотребления до I642 м^3/ц наблюдается при недополиве на 80% в фазу цветения и незначительное (до 583 м^3/ц) при том же уровне ущемления в фазу всходов.

Для количественной оценки влияния оросительной нормы на величину урожая и их связи между собой обычно применяется функция в виде выпуклой вверх кривой с максимумом при оптимальной подаче воды. В нашем же случае мы исходим из условия, что точкой отсчета оросительной нормы являлось её оптимальное значение. Анализ полученных опытных данных и характер связи между оросительной нормой, которая принимается нами ниже оптимальной и урожайностью показал, что эта связь может быть описана с достаточно высокой точностью линейной зависимостью вида:

$$У = a + bx ,$$

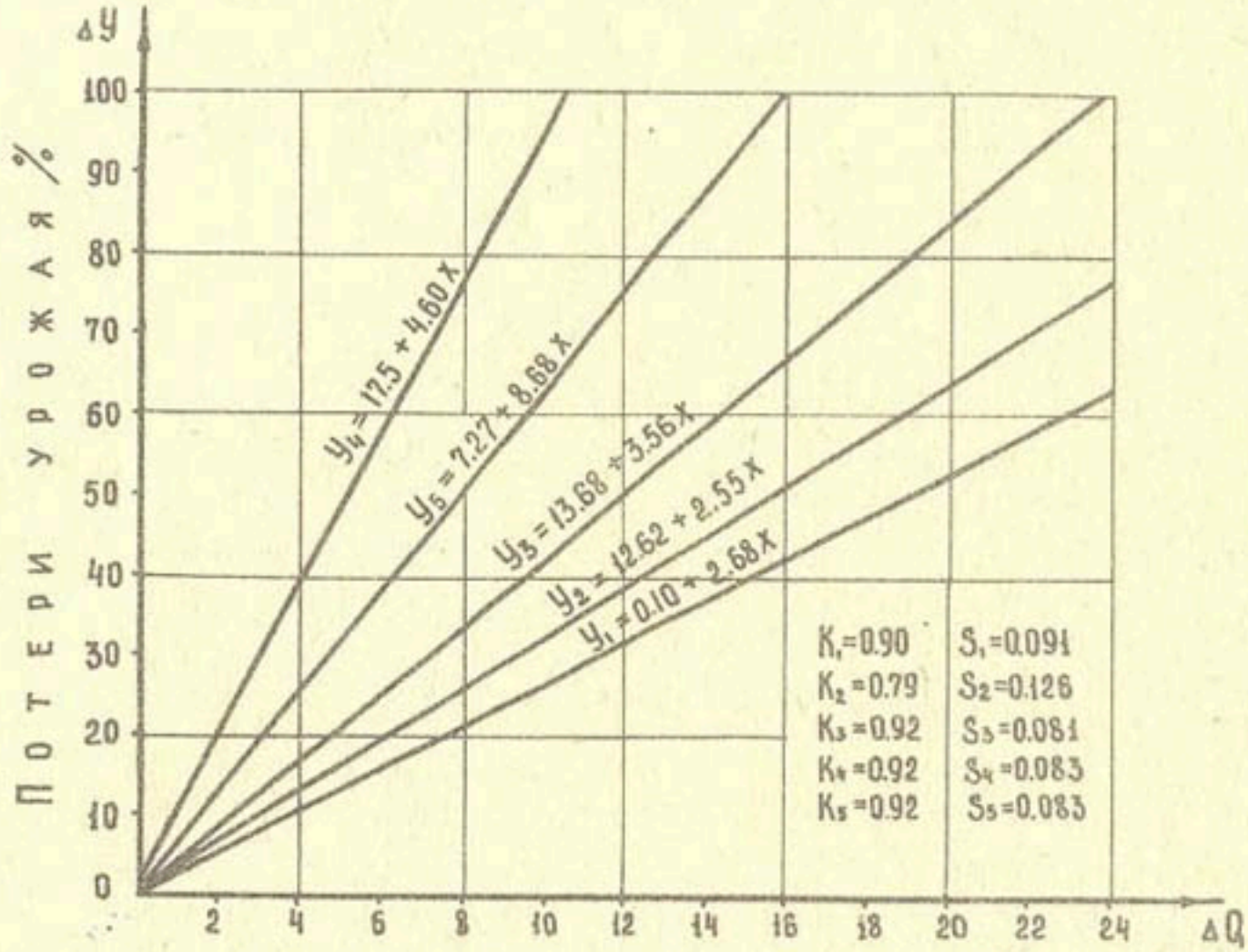
где $У$ - потери урожая, %;

X - уменьшение водоподачи по фазам, %.

Полученные нами уравнения (рис.I) дают возможность определить потери урожайности в зависимости от ущемления водоподачи, в различные фазы развития риса, причем полученные уравнения регрессии имеют достаточно тесную связь, коэффициент корреляции (К) находится в пределах (0,79-0,92).

Таблица I

№№	Варианты	Даты начала и окончания фазы развития	Кол-во дней	% ущемления оросительной нормы	Оросительная норма м^3/га	Урожай, ц/га	Коэффициент водопотребления, м^3/ц
I	2	3	4	5	6	7	8
			I980 год				
I.	"Контроль"	II/5-26/8	I08	-	20286	56,9	356,5
2.	В-I	II/5-I2/6	33	20	I9II0	53,6	356,5
3.	В-2			40	I8II2	36,7	493,5
4.	В-3			60	I7080	29,5	578,9
5.	В-4			80	I6066	27,5	584,2
6.	К-I	I3/6-I0/7	28	20	I9443	40,4	48I,3
7.	К-2			40	I860I	29,I	639,2



УМЕНЬШЕНИЕ ВОДОПОДАЧИ %

Рис. I Потери урожая риса при изменении величин водоподачи в различные фазы его развития.

$Y_1, Y_2 \ldots Y_5$ – потери урожая в % по вариантам в фазы "всходов", "кущения", "трубкования", "цветения" и "молочной спелости" соответственно.

X – уменьшение водоподачи в %.

K_n – коэффициент корреляции.

S_n – ошибка коэффициента корреляции.

I	2	3	4	5	6	7	8
8.	К-3			60	I7734	25,6	692,7
9.	К-4			80	I6880	I9,0	888,4
I0.	Т-I	II/7-30/7	20	20	I9600	39,5	496,2
II.	Т-2			40	I8963	34,6	548,I
I2.	Т-3			60	I8308	27,6	663,3
I3.	Т-4			80	I7648	I8,I	975,0
I4.	Ц-I	3I/7-I0/8	II	20	I9940	44,7	446,I
I5.	Ц-2			40	I959I	4I,2	475,5
I6.	Ц-3			60	I9242	25,6	75I,6
I7.	Ц-4			80	I889I	II,5	I642,7
I8.	М-I	II/8-26/8	I6	20	I9856	40,3	492,7
I9.	М-2			40	I9369	37,0	523,5
20.	М-3			60	I8892	27,4	689,5
2I.	М-4			80	I84I7	25,I	733,7
				I98I год			
22.	"Контроль"	II/5-29/8	II0	-	2I024	64,6	325,4
23.	В-I	II/5-I0/6	3I	20	I9864	53,8	369,2
24.	В-2			40	I8878	47,6	396,6
25.	В-3			60	I7887	35,5	503,8
26.	В-4			80	I6898	3I,4	538,2
27.	К-I	II/6-9/7	29	20	20063	52,5	382,2
28.	К-2			40	I9096	48,3	395,4
29.	К-3			60	I8I32	40,I	452,2
30.	К-4			80	I7I65	33,0	520,2
3I.	Т-I	I0/7-3I/7	2I	20	20295	46,9	432,7
32.	Т-2			40	I9572	36,9	530,4
33.	Т-3			60	I8845	3I,4	600,2
34.	Т-4			80	I8I25	30,4	596,2
35.	Ц-I	I/8-I2/8	I2	20	2064I	4I,I	502,2
36.	Ц-2			40	20208	35,I	575,7
37.	Ц-3			60	I9836	29,7	667,8
38.	Ц-4			80	I9432	I8,3	I06I,8

I	2	3	4	5	6	7	8
39.	М-I	I3/8-29/8	I7	20	206II	45,3	454,3
40.	М-2			40	20I65	38,4	525,I
4I.	М-3			60	I97I9	33,2	593,9
42.	М-4			80	I9275	30,3	636,I

При уменьшении водоподачи по фазам на одинаковых уровнях 20,40,60 и 80% мы получили однако различные оросительные нормы. Так, при недополиве в период всходов по заданным уровням, оросительная норма уменьшается на 6-2I%, при кущении 4-I8%, трубковании 4-I4%, цветения 2-8%, и молочной спелости 2-9%. Полученные нами зависимости урожая от общей оросительной нормы при одинаковом уровне недополива по фазам показывают, что в такие периоды развития культуры, как цветение и молочная спелость при небольших уменьшениях оросительной нормы, снижение урожая намного больше чем во время всходов и кущения. Предложенные уравнения могут применяться в условиях дефицита водных ресурсов с целью прогнозного расчета снижения ущерба от недодачи воды на орошение. Так, например, снижение оросительной нормы на I0% привело к снижению урожая на 25% от оптимального в фазу всходов, в период кущения на 28%, трубкования-42%, в период цветения это ведет почти к полной гибели растений, а при молочной спелости на 64,4%.

Исходя из этого можно сделать следующие выводы, что хозяйствам при возделывании риса в маловодные годы необходимо проводить распределение водных ресурсов в период вегетации таким образом, чтобы в такие фазы как цветение и молочная спелость являющимеся наиболее чувствительными к изменению режима дать необходимое количество воды за счет недодачи его в другие периоды.

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. Рекомендации по режиму орошения риса и культур рисового севооборота "Союзгипрорис". - Чимкент: I972.
2. Рекомендации по орошению риса. КазНИИВХ. "Казгипроводхоз".- Кзыл-Орда: I977.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Колос, I979.

4. Методика гидромелиоративных исследований по орошению риса. - Краснодар: 1977.
5. А н д р ю ш и н М.А. Орошение риса. - М.: Колос, 1977.
6. З а й ц е в В.Б. К вопросу водообеспеченности культуры риса. - Водные ресурсы, 1982, № 1, с. 83.

А.Г.Рау
канд.с.-х. наук
(КазНИИВХ)

ЛИНЕЙНАЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ СТАХОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ОРОШЕНИЯ НА РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ БАССЕЙНА Р.СЫРДАРЬИ

В районах рисосеяния Средней Азии, где грунтовые воды слабоминерализованы (2,0-3,5 г/л) и питаются за счет фильтрации из рек, водохранилищ, оросительных каналов и поливных вод с рисовых чеков эффективность оросительных систем может быть повышена как за счет улучшения структуры производственных отраслей и распределения оросительной воды между хозяйствами, так и за счет повторного использования дренажных вод, особенно из скважин вертикального дренажа.

Учитывая, что массивы рисосеяния в Средней Азии размещены в поймах рек Сырдарьи и Амударьи со слабым подземным оттоком грунтовых вод, в результате чего появляется необходимость в строительстве дренажа, а также значительный, с каждым годом возрастающий, дефицит оросительной воды, потребность в дополнительных водных ресурсах очень велика, поэтому оборотное использование дренажных вод, в разумных пределах, является насущной задачей сегодняшнего дня и ближайшей перспективой до прихода сибирских вод. При этом дополнительных капитальных вложений на строительство и оборудование скважин, а также эксплуатационных издержек, не требуется, так как скважины являются неотъемлемой частью мелиоративной системы и выполняют роль дренажа по понижению и отведению грунтовых вод, созданию необходимой фильтрации с затопленных рисовых чеков в вегетационный период.

В рисосеющих районах аридной зоны речной сток является сильно изменяющейся величиной и в маловодные годы, какими были 1974-76 гг., на полив риса в бассейне р.Сырдарьи использовались дренажные воды в объеме 80-90% стока. В последующие годы дренажные воды использовались на полив культур рисового севооборота от 40 до 75%

стока, в зависимости от водности года. В настоящее время рисовые оросительные системы бассейна р.Сырдарьи, на большей части площади, могут получать воду из различных источников как поверхностных из реки, так и дренажных из вертикальных дрен, баланс грунтовых вод поддерживается дренажной системой. Поскольку воду на полив культур рисового севооборота можно использовать с различной экономической отдачей, то задача состоит в том, чтобы определить оптимальный объем откачек, подвод ирригационной воды и дренаж с учетом годовой потребности в воде выращиваемых культур и водности года, при сохранении и улучшении мелиоративного состояния орошаемых земель. Для решения этой задачи рассмотрим модель линейного стахостического программирования, позволяющую определить совместное использование подземных и поверхностных вод с учетом изменчивости стока реки Сырдарьи.

В модели принимаются: расход скважин постоянным, атмосферные осадки в вегетационный период равными нулю, водообеспеченность источников орошения (р.Сырдарьи) 50, 75 и 95%. Это упрощение позволяет фиксировать внимание на создании надежной системы водоподачи, при получении максимального дохода с орошаемых земель, что и является главной задачей проектирования.

Дополнительно в задаче определяется объем дренажных вод, который следует использовать на полив риса, в зависимости от водообеспеченности года и объема дренажных вод необходимого для отведения с рисовых полей, в целях сохранения и улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель. При этом в ограничениях учитываются минерализация оросительных, дренажных вод, допустимая для полива риса, динамика содержания солей в почвогрунтах зоны аэрации.

Математическая формулировка изучаемой задачи для Кзылкумской рисовой системы состоит в следующем. Пусть частота обеспеченности водными ресурсами y, под которой понимается водообеспеченность рисовых систем (y), чистый доход от хозяйства оросительной системы при расчете на обеспеченность водными ресурсами "Q" и дополнительно от дренажных вод "W" есть $F(Q,W)$. Тогда прибыль от орошения при использовании оросительных и дренажных вод определяется через интеграл $\int_0^{\infty} F(Q,W) f(y)dy$. Если предположить конечное число z исходов обеспеченности водными ресурсами рисовой системы с вероятностями повторения P_{ℓ}, $\ell = 1,2...$ z, то чистый доход выражается конечной суммой $\sum_{\ell=1}^{z} P_{\ell} \cdot F_{\ell}$, где

F_ℓ - чистый доход от рисовой системы в ℓ -ый исход обеспеченности водными ресурсами.

В качестве основных переменных величин задачи, входят:

- площади различных культур и севооборотов, уровни грунтовых вод, поливные нормы, объемы использования оросительных вод, поголовье скота, птицы, земельные ресурсы. Переменные величины задачи являются многоиндексными. Каждой переменной с индексом i , поливному периоду j , в исход обеспеченности с номером ℓ может быть поставлено в соответствие некоторое количество n - способов её использования. Так, одна и та же культура может поливаться несколькими нормами и объемами использования дренажной воды. Прифермский севооборот, кормовые культуры различаются по направлению использования в качестве сенокосов или пастбищ. Каждому году обеспеченности водными ресурсами определяется объем дренажного стока используемый на полив и на сброс. При этом основными предпосылками являются:

источником питания водой служит река Сырдарья с зарегулированным сезонным стоком Чардаринским водохранилищем, емкостью 5,7 млрд.м^3 воды;

- подземные воды на орошаемом массиве размещенные в водоносной толще среднезернистых песков - также являются источником питания водой;

- капиталовложения на подачу воды по оросительным каналам, вертикальным дренам и через станции подкачки определены в расчете на единицу орошаемой площади;

- для учета потерь воды на фильтрацию выделены рисовые и не рисовые поля орошения, продолжительность поливного периода.

Вертикальный дренаж служит как для откачки воды на полив или сброс, так и для снижения уровня грунтовых вод, который поднимается в результате фильтрации воды с затопленных рисовых чеков, оросительных каналов и водоемов, питающихся от сбросных вод. Поэтому дренаж рассматривается одновременно с оценкой параметров оросительной системы.

Набор нормативов затрат производственных ресурсов и выход продукции, соответствующий каждой рассматриваемой переменной, составляет столбец матрицы ограничений задачи. Модель оптимизации производственной структуры рисовых хозяйств при комплексном использовании оросительных и дренажных вод записывается в следующем виде:

$$\left\{ \rho_e \sum_{k=1}^{K} \sum_{\rho=1}^{R} \sum_{i=1}^{n} C_{i\rho k}^{(e)} \cdot X_{i\rho k}^{(e)} - \rho_e \sum_{k=1}^{K} \sum_{\rho=1}^{R} \sum_{j=1}^{m} \left[K_{\rho k}^{w(e)} \left(W_{j\rho k}^{(e)} + V_{j\rho k}^{(e)} \right) + K_{\rho k}^{y(e)} \cdot Y_{j\rho k}^{(e)} \right] - \right.$$
$$\left. - \sum_{k=1}^{K} \sum_{\rho}^{R} S_\rho \cdot K_\rho^S \right\} \longrightarrow max.$$

Определяется максимум ожидания чистого дохода от хозяйств рисовой системы в расчете на единицу объема воды, полученной из источника орошения и дренажных вод. Здесь $X_{i\rho k}$ – показатели плана использования оросительной и подземной воды; площади культур, поголовье скота, птиц, использование капиталовложений и т.д.
$C_{i\rho kj}$ – доход в расчете на I га или структурную голову скота, где k – индекс хозяйства, ℓ – индекс исхода обеспеченности водными ресурсами, ρ – индекс системы, i – индекс культуры, j – поливной период, m – общее число поливных периодов, приуроченных к фазам развития риса, K – количество и специализация хозяйств.
$K_{\rho k}^{W}$ – приведенные годовые капитальные затраты и издержки на ремонт скважины или эксплуатационные затраты;
$K_{\rho k}^{y}$ – приведенные годовые капитальные затраты и издержки на ремонт оросительной и дренажно-сбросной сети, на I м^3 оросительной воды;
$K_{\rho k}^{S}$ – приведенные годовые капитальные затраты и издержки на ремонт I га орошаемой площади;
$Y^{(e)}$ – переменный объем оросительной воды, равный:

$$Y^{(e)} = \sum_{\rho}^{R} Y_\rho^{(e)} = \sum_{\rho} \sum_{j} Y_j ;$$

$W_{j\rho k}^{(e)}$ – объем дренажных вод используемый на орошение, в ℓ – исход обеспеченности водными ресурсами;
$V_{j\rho k}^{(e)}$ – объем дренажных вод на сброс, для сохранения и улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель;
$Y_{j\rho k}^{(e)}$ – объем оросительных вод в ℓ – исход обеспеченности водными ресурсами.

Система ограничений отражает баланс использования воды и земли в каждый выделенный период времени, при этом отдельно вводятся ограничения по гидрологическому балансу орошаемой территории и предельно допустимой минерализации поливной воды, содержанию солей в почвогрунтах.

Основные ограничения задачи

I. Площадь ирригационно подготовленных земель не должна превышать заранее заданной величины $\sum_{\rho=1}^{R} S_\rho = S \leq S_1$.

2. Площади культур постоянны при разных исходах обеспеченности водными ресурсами ($\ell = 1,2 \dots z$)

$$\sum_{i}^{n} X_{i\rho\kappa}^{(1)} = \sum_{i} X_{i\rho\kappa}^{(2)} = \sum_{i} X_{i\rho\kappa}^{(z)} .$$

3. Задание минимальных объемов товарной продукции $A_{\nu}^{(\ell)}$ ν – его вида для продажи государству или для местного потребления

$$\sum_{ij} a_{ij}^{(\ell)} X_{ij}^{(\ell)} \geq A_{\nu}^{(\ell)} ; \quad \nu = 1,2,3 \dots N .$$

здесь $a_{ij}^{(\ell)}$ урожайность или нормативный выход продукции с I га или на структурную голову в животноводстве.

4. По использованию μ – его вида ресурса D_{μ} (воды, труда, земли и т.д.), в соответствующих единицах измерения:

$$\sum_{ij} a_{ij\mu}^{(\ell)} X_{ij}^{(\ell)} \leq D_{\mu} ; \quad \mu = 1,2 \dots F .$$

5. Балансовые соотношения по выходу и использованию кормов в животноводстве:

$$\sum_{ij} z_{ij}^{(\ell)} X_{ij}^{(\ell)} - \sum_{ij} z_{ij} X_{ij}^{(\ell)} \geq 0$$

здесь $z_{ij}^{(\ell)}$ – выход кормов, z_{ij} – потребность в кормах.

6. По севооборотным культурам:

$$\beta_{i\rho} z_{\rho} \leq \sum_{j} X_{ij\rho}^{(\ell)} \leq \tilde{\beta}_{i\rho} z_{\rho} ; \quad \sum_{ij} X_{ij}^{(\ell)} \leq z_{\rho}$$

здесь z_{ρ} – площадь орошаемого севооборота, β – доля участия культур в севообороте.

7. Удовлетворение культур в воде $gx \leq \alpha Q^{(\ell)}$

$$x = \{x_{i\rho\kappa}\}, \quad q = \{q_{i\rho\kappa}^{(\ell)}\} \quad i = 1,2 \dots n, \quad \rho = 1,2 \dots R .$$

$$\kappa = 1,2 \dots K, \quad \ell = 1,2 \dots z .$$

Объем воды для орошения состоит из двух компонентов $Q^{(\ell)} = \alpha_1 y^{(\ell)} + \alpha_2 W^{(\ell)}$, α_1 и α_2 – к.п.д. использования воды; $y_{пов}^{(\ell)}, W_{тр}^{(\ell)}$ – соответственно объем поверхностной воды и дренажной в ℓ – исход водообеспеченности.

Количество дренажных вод необходимых для полива определится как $gx - \alpha_1 y^{(\ell)} \leq \alpha_2 W^{(\ell)}$

Величина $gx - \alpha_1 y^{(\ell)}$ – отражает дефицит оросительной воды источника в ℓ – исход обеспеченности водными ресурсами, при этом забор воды на орошение из источника не может быть больше

$$y^{(\ell)}, \text{ т.е. } \sum_{j\rho} y^{(\ell)} \leq y^{(\ell)} .$$

Переменными объема воды на системе будут

$$Q_{сис}^{(e)} = Y_{jp}^{(e)} + W_{jp}^{(e)} + V_{jp}^{(e)};\ e=1,2,3,\ p=1,2\ldots R,\ j=1,2\ldots m.$$

8. По объему дренажного стока

$$\sum_{jp}(W_{jp}^{(e)} + V_{jp}^{(e)}) \leq \sum_{p} П \leq M$$

здесь $П$ – скорость притока грунтовых вод к скважинам, M – допустимый объем откачки.

9. По поддержанию уровня грунтовых вод на определенной глубине:

$$D \leq \sum_{pj}\Big[q_{pj}^{e} + W_{pj}^{(e)}(1-\gamma_2) + V_{pj}^{(e)} - \gamma_{pj} Y_{pj}^{(e)} + \sigma_{pj}(S_p^{в} - S^{p}) -$$

$$- \gamma_{3pj} \sum_{i}(g_{jip}/\theta_{pj}) \cdot X_{ip}^{(e)} - \gamma_{4jp} S_p^{o(e)}\Big] - \sum_{p} \eta_p \leq M$$

здесь q_{pj}^{e} – отток грунтовых вод с p – системы, в j – период; η_p – приток грунтовых вод на p – систему; $S_p^{o(e)}$ – площадь озер питающих грунтовые воды в e – исход; θ_{pj} – фильтрация с рисовых полей, p – системы, в j период; $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4$ – соответственно доля питания грунтовых вод от оросительной сети, дренажно-сбросной, рисовых полей, озер; σ_{pj} – испарение от грунтовых вод с полей не занятых посевами риса, $S_p^{в}$ – площадь брутто системы, S_p^{p} – площадь занятая посевами риса; D – объем дренажных вод.

I0. По допустимой минерализации поливной воды:

$$C_{п.вод.} = \frac{W_п C_0 + Y_п C_1}{W_п + Y_п} \leq C_{доп.}$$

II. По допустимому содержанию солей в почвогрунтах зоны аэрации:

$$C_н + C_y^{(e)} + C_{W_п}^{(e)} + C_п^{(e)} - C_ч^{(e)} - C_ξ \leq C_{пред.}$$

здесь $C_н$ – начальный запас солей;
$C_y^{(e)}, C_W^{(e)}, C_п^{(e)}$ – соответственно поступление солей от оросительных вод, дренажных, грунтовых; $C_ч^{(e)}, C_ξ^{(e)}$ – вынос солей дренажным стоком и подземным оттоком; C пред. – предельно допустимое содержание солей в почвогрунтах зоны аэрации.

I2. Показатель плана неотрицательности $X_{ijк}^{(e)} \geq 0$

Матричная схема модели с тремя исходными обеспеченности водными ресурсами может быть представлена в следующем виде:

W_1	C_1	A_0	A'_0	A'_1	0	0
W_2				0	A'_2	0
W_3				0	0	A'_3
C'	C_2	0	A''_0	A''_1	A''_2	A''_3
B	0	0	B_0	B_1	B_2	B_3

Здесь B – вектор ограничений; A^{τ}_{i} – матрицы затрат по растениеводству ($\tau=1$) и прочим отраслям ($\tau=2$); A_0 – матрица отражает условия постоянства орошаемых культур; A'_0, A''_0, B_0 – матрицы и вектор ограничений, позволяющие рассмотреть в модели создания резервов товарной продукции;
$W=\{W^{(1)}, W^{(2)}, W^{(3)}, C_1\}$ – решение задачи. Компоненты вектора обозначают направления капиталовложений на улучшение мелиоративного состояния земель или новое освоение, а также объем животноводческих отраслей, которые должны обеспечиваться кормами за счет производимой продукции растениеводства.

Приведенная экономико-математическая модель позволяет не только определить объем дренажной воды потребной на орошение при фиксированных площадях, но также решить такие вопросы как мелиоративное улучшение орошаемых земель или перевод естественных угодий в орошаемые. Осуществляется это введением в модель переменных, за счет которых ослабляются или усиливаются соответствующие ограничения.

В рамках сформулированной модели могут быть рассмотрены такие важные производственные вопросы, как удельный вес посева риса на системе, выбор типа и параметров дренажа, создание стабильной кормовой базы и т.д. Причем все перечисленные вопросы могут быть решены как для одного хозяйства рисовой системы, так и для группы хозяйств, обслуживаемых оросительной системой.

ЛИТЕРАТУРА

I. Воропаев Г.В. Оценка эффективности капитальных вложений в мелиоративное строительство. – Гидротехника и мелиорация. 1971, № 12.

2. Новиков Г.Н., Колузанов К.В. Применение экономико-математических методов в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1975.

3. Бр о сл а в е ц М.Е., К р а'в ч е н к о Р.Г. Методы моделирования экономических процессов в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1972.

4. Н е с т е р е н к о Л.И. и П р я ж и н с к а я В.Г. Сравнительный анализ устойчивости решения задачи линейного программирования. – В кн.: Оптимальное планирование. Вып. 3. – Новосибирск: 1966, с. 81-97.

А.А.Джумабеков
канд. с.-х. наук
Г.А.Тулебаева
мл.научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ И ВЕРТИКАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РИСА

Дефицит поливной воды в южных районах Казахстана при возрастающих площадях орошаемых земель и быстром развитии народного хозяйства вызывает необходимость изучения вопроса оборотного использования слабоминерализованных коллекторно-сбросных вод для орошения.

По данным "Управлений оросительных систем" Чимкентской и Кзыл-Ординской областей объем коллекторно-сбросных вод с рисовых систем составляет 40-55% водозабора. Эти воды являются большим резервом в повышении водообеспеченности оросительных систем этого региона. Кроме того, сброс коллекторно-сбросных вод увеличивает содержание водно-растворимых солей в речной воде и загрязняет её за счет применяемых на рисовых системах удобрений и ядохимикатов. Следовательно, внутрисистемное оборотное использование коллекторно-сбросных вод для орошения обусловлено нарастающим дефицитом поливной воды, особенно в маловодные годы, и сохранением качества водных ресурсов в пределах всего речного бассейна.

Исследованиями [1,2,3] установлено, что успешное применение слабоминерализованных вод в целях орошения зависит в основном от степени минерализации поливной воды и дренированности (фильтрационный отток) почвогрунтов.

В связи с этим в течении 1979-1981 гг. Казахским НИИ водного хозяйства проводились вегетационные опыты по определению допустимой минерализации коллекторно-сбросных вод для орошения, при различных условиях фильтрации, и влияние их на продуктивность риса.

Опыты ставились на территории риссовхоза "Кзыл-Кумский" Чардаринского района Чимкентской области на лугово-сероземных почвах в сосудах ГГИ-400, которые являлись моделью чека. Повторность - трехкратная, варианты следующие: I - полив оросительной водой с минерализацией I,0-I,4 г/л (контроль); 2 - полив дренажной водой с минерализацией 2,5-3,0 г/л; 3 - полив дренажной водой с минерализацией 3,5-4,0 г/л; 4 - полив дренажной водой с минерализацией 5,5-6,0 г/л. В вегетационных сосудах искусственно создавалась вертикальная фильтрация: 0,4, 8, I2, I6 тыс.м^3/га, которая встречается в почвенно-гидрогеологических условиях Кзыл-Кумского массива.

В сосудах возделывался среднеспелый сорт риса УзРОС-59, режим орошения - "укороченное" затопление.

Исследования показывают, что наибольшая урожайность риса 50,9-59,I ц/га получена при поливе водой с минерализацией I,0-I,4 г/л и где расход воды на фильтрацию за оросительный период составляет 8-I2 тыс.м^3/га (табл.I).

Таблица I

Зависимость урожайности риса от минерализации поливной воды и фильтрации

Варианты	Минерализация поливной воды, г/л	Фильтрация тыс.м^3/га	Урожайность риса, ц/га		
			I979	I980	I98I
I	2	3	4	5	6
I-I	I,0-I,4	0	28,0	26,4	27,0
I-2	I,0-I,4	4	34,9	33,2	35,5
I-3	I,0-I,4	8	56,5	54,0	50,9
I-4	I,0-I,4	I2	59,I	52,0	53,3
I-5	I,0-I,4	I6	52,4	49,5	48,7
2-I	2,5-3,0	0	4,0	7,3	I0,0
2-2	2,5-3,0	4	I4,8	I6,2	20,0
2-3	2,5-3,0	8	34,8	30,0	28,5
2-4	2,5-3,0	I2	44,2	40,0	40,6
2-5	2,5-3,0	I6	44,6	42,2	4I,0
3-I	3,5-4,0	0	2,6	3,0	3,0
3-2	3,5-4,0	4	4,8	6,6	8,8
3-3	3,5-4,0	8	I9,6	I7,7	I9,5
3-4	3,5-4,0	I2	28,8	25,2	26,0

I	2	3	4	5	6
3–5	3,5–4,0	I6	29,2	26,6	26,9
4–I	5,5–6,0	0	0	0	0
4–2	5,5–6,0	4	0	0	0
4–3	5,5–6,0	8	7,5	5,5	4,5
4–4	5,5–6,0	I2	I8,5	I4,6	I2,0
4–5	5,5–6,0	I6	I9,6	I9,0	I8,8

Здесь и наиболее высокие биологические показатели риса: высота растений составила 94,2–98,2 см, длина метелки – I6,6–I7,2 см, продуктивная кустистость – I,8–2,2, вес I000 зерен – 30,0–30,2 г (табл. 2). При такой фильтрации создается промывной режим орошения риса и обеспечиваются благоприятные условия для движения питательных элементов и кислорода в корнеобитаемом слое.

Наименьшая урожайность риса (26,4–35,5 ц/га) на этом варианте получена при создании фильтрации 0–4 тыс.м^3/га. Снижение урожайности риса произошло за счет изреживания всходов, слабого развития растений и метелки, увеличения пустозерности.

При фильтрации более I6 тыс.м^3/га урожайность риса была равна 48,7–52,4 ц/га. Некоторое снижение урожайности здесь объясняется тем, что происходит большой вынос питательных элементов из почвы с фильтрационной водой. В сосудах в начале были хорошие всходы и густота стояния, но в процессе вегетации из–за нехватки питательных элементов листья риса из темно–зеленых превращались в желто–зеленые.

Во втором варианте при минерализации поливной воды 2,5–3,0 г/л и фильтрации I2–I6 тыс.м^3/га урожайность риса составила 40,0–44,6 ц/га, т.е. была в пределах плановой урожайности (4I,0 ц/га). При фильтрации 8 тыс.м^3/га урожайность риса снижается в I,3–I,6 раза, 0 и 4 тыс.м^3/га – в 5–9 раза. Рис в этих сосудах развивается очень слабо: высота растений составила 73,4–77,Iсм, длина метелки – I0,0–I4,2 см, вес I000 зерен – 24,4–27,8 г, пустозерность – I,5–2I%. Необходимо также отметить, что увеличение фильтрации здесь не оказало отрицательного влияния на урожайность риса.Это связано с тем, что при поливе коллекторно-дренажной водой поступают наряду с токсичными солями макро и микроэлементы, которые восполняют выносимые из почвы питательные элементы. Полив до полных всходов водой с минерализацией 2,5–3,0 г/л привел к сниже-

Таблица 2

Биометрические показатели растений риса (средний за три года)

Варианты	Количество растений, шт/сосуд	Средняя высота растений, см	Средняя длина главной метелки, см	Количество стеблей см		Продуктивная кустистость	Количество зерен в главной метелке			Пустозерность, %	Вес 1000 зерен, г
				продуктивноых	не продуктивных		полных	пустых	всего		
I-I	8	82,4	I5,2	I2	3	I,5	7I	9	80	II	28,4
I-2	9	84,5	I5,8	I5	I	I,6	75	8	83	9	28,6
I-3	9	94,2	I6,6	I7	I	I,8	83	7	90	8	30,0
I-4	I0	96,0	I7,2	22	I	2,2	88	7	95	8	30,2
I-5	I0	98,2	I7,2	2I	I	2,I	89	8	97	9	30,0
2-I	6	73,4	I0,0	8	5	I,3	38	I0	48	2I	24,4
2-2	7	74,4	II,2	I0	3	I,4	4I	I0	5I	20	24,8
2-3	8	77,I	I3,4	II	3	I,4	6I	II	72	I6	25,6
2-4	8	78,7	I4,2	I3	4	I,6	68	I2	80	I5	27,8
2-5	9	82,8	I5,4	I5	2	I,8	69	I2	8I	I5	27,9
3-I	5	70,I	8,I	5	5	I,0	I8	I2	30	40	I8,2
3-2	5	72,2	I0,0	6	5	I,2	28	I2	40	30	I8,9
3-3	6	72,6	I2,I	9	4	I,5	38	I3	5I	28	20,6
3-4	6	74,3	I2,8	I0	3	I,6	43	I4	57	24	22,4
3-5	8	80,0	I3,0	II	4	I,4	45	I5	60	25	23,5
4-I	4	62,0	6,0	5	6	I,2	-	20	30	I00	-
4-2	3	69,I	6,2	5	4	I,6	-	35	35	I00	-
4-3	5	7I,2	8,8	7	4	I,3	I9	25	44	57	I3,2
4-4	6	73,7	9,3	8	5	I,3	29	20	49	4I	I5,6
4-5	5	78,3	9,3	I0	5	2,0	30	2I	5I	40	I4,7

нию густоты стояния и увеличению продолжительности вегетационного периода. Следовательно, в этот период рис необходимо поливать оросительной водой, чтобы получить наибольшую густоту стояния растений.

В третьем варианте при поливе дренажной водой с минерализацией 3,5-4,0 г/л урожайность риса составила 2,6-29,2 ц/га и была значительно ниже плановой урожайности. Снижение урожайности риса произошло за счет уменьшения густоты стояния, длины метелки, веса I000 зерен и увеличения пустозерности риса до 24...40%. В четвертом варианте при поливе дренажной водой с минерализацией 5,5... 6,0 г/л урожай (4,5...I9,6 ц/га) получен только в сосудах, где вертикальная фильтрация была больше 8 тыс.$м^3$/га. В сосудах с фильтрацией 0 и 4 тыс.$м^3$/га хотя и удалось получить всходы, но все метелки оказались пустозерными. Листья риса к концу вегетационного периода пожелтели, что обусловлено нарушением режима питания. Высота растений составила 62,0...78,3 см, вес I000 зерен - I3,2...I5,6 г, продуктивная кустистость - I,2...I,3 пустозерность увеличилась до 40...I00%.

Таким образом, при поливе водой с минерализацией до 2 г/л необходимо создать на рисовом поле фильтрацию равной 6...I0 тыс. $м^3$/га, а при минерализации воды 2,5...3,0 г/л - I2...I6 тыс.$м^3$/га, что обеспечит получение высоких и устойчивых урожаев риса.

На основании экспериментальных исследований нами установлена также связь между минерализацией поливной воды, вертикальной фильтрацией и урожаем риса, которая характеризуется следующим уравнением регрессии:

$$У = 37 + 1,78 \cdot Ф - 8,05 \cdot S ,$$

где $У$ - урожайность риса, ц/га;
$Ф$ - фильтрация, тыс.$м^3$/га;
S - минерализация поливной воды, г/л.

Коэффициент корреляции довольно высокий ($r = 0,86$). Данное уравнение позволяет прогнозировать урожайность риса, зная предварительно минерализацию поливной воды и дренированность территории.

ЛИТЕРАТУРА

I. Рабочев И.С. Использование минерализованных вод для орошения и рассоления почв и основные направления даль-

нейших исследований. – В кн.: Использование минерализованных вод для орошения. – М.: Колос, 1973.

2. З а й ц е в В.Б. Влияние вертикальной фильтрации и дефицита влажности воздуха на урожайность риса. Бюллетень научно-технической информации ВНИИриса, вып. X.– Краснодар: 1973.

3. М и н а ш и н а Н.Г. Об использовании минерализованных вод для орошения. – Гидротехника и мелиорация, 1972, № 3.

Ш.Х.Бегишев
начальник научно-исследовательского отдела
(Совзгипрорис)

КОМПЛЕКСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНО-ВОЗДУШНЫМ, СОЛЕВЫМ И ПИТАТЕЛЬНЫМ РЕЖИМАМИ ПОЧВ НА РИСОВОЙ СИСТЕМЕ

Развитие рисосеяния в низовьях реки Сырдарьи в условиях острого дефицита водных ресурсов должно осуществляться в ближайшем будущем, главным образом, за счет повышения качественных показателей орошаемого гектара. Наибольшие возможности для резкого повышения продуктивности орошаемых земель связаны здесь с комплексным регулированием факторов жизни растений, созданием в почве оптимального водно-воздушного, солевого, теплового и питательного режимов.

В связи с этим в начале на Кзылкумском массиве [5] , затем с освоением целинных земель Тогускенского массива [I] , являющимися типичными для низовий р.Сырдарьи, были организованы комплексные исследования водно-воздушного, солевого и питательного режимов почвы.

Экспериментальные исследования на Тогускенском массиве проводились институтом Совзгипрорис в период с 1970 по 1977 гг. на первой запроектированной и построенной рисовой системе в совхозе "Келинтюбинский" Яныкурганского района (надлежащим образом оборудованной гидропостами, метео- и теплобалансовыми пунктами, сетью наблюдательных скважин и лизиметрическими установками). Исследования отдельных вопросов темы были продолжены в 1978–1979 гг. на рисовой системе в совхозе "Авангард" Чиилийского района Кзыл-Ординской области.

Исследования были направлены на решение следующих задач:

I. Установление оптимальных условий для развития сельскохозяйственных культур в рисовом севообороте.

2. Изучение формирования основных факторов определяющих водно-воздушный, солевой и питательный режимы и возможностей их регулирования.

3. Разработка основных принципов расчета и проектирования рисовой системы с комплексным регулированием водно-воздушного, солевого и питательного режимов.

В результате исследований установлено, что главным управляющим фактором комплексного регулирования всех внешних условий произрастания риса является скорость фильтрации воды. От скорости фильтрации воды зависят поступление кислорода и питательных веществ к корням растений, окислительно-восстановительный режим, удаление из почвы токсичных для риса соединений и урожай риса.

На основе данных исследований (рис) получены зависимости между урожаем и скоростью фильтрации воды:

для совхоза„Келинтюбинский"(η = 0,84)

при – $6 \leq U \leq$ 2I мм/сут

$$Y_i = Y_{max}\left(0{,}56 + 0{,}062 \cdot U - 0{,}023 \cdot U^2\right) \qquad (I)$$

для совхоза„Авангард"(η = 0,87)

при $0 \leq U \leq$ 9 мм/сут

$$Y_i = Y_{max}\left(0{,}40 + 0{,}074 \cdot U - 0{,}0043 \cdot U^2\right) \qquad (2)$$

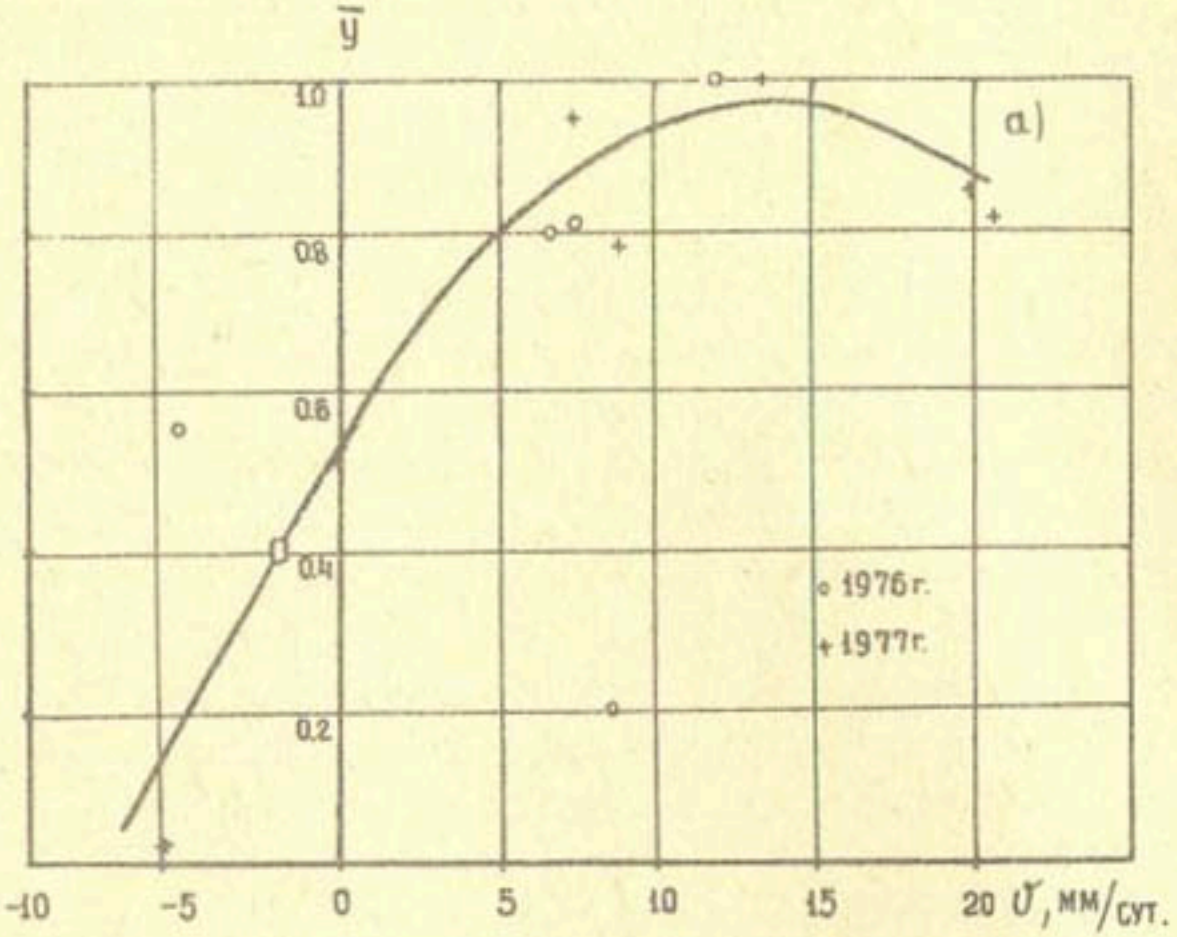
при $9 \leq U \leq$ 35 мм/сут

$$Y_i = Y_{max}\left(0{,}694 + 0{,}0053 \cdot U - 0{,}0003 \cdot U^2\right) \qquad (3)$$

где Y – урожай риса, ц/га;

U – скорость фильтрации воды средняя за период от момента смыкания оросительных и грунтовых вод до сброса воды из чеков, мм/сут.

Кривая связи между урожаем (Y) и скоростью фильтрации воды (U) имеет несколько характерных участков и точек: при отрицательных U растения не дают урожая из-за недостатка кислорода и образования токсических веществ: нарастающая ветвь от $Y = 0$ до $Y = max$ урожая от 0 до max резко возрастает по мере улучшения аэрации корнеобитаемой зоны и вымыва из нее вредных продуктов восстановительных процессов; экстремум соответствует оптималь-



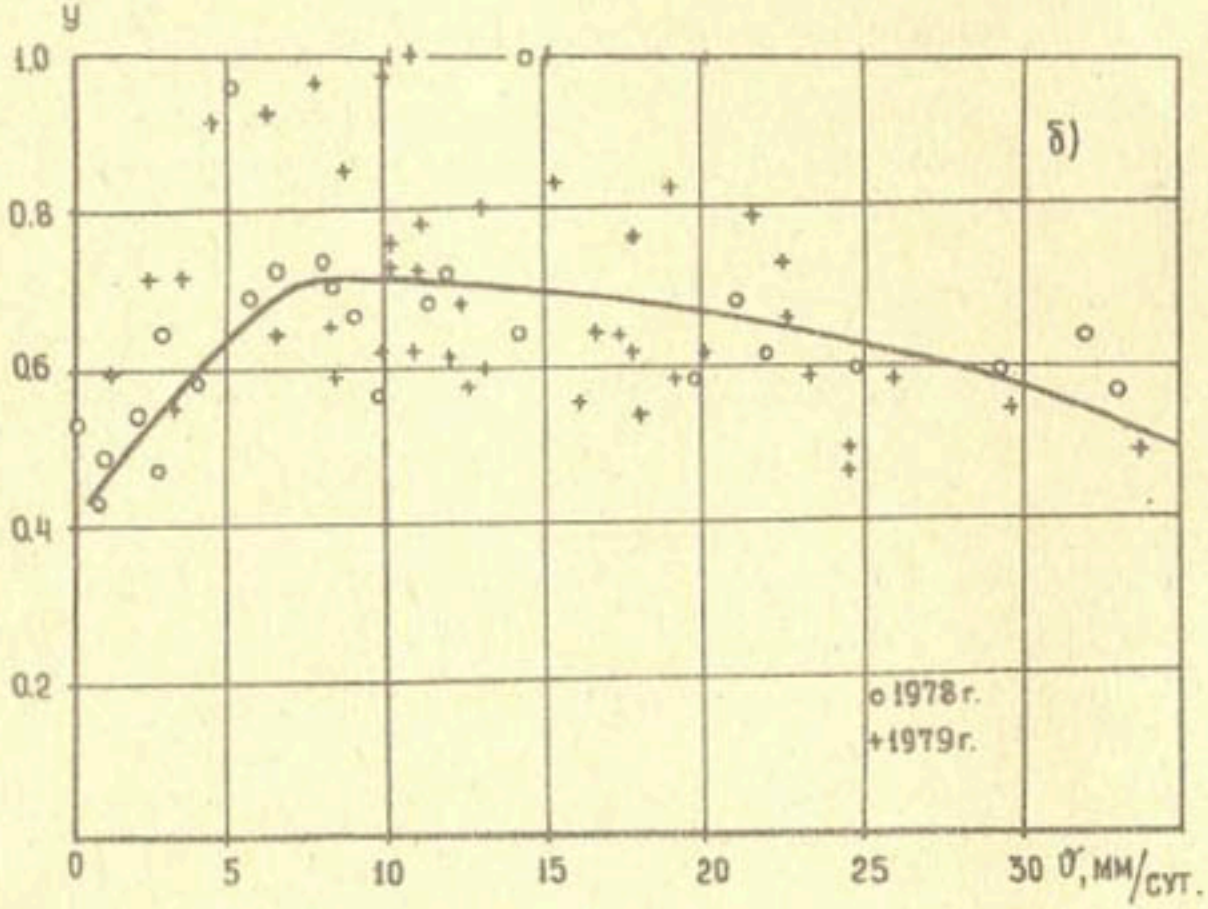


Рис. Зависимость относительной урожайности риса $\bar{y}$ от средней за оросительный сезон скорости фильтрации воды $\bar{v}$
а – с-з . "Келинтюбинский". б – с-з . "Авангард"

ному соотношению воздушного, питательного и по-видимому теплового режимов; нисходящая ветвь, урожай уменьшается из-за вымыва из почвы питательных веществ.

В качестве главного управляющего фактора при регулировании водно-воздушного, солевого и питательного режимов почвы в годы возделывания люцерны служит глубина грунтовых вод. При малых глубинах грунтовых вод растения угнетаются из-за недостатка воздуха и избытка влаги. При больших глубинах нарушается режим питания растений влагой. Оптимальная глубина грунтовых вод, соответствующая наиболее гармоничному и эффективному сочетанию между влажностью и аэрацией, постепенно изменяется по мере развития корневой системы люцерны от I,0 до I,5 м в первый год и от I,5 до 2,0 м во второй. При этом реставрация солеводержания в почве не превышает допустимого уровня, который с возрастом люцерны постепенно повышается, и не препятствует последующему культивированию риса.

Исследования формирования основных факторов водно-воздушного, солевого и питательного режимов и возможностей их регулирования показали:

I. Фактический режим уровней грунтовых вод на люцерновом поле соответствует, на преобладающей его площади, оптимальному, как в первый так и во второй годы. Определяющая роль в этом принадлежит оградительному дренажу перехватывающему в первый и второй годы возделывания люцерны соответственно до 53 и 32% притока подземных вод с окружающих рисовых полей и самой люцерны, расходующей слабоминерализованные грунтовые воды на транспирацию от 6 до I2 мм/сут.

В этих условиях горизонтальный систематический дренаж практически не участвует в преобразовании водного режима. Влияние дренажа распространяется узкой полосой вдоль дрены. Кривая депрессии имеет ярко выраженную кривизну лишь в непосредственной (до 5-7 м) близости от дрены. Формы и направление потока грунтовых вод на люцерновом поле складываются независимо от положения дрен и расстояния между ними. По данным водного баланса дренажный сток по первичным дренам составляет всего лишь 5,7 и 0,6% от расходной его части соответственно в первый и второй годы возделывания люцерны.

В связи с этим правильно будет строить регулирование грунтовых вод на люцерновом поле не на подборе параметров систематического дренажа, как это принято в настоящее время, а на более детальном учете транспирационных особенностей люцерны.

2. Суммарное испарение на люцерновом поле в значительной степени зависит от урожайности и глубины грунтовых вод, а на рисовом от урожайности и продолжительности вегетационного периода (сорта).

Аналитические выражения установленных экспериментальных зависимостей имеют вид:

Для поля с люцерной первого года при I5 $\leq$ $У$ $\leq$ I20 ц/га и 0,5 $\leq$ H $\leq$ 2 м.

$$E = 10000(0,4\,lg\,У + 0,07 + 1,43 \cdot H - 0,68 \cdot H^2) \qquad (4)$$

и 2 $\leq$ H $\leq$ 3 м

$$E = 10000\left(0,4\,lg\,У + \frac{0,6}{H} - 0,09\right). \qquad (5)$$

Для поля с люцерной второго года при 60 $\leq$ $У$ $\leq$ 300 ц/га и I $\leq$ H $\leq$ 2 м.

$$E = 10000(2,25\,lg\,У - 3,85 + 1,05 \cdot H - 0,34 \cdot H^2) \qquad (6)$$

и 2 $\leq$ H $\leq$ 3 м

$$E = 10000\left(2,25\,lg\,У + \frac{1,2}{H} - 3,71\right). \qquad (7)$$

Для рисового поля при 40 $\leq$ $У$ $\leq$ 80 ц/га.

$$E = 10 \cdot t\,(5,64\,lg\,У - 0,94), \qquad (8)$$

где E – суммарное испарение, м^3/га;
$У$ – урожай соответственно сена люцерна и риса, ц/га;
H – глубина залегания уровня грунтовых вод, м;
t – продолжительность вегетационного периода, сут.

3. Фильтрация воды на рисовом поле постепенно уменьшается от начала к концу оросительного сезона. Количественно это изменение наиболее близко аппроксимируется уравнением вида:

$$U_t = U_0 \cdot e^{-0,011(t-t_0)}, \qquad (9)$$

где U_t, U_0 – скорость фильтрации воды (мм/сут) соответственно на момент времени t и t_0;
t_0 – время с момента затопления чеков до момента смыкания оросительных и грунтовых вод, сут.

С учетом этого, скорость фильтрации воды на которую следует рассчитывать дренаж на рисовой системе будет равна:

$$U_o = \frac{U_{ср} \cdot 0{,}011 (t_к - t_о)}{1 - e^{-0{,}011(t_к - t_о)}}, \qquad (10)$$

где $U_{ср}$ – скорость фильтрации воды средняя за оросительный сезон, мм/сут.

Скорость нисходящей фильтрации воды и характер её распределения являются определяющими факторами мелиоративных условий на рисовых чеках и зависят, в значительной степени, от высотного положения чеков и коэффициента фильтрации покровных отложений и меньше от мощности покровных отложений и подстилающих песков. Регулирование её на рисовом поле в пределах оптимума целесообразно, как показали натурные наблюдения и расчеты на ЭГДА 9/60, путем подбора междренных расстояний и заложением в проектах перепадов обметок поверхности смежных чеков на карте не более 0,3 м.

На основе экспериментальных данных произведен расчет оптимальной интенсивности дренирования рисового поля в основу которого положен принцип сопоставления стоимости продукции соответствующей определенному соотношению водно-воздушного, солевого и питательного режимов с затратами на строительство и эксплуатацию системы, а также стоимость оросительной воды. В технико-экономических расчетах использованы полученные количественные связи между величиной суммарного испарения, урожаем и скоростью фильтрации воды, а также учтены все конструктивные различия в сопоставляемых вариантах систем (разные КЗИ, удельная протяженность дорог, валиков, оросительной сети) обусловленные различными междренными расстояниями.

В качестве критерия оптимизации приняты приведенные затраты, исчисляемые по формуле (Инструкция, 1972; Воропаев Г.В., 1971):

$$З_{уд.} = \frac{E \cdot K_i + C_i + \Delta З_{pi}}{У_i}, \qquad (11)$$

где K_i – капитальные затраты по сравниваемым вариантам, руб;

E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E = 0{,}16$);

C_i – годовые издержки по сравниваемым вариантам, состоящие из мелиоративных и сельскохозяйственных, руб;

Таблица

Сравнительная эффективность вариантов интенсивности дренирования рисового поля на I08 га площади брутто

Показатели	Скорость фильтрации воды, мм/сут			
	Междренное расстояние, м			
	I3,5 / I00	8,4 / I50	6,0 / 200	3,7 / 300
I	2	3	4	5
I. Капитальные вложения (K), всего, руб.	854I2	57550	463I0	37380
на единицу продукции, руб/ц	20,I5	I2,29	9,96	8,50
2. Ежегодные сельскохозяйственные и мелиоративные издержки (C), всего, руб.	46I09	5I8I0	53685	54485
на единицу продукции, руб/ц	I0,85	II,06	II,55	I2,39
в том числе:				
- сельскохозяйственные издержки, всего, руб.	34869	4I225	43700	453I0
на единицу продукции, руб/ц	8,22	8,8	9,4	I0,3
- издержки по эксплуатации оросительной и дренажной сети, всего, руб.	II240	I0585	9985	9I75
на единицу продукции, руб/ц	2,65	2,26	2,I5	2,09
3. Теряемая продукция за счет отвлечения дополнительных водных ресурсов ($\Delta З_{pi}$) всего, руб.	-	305I	3243	I730
на единицу продукции, руб/ц	-	0,65	0,69	0,40

Продолжение таблицы

I	2	3	4	5
Справочно:				
– Коэффициент земельного использования, (КЗИ)	0,6	0,72	0,78	0,82
– Площадь нетто, ц/га	65,2	78,3	84,2	89,0
– Урожайность риса, ц/га	65,0	59,8	55,2	49,4
– Валовый сбор риса с учетом КЗИ, ц	4238	4682	4648	4396
– Нормативный коэффициент эффективности ($E_н$)	0,I6	0,I6	0,I6	0,I6
4. Приведенные затраты $З_{уд}=\frac{E_н \cdot K_i + Ci + \Delta З_{pi}}{У_i}$				
всего, руб	59775	64069	64337	62I96
на единицу продукции, руб/ц	I4,I0	I3,67	I3,83	I4,I5

$\Delta З_{pi}$ – увеличение расчетных затрат, связанное с дополнительным отвлечением водных ресурсов, руб;

$У_i$ – валовый сбор риса по сравниваемым вариантам, ц.

Расчеты показали, (табл.) что оптимальная интенсивность дренирования рисовых полей в условиях Тогускенского массива равна 8,4 мм/сут.

Для рассматриваемых условий Тогускенского массива по действующим нормативам следовало бы запроектировать дренаж способный предотвратить угрозу засоления и обеспечить своевременную уборку риса с интенсивностью 3,7 мм/сут. Однако, как показывают данные исследования, при этом имело бы место снижение урожая риса в результате недоучета требования растений к другим факторам внешней среды.

Таким образом, годовой экономический эффект от повышения продуктивности мелиорируемых земель при комплексном регулировании факторов жизни растений в условиях Тогускенского массива составляет $Э = З_1 - З_2$ = I4,I5 – I3,67 = 0,48 руб/ц, или при средней урожайности риса 59,8 ц/га – 28,7 руб/га.

Предложенный в работе подход к обоснованию мелиоративных мероприятий основан на современных представлениях о передвижении влаги, солей и элементов питания в почвогрунтах и позволяет эффективно решать задачи по комплексному регулированию внешних условий на рисовой системе на основе оптимизации взаимодействия водно-воздушного, солевого и питательного режимов в почве. Он имеет преимущества перед существующими методами: более полно учитывает специфику формирования водно-воздушного, солевого и питательного режимов, воздействие на них поливов, дренажа, транспирации растений и других важных факторов; учитывает влияние изменчивости мелиоративных показателей по конечному результату урожайности возделываемых культур и суммарным затратам (на строительство и эксплуатацию).

ЛИТЕРАТУРА

I. Бегишев Ш.Х. Комплексное изучение водно-солевого баланса земель рисового севооборота на Тогускенском массиве орошения. Рукопись. Фонды института Союзгипрорис.- Чимкент: I980.

2. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство СН-423-7I-М.: Стройиздат, I972.

3. В о р о п а е в Г.В. Оценка эффективности капитальных вложений в мелиоративное строительство - Гидротехника и мелиорация, I98I, № I2.

4. Технический проект орошения и освоения земель Тогускенского массива Кзыл-Ординской области Казахской ССР, I очередь, том.X. Экономическая эффективность капитальных затрат. Фонды института Союзгипрорис. - Чимкент: I97I.

5. Р а у А.Г. и др. Исследование мелиоративной эффективности вертикального дренажа на Кзылкумской рисовой системе. Рукопись. Фонд института Союзгипрорис. - Чимкент: I976...I980 гг.

Ф.Ф.Вышпольский
канд.с.-х. наук
(КазНИИВХ)

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ КАЗАХСТАНА

Опыт ирригационного строительства и освоения оросительных систем в Казахстане свидетельствует о том, что на пути их преобразования в оазисы, с высокоразвитым сельскохозяйственным производством, возникает ряд затруднений по обеспечению мелиоративного благополучия на орошаемых землях. В настоящее время имеется целый арсенал приемов управления мелиоративными процессами, но при выборе средств, для достижения поставленной цели, не достаточно четко учитываются разнообразия почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий, которые встречаются даже в пределах одного севооборотного участка. Поэтому применяющийся комплекс мелиоративных мероприятий зачастую не обеспечивает должного эффекта.

Успешное решение столь сложной проблемы осложняется тем, что существующая тенденция повышения минерализации поверхностных вод предъявляет более жесткие требования к мелиоративным мероприятиям. Особенно остро стоит данный вопрос на оросительных системах, где орошаемые земли засолены или имеют склонность к вторичному засолению, а создание оптимального мелиоративного режима

почв требует позышенного расхода оросительных вод. В таких условиях успех орошаемого земледелия предопределяется выбором технологии освоения орошаемых земель, обеспечивающей рациональное использование водных ресурсов и управление мелиоративными процессами на всех этапах освоения гидромелиоративных систем.

Теория и практика орошаемого земледелия убедительно свидетельствует о том, что без раскрытия механизмов миграции солей и управления солевой динамикой на различных этапах освоения орошаемых земель невозможно осуществить выбор оптимальных методов управления почвенно-мелиоративными процессами, так как их эффективность предопределяется закономерностями накопления и распределения солей во всей толще покровных отложений, где интенсивно протекает солеобмен в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Такой принцип оценки мелиоративной обстановки на орошаемых землях позволяет разработать технологические схемы освоения орошаемых земель, при которых "солевая вентиляция", в корнеобитаемом слое почв, обеспечивается минимальными объемами потерь оросительных вод и осадков на инфильтрацию, что уменьшит нагрузки на дренаж, улучшит условия его работы, снизит размеры дренажного стока и создаст условия для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Исторический опыт развития орошаемого земледелия в Казахстане показывает, что высокая стабильность мелиоративного благополучия на орошаемых землях достигается в том случае, когда нарушение природного равновесия, а это всегда происходит при развитии орошения, не вызывает резкого изменения в направлении общего потока воднорастворимых солей, который формируется в естественных условиях. Это подтверждается опытом освоения оросительных систем, расположенных на геоструктурах, где направление миграции воднорастворимых солей не изменяется, хотя интенсивность их передвижения при развитии орошения резко возрастает.

Аналогичная схема миграции солевых масс наблюдается на многих оросительных системах, расположенных в долинах рек и предгорных районах Казахстана. Здесь необходимо применять технологию орошения, которая до минимума сократит потери оросительных вод на инфильтрацию, уменьшит интенсивность выноса подвижных форм питательных элементов из корнеобитаемого слоя почв и степень загрязнения подземных вод. Это достигается путем повышения КПД оросительной сети (до 0,85-0,90), применения способов и техники по-

лива [I.2.3], обеспечивающих сокращение размеров поливных, оросительных норм при сохранении расчетной глубины и степени увлажнения корнеобитаемого слоя почв.

При удалении оросительных систем от гор, условия подземного оттока ухудшаются, поэтому происходит нарушение направления миграции воднорастворимых соединений и усиление интенсивности накопления солей в почвогрунтах и грунтовых водах, так как превышение вертикальной скорости потока грунтовых вод над горизонтальной - ускоряет процесс соленакопления [4]. Вместе с тем на средних частях конусов выноса, где почвогрунты слабозасолены, а гравийногалечниковые отложения, которые вскрываются с глубины менее 5-6 м, залегают на водоупорах, имеющих уклоны выше 0,005-0,01, устойчивость мелиоративного улучшения орошаемых земель может достигаться даже при близком (1,5-2,0 м) залегании слабоминерализованных (менее 3 г/л) грунтовых вод, когда повышенная скорость потока подземных вод вызывает смещение солевых масс по уклону местности [5]. Это подтверждается опытом освоения орошаемых земель, расположенных вдоль Туркестанского магистрального канала, где за 20 лет освоения зона опреснения почв распространилась до 2-4 км, по уклону местности. Особенно быстрыми темпами развивался данный процесс при строительстве вертикального дренажа на нижних частях конусов выноса, который усилил отток подземных вод и ускорил процесс рассоления покровных отложений.

Подобные явления наблюдаются и на других, более мелких, оросительных системах южного Казахстана, где сохраняется высокая скорость потока грунтовых вод по уклону местности. Однако площадь таких земель имеет ограниченное распространение, а искусственное создание подобных условий в районах с пониженными скоростями потока подземных вод сопряжено с техническими сложностями решения данной проблемы. Поэтому стабилизация благоприятной мелиоративной обстановки на орошаемых землях достигается промывным режимом орошения, который создается путем увеличения расчетных значений поливных и оросительных норм или применения влагозарядковых поливов и профилактических промывок, а это приводит к повышенному расходу оросительных вод [6].

Разработки КазНИИВХ показывают, что при освоении почв гидроморфного ряда, когда наблюдается поверхностное засоление, а нижние слои зоны аэрации и поверхностные горизонты грунтовых вод слабозасолены, мелиоративное благополучие на орошаемых землях

можно обеспечить при сокращении водоподачи. Например, применение ущемленного-промывного режима орошения на землях, где максимальные запасы солей (0,5-0,8%) находились в верхних горизонтах почвогрунтов, а минерализация грунтовых вод не превышала I-3 г/л, обеспечивало устойчивый процесс рассоления почв, когда объемы участия грунтовых вод в эвапотранспирации не превышали 2-2,5 тыс.м^3/га, а их уровень от весны к осени снижался от I-2 до 3-4 м. При данном режиме орошения (порог предполивной влажности в слое почв 0,6-I,0 м снижался до 60-65%.НВ, поливы проводились по схеме I-2-0 нормами 0,9-I,5 тыс.м^3/га, при оросительной норме 3,5-3,8 м^3/га) корневая система хлопчатника проникла на глубину I,5-I,7 м и обеспечивала нормальное его развитие за счет интенсивного использования влаги из глубинных слоев зоны аэрации.

В данном случае "солевая вентиляция" в зоне аэрации создавалась инфильтрационными потерями оросительных вод, которые смывали солевые отложения в макропорах и зонах контакта корневой системы с почвогрунтами. Возможность рассоления почв при субирригации предопределена тем, что минерализация инфильтрационных вод колебалась в пределах 5-8 г/л, а грунтовых не превышала I-3 г/л. Развитие данного явления обеспечивалось в том случае, когда потери оросительных вод на инфильтрацию (с учетом весенней влагозарядки нормой 2-2,5 тыс.м^3/га) составили 40-50% от расхода грунтовых вод на подпитывание зоны аэрации. Нарушение этого условия (поливы проводились нормами 0,8-I тыс.м^3/га по схеме I-3-0, а размеры водоподачи оставались прежними) привело к вторичному засолению почв (табл. I), так как объем нисходящих токов влаги к восходящим снизился до 20-25%.

Таблица I

Динамика токсичных солей в почвогрунтах при ущемленно-промывном и ущемленном режимах орошения, % (на опытно-производственном участке площадью 90 га)

Горизонты, см	До освоения	Ущемленно-промывной				Ущемленный
		Годы освоения				
		первый	второй	третий	пятый	
I	2	3	4	5	6	
0-50	0,24	0,20	0,I3	0,09	0,25	
50-I00	0,I8	0,I4	0,I4	0,I0	0,I5	

I	2	3	4	5	6
I00-200	0,2I	0,20	0,I7	0,II	0,I6
200-300	0,I7	0,I6	0,I3	0,I9	0,I3
0-I00	0,2I	0,I7	0,I4	0,09	0,20
0-300	0,20	0,I8	0,I5	0,I3	0,I6
Мин.гр. в г/л	I,5	I,8	I,6	I,7	I,6
Урожай, ц/га	-	I5	I8	23	I6

Примечание: Площадь покрытия хлопчатника в первый год освоения составила 85-90%, в третий - I00%, в пятый - вследствие появления пятнистого засоления, опустилась до исходных значений.

С ростом содержания солей в зоне аэрации или грунтовых водах это соотношение изменяется и принимает обратное значение при среднем и сильном засолении зоны аэрации или грунтовых вод, когда мелиоративное состояние орошаемых земель улучшается если объемы потерь оросительных вод на инфильтрацию превышают подпитывание зоны аэрации. Поэтому выбор технических средств и методов управления мелиоративными процессами, обеспечивающих рациональное использование поверхностных и подземных вод, должен соответствовать почвенно-мелиоративным условиям орошаемых земель.

На гидромелиоративных системах, которые располагаются на конусах выноса, где почвогрунты слабозасолены, а статистические запасы слабоминерализованных подземных вод не велики, необходимо максимально использовать воды паводкового стока для их магазинирования (путем проведения влагозарядковых поливов) непосредственно на полях орошения [7]. В данном случае следует применять вертикальный дренаж, а его параметры устанавливать из расчета использования грунтовых вод на субирригацию, а дренажных - на поливы. При росте степени засоления зоны аэрации и поверхностных слоев грунтовых вод, параметры вертикального дренажа должны назначаться с учетом максимального использования дренажных вод (при минерализации не выше 2-3 г/л) на орошение и вовлечения грунтовых вод покровных отложений в водный поток гравийно-галечникового слоя по которому, преимущественно, осуществляется перенос солевых масс по уклону местности.

Особенно высокими темпами протекает данный процесс при работе вертикального дренажа в осенний период, когда водоподача прекращается, а приток подземных вод резко сокращается. В этом случае использование дренажных вод для профилактических промывок и влагозарядковых поливов обеспечит отрицательный солевой баланс в покровных отложениях за счет выноса солевых масс в гравийно-галечниковые отложения и их перемещения на прилегающие территории, где происходит рассеивание грунтовых вод.

Таким образом, в предгорных районах южного Казахстана, когда орошение развивается на конусах выноса, где химический состав подземных вод имеет вертикальную зональность (степень засоления водоносного слоя покровных отложений в несколько раз выше гравийно-галечниковых горизонтов) можно широко применять воды вертикального дренажа на промывки, влагозарядковые и вегетационные поливы. В данных условиях формирование отрицательного солевого баланса в зоне аэрации достигается преимущественно за счет смещения солевых масс в глубинные слои водоносной толщи и отвода дренажных вод в осенний период, когда их минерализация повышается, за пределы массива орошения в объеме 5-10% от водоподачи. При применении горизонтального дренаж. этот показатель возрастает до 20-30% даже при высоком КПД (0,85-0,90) оросительной сети. Поэтому на конусах выноса проблема рац нального использования водных ресурсов и управления мелиоративными процессами более успешно решается при применении вертикального дренажа.

В северной части Голодной степи почвенно-мелиоративные и гидрогеологические условия существенно изменяются. Например, в пределах Пахта-Аральского района, где с глубины 20-25 м вскрываются мелкозернистые пески с включениями более крупных разновидностей, обеспечивающих повышение скорости потока подземных вод, минерализация которых в зоне закладки фильтров дренажа, как правило, не превышает 3-5 г/л. В пределах Джетысайского района, где преобладают тонкозернистые пески с прослоями уплотненных суглинков и глин, скорость потока подземных вод значительно падает, а их минерализация возрастает до 6-10 г/л 8 . На орошаемых землях Кировского района, где Чардаринское водохранилище нарушило естественное направление потока подземных вод, происходит повышение минерализации верхнего яруса подземных вод и усиление процессов вторичного засоления почв.

Отмеченные изменения почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий Голодной степи предъявляют различные требования к

степени искусственной дренированности орошаемых земель. В пределах Пахта-Аральского района, особенно на почвах легкого механического состава, можно проводить профилактические промывки и влагозарядковые поливы дренажными водами. Здесь объем дренажного стока (30–35% от водоподачи) состоит из потерь оросительных вод на полях орошения в оросительной сети за минусом объема дренажных вод, используемых в орошаемом земледелии, размеров притока за минусом оттока подземных вод.

На землях Джетысайского и Кировского районов, где минерализация дренажных вод превышает 5–6 г/л и становится, практически, не пригодной для орошения, а оптимальный мелиоративный режим почв обеспечивается при промывном режиме орошения, который создается влагозарядковыми поливами или профилактическими промывками, дренажный сток возрастает до 40–50% от водозабора. Эти показатели складываются из потерь оросительных вод на фильтрацию в оросительной сети на орошаемых землях и превышения притока над оттоком подземных вод.

Неизбежность роста дренажного стока предопределена тем, что "солевая вентиляция" в зоне аэрации достигается при условии, когда вынос солей с инфильтрационными водами превышает их поступление с оросительными и грунтовыми (при субирригации) водами. Данный процесс описывается нижеприведенным уравнением.

$$V_{ин.} \geq V_{г.} \frac{S_{г.}}{S_{ин.}} + M \frac{S_{о}}{S_{ин.}} ,$$

где $V_{ин.}$ – объем оросительных вод профильтровавшихся через зону аэрации, $м^3$/га;

$V_{г.}$ – объем грунтовых вод участвующих в подпитывании зоны аэрации, $м^3$/га;

$S_{о}$, $S_{г}$ – минерализация оросительных и грунтовых вод, г/л;

M – оросительная норма, $м^3$/га;

$S_{ин.}$ – минерализация инфильтрационных вод, г/л. При исходном засолении до 0,3%, глубине залегания грунтовых вод ниже 2,5 м и поливах малой струей, минерализация инфильтрационных вод колеблется в пределах 5–8 г/л. С повышением степени засоления до 0,6% она возрастает до 8–12 г/л, а с подъемом уровня грунтовых вод значительно падает.

Данная зависимость свидетельствует о том, что размеры инфильтрационных потерь оросительных вод, которыми обеспечивается оптимальный режим почв, предопределяются объемами поступления грун-

товых вод в зону аэрации, их минерализацией, а также минерализацией оросительных вод, интенсивностью солеотдачи почв, глубиной залегания грунтовых вод и степенью засоления зоны аэрации. Поэтому нагрузки на дренаж находятся в прямой зависимости от технологии орошения и режима грунтовых вод, которыми предопределяется интенсивность выноса солей из зоны аэрации инфильтрационными водами, минерализацией оросительных вод, КПД оросительной сети и естественной дренированностью (притоком и оттоком подземных вод) орошаемой территории.

Следовательно, проблема мелиоративного улучшения орошаемых земель и рационального использования водных ресурсов прежде всего должна решаться путем совершенствования гидромелиоративных систем и технологии орошения, обеспечивающих максимальное сокращение непроизводительных потерь оросительных вод и усиление интенсивности смещения солевых масс в глубинные слои водоносной толщи, а не повторного использования дренажных вод, которые требуют усиления нисходящих токов влаги в зоне аэрации. Это подтверждается размерами оросительных норм, обеспечивающих оптимальный мелиоративный режим почв, которые получены на основе балансового уравнения, с учетом выше приведенной зависимости:

$$M = E_э - P - \Delta W - Г + V_{ин.} ,$$

где $E_э$ – эвапотранспирация (суммарное водопотребление), м³/га;
P – атмосферные осадки, м³/га;
ΔW – изменение влагозапасов в активном слое почв, м³/га;
$Г$ – приток влаги в активный слой почвы со стороны грунтовых вод, м³/га;
M – оросительная норма (вегетационные поливы, влагозарядка или профилактические промывки), м³/га;
$V_{ин.}$ – глубинный отток влаги за пределы активного слоя почв, м³/га;

Результаты расчетов (табл. 2) показывают, что с ростом минерализации поливных вод происходит увеличение размеров оросительных норм и нагрузок на дренаж. Это подтверждают балансовые исследования, выполненные в Голодной степи Казахской ССР, из которых следует, что при поливах водой до I г/л оптимальный мелиоративный режим почв обеспечивался оросительными нормами 7 тыс.м³/га и дренажном стоке 30–35% от водоподачи, при минерализации поливной воды около 2 г/л эти показатели возрасли на I0–20%.

Таким образом, в орошаемых районах южного Казахстана, где широко применяются промывки, влагозарядковые поливы и промывной режим орошения, невозможно обеспечить оптимальный мелиоративный режим почв без отвода определенного объема дренажных вод за пределы массива орошения или засоления прилегающих территорий. Данное положение приобретает особую важность в центральных и северных районах Казахстана, где гидромелиоративные системы создаются непосредственно в зоне богарного земледелия, а их развитие приведет к сокращению сельскохозяйственных угодий. Поэтому орошение должно развиваться при технологии освоения орошаемых земель, которая сохранит полезные для сельскохозяйственного производства природные процессы и органически сольется с инженерными сооружениями, обеспечивающими стабильность мелиоративной обстановки на орошаемых и богарных землях.

Таблица 2

Размеры оросительных норм хлопчатника при изменении минерализации грунтовых и оросительных вод (при $E_э$ -9300; Г-1200 м³/га)

м³/га

Минерализация оросительных вод, г/л	Минерализация грунтовых вод, г/л				
	1-3	3-5	5-7	7-10	10-15
0,5-1,0	6100 5750	6500 6000	6900 6250	7450 6600	8250 7100
1-2	6750 6150	7200 6400	7650 6700	8200 7050	9100 7600
2-3	7550 6650	8050 6950	8600 7250	9250 7650	10250 8250
3-4	8400 7200	9000 7550	9550 7850	10350 8250	11400 8900
4-5	9250 7750	9850 8100	10500 8450	11250 8850	12500 9550

Примечание: верхние цифры - при поддержании уровня засоления ниже 0,3% в корнеобитаемом слое и 0,5% в остальных горизонтах зоны аэрации, нижние - соответственно 0,4 и 0,7%.

Опыт эксплуатации совершенных гидромелиоративных систем, на которых транспорт воды осуществляется по закрытым трубопроводам, показывает, что чрезвычайно тяжелые условия (региональный водоупор вскрывается с глубины 5-15 м, коэффициенты фильтрации покров-

ных отложений не превышают 0,5-I м/сутки) работы горизонтального дренажа и большая продолжительность (более 5 месяцев) отрицательных температур воздуха существенно осложняют создание оптимального мелиоративного режима почв. При этом установлено, что промывки, влагозарядковые поливы и повторное использование дренажных вод ускорит процессы слитизации, оподзоливания, ощелачивания почв и снизит их плодородие.

В данных условиях проблема управления мелиоративными процессами должна решаться технологией орошения сельскохозяйственных культур, при которой " солевая вентиляция" в корнеобитаемом слое почв будет обеспечиваться минимальными потерями оросительных вод и осадков на инфильтрацию. Это уменьшит нагрузки на дренаж, улучшит условия его работы и снизит размеры дренажного стока с орошаемых земель. Однако выбор оптимальных параметров такой технологии орошения предопределяется закономерностями накопления и распределения солей в почвогрунтах четвертичных отложений до глубины залегания первого регионального водоупора, которые оказывают значительное влияние на характер геохимической миграции солевых масс во времени и пространстве.

Обобщение имеющихся материалов позволяет выделить три основных типа накопления и распределения солей по вертикальному профилю зоны аэрации (табл. 3). На почвах первого типа засоления, который формируется при отсутствии или глубоком (более 6 м) залегании уровня грунтовых вод, корнеобитаемый слой не засолен, а с глубины I-I,5 м запасы солей возрастают до 0,3-0,4% при суглинистом сложении и до 0,I% при легком механическом составе. При втором типе - степень засоления корнеобитаемого слоя суглинистых почв практически не изменяется, но во втором метре зоны аэрации запасы солей возрастают до I%, а в глубьлежащих горизонтах не превышают 0,4%. Однако на почвах легкого механического состава величины максимального соленакопления не превышают 0,2%. На суглинистых почвах третьего типа засоления солевой максимум (I,0-I,5%) формируется на границе I-2 м зоны аэрации, а степень засоления этих горизонтов предопределяется интенсивностью участия грунтовых вод в почвообразовательном процессе, которые вскрываются на глубине 3-4 м. Подобные закономерности формирования солевого профиля наблюдаются на легких почвах, но запасы солей в горизонтах максимального соленакопления, не превышает 0,7-0,8%.

Таблица 3

Содержание водорастворимых солей в % (по данным КазНИИВХ и Центрказгипроводхоза) в центральных и северных районах Казахстана

Горизонты, м	Типы распределения солей на суглинистых почвах						Типы распределения солей на супесчаных почвах					
	I		II		III		I		II		III	
	скв.1	скв.2	скв.10	скв.11	скв.20	скв.21	скв.30	скв.31	скв.40	скв.41	скв.50	скв.52
0,0-0,2	0,100	0,083	0,080	0,082	0,058	0,070	0,025	0,020	0,035	0,040	0,031	0,036
0,2-0,4	0,075	0,079	0,091	0,095	0,065	0,094	0,020	0,024	0,034	0,035	0,040	0,029
0,4-0,6	0,067	0,095	0,086	0,187	0,083	0,304	0,020	0,031	0,041	0,043	0,035	0,065
0,6-0,8	0,058	0,108	0,087	0,191	0,465	0,896	0,025	0,034	0,039	0,068	0,086	0,213
0,8-1,0	0,092	0,156	0,132	0,325	1,202	1,464	0,025	0,046	0,046	0,090	0,159	0,580
1,0-1,2	0,126	0,207	0,284	0,740	0,943	1,627	0,041	0,038	0,065	0,212	0,429	0,610
1,2-1,4	0,187	0,230	0,589	0,619	0,684	1,010	0,042	0,067	0,098	0,106	0,345	0,320
1,4-1,6	0,301	0,348	0,633	0,513	0,590	0,825	0,039	0,085	0,070	0,098	0,248	0,289
1,6-1,8	0,254	0,391	0,455	0,406	0,503	0,410	0,070	0,056	0,085	0,142	0,301	0,334
1,8-2,0	0,285	0,359	0,336	0,341	0,420	0,361	0,045	0,070	0,077	0,225	0,208	0,268
2,0-3,0	0,220	0,336	0,265	0,208	0,324	0,326	0,045	0,067	0,086	0,172	0,176	0,245
3,0-4,0	0,256	0,355	0,284	0,202	0,312	-	0,045	0,078	0,092	0,125	0,158	-
4,0-5,0	0,257	0,394	0,275	0,300	0,306	-	0,036	0,080	0,068	0,110	-	-
5,0-6,0	0,251	0,327	0,208	0,346	-	-	0,040	0,075	0,070	-	-	-
6,0-7,0	0,270	0,352	0,232	0,334	-	-	0,035	0,060	-	-	-	-
7,0-8,0	0,297	0,401	0,216	0,316	-	-	-	-	-	-	-	-
8,0-9,0	0,210	0,310	0,237	0,390	-	-	-	-	-	-	-	-
9,0-10	0,245	0,359	0,272	0,368	-	-	-	-	-	-	-	-
10-11	0,264	0,345	0,249	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-12	0,253	0,353	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: для каждой скважины даются усредненные значения (по 3-5 скв.) поэтому их номера условны; основные типы засоления: содово-хлоридно-сульфатный, сульфатно-хлоридный, изредка встречается хлоридный.

Установленные закономерности распределения солей по вертикальному профилю, а также степень и тип засоления зоны аэрации предопределяют выбор методов управления мелиоративными процессами на различных этапах освоения орошаемых земель, что подтверждается натурными исследованиями КазНИИВХ и опытом освоения суглинистых почв в зоне канала Иртыш-Караганда. Анализ полученных материалов показывает, что избежать потерь оросительных вод и осадков на инфильтрацию не удалось даже при реализации режима орошения малыми нормами (200-300 $м^3$/га) и применения синхронного импульсного дождевания. Поэтому с первых лет освоения орошаемых земель с глубинным засолением (I и П типа) поливы следует проводить нормами (нетто) 250-350 $м^3$/га, а порог предполивной влажности почв в слое 0,5 м поддерживать на уровне 75-80% НВ. Такой режим орошения обеспечит высокую интенсивность выноса солей инфильтрационными водами (I тыс.$м^3$/га удаляет I5-20 т/га солей) и смещение солевого пояса на максимальную глубину до начала участия грунтовых вод в подпитывании корнеобитаемого слоя почв. В этом случае размеры дренажного стока (при равенстве притока и оттока грунтовых вод) не превысят I0-I5% от водоподачи, так как создание оптимального мелиоративного режима почв достигается оросительными нормами (нетто) и осадками, которые на 5-I0% превысят эвапотранспирацию.

Изменение режима орошения, особенно в сторону увеличения поливных норм, ускорит подъем уровня грунтовых вод почти в 2 раза и снизит интенсивность выноса солей, примерно, в I,5 раза. Поэтому к моменту подъема уровня грунтовых вод на глубину заложения дренажа не будет достигнуто рассоление зоны аэрации, а поверхностные слои грунтовых вод останутся сильнозасоленными. В таких условиях создание оптимального мелиоративного режима почв возможно только при применении промывного режима орошения, который потребует выделения дополнительных капиталовложений на усиление искусственной дренированности и аккумуляцию дренажных вод в объеме 20-30% от водоподачи.

При освоении почв Ш типа засоления оптимальный мелиоративный режим достигается, когда оросительные нормы и осадки на I0-20% превысят эвапотранспирацию. На таких землях размеры дренажного стока составят I5-25% от водоподачи даже при применении рациональной технологии орошения. Это существенно осложнит задачу аккумуляции дренажных вод, так как в центральных и северных районах Казахстана аккумулирующие емкости могут создаваться в естествен-

ных понижениях, которые частично или полностью используются как пастбищные и сенокосные угодия. Необходимо отметить, что при богарном земледелии мелиоративное состояние этих земель не ухудшается, поэтому получают высокие урожаи зерновых культур. Это указывает на нецелесообразность их использования в орошаемом земледелии.

Таким образом, при освоении суглинистых почв I и II типа засоления проблема рационального использования водных ресурсов и управления мелиоративными процессами успешно решается при строительстве оросительных систем закрытого типа, проведении поливов дождеванием малой интенсивности, применении малых поливных норм. Такая технология орошения обеспечит рассоление зоны аэрации (табл. 4) и снижение минерализации в поверхностных слоях грунтовых вод к моменту их подъема на критическую глубину, что упростит задачу управления солевым режимом почв [I2]. Поэтому капиталовложения на строительство дренажа и аккумуляцию дренажного стока можно сократить почти в 2 раза, а размеры оросительных норм на I0-I5%, что перекроет дополнительные издержки производства при применении указанной технологии освоения орошаемых земель.

При осовении почв легкого механического состава (I и II типа), когда во всех горизонтах зоны аэрации содержится не более 0,2% солей, главной задачей орошаемого земледелия является борьба с потерями оросительных вод на фильтрацию. Например, при поливах нормами (нетто) 300 и 500 $м^3$/га (из расчета увлажнения 0,5-0,7 м слоя почв при 60-65% НВ) размеры оросительных норм второго варианта возрастают на 300-400 $м^3$/га, а урожайность сельскохозяйственных культур снижается на 5-I5%. При этом объемы потерь оросительных вод на фильтрацию, при глубине грунтовых вод около 2,5 м, составили на первом варианте I0-I5% во втором - 20-30% от оросительной нормы. Проведение поливов данными нормами при снижении порога предполивной влажности почв до 55-60% уменьшает урожайность сельскохозяйственных культур на I0-I5% и объемы инфильтрационных потерь до 5-I0% при первом варианте и I0-20% - при втором.

Указанные размеры инфильтрационных потерь оросительных вод обеспечивают "солевую вентиляцию" в зоне аэрации. Однако при подъеме уровня грунтовых вод выше 2,5 м их участие в эвапотранспирации резко возрастает, а объемы инфильтрации оросительных вод уменьшаются. Поэтому управление инфильтрационными потерями ороси-

Таблица 4

Динамика солей в почвогрунтах при применении режима орошения, т/га

Горизонты, м	Режим орошения малыми нормами			Промывной режим орошения		
	весна	осень	вынос	весна	осень	вынос
0,0-0,5	8,2	7,5	-0,7	II,3	8,3	-3,0
0,5-I,0	I5,6	I0,0	-5,6	2I,4	I2,0	-9,4
I,0-2,0	I0I,2	98,5	-2,7	89,7	85,6	-4,I
2,0-3,0	59,3	54,0	-5,3	55,4	53,I	-2,3
0,0-I,0	23,8	I7,5	-6,3	32,7	20,3	-I2,4
I,0-2,0	I25,0	II6,0	-9,0	I22,4	I05,9	-I6,5
0,0-3,0	I84,3	I70,0	-I4,3	I77,8	I59,0	-I8,8
Подъем ур.г. в.,за год,м		0,5			0,8	

тельных вод следует осуществлять путем повышения порога предполивной влажности, а не размеров поливных норм. Данный принцип выбора параметров режима орошения обеспечит высокие урожаи сельскохозяйственных культур и оптимальный мелиоративный режим почв при минимальных затратах оросительных вод на инфильтрации. Расчеты показывают, что на оросительных системах закрытого типа, когда поливы проводятся дождеванием нормами (нетто) 250-300 $м^3$/га, мелиоративное благополучие на орошаемых землях можно обеспечить при малых объемах дренажного стока - I0-I5% от водоподачи.

Высокая эффективность орошения малыми нормами подтверждается и промывками почв с пониженной солеотдачей (табл. 5). Анализ полученных данных показывает, что уменьшение размеров поливных норм, при соответствующем сокращении межполивных периодов, повышает динамическую устойчивость гидравлического процесса. Поэтому расчетный уровень рассоления почв достигается меньшими затратами воды. Это имеет огромное значение, особенно при дефиците водных ресурсов, когда технология промывок предопределяется размерами промывных норм.

Рассмотренные методы управления мелиоративными процессами на гидромелиоративных системах убедительно свидетельствуют о том, что почвенно-мелиоративные, гидрогеологические, климатические и другие условия предопределяют выбор средств по созданию оптимального мелиоративного режима почв. Однако непременным условием снижения затрат воды на вынос единицы солей из мелиорируемой толщи

Таблица 5

Размеры промывных норм, которыми достигается рассоление I м почв до расчетных значений

Поливная норма, $м^3$/га	Межполивные периоды, в сутках	Запасы солей, т/га		Минер. инфильт. вод, г/л	Затраты воды на вынос I т солей, $м^3$	Промывная норма, $м^3$/га
		до промывки	после промывки			
250	ежедн.	I02	35	I7,0	55	3700
500	3	I03	37	I6,0	65	4300
I000	6	II0	36	I4	70	5200
2000	I2	II5	38	II	90	6900
4000	I2	I08	37	9	II0	7800
Пост. затопл.		III	38	7	I40	I0200

является снижение скорости потока воды в пористой среде и повышение равномерности её проникновения в почву. Лучшим образом это достигается при дождевании, когда поливы проводятся без образования слоя воды на поверхности почвы, бороздковом поливе малой струей, когда достигается минимальная глубина заполнения борозд, импульсном поливе, когда периодичность затопления борозд снижает и выравнивает скорость потока влаги в пористой среде, промывках, когда поливы проводятся малыми нормами.

Применение данных принципов усиления механизмов солеудаления обеспечит замкнутый или полузамкнутый тип солевого режима почв на предгорных аллювиальных равнинах, верхних и средних частях конусов выноса или на других геоструктурах, где орошение не нарушает основного направления потока солевых масс, сформировавшихся в естественных условиях. В остальных случаях оптимальный мелиоративный режим почв достигается только при отводе определенных объемов дренажных вод за пределы массива. Поэтому управление мелиоративными процессами должно строиться не на повторном использовании дренажных вод в орошаемом земледелии, которые в течение короткого времени дают положительные результаты, а на усиление механизмов солеудаления дренажными водами и сокращения непроизводительных потерь оросительных вод во всех звеньях гидромелиоративных систем.

ЛИТЕРАТУРА

I. Багров М.Н. Дифференциация поливных норм при орошении.- Гидротехника и мелиорация, 1981, № 12.

2. Ляпин А.Н. Нормирование полива хлопчатника.- Хлопководство, 1975, № 1.

3. Валентини Л., Авербух Р. КПД техники полива и повторного использования оросительной воды.- Хлопководство, 1978, № 1.

4. Легостаев В.М. Мелиорация засоленных земель. - Ташкент: Госиздат УзССР, 1959.

5. Теоретические основы процессов засоления-рассоления почв. /Под редакцией Боровского В.М., Соколенко Э.А.- Алма-Ата: Наука, 1981.

6. Айдаров И.П. Вопросы обоснования мероприятий по борьбе с засолением орошаемых земель. - В кн.: Теория и практика борьбы с засолением орошаемых земель. - М.: Колос, 1971.

7. Панкратов П.А. Гидрогеологическое обоснование ирригационно-мелиоративных мероприятий в Таджикистане.- Душанбе: Дониш, 1969.

8. Решеткина Н.М., Якубов Х.И. Вертикальный дренаж. - М.: Колос, 1978.

9. Броницкий Н.И. Вертикальный дренаж в Голодной степи.- Хлопководство, 1969, № 2.

10. Якубов Х.И., Скоробогатова Л. Эксплуатация дренажных систем при дефиците водных ресурсов. - Хлопководство, 1980, № 9.

11. Хамраев Н., Юсупов Т. Технология импульсного полива по бороздам. - Хлопководство, 1980, № 7, 9.

12. Ковда В.А. Основы теории и практики мелиорации и освоения засоленных почв аридной зоны. - В кн.: Проблемы засоления почв и водных источников. - М.: Изд-во АН СССР, 1960.

К.Т.Раимбаев
ст.научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛАГО- И СОЛЕОБМЕНА МЕЖДУ ЗОНОЙ АЭРАЦИИ И ГРУНТОВЫМИ ВОДАМИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ

Анализ почвенно-мелиоративных условий зоны канала Иртыш-Караганда [I] показывает, что под орошение отводятся земли, в которых с глубины 0,8...I,2 м вскрывается солевой пояс, поэтому мелиоративное состояние этих почв в значительной степени определяется режимом орошения сельскохозяйственных культур. При этом установлено, что выбор параметров режима орошения должен основываться не только на водопотреблении растений, но и на анализе водного и солевого режимов орошаемых земель. Количественная связь режима орошения и водно-солевого режима почв, выражается уравнением баланса почвенных вод [2,3,4 и др.].

$$\Delta W_n = O_p + O_c - E \pm g \pm \underline{O} \quad , \qquad (I)$$

где ΔW_n - изменение запасов влаги в почвогрунтах зоны аэрации;

O_p - оросительная норма, нетто;

O_c - атмосферные осадки;

E - суммарное испарение (эвапотранспирация);

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

$\pm \underline{O}$ - разность между притоком и оттоком почвенных вод на границах массива;
(при лизиметрическом методе исследований $\underline{O}$ равнялась нулю и не учитывалась).

Исследованиями установлено, что при близком залегании уровня грунтовых вод (менее 4,0 м), которые участвуют в водопотреблении сельскохозяйственных культур и расходуются на эвапотранспирацию [5], неизбежно развиваются процессы вторичного засоления почвогрунтов зоны аэрации, если нарушается соотношение между поступлением и выносом солей из зоны аэрации. Увеличение общей водоподачи $O_p + O_c > E$ может обеспечить нисходящие токи влаги ($-g$) и рассоление почвогрунтов (при обеспечении хорошего оттока). При условии $O_p + O_c < E$, когда наблюдаются восходящие токи ($+g$) приведет к

увеличению запасов солей в активном слое почв. По имеющимся данным [2,6,7,8 и др.], при условии $O_p + O_c = E$, когда не должно наблюдаться переноса солей, происходит увеличение их запасов в активном слое почв даже при слабоминерализованных грунтовых водах. Следовательно, благоприятную мелиоративную обстановку на засоленных или подверженных засолению орошаемых землях можно обеспечить только за счет создания нисходящих токов влаги в зоне аэрации, интенсивность которых зависит от размеров поливных норм и порога предполивной влажности (в % от НВ).

Поэтому в наших исследованиях главное внимание уделялось проблеме установления закономерностей влаго- и солеобмена между зоной аэрации и грунтовыми водами при глубине их залегания от I до 3-х метров. Поливы осуществлялись дождеванием нормами 200, 300, 500 м^3/га, при 70-75% от НВ. Результаты экспериментальных данных свидетельствуют о том, что количественные соотношения объемов инфильтрационных потерь оросительных вод, достигающих уровня грунтовых вод, и поступления последних в зону аэрации ($\pm g$), предопределяют направление развития процессов засоления или рассоления почв. Например, при поливах нормами 200 м^3/га объем инфильтрационных потерь оросительных вод составил 47 м^3/га при уровне грунтовых вод I,5 м и 32 м^3/га при залегании грунтовых вод на глубине 2,5 м (табл. I). При росте поливных норм до 350, 500 м^3/га эти потери возросли до II5 и 2I6 м^3/га при залегании грунтовых вод на полутораметровой глубине, 54, 84 м^3/га при залегании грунтовых вод на глубине 2,5 м. Таким образом, с ростом размеров поливных норм, объем питания грунтовых вод возрастает, а с увеличением глубины залегания уровня грунтовых вод - уменьшается.

Вместе с тем установлено, что характер формирования инфильтрационных потерь изменяется во времени и предопределяется размерами поливных норм. В частности, при поливах нормами 200 м^3/га эти потери формируются в первую половину вегетации (рис. I), когда происходит оттаивание глубинных слоев почв и обеспечивается сброс почвенных вод. В этот период транспирация растениями не велика, а корневая система не полностью перехватывает нисходящий поток влаги в корнеобитаемом слое. Во второй половине вегетации сельскохозяйственных растений, когда корневая система интенсивно отбирает влагу из глубинных горизонтов, инфильтрация поливных вод сокращается до минимальных размеров.

С увеличением поливных норм до 350...500 м^3/га, скорость потока инфильтрационных вод возрастает и корневая система растений

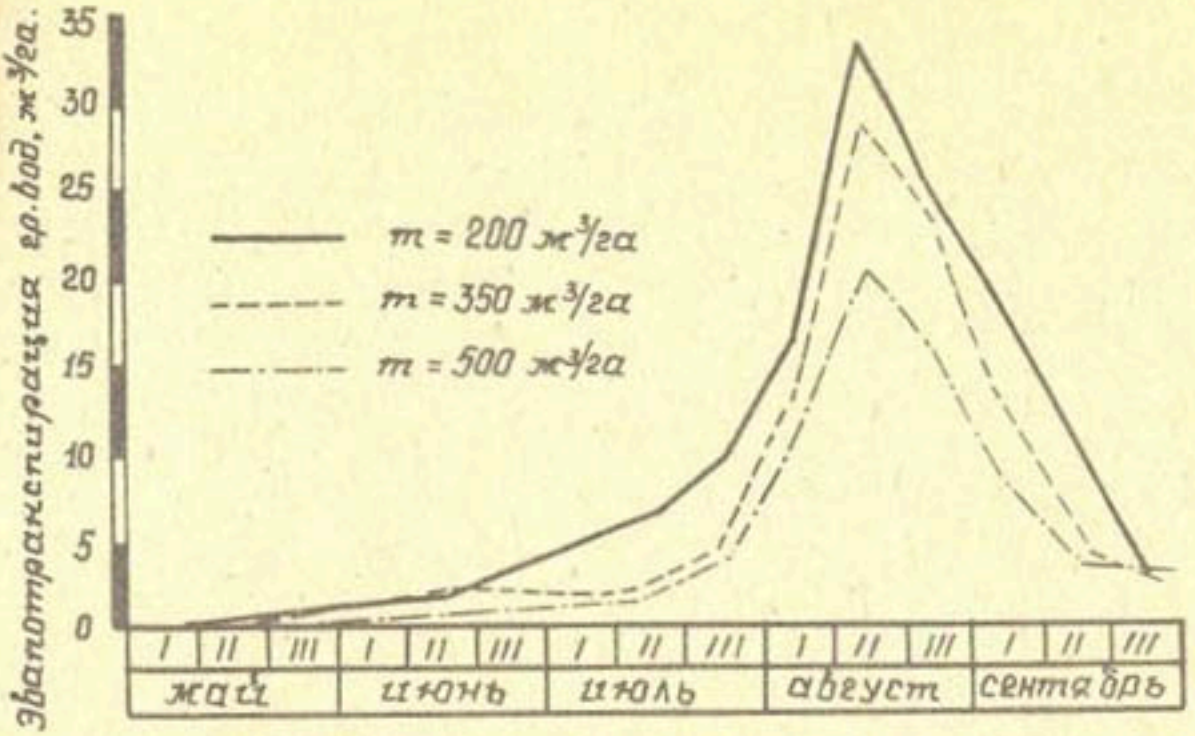


Рис.I. Среднесуточный расход грунтовых вод в зону аэрации под картофелем при 70-75% от НВ (Нугв=I,5м)

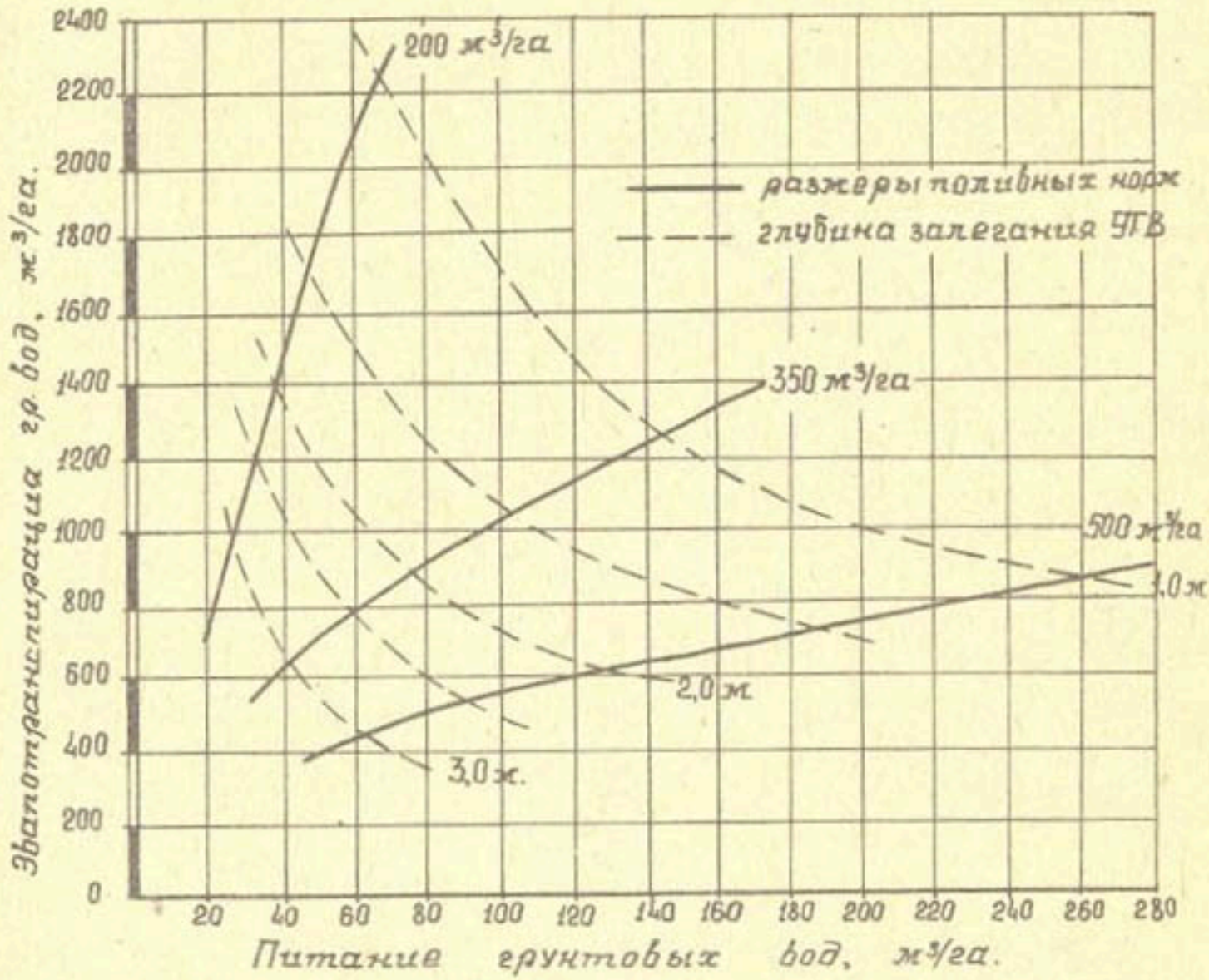


Рис. 2. Номограмма для определения влагообмена между грунтовыми водами и зоной аэрации за вегетационный период при 70-75% от НВ.

не полностью перехватывает поток почвенных растворов, поэтому в период проведения поливов, в течение всей вегетации, происходит питание грунтовых вод инфильтрационными потерями. Установленные отличия в интенсивности питания грунтовых вод, при изменении размеров поливных норм, предопределяют время начала расхода грунтовых вод на эвапотранспирацию. Например, при поливах нормами 200 м^3/га повышенный рост расхода грунтовых вод на эвапотранспирацию приходится на первую декаду июля, а при росте поливных норм до 350...500 м^3/га эти процессы смещаются на третью декаду июля и во всех случаях достигают максимальных величин в августе.

Таблица I

Объемы инфильтрации оросительных вод, достигающих уровня грунтовых вод, и поступления грунтовых вод в зону аэрации (за вегетационный период), м^3/га

Культура	Глубина грунтовых вод в м	Поливная норма в м^3/га	Месяцы				Итого за вегетационный период, м^3/га
			июнь	июль	август	сентябрь	
Картофель	I,5	200	62/42	I99/4	745/-	337/-	I644/47
Картофель	I,5	350	70/34	79/42	642/39	202/-	993/II5
Картофель	I,5	500	34/70	66/44	472/7I	I60/3I	687/2I6
Картофель	2,5	200	I3/5	270/9	43I/I8	35I/-	II83/32
Картофель	2,5	350	I5/30	38/9	290/I3	425/2	760/54
Картофель	2 5	500	7/40	40/25	I07/I4	352/5	505/84

Примечание: $\frac{760}{54}$ поступление грунтовых вод в зону аэрации / инфильтрационные потери оросительной воды

Из приведенных данных следует, что при заданном уровне увлажнения корнеобитаемого слоя почв доля участия грунтовых вод в эвапотранспирации регламентируется размерами поливных норм и глубиной залегания уровня грунтовых вод (рис. 2). Этими показателями и предопределяется формирование солевого баланса (табл. 2) зоны

аэрации. Исследованиями установлено, что при орошении сельскохозяйственных культур, когда влажность почвы поддерживается на уровне 70...75% от НВ, а размеры поливных норм не превышают 500 м^3/га, неизбежно происходит накопление солей в зоне аэрации, если грунтовые воды залегают выше 2,5 м, а их минерализация превышает 8... I0 г/л.

Таблица 2

Солевой баланс зоны аэрации при пороге предполивной влажности 70...75% НВ

Показатели	Размеры поливных норм, м^3/га					
	200		350		500	
	УГВ–I,5 м	УГВ–2,5 м	УГВ–I,5 м	УГВ–2,5 м	УГВ–I,5 м	УГВ–2,5 м
Приходные статьи						
I. Поступление солей с атмосферными осадками	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
2. Поступление солей с оросительной водой	0,82	0,82	0,86	0,86	I,025	I,025
3. Поступление солей с грунтовыми водами	I3,3I	I2,4I	9,94	8,68	6,94	5,40
Итого поступило:	I4,I8	I2,79	I0,85	9,54	8,0I	6,47
Расходные статьи						
I. Вынос солей инфильтрационными водами	0,26	0,23	0,60	0,34	0,93	0,36
Разность	+I3,92	+I2,56	+I0,25	+9,20	+7,08	+6,II

При этом интенсивность соленакопления соответствует объему поступления грунтовых вод в зону аэрации умноженному на их минерализацию за минусом инфильтрационных потерь умноженных на их минерализацию. В таком случае для поддержания мелиоративного благополучия необходимо выдерживать следующие условия [8].

$$V_{инф.} \cdot S_{инф.} \geq V_{гр.в} \cdot S_{гр.в.} , \qquad (2)$$

где $V_{инф.}$ – объем инфильтрационных потерь оросительной воды достигающих уровня грунтовых вод, м^3/га;

$S_{инф.}, S_{гр.в.}$ – минерализация инфильтрационных и грунтовых вод, т /м^3;

$V_{гр.в.}$ – объем грунтовых вод участвующих в эвапотранспирации, $м^3$/га.

Исследованиями установлено, что минерализация инфильтрационных вод зависит от уровня засоления зоны аэрации, глубины залегания грунтовых вод и режима орошения (особенно от размеров поливных норм). Поэтому её значения должны определяться для конкретных параметров режима орошения и почвенно-мелиоративных условий. Например, в наших исследованиях, которые проводились на глубокозасоленных почвах (метровый слой слабозасолен, а во втором метре содержится около 0,7...0,9% солей) этот показатель изменяется от 4 г/л при поливе нормой 500 $м^3$/га, до 7,5 г/л при норме 200 $м^3$/га.

Минерализация поверхностных слоев грунтовых вод, которая в первую очередь расходуется на эвапотранспирацию, в свою очередь зависит от объема поступления и минерализации инфильтрационных вод. Поэтому после поливов минерализация в верхних слоях грунтовых вод уменьшилась с I4...I6 г/л до 8...I2 г/л, а перед началом последующих поливов она вновь восстанавливается до исходных величин. При этом скорость её восстановления предопределялась отношением объема инфильтрационных вод к объему грунтовых вод, расходуемых на эвапотранспирацию.

Поэтому расчетные темпы соленакопления могут не совпадать с фактическими показателями. Следовательно, данное явление необходимо учитывать при применении вышеприведенного уравнения, которое обеспечивает достаточно высокую надежность расчетов.

Это подтверждается и экспериментальными исследованиями из которых следует, что при залегании уровня грунтовых вод на глубине I,5 м и поливах нормами 200...250 $м^3$/га, при пороге предполивной влажности 70...75% от НВ, размеры инфильтрационных потерь не превышают I0% от оросительной нормы и формируются, преимущественно в первый период вегетации растений. При этом размеры расхода грунтовых вод на эвапотранспирацию превышают инфильтрационные потери в I5...20 раз и достигают I...I,5 тыс.$м^3$/га, что обеспечивает высокую инстенсивность вторичного засоления. В этих условиях снижение до минимума расхода грунтовых вод на эвапотранспирацию и создание нисходящих токов влаги в корнеобитаемом слое почв (превышающих на 5...I0% расход грунтовых вод) можно обеспечить только путем поднятия порога предполивной влажности до 90...95% от НВ. В результате этого произойдет увеличение эвапотранспирации

на I0...I5%, а следовательно и расчетных значений оросительных норм на 20%.

Осуществление поливов нормами 350...500 м^3/га, при этом же пороге увлажнения, уменьшит долю участия грунтовых вод в эвапотранспирации в I,5...2,0 раза и увеличит объемы инфильтрации в 2...3 раза, что резко снизит темпы вторичного засоления. Однако при таких нормах, также потребуется поддерживать порог предполивной влажности на уровне 85...90% от НВ, чтобы обеспечить превышение инфильтрационных потерь оросительных вод над расходом грунтовых вод на эвапотранспирацию.

Снижение уровня грунтовых вод до 2,5 м уменьшит долю их участия в эвапотранспирации в 2...2,5 раза при первом варианте режима орошения и почти в 3 раза при втором и третьем варианте. В таком случае превышение инфильтрационных потерь оросительных вод над эвапотранспирацией грунтовых вод, когда обеспечивается рассоление почв, достигается при снижении влажности не ниже 85... 90% от НВ при поливах нормами 200 м^3/га и 80...85% от НВ при нормах 350...500 м^3/га. В результате этого размеры оросительных норм, обеспечивающих мелиоративное благополучие, уменьшатся на I0...I5% относительно земель где грунтовые воды залегают в пределах I,5... 2 м, а размеры дренажного стока уменьшаются почти в 2 раза, следовательно, с увеличением глубины залегания уровня грунтовых вод упрощается задача управления водно-солевого режима почв и достигается экономия оросительных вод.

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. Бекмухамедов М.А. Почвенно-мелиоративное условие территории вдоль трассы канала Иртыш-Караганда.- Алма-Ата: Наука, I977.

2. Аверьянов С.Ф. Некоторые вопросы предупреждения засоленных орошаемых земель и меры борьбы с ним в Европейской части СССР.- Сб.: Орошаемое земледелие в Европейской части СССР.- М.:Колос, I965.

3. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель.- М.: Колос, I978.

4. Айдаров И.П. К вопросу обоснования режима орошения и параметров дренажа на засоленных или склонных к засолению землях.- Сб.: Теория и практика борьбы с засолением орошаемых земель.- М.: Колос, I97I.

5. К о в д а В.А. Основы учения о почвах. Кн. I и 2-я.- М.: Наука, I973.
6. А й д а р о в И.П. Вопросы обоснования мероприятий по борьбе с засолением орошаемых земель.- Сб.: Теория и практика борьбы с засолением орошаемых земель.- М.: Колос, I97I.
7. К а ц Д.М. Режим грунтовых вод в орошаемых районах и его регулирование.- М.: I963.
8. В ы ш п о л ь с к и й Ф.Ф. Проблемы мелиорации каштановых почв Казахстана и некоторые аспекты их решения.- Сб.: Совершенствование оросительных систем и технологии орошения сельскохозяйственных культур в Казахстане.- Ташкент: I980.

Р.К.Бекбаев
а с п и р а н т
(КазНИИВХ)

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ИНФИЛЬТРАЦИИ НА СОЛЕОТДАЧУ ПОЧВ В НЕНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ

Интенсивность рассоления почв при промывках предопределяется скоростью инфильтрационного потока в промываемой толще и растворимостью солей, котрая зависит от многих факторов. Такими факторами является химический состав солей, температура среды, концентрация других солей в растворителе, направление обменных реакций между солями, газовый состав почв и т.д. Однако изменение скорости инфильтрационного потока в ненасыщенных грунтах, которая существенно изменяет продолжительность контакта растворителя с солями оказывает значительное влияние на темпы рассоления промываемых почв, так как после её насыщения водой происходит растворение солей и вынос их инфильтрационным потоком за пределы расчетного слоя. Многие исследователи [3,5,7 и др.] отмечают, что в почвогрунтах движутся не соли, а ионы солей, т.е. Ca^{+2} ; Mg^{+2}, Na^{+}, Cl^{-} , SO_4^{-2}, CO_3^{-2} , HCO_3^{-} и др. Поэтому возникает множество процессов осложняющих движение воды и солей, к ним относятся: электрокинетические явления; диффузионно-осматические процессы; термодиффузионные явления; влияние застойных зон, где вода практически не движется; обменные реакции и т.д.

Таким образом, управляя инфильтрационным потоком в промываемой толще можно изменять интенсивность удаления солей из промываемой толщи. Это вполне достижимо при изменении режима промывок

путем изменения объема подачи воды за один такт и межполивных периодов. Существование данного явления подтверждается многими исследователями [I,3,4,6,7 и др.], которые установили, что при изменении способа подачи воды можно достичь одним и тем же объемом воды разных эффектов. В настоящее время промывки производятся по мелким и крупным чекам, бороздам, полосам и т.д. Каждый из перечисленных способов имеет свои достоинства и недостатки. Например, промывки по мелким чекам (0,05...0,5 га) производятся обычно при сравнительно небольших уклонах (0,003...0,005). Их применение обеспечивает повышенную равномерность подачи малых поливных норм. Основным недостатком этого способа является значительно низкая производительность труда. Применение крупных чеков резко снижает трудоемкость работ, а производительность труда поливальщиков повышает в 2...3 раза. Однако при промывках по крупным чекам, где при существующих уклонах поверхности земли, разность отметок внутри чека достигает 20...30 см, что создает неравномерность рассоления почв по площади чека, а также повышает расходы воды на вынос одной тонны солей из расчетного слоя. Поэтому в районах острого дефицита воды технология промывок по крупным чекам не получит широкого распространения. Промывки при культуре риса обеспечивают хорошее рассоление почв при одновременном получении урожая риса, стоимость которого зачастую превышает затраты на его возделывание. В данном случае высокая эффективность промывок объясняется прежде всего не биологическими особенностями риса, а размерами оросительных норм. Следовательно, при возделывании риса интенсивность опреснения засоленных земель зависит в первую очередь от степени естественной или искусственной дренированности мелиорируемой территории.

С целью повышения эффективности промывок различные авторы рекомендуют изменять интервалы времени между сроком окончания впитывания поданной воды и началом повторного затопления чеков. Эти перерывы изменяются в широких пределах и определяются водно-физическими свойствами почв. Перерывы применяются для лучшего растворения солей, перехода их в почвенный раствор и вытеснения следующими порциями воды в нижележащие горизонты или в дренажную сеть. Однако эффективность длительности перерыва между тактами изучалась практически при одной технологии подачи воды на промывку. Поэтому для изучения оптимальной технологии подачи воды на промывку в исследованиях применялись следующие технологические схемы промывок:

I. Промывка монолитов осуществлена поливными нормами 250 м^3/га. Подача воды проводилась ежедневно.

2. Поливы проводились нормой 500 м^3/га, межполивной период составлял 3 дня.

3. Поливы проводились нормой I000 м^3/га с межполивным периодом 6 дней.

4. Поливы проводились нормой 2000 м^3/га с межполивным периодом I2 дней. Последний вариант является контролем. При таких технологических схемах промывок длительность промывок остается одинаковой. Средняя скорость инфильтрации оросительных вод за промывной период так же не меняется. Однако с уменьшением поливных норм и межполивных периодов происходит разное снижение скорости инфильтрации на всем протяжении промывок. Такая схема постановки позволит выявить влияние скоростей инфильтрации на солеотдачу почв.

При промывках использовались глинистые грунты, с пониженной солеотдачей и с глубинным засолением. Объемный вес верхних горизонтов (0...40 см) составлял I,2...I,36 г/см^3. С глубиной его показатели постепенно увеличивались и в I метровом слое достигали I,5 г/см^3, а в I,5 метровом слое I,55...I,6 г/см^3. Верхние горизонты (0...40 см) слабозасоленные. Сумма солей в этих горизонтах составляет 0,I...0,7%. С глубиной степень засоления резко возрастала и достигала I...2%. По типу засоления промываемые монолиты относятся к хлоридно-сульфатному и сульфатному засолению. Ионы хлора составляют 5...I5% от суммы солей. Скорость инфильтрационного потока воды определялась по формуле А.Дарси.

$$K = \frac{Q_a \cdot h}{S(h+H)\cdot t}, \quad м/сут ;$$

где Q_a – количество профильтровавшейся воды за определенный промежуток времени, м^3/га;

h – высота монолита, м;

S – площадь поперечного сечения монолита, м^2;

H – слой воды на поверхности монолита, м;

t – промежуток времени, за который профильтровался данный объем воды, сутки.

Результаты исследований показывают, что первые фильтраты появились при промывке малыми нормами (250...500 м^3/га) после подачи 2000...3000 м^3/га воды. При промывке, когда поливы проводились нормой I000 м^3/га первый фильтрат появился после проведения

второго полива, а при поливах нормой 2000 м^3/га первый фильтрат появился к концу впитывания поданной нормы.

Наблюдения за скоростью инфильтрации поливных вод показывают, что в начале промывок скорости инфильтрации при различных технологических схемах промывок изменялись следующим образом:

- при поливах нормой 250 м^3/га они колебались в пределах 0,02...0,025 м/сутки, при нормах 500 м^3/га - 0,03...0,04 м/сутки, при норме I000 м^3/га - 0,07...0,08 м/сутки и при норме 2000 м^3/га, - 0,I-0,I5 м/сутки. Сравнение скоростей инфильтрации показывает, что наименьшую скорость имеет технология промывки при поливах нормой 250 м^3/га, наибольшую - нормой 2000 м^3/га.

Выполненные наблюдения за скоростью инфильтрации показывают, что каждый такт имеет свое максимальное и минимальное значение. После подачи определенной порции воды, скорость инфильтрации достигает своего максимального значения и к концу перерыва (такта) приближается к своему минимальному значению. Поэтому при промывках по тактам скорость инфильтрации существенно изменяется, а амплитуда колебания скорости инфильтрации при различных технологических схемах полива может изменяться даже на целый порядок. Минимальные колебания скорости инфильтрации наблюдаются при поливах нормой 250 м^3/га, а максимальные колебания соответствуют технологии, когда поливы производятся нормой 2000 м^3/га. Следовательно, с уменьшением размеров поливных норм происходит выравнивание скорости инфильтрации поливных вод.

Необходимо отметить, что к концу промывок происходит стабилизация скорости инфильтрации поливных вод. В этот период скорость инфильтрации при поливах нормой 250 м^3/га составила 0,02I м/сутки и при поливах нормой 500 м^3/га 70% воды фильтруется со скоростью 0,025...0,03 м/сутки, I5...20% воды со скоростью 0,007...0,008 м/сутки, остальная часть - со скоростью 0,004... 0,005 м/сутки. При промывке монолитов поливной нормой I000 м^3/га 70...75% воды фильтруется со скоростью 0,035...0,04 м/сутки. Остальной объем воды проходит со скоростью 0,00I-0,0I м/сутки. При поливах нормой 2000 м^3/га 65...70% воды фильтруется со скоростью 0,04...0,06 м/сутки, а остальная часть - со скоростью 0,007... 0,0I м/сутки.

Изменение скорости инфильтрации предопределило и различную интенсивность солеотдачи почв, которая может оцениваться минерализацией инфильтрационных вод (табл. I).

Таблица I

Изменение минерализации фильтратов в зависимости от технологии промывок

Показатели	Размеры поливных норм, $м^3$/га			
	250 $м^3$/га	500 $м^3$/га	I000 $м^3$/га	2000 $м^3$/га
Минерализация фильтратов, г/л в начале промывки	27,8	23,2	20,7	I8,5
Минерализация фильтратов, г/л в середине промывки	24,20	I8,40	I2,30	8,50
Минерализация фильтратов в конце промывки, г/л	I2,I	9,04	7,80	5,70
Средняя минерализация фильтратов, г/л	I9,70	I5,80	I2,60	8,40

Из приведенных данных следует, что максимальная минерализация грунтовых вод, а следовательно, и интенсивность рассоления почв, наблюдается при поливах нормами 250 $м^3$/га. С увеличением размеров поливных норм снижается минерализация инфильтрационных вод и возрастают размеры промывных норм, которыми может достигаться необходимый уровень рассоления мелиорируемой толщи. Например, средняя минерализация инфильтрационных вод при поливах нормой 250 $м^3$/га составляла I9,7 г/л, а при норме 2000 $м^3$/га снизилась до 8,4 г/л. Отсюда следует, что путем изменения поливных норм, размеры промывных норм можно снизить почти в два раза, а это имеет огромное практическое значение. Особенно при дефиците оросительной воды.

В целях использования полученных результатов для расчета промывных норм и выбора рациональной технологии промывок коэффициент солеотдачи почв устанавливался по формуле В.Р.Волубуева.

$$\alpha = \frac{Q_a}{10000 \cdot lg \frac{S_{исх.}}{S_{ост.}}},$$

где α – коэффициент солеотдачи;

Q_a – количество профильтровавшейся воды, $м^3$/га;

$S_{исх.}$ – исходное содержание солей, т/га;

$S_{ост.}$ – остаточное содержание солей после промывки, т/га;

I0000 – переводной коэффициент на I га.

Таблица 2

Значение коэффициента солеотдачи при различных технологических схемах промывок (h = I,5м)

Технология полива	S исх. т/га	S ост. (0,4%) т/га	Количество вымытых солей, т/га	α	Фактическая промывная норма, $м^3$/га
250 $м^3$/га ежедневно	I5I,I0	8I,04	69,06	I,3I	3500
500 $м^3$/га через 3 дня	I46,3	83,20	63,I0	I,63	4000
I000 м/га через 6 дней	I65,50	83,70	8I,80	2,2	6500
2000 $м^3$/га через I2 дней	I63,40	85,I0	78,30	3,28	9300

Полученные результаты убедительно свидетельствуют о том, что путем изменения технологии полива размеры промывных норм можно уменьшить более чем в 2 раза. Однако выбор технологической схемы промывок должен осуществляться технико-экономическим обоснованием, так как рациональная технологическая схема промывок будет предопределяться природно-хозяйственными условиями. Следует отметить, что непременным условием остается то, что с ростом дефицита воды, мы вынуждены будем, при организации промывок, поливы проводить малыми нормами (500...I000 $м^3$/га) хотя стоимость промывок возрастает.

ЛИТЕРАТУРА

I. Айдаров И.П. Методы мелиорации засоленных земель.- В сб.: Прогрессивные методы мелиорации засоленных почв.- М.: I977.

2. Волобуев В.Р. Расчет промывки засоленных почв.-М.: Колос, I975.

3. Веригин Н.Н. и др. Методы прогноза солевого режима грунтов и грунтовых вод.-М.: Колос, I979.

4. Вышпольский Ф.Ф. Разработка и обоснование рациональных промывных норм засоленных земель (на примере Арысь-Туркестанской оросительной системы). Труды КазНИИВХ, том УП.-Алма-Ата: 1971.
5. Ковда В.А. Основы учения о почвах.-М.: Наука, 1973.
6. Най П.Х., Тинкер П.Б. Движение растворов в системе почва-растение.-М.: Колос, 1981.
7. Панин П.С. Процессы солеотдачи в промываемых толщах почв.-Новосибирск: Наука, 1968.

Б.С.Джаманбаев
аспирант
(КазНИИВХ)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ВОД ПРИ ОРОШЕНИИ ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ЗОНЫ КАНАЛА ИРТЫШ-КАРАГАНДА

Опыт развития орошаемого земледелия в Центральном Казахстане показал, что создание гидромелиоративных систем на темно-каштановых почвах тяжелого механического состава существенно изменяет почвенно-мелиоративную и гидрогеологическую обстановку, так как в естественных условиях грунтовые воды имеют спорадическое распространение, а при орошении формируется ирригационный тип режима грунтовых вод [1], который в свою очередь предопределяет мелиоративное состояние орошаемых земель.

Исследования по установлению закономерностей формирования режима грунтовых вод на первых этапах освоения орошения земель проводились в совхозе "Казахстан" расположенного в зоне канала Иртыш-Караганда. В почвенном покрове преимущественное распространение получили темно-каштановые почвы тяжелого механического состава [2]. Мощность покровных отложений, которые представлены тяжелыми суглинками, местами переходящими в легкие глины, колеблется от 3 до 12 м. Они подстилаются неогеновыми глинами, которые служат первым региональным водоупором. На отдельных участках северной и западной части наблюдаются разрывы в водоупоре, поэтому покровные отложения залегают на дресвянно-щебенистых породах мощность которых достигает 2...3 м. В целом на массиве орошения верхние горизонты почвогрунтов содержат небольшое количество солей (до 0,3%), химизм засоления их сульфатно-хлоридный. Исключение

составляют земли прилегающие к временным водотокам и расположенные в пониженных местах, где степень засоления резко возрастает и достигает 0,6...0,8%. С глубины одного метра их запасы резко возрастают и во втором метре зоны аэрации достигают I...I,5%. Коэффициент фильтрации верхних горизонтов меняется в пределах 0,09... 0,3 м/сут., а водоносных горизонтов от 0,02 до 0,I м/сут.

До освоения земель под орошение грунтовые воды формировались только за счет инфильтрации зимних и весенних осадков, поэтому они имели спорадическое распространение. В весенний период их распространение не превышало 60-70% от общей площади земельных угодий, а в осенний сокращалось до 20-30%, что указывает на их внутрипочвенное испарение даже при вскрытии грунтовых вод на глубине более 6-7 м. Осадки летне-весеннего времени не оказывали заметного влияния на уровень грунтовых вод, так как эвапотранспирация растительного покрова в I,5-2 раза превышала сумму выпадающих осадков.

По данным гидрогеологических изысканий, грунтовые воды на участках прилегающих к временным водотокам, вскрываются с глубины I...3 м. На остальных участках их глубина колеблется в пределах 4...I2 м, что примерно соответствует глубине залегания водоупора. Степень минерализации грунтовых вод также изменялась в широких пределах (2,5...30 г/л). Наименьшая степень засоления грунтовых вод соответствовала районам близкого залегания грунтовых вод.

Исследованиями установлено, что в первые годы освоения гидромелиоративных систем, инфильтрационные потери на орошаемых землях и во временных оросителях расходуются в основном на насыщение почвогрунтов нижних горизонтов зоны аэрации [3,4,5], в которых запасы влаги не превышают 50-60% НВ. Однако в этот период часть инфильтрационных потерь оросительных вод достигла водоупора и вызвала формирование сплошного горизонта грунтовых вод. Этот процесс резко усиливается при хорошо выраженном рельефе поливного участка [6], так как часть оросительных вод скапливается в макро и микропонижениях, где формируются зоны интенсивного питания грунтовых вод [4]. Формирование сплошного водоносного горизонта произошло после 3 лет орошения.

На основе анализа и оценки элементов баланса грунтовых вод, на орошаемой территории совхоза "Казахстан" выделено три типа режима грунтовых вод (по Д.М.Кацу, I976): ирригационный, ирригационно-подземно-приточный и ирригационно-гидрологический (рис.). При

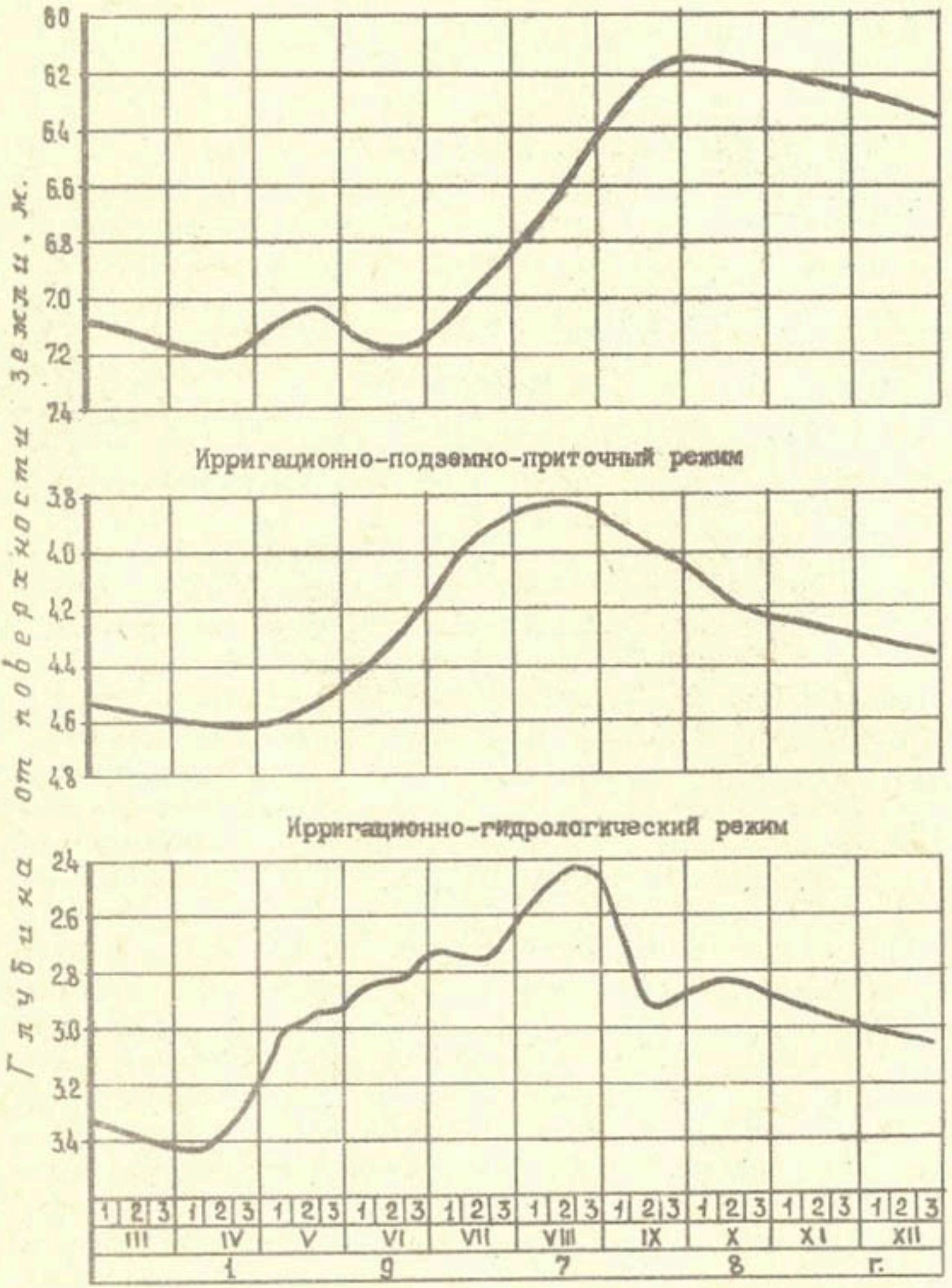


Рис. Сезонные колебания уровня, свойственные различным типам ирригационных режимов грунтовых вод.

этом установлено, что на большей части орошаемой территории формируется первый тип режима грунтовых вод. Его параметры зависят от режима орошения, техники полива, рельефа местности и возделываемой культуры. Характерным для ирригационного типа режима грунтовых вод является два явно выраженных пика их подъема. Первый приходится на май, когда часть инфильтрационных вод зимних и весенних осадков достигает уровня грунтовых вод. Подъем, как правило, начинается со второй декады апреля и достигает своего максимального значения (0,2 м) в середине мая. При близком залегании уровня грунтовых вод амплитуда их колебания достигает 0,3–0,4 м. Неизбежность подъема уровня грунтовых вод предопределяется и оттаиванием промерзшей влаги в порах почв [7], которая поступает в зону промерзания по капилярной кайме.

Второй период подъема уровня грунтовых вод приходится на июнь–октябрь и формируется за счет инфильтрационных потерь оросительных вод. При этом установлено, что с увеличением глубины залегания уровня грунтовых вод, пик их подъема смещается и определяется скоростью прохождения инфильтрационных вод через зону аэрации Например, поливы основных сельскохозяйственных культур (картофеля, кукурузы на силос, моркови, подсолнуха), заканчиваются в конце августа, а люцерны, костра безостого в середине сентября, а подъемы грунтовых вод продолжаются до первых декад октября. В первых числах ноября, когда на поверхности почвы устанавливается устойчивая отрицательная температура, происходит снижение уровня грунтовых вод за счет подземного оттока и перехода влаги в кристаллизационный лед, которая мигрирует в зону активного промерзания почв. Сущность кристаллизационно-пленочного механизма переноса грунтовых вод в промерзающие горизонты почв заключается в подтягивании влаги к кристаллам льда под действием диффузионных сил [7].

Ирригационно-подземно-приточный режим грунтовых вод формируется на поливных и прилегающих к ним участках, где водовмещающими грунтами служат дресвянно-щебенистые породы или супесчанные прослойки в виде вытянутых линз. Здесь режим грунтовых вод предопределяется интенсивностью притока подземных вод с вышележащих участков и режимом орошения сельскохозяйственных культур, а интенсивность подъема уровня грунтовых вод приходится на поливной период, когда усиливается приток подземных вод с прилегающих территорий. В конце вегетации сельскохозяйственных культур, происходит резкий спад их уровней, так как интенсивность оттока превышает приток грунтовых вод.

Ирригационно-гидрологический тип питания грунтовых вод формируется вдоль временных водотоков ("Грязнухи", "Креховки"), которые проходят в центральной и восточной части массива орошения и служат сбросными каналами высшего порядка. Данный режим грунтовых вод, при котором амплитуда колебания их уровня достигает I,5 м имеет хорошую гидравлическую связь с уровенным режимом воды в водотоках, и зависит от снежных запасов и интенсивности их таяния, размеров сбросных вод с орошаемых полей и с аванкамеры насосной станции П подъема.

Повсеместное формирование ирригационного типа режима грунтовых вод на массиве орошения совхоза "Казахстан" подтверждается данными таблицы, в которой приводится динамика изменения площадей орошаемых земель с различной глубиной залегания грунтовых вод. Например, площадь земель с залеганием уровня грунтовых вод глубже I0 м уменьшилась с 5I8 (I976 г.) до 28I га (I980 г.). В настоящее время залегание уровня грунтовых вод глубже I0 м отмечается лишь на участках, где покровные отложения залегают на трещиноватых породах палеозоя, что обеспечивает их быструю разгрузку. Кроме этого за этот период произошло сокращение площадей с залеганием грунтовых вод от 7 до I0 м с 70I до 378 га. Площадь земель, где грунтовые воды вскрываются с глубины 5...7 м уменьшилась с 650 до 550 га. Таким образом, площадь земель с залеганием уровня грунтовых вод глубже 5 м, когда грунтовые воды не оказывают существенного влияния на почвообразовательные процессы сокращалась с I869 до I209 га т.е. на 660 га. В то же время уменьшилась площадь орошаемых земель с глубиной залегания грунтовых вод от 3 до 5 м с 700 до 690 га, а площади земель с глубиной грунтовых вод от I до 3 м возрасла с 225 до 8I2 га.

Приведенные результаты убедительно свидетельствуют о том, что в данных природно-хозяйственных условиях, где отток грунтовых вод затруднен, повсеместно происходит подъем уровня грунтовых вод, что неизбежно ухудшит мелиоративное состояние орошаемых земель. Кроме того установлено, что максимальная интенсивность подъема уровня грунтовых вод (0,8...I,2 м/год) отмечается на участке, где возделываются ведущие сельскохозяйственные культуры (картофель, морковь, кукуруза и т.д.) и применяется промывной режим орошения.Поливы проводились нормами 400–500 $м^3$/га при пороге предполивной влажности 75...80% от НВ. В данном случае объем инфильтрационного питания (W-И) грунтовых вод достигает 800...

1000 м^3/га в год. На участках,где поддерживался данный режим влажности почв, а поливы проводились нормами (нетто) 300...350 м^3/га, подъем грунтовых вод достигает до 0,4...0,6 м/год, а объемы инфильтрации не превышают 600 м^3/га/год. Проведение поливов малыми нормами при пороге влажности почв не ниже 75...80% от НВ снижает темпы подъема уровня грунтовых вод и не превышают 0,3...0,5 м/год.

Следовательно, поддерживая один и тот же порог предполивной влажности почв, но изменяя размеры поливных норм можно существенно уменьшить интенсивность питания грунтовых вод, удлинить период подъема уровня грунтовых вод до критических глубин, при которых происходит интенсивное засоление почв. При этом установлено, что применение малых поливных норм повышает минерализацию инфильтрационных вод, относительно расчетного режима орошения на 5... 8 г/л и увеличивает степень рассоления почв при одних и тех же объемах инфильтрации, за счет снижения скорости потока инфильтрационных вод [3,8].

Следовательно, на вновь осваиваемых землях Центрального и Северного Казахстана в первые 2-3 года целесообразно проводить поливы нормой 300-400 м^3/га, так как в это время вследствие больших различий в потенциалах увлажнения различных слоев зоны аэрации происходит быстрое иссушение поверхностных слоев почв зоны. В дальнейшем поливы необходимо осуществлять нормой 250...350 м^3/га при пороге предполивной влажности 75...80% от НВ. Применение последнего позволит, при большой глубине исходного залегания уровня грунтовых вод, максимально рассолить корнеобитаемый слой почв за счет свободной емкости зоны аэрации и обеспечит смещение солевых масс в более глубокие слои грунтов, что облегчит управление водносолевым режимом почв и грунтовых вод при достижении последней критической глубины. При этом строительство дренажа должно осуществляться до появления грунтовых вод на критической глубине и их интенсивного участия в почвообразовательном процессе. Кроме того заблаговременное устройство дренажа резко повышает его эффективность по предупреждению вторичного засоления почв.

Необходимо отметить, что управлять уровенным режимом грунтовых вод только с помощью режима орошения не удается даже при строительстве совершенных оросительных систем закрытого типа и осуществлении поливов дождеванием. При этом снижение до минимума нисходящих токов влаги в зоне аэрации, приведет к миграции солевых масс из нижележащих горизонтов в корнеобитаемый слой почв и

Таблица

Динамика изменения площадей земель с различными глубинами залегания уровня грунтовых вод на массиве орошения совхоза "Казахстан"

Глубина залегания грунтовых вод, в м	1976 г.		1978 г.		1979 г.		1980 г.		Изменение площади за 1976–1980 гг.	
	га	в % от общей площади	га	в % от общей площади	га	в % от общей площади	га	в % от общей площади	га	в % от общей пл.
менее 1 м	6,0	0,2	29,0	1,0	96	3,4	89	3,2	+83	+2,9
1–3	225	8,0	412	15,0	727	26,0	812	29,0	+587	+21,0
3–5	700	25,0	997	35,6	786	28,1	690	24,7	-10	-0,3
5–7	650	23,0	455	16,0	471	16,8	550	19,6	-100	-3,6
7–10	701	25,3	603	21,4	460	16,4	378	13,5	-323	-11,5
более 10 м	518	18,5	304	11,0	260	9,3	281	10,0	-237	-8,5
И т о г о :	2800	100	2800	100	2800	100	2800	100	0	0

Примечание: знак + увеличение площади

знак – уменьшение площади

ухудшит мелиоративное состояние орошаемых земель. Поэтому управление режимом грунтовых вод должно осуществляться, с одной стороны, путем снижения интенсивности питания грунтовых вод, обеспечения равномерности инфильтрации на всей орошаемой территории, которая достигается при поливах малыми нормами и сокращения сброса оросительных вод со всех звеньев оросительной системы, с другой стороны, путем строительства дренажа способного отводить за пределы массива орошения тот объем инфильтрационных потерь оросительных вод, которым достигается рассоление почв зоны аэрации и определяется интенсивность питания грунтовых вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кац Д.М. Влияние орошения на грунтовые воды. - М.: Колос, 1976.
2. Бекмухамедов М.А. Почвенно-мелиоративное условие территории вдоль трассы канала Иртыш-Караганда. - Алма-Ата: Наука, 1977.
3. Вышпольский Ф.Ф. Проблемы мелиорации каштановых почв Казахстана и некоторые аспекты их решения.-Сб.: научных трудов КазНИИВХ. - Ташкент: 1980.
4. Костяков А.Н., Фаворин Н.Н., Аверьянов С.Ф. Влияние оросительных систем на режим грунтовых вод. - Изд-во АН СССР, 1956.
5. Аханов Ж.У., Каражанов К.Д., Терехов Г.С. Эффективность орошения в Северном Казахстане.- Алма-Ата: Наука, 1979.
6. Вышпольский Ф.Ф., Ким Ф.Н., Макаревич В.И. Влияние орошения на водно-солевой режим почв и урожайность картофеля. Вестник с/х науки Казахстана.№ 3,- Алма-Ата, 1978.
7. Калюжный К.К., Павлова К.К. Формирование потерь талого стока.-Л.: Гидрометеоиздат, 1981.

Б.М.Койбаков
зав.лабораторией
(КазНИИВХ)

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА СОЛЕЙ В ПОЧВАХ ПРИ ОРОШЕНИИ ДРЕНАЖНЫМИ ВОДАМИ

В ближайшие годы намечается значительное увеличение орошаемых площадей в зоне канала Иртыш-Караганда (Павлодарская область). Перспективные массивы орошения характеризуются незасоленными и слабозасоленными почвами. При освоении таких почв важно знать закономерности формирования процессов растворения и перемещения различных солей между зоной аэрации и грунтовыми водами, особенно при орошении дренажными и дренажно-сбросными водами.

В условиях орошаемого земледелия искусственно поддерживается водно-воздушный режим почв, влияющий на изменение физико-химических, биологических и питательных режимов. Количественные и качественные показатели этих изменений в основном зависят от режима орошения, минерализации оросительных вод и гидрологических условий орошаемого массива.

В пределах исследуемого района развиваются гидроморфные почвы, которые формируются в условиях постоянного подпитывания нижней части почвенного профиля грунтовыми водами. Для массивов с гидроморфными почвами характерна большая амплитуда колебания уровня грунтовых вод, которая изменяется в пределах 0,5...I,5 м.

Исследованиями установлено, что при поливах нормами, превышающими расчетные значения водоудерживающей способности почв корнеобитаемого слоя, формируются потери оросительных вод на фильтрацию и обеспечивается вымыв солей из этого слоя. В данном случае в верхних и средних частях почвенного профиля не наблюдается засоление. При поливах нормами, которые соответствуют дефициту влаги в корнеобитаемом слое, происходит накопление солей первоначально в нижней части почвенного профиля, а затем и в верхних горизонтах корнеобитаемого слоя почв. Процесс накопления солей у поверхности почвы значительно ускоряется в годы с высоким термическим режимом. Поэтому повышение термического режима требует проведения более частых поливов расчетными поливными нормами или применения промывного режима орошения.

Выбор параметров режима орошения, обеспечивающего рассоление почв или сохранение мелиоративного состояния орошаемых земель, должен осуществляться с учетом допустимого уровня накопления со-

лей в корнеобитаемом слое почвы. Однако присутствие одного и того же количества солей в почве, при изменении их качественного состава, оказывает различное воздействие на развитие сельскохозяйственных культур, что обусловлено влиянием токсичности отдельных солей на растения. При орошении дренажными водами необходимо учитывать степень их минерализации и состав солей, характер изменения засоления почвогрунтов зоны аэрации, что характеризует степень миграции отдельных солей между зоной аэрации и грунтовыми водами.

Среди солей, содержащихся в почвах и дренажной воде, наиболее подвижны хлориды натрия, кальция и магния, которые обладают высокой растворимостью. Хлориды легко перемещаются с водой. Подвижность и действие сульфатов на рост растений зависит от вида катиона, связанного с сульфат ионом. Сульфат кальция имеет среднюю растворимость и подвижность, он может присутствовать в почвах в разных количествах и различных формах. Растворимость сульфата кальция (гипса) - 2 г/л, присутствие их в почвах предполагает относительно стабильную концентрацию ионов кальция в почвенном растворе. Сульфат магния имеет очень высокую растворимость, вследствие чего эта соль является одной из наиболее токсичных для растений солей. Сульфат натрия легко растворяется в воде, поэтому аккумулируется в летний период вместе с другими легкорастворимыми солями. В зимний период, при уменьшении растворимости, большая часть сульфата натрия остается в верхнем слое почв.

Карбонаты являются солями слабой кислоты и сильного основания, их растворы имеют щелочную реакцию. Карбонат кальция имеет очень низкую растворимость. Горизонты, содержащие большое количество карбоната кальция, сильно сцементированы и обладают очень низкой проницаемостью как для корней растений, так и для воды. Карбонат магния имеет более высокую растворимость, чем карбонат кальция. В процессе растворения происходит щелочной гидролиз и насыщенный раствор карбоната магния может быть высокощелочным, а сильная щелочная реакция угнетает растения. Карбонат натрия - хорошо растворимое соединение, имеет щелочную реакцию вплоть до PH I2. Вследствие высокой растворимости и сильной щелочности, карбонат натрия всегда очень токсичен для растений и вызывает низкую водопроницаемость и ухудшение водно-физических свойств почв.

При поливах минерализованными водами важно установить характер распределения солей в почвенной толще и знать закономернос-

ти миграции токсичных солей (Na_2CO_3, $NaHCO_3$, Na_2SO_4, $NaCl$, $MgCl_2$ и др.), которыми предопределяется урожайность сельскохозяйственных культур. Поэтому в наших исследованиях этим процессам уделялось первостепенное внимание.

По классификации Базилевич Н.И., Панковой Е.И. химизм засоления почв, исследуемой зоны, по анионному составу - гидрокарбонатно-сульфатный (щелочноземельный), по катионному - натриево-кальциевый.

Анализ почвенного покрова орошаемой территории в зоне канала показывает, что характер накопления, распределения солей по почвенному профилю и качественный их состав свидетельствует о направлении процесса миграции солей в зоне аэрации и зависит от состава солей в питающих источниках (грунтовых и оросительных водах). По мнению А.Н.Розанова хлоридный состав указывает на отсутствие проточности почвенного раствора, сульфатный - о периодическом чередовании аккумуляции и частичного выноса наиболее подвижных солей. Это подтверждается нашими опытными данными, из которых следует, что при увлажнении зоны аэрации дренажными водами в составе плотного остатка резко увеличивается доля сульфата кальция, что улучшает физико-химические свойства почв (табл. I).

Опытный участок, как и весь массив орошения, характеризуется наличием соды в небольшом количестве, содержание которой достигало 2,8 т/га. После четырех лет орошения таких земель содержание соды резко уменьшилось, так как в оросительных и дренажных водах она отсутствует, а применение минеральных удобрений и обеспечение хорошей дренированности, при оптимальных поливных режимах, ускоряет ход обменных реакций и темпы снижения содержания соды.

Аналогичные явления происходят и с солями гидрокарбоната натрия. Например, при поливах пресной (канальной) водой, запасы этих солей изменяются незначительно, а с повышением минерализации поливных вод темпы снижения гидрокарбоната натрия возрастают, так как применение минерализованных вод на карбонатных почвах ускоряет обменные реакции и обеспечивает снижение не только соды, но и гидрокарбонатов натрия. Подобные изменения происходят и с гидрокарбонатами магния, кальция. Однако более высокие темпы уменьшения их запасов отмечается у гидрокарбонатов магния.

Таблица I

Изменение качественного состава солей почвогрунтов (0...I50 см) при поливах водой с различной степенью минерализации (опыт на вегетационных сосудах)

Культура	Минерализация поливной воды, г/л	Виды слоев, т/га / %									Сумма солей, т/га / %
		Na_2CO_3	$NaHCO_3$	$Mg(HCO_3)_2$	$Ca(HCO_3)_2$	$NaCl$	$MgCl_2$	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Кукуруза, исходное засоление	-	2,29 I4,2	2,44 I5,I	I,80 II,I	5,I8 32,0	0,43 2,6	0,09 0,5	3,II I9,2	0,73 4,5	0,06 0,4	I6,I6 I00,0
Кукуруза после поливов	2,5	I,9I 8,I	3,8I I6,I	I,64 6,9	5,39 22,7	I,27 5,3	I,24 5,2	5,40 22,8	0,44 I,9	2,6I II,0	23,72 I00,0
Кукуруза после поливов	3,5	I,38 5,3	4,05 I5,6	0,74 2,9	3,92 I5,I	4,97 I9,I	2,03 7,8	6,23 24,0	0,03 0,I	2,63 I0,I	25,98 I00,0
Люцерна, исходное засоление	-	2,83 I8,3	2,97 I9,2	I,84 II,9	3,78 24,4	0,66 4,3	0,I5 0,9	3,I3 20,2	0,I3 0,8	0,00 0,0	I5,48 I00,0
Люцерна после поливов	3,0	0,95 4,8	2,64 I3,5	I,56 8,0	4,63 23,6	2,0I I0,2	I,29 6,6	5,50 28,0	0,00 0,0	I,04 5,3	I9,62 I00,0
Люцерна после поливов	5,0	0,54 2,0	I,I3 4,2	I,I0 4,I	5,63 20,9	3,34 I2,4	2,I5 8,0	I0,2I 37,9	0,5I I,9	2,34 8,7	26,93 I00,0

Продолжение табл.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Картофель, исходное засоление	-	I,73 9,5	4,59 25,3	2,96 I6,3	4,59 25,3	0,74 4,I	0,04 0,2	3,3I I8,2	0,20 I,I	0,00 0,0	I8,I6 I00,0
Картофель после поливов	0,2	I,53 8,5	4,97 27,6	2,29 I2,7	4,36 24,2	0,67 3,7	0,38 2,I	3,55 I9,7	0,27 I,5	0,00 0,0	I8,II I00,0
Картофель после поливов	2,5	I,5I 7,6	3,75 I8,9	2,00 I0,I	4,5I 22,7	2,I0 I0,6	0,87 4,4	4,I3 20,8	0,28 I,4	0,7I 3,6	I9,85 I00,0

Установленные закономерности снижения запасов гидрокарбонатных солей при поливах минерализованными водами обусловлены не выносом этих солей инфильтрационными водами за пределы корнеобитаемого слоя почв, а обменными реакциями, интенсивность которых возрастает при повышении минерализации поливных вод. Вместе с тем установлено, что с ростом минерализации усиливается интенсивность накопления сернокислого натрия и хлористых солей магния, натрия, все это говорит об изменении качественного состава солей в корнеобитаемом слое. В частности, после четырех лет орошения минерализованными водами гидрокарбонатно-сульфатно-содовый тип засоления почв стал гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридным или сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридным. Изменение типа засоления произошло в результате ускоренного накопления сульфатных и хлоридных солей натрия. Однако рост токсичных солей одновременно сопровождается снижением содержания наиболее токсичной соли - соды, что говорит об отсутствии значительного ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель. Следует отметить, что максимальная интенсивность миграции солей наблюдается в первые годы орошения минерализованными водами, а в последующие годы темпы соленакопления и миграции отдельных солей стабилизируются.

Возможность широкого применения для орошения дренажных вод, минерализация которых не превышает 2,0 г/л подтверждается результатами исследований, которые проводились в производственных условиях. Анализ изменения качественного состава солей показывает, что при поливах дренажной водой запасы солей возросли незначительно до величины, при которой сельскохозяйственные культуры не угнетаются. Поэтому урожайность возделываемых культур по годам исследований, при поливах оросительной и дренажной водой, изменялась в пределах ошибки опыта.

Таким образом, в исследуемой зоне, где преимущественно минерализация грунтовых вод не превышает 3,0 г/л, а дренажных колеблется в пределах I,0...2.0 г/л, последние можно использовать для орошения без дополнительного усиления существующей искусственной дренированности орошаемой территории. Исследованиями установлено, что в таких природно-хозяйственных условиях можно повторно использовать слабоминерализованные дренажно-сбросные воды. Использование этих вод, как показали исследования, не вызывает значительного увеличения содержания солей в зоне аэрации при соблюдении оптимального режима орошения, обеспечивает полное исполь-

зование вносимых минеральных удобрений и охрану окружающей среды. Это имеет большое практическое значение для орошаемого земледелия, так как водообеспеченность оросительных систем повысится на I5...20%, соответственно возрастет урожайность сельскохозяйственных культур.

Г.Н.Жданов
канд.техн. наук
В.И.Жданова
ст.инженер
(КазНИИВХ)

К МЕТОДИКЕ МНОГОФАКТОРНОГО АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведение натурных исследований по изучению различных процессов основано на выявлении всевозможных причинно-следственных связей между отдельными факторами путем проведения эксперимента. Однако даже самый тщательно подготовленный эксперимент не позволяет выделить интересующий нас фактор в чистом виде. Следовательно, каждое наблюдение дает нам результат взаимодействия совокупности факторов. Поэтому в процессе обработки материалов натурных исследований ставится основная задача по установлению закономерностей изменения, как отдельных факторов, так и их совокупности с целью регулирования процесса в нужном для нас аспекте. Чтобы результаты оценки содержали возможно меньшие ошибки необходима их обработка методами, обеспечивающими наиболее точные результаты.

Для определения степени влияния отдельных факторов и достоверности полученных результатов необходима статистическая обработка данных исследований, основанная на теории корреляции случайных величин. В работе обобщены рекомендации Перегудова В.Н. [I], Длина А.М. [2], Щиголева Б.М. [4] и других авторов и приведены в систематическую структуру, приемлемую для анализа результатов полевых исследований в мелиорации.

Рассматривая структуру межгрупповой дисперсии, находим средние арифметические значения членов каждой совокупности по формулам:

$$\bar{X}_{1i} = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} X_{1i}}{n_1}, \quad \bar{X}_{ij} = \frac{\sum^{n_m} X_{ij}}{n_i}, \quad \bar{X}_{mj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_m} X_{mj}}{n_m}.$$

Определяем среднюю арифметическую всех совокупностей:

$$\bar{X} = -\frac{I}{n \cdot m} \sum_{i=1} \sum_{j=1} X_{ij} \quad \text{или} \quad \bar{X} = -\frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} \bar{X}_{1*} .$$

Вычисляем сумму квадратов отклонений совокупностей X_{ij} от $\bar{X}$,то есть $\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} (X_{ij} - X)^2$

при условии, что $\sum_{i=1}^{n} (X_{ij} - \bar{X}_{1*}) = 0$

и сумму квадратов отклонений между группами (вариантами)

$$Q_1 = n \sum_{i=1}^{m} (\bar{X}_{1x} - X)^2,$$

а также сумму квадратов внутри группы, которая характеризует остаточное рассеивание случайных погрешностей совокупностей

$$Q_2 = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} (X_{ij} - \bar{X}_{1*})^2.$$

Затем проводим оценку различия между дисперсиями по критерию $F = \frac{Q_1/(m-1)}{Q_2/(n-1) \cdot m}$.

Этот критерий подчиняется F распределению с (m - I) и $m(n$-I) степенями свободы. Выбирая уровень значимости α находим значение F табличное [I]. Если результаты расчетов показывают, что F фактическое больше F табличного, это говорит о том, что различия между вариантами существенны.

Проведенным расчетом устанавливаем наличие обособленных вариантов опытов. Далее необходимо выяснить зависимости корреляционно связанных между собой величин урожайности и каждого влияющего на его изменение фактора. Находим среднеарифметическое всех значений урожайности $\bar{X}_y = \frac{\Sigma X_y}{n}$ и влияющего фактора $\bar{X}_m = \frac{\Sigma X_m}{n}$, а также коэффициент частной корреляции по формуле:

$$r = \frac{1}{n} \sum_{1}^{n} X_y X_m .$$

Чтобы выяснить, какая связь преобладает, определяем среднеарифметическую сумму ($X_y - \bar{X}_y$), ($X_m - \bar{X}_m$) по всем данным наблюдений. Для измерения тесноты связи в процентах вычисляем коэффициент детерминации $R = r^2$. В случае если R менее 60% то отмечается, что данный фактор не оказывает существенного влияния на формирование определяющего - урожайности культуры. Поэтому необходимо выявить зависимость урожая сельскохозяйственной культуры от совокупности других факторов, то есть провести многофакторный анализ.

В данном случае применим метод множественной регрессии [2] , позволяющий по выборке, которая содержит отдельные наблюдавшиеся

значения переменных Y и $X_1, X_2 \ldots, X_n$ оценить значение неизвестных параметров – $a_0, a_1, a_2 \ldots, a_n$.

Для удобства вычислений все переменные значения стандартизуют, то есть вместо $Y, X_1, X_2, X_3 \ldots, X_n$ определяют

$$t_0 = \frac{Y - \bar{Y}}{\sigma_y}, \quad t_1 = \frac{X_1 - \bar{X}_1}{\sigma_{x_1}}, \ldots \quad t_{x_n} = \frac{X_n - \bar{X}_n}{\sigma_{x_n}},$$

где $\bar{Y}, \bar{X}_1, \bar{X}_2, \ldots \bar{X}_n$ – средние значения переменных;

$\sigma_y, \sigma_x, \sigma_{x_2}, \ldots \sigma_{x_n}$ – средние квадратические отклонения переменных величин, определенные по формулам:

$$\sigma_y = \frac{1}{n}\sqrt{n\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2}, \quad \sigma_x = \frac{1}{n}\sqrt{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}.$$

В стандартизованном масштабе среднее значение признака равно нулю, а среднее квадратическое отклонение равно единице.

Уравнение множественной регрессии в стандартизованном масштабе имеет вид:

$$\bar{t}_y = \beta_1 t_1 + \beta_2 t_2 + \cdots + \beta_n t_n,$$

где $t_1, t_2, t_3 \ldots t_n$ – стандартизованные значения переменных;

t_y – среднее стандартизованное значение зависимой переменной;

$\beta_1, \beta_2 \ldots \beta_n$ – стандартизованные коэффициенты множественной регрессии, которые находятся из условия: $\Sigma(t_y - \bar{t}_y) = min$.

Положим, что зависимость урожайности сена люцерны, возделываемой в рисовом севообороте (Y) предопределяется влияющими факторами, суммой положительных температур вегетационного периода (X_1), относительной влажностью воздуха (X_2), запасами водый в корнеобитаемом слое почвы (X_3), глубиной залегания грунтовых вод (X_4), их минерализацией (X_5), временем подачи воды в чек (X_6) и удельным расходом воды (X_7). Урожайность рассматривается как функция семи переменных:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 .$$

Исходная информация представлена в таблице I. Стандартизованные значения этих переменных приведены в таблице 2.

Параметры $\alpha, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7$ определены методом наименьших квадратов:

$$S = \Sigma (\alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 - Y)^2 \to min.$$

Приравниваются к нулю частные производные и в результате получается следующая система нормальных уравнений:

$$
\begin{aligned}
&1{,}00\beta_1 - 0{,}59\beta_2 + 0{,}89\beta_3 - 0{,}69\beta_4 + 0{,}90\beta_5 + 0{,}10\beta_6 - 0{,}04\beta_7 = -0{,}89\\
&-0{,}59\beta_1 + 1{,}00\beta_2 - 0{,}16\beta_3 + 0{,}98\beta_4 - 0{,}18\beta_5 + 0{,}09\beta_6 - 0{,}12\beta_7 = +0{,}35\\
&0{,}89\beta_1 - 0{,}16\beta_2 + 1{,}00\beta_3 - 0{,}46\beta_4 + 0{,}99\beta_5 + 0{,}10\beta_6 - 0{,}13\beta_7 = -0{,}89\\
&-0{,}69\beta_1 + 0{,}98\beta_2 - 0{,}46\beta_3 + 1{,}00\beta_4 - 0{,}40\beta_5 + 0{,}05\beta_6 - 0{,}08\beta_7 = +0{,}55\\
&0{,}90\beta_1 - 0{,}18\beta_2 + 0{,}99\beta_3 - 0{,}40\beta_4 + 1{,}00\beta_5 + 0{,}10\beta_6 - 0{,}12\beta_7 = -0{,}89\\
&0{,}10\beta_1 + 0{,}09\beta_2 + 0{,}10\beta_3 + 0{,}05\beta_4 + 0{,}10\beta_5 + 1{,}00\beta_6 + 0{,}11\beta_7 = -0{,}29\\
&-0{,}04\beta_1 - 0{,}12\beta_2 - 0{,}13\beta_3 - 0{,}08\beta_4 - 0{,}12\beta_5 + 0{,}11\beta_6 + 1{,}00\beta_7 = +0{,}13
\end{aligned}
$$

Решая систему уравнений методом Гаусса [3], находим значения коэффициентов β. Для конкретных условий коэффициенты равны:

$\beta_1 = 0{,}076$, $\beta_2 = 0{,}151$, $\beta_3 = -0{,}107$, $\beta_4 = 0{,}129$,
$\beta_5 = -0{,}639$, $\beta_6 = -0{,}242$ и $\beta_7 = 0{,}085$.

Теснота связи оценивается совокупным коэффициентом корреляции, который определен по формуле:

$$r = \sqrt{\beta_1 r_{yX_1} + \beta_2 r_{yX_2} + \cdots \beta_n r_{yX_n}}\ .$$

В нашем случае совокупный коэффициент корреляции равен $r = 0{,}94$. Коэффициент $r^2 = 0{,}94^2 = 0{,}886$ говорит о том, что урожайность люцерны по вариантам способов полива на 88,6% зависит от рассматриваемых факторов.

Для анализа влияния каждого фактора на величину урожая определяем значения коэффициентов регрессий в натурном масштабе

$$a_i = \beta_i \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_i}}\ ,\quad a_0 = \bar{y} - a_1 X_1 - a_2 X_2 - \cdots a_n X_n$$

и выводим зависимость связи между переменными, которая для условий Кзыл-Ординского рисового массива имеет вид:

$$y = 57{,}74 + 0{,}005X_1 + 0{,}448X_2 - 0{,}038X_3 + 23{,}684X_4 - 26{,}857X_5 - 2{,}179X_6 + 0{,}055X_7,$$

где $a_0 = 57{,}74$, $a_1 = 0{,}005$, $a_2 = 0{,}448$, $a_3 = 0{,}038$,
$a_4 = 23{,}684$, $a_5 = -26{,}857$, $a_6 = -2{,}179$ и $a_7 = 0{,}055$;

$X_1, X_2, X_3, \cdots X_7$ - переменные.

По результатам однофакторных анализов и полученному уравнению связи выявлены пределы изменения каждого фактора и степень влияния его на урожай. Для условий Кзыл-Кумского рисового массива изменения факторов заключены в следующих пределах:

а) сумма положительных температур колеблется от 3200°С до 4880°С;

Таблица I

Зависимость урожая сена люцерны от способов полива, почвенно-мелиоративных и климатических условий

№№ п/п	Варианты	Годы исследований	Урожай сена, ц/га y	Факторы: Сумма положительных температур вегетац. периода X_1	Относительная влажность воздуха вегетац. периода, % X_2	Запасы солей в корнеобитаемом слое почвы, т/га X_3	Глубина залегания грунтовых вод, м X_4	Минерализация грунтовых вод г/л X_5	Время подачи воды, час/га X_6	Удельный расход воды, л/сек X_7
I	Полив дождеванием	I970	90,3	3580	46,5	24,I	I,0	I,2	I,9	I6,7
		I97I	3I,7	4230	5I,4	I87,5	I,0	2,8	I,8	I6,I
		I972	93,8	3240	67,0	45,9	I,3	I,4	I,9	I6,7
2	Полив по бороздам	I970	88,7	3580	46,5	24,I	I,0	I,2	5,9	60,3
		I97I	39,5	4230	5I,4	I87,5	I,0	2,8	8,3	35,7
		I972	97,4	3240	67,0	45,9	I,3	I,4	8,I	35,4
3	Полив напуском с помощью ППА-I65	I970	88,4	3580	46,5	24,I	I,0	I,2	0,7	53,0
		I97I	37,8	4230	5I,4	I87,5	I,0	2,8	I,5	4I,5
		I972	94,3	3240	67,0	45,9	I,3	I,4	I,2	44,0
4	Полив затоплением с помощью ложбин	I970	80,9	3580	46,5	24,I	I,0	I,2	4,6	48,3
		I97I	36,I	4230	5I,4	I87,5	I,0	2,8	5,7	23,0
		I972	82,2	3240	67,0	45,9	I,3	I,4	5,I	30,I
5	Полив по полосам различной ширины	I970	78,6	3580	46,5	24,I	I,0	I,2	5,3	I59,3
		I97I	33,2	4230	5I,4	I87,5	I,0	2,8	6,2	I26,4
		I972	9I,6	3240	67,0	45,9	I,3	I,4	6,7	II8,5
6	Полив обычным затоплением	I970	56,2	3580	46,5	24,I	I,0	I,2	8,7	28,5
		I97I	22,5	4230	5I,4	I87,5	I,0	2,8	9,2	2I,6
		I972	60,8	3240	67,0	45,9	I,3	I,4	8,9	26,9
	Сумма		I204,0	66300	989,4	I545,0	I9,8	32,4	9I,7	902,0
	Среднее		66,9	3683,3	55,0	85,8	I,I	I,8	5,I	50,I
	Среднее квадратическое отклонение		25,8	4I0,6	8,7	72,4	0,I4	0,7I	2,87	40,4

Таблица 2

Зависимость урожая сена люцерны от способов полива, почвенно-мелиоративных и климатических условий (стандартизованные значения)

№№ п/п	Варианты	Годы исследований	Урожай сена, t_y	Факторы						
				Сумма положительных температур вегетац. периода t_{x_1}	Относительная влажн. воздуха вегетац. периода t_{x_2}	Запасы солей в корнеобитаемом слое почвы t_{x_3}	Глубина залегания грунтовых вод t_{x_4}	Минерализация грунтовых вод t_{x_5}	Время подачи воды t_{x_6}	Удельный расход вод t_{x_7}
I	Полив дождеванием ДДН-45, ДДН-70	I970	+0,93	-0,25	-0,98	-0,85	-0,7I	-0,84	-I,I2	-0,83
		I97I	-I,36	+I,33	-0,40	+I,40	-0,7I	+I,4I	-I,I5	-0,84
		I972	+I,04	-I,08	+I,38	-0,55	+I,42	-0,57	-I,I2	-0,83
2	Полив по бороздам	I970	+0,84	-0,25	-0,98	-0,85	-0,7I	-0,84	-0,28	+0,25
		I97I	-I,06	+I,33	-0,40	+I,40	-0,7I	+I,4I	+I,I2	-0,27
		I972	+I,I8	-I,08	+I,38	-0,55	+I,42	-0,57	+I,04	-0,29
3	Полив напуском с помощью ППА-I65	I970	+0,83	-0,25	-0,98	-0,85	-0,7I	-0,84	-I,53	+0,07
		I97I	-I,I3	+I,33	-0,40	+I,40	-0,7I	+I,4I	-I,25	-0,2I
		I972	+I,I0	-I,08	+I,38	-0,55	+I,42	-0,57	-I,36	-0,I5
4	Полив затоплением с помощью ложбин	I970	+0,54	-0,25	-0,98	-0,85	-0,7I	-0,84	-0,I7	-0,04
		I97I	-I,I9	+I,33	-0,40	+I,40	-0,7I	+I,4I	+0,2I	-0,67
		I972	+0,59	-I,08	+I,38	-0,55	+I,42	-0,57	0,0	-0,50
5	Полив по полосам различной ширины	I970	+0,45	-0,25	-0,98	-0,85	-0,7I	-0,84	+0,07	+2,7I
		I97I	-I,30	+I,33	-0,40	+I,40	-0,7I	+I,4I	+0,38	+I,89
		I972	+0,96	-I,08	+I,38	-0,55	+I,42	-0,57	+0,56	+I,69
6	Полив обычным затоплением	I970	-0,4I	-0,25	-0,98	-0,85	-0,7I	-0,84	+I,25	-0,53
		I97I	-I,72	+I,33	-0,40	+I,40	-0,7I	+I,4I	+I,43	-0,7I
		I972	-0,24	-I,08	+I,38	-0,55	+I,42	-0,57	+I,32	-0,58

б) относительная влажность воздуха – от 30% до 60%;

в) максимально-допустимое содержание солей в зоне аэрации составляет 270 т/га;

г) минерализация грунтовых вод более 4 г/л при высоком их состоянии (0,35...0,4 м) вызывает полную гибель люцерны;

д) наиболее оптимальным расходом воды является 60...70л/сек на I га, при котором время полива чека не превышает 8...I0 часов.

Результаты статистической обработки совокупности влияющих факторов указывают, что получение высоких урожаев сена люцерны не может быть достигнуто без регулирования мелиоративной обстановки на орошаемых землях и применения рациональных элементов техники полива. Отсюда следует, что на рисовых оросительных системах должна быть надежной работа коллекторно-дренажной сети, обеспечивающая поддержание уровня грунтовых вод на глубине более I,5 м, своевременный отвод сбросных и дренажных вод и снижения интенсивности процессов реставрации солей при возделывании сопутствующих культур. При этом оросительные каналы, особенно картовые оросители и сооружения на них, включая водовыпуски в чеки, необходимо предусматривать повышенной пропускной способности, обеспечивающие удельный расход воды не менее 60 л/сек на I га.

ЛИТЕРАТУРА

I. Перегудов В.Н. Статистическая обработка результатов полевого опыта.– В кн.: Методика полевого опыта. – М.: Колос, I959.

2. Длин А.М. Факторный анализ в производстве.– М.: Статистика, I975.

3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – М.: Наука, I974.

4. Щиголев Б.М. Математическая обработка наблюдений. – М.: I962.

А.И.Околович
канд.сельскохоз. наук
Е.С.Койбакова
младший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ КАЗАХСТАНА

Урожайность возделываемых культур является важнейшим показателем при планировании ближайшего и отдаленного будущего сельскохозяйственного производства. На основе прогноза урожайности определяются размеры и структура посевных площадей, рассчитывается валовая и товарная продукция растениеводства, объемы капиталовложений и т.д. Вместе с тем урожай является производным многих природных и экономических факторов и при составлении прогноза необходимо учитывать изменения внешней среды, билогии растений, агротехники возделывания и др.

В данной статье дан прогноз урожайности яровой пшеницы сорта Харьковская 46 методом учета агромероприятий на основе применения орошения, внесения фосфорных удобрений и создания оптимальной густоты стояния растений на гектаре. Суть метода состоит в выявлении резервов увеличения урожайности за счет проведения указанных мероприятий.

Исследованиями КазНИИВХ по установлению прибавок урожая яровой пшеницы при орошении в сравнении с богарными посевами в условиях степной зоны Казахстана установлено, что применение орошения позволяет получать прибавки урожая порядка 10...15 ц/га этой ценной продовольственной культуры. Специальные опыты показали также, что применение фосфорных удобрений в дозах от 70 до 120 кг действующего вещества на гектар на фоне оптимального режима орошения обеспечивает получение прибавок урожая в пределах 2...6 ц/га, а создание оптимальной загущенности посевов повышает урожай на 1–2 ц/га.

При составлении планов развития народного хозяйства на ближайшую перспективу и учитывая возможность создания основы для гарантированного производства зерна в целинных районах Казахстана путем развития орошения на базе переброски части стока сибирских рек в южные районы страны, большое значение приобретает прогнозирование урожайности яровой пшеницы в этом регионе на основании полученных экспериментальных данных.

Прогноз ожидаемого уровня урожайности яровой пшеницы сорта Харьковская 46 в орошаемых условиях проведен методом учета агромероприятий. Суть метода состоит в установлении связи между агротехническими условиями произрастания растений и фактической их урожайностью. Резервы увеличения урожайности выявляются за счет проведения дополнительных агротехнических мероприятий. С этой целью ожидаемая прибавка урожая за истекшее пятилетие от каждого агроприема умножается на планируемую площадь его применения [I , 2, 3, 4].

Полученные расчетные величины дополнительных валовых сборов зерна от каждого мероприятия затем складываются. Частное от деления полученной суммы на общую площадь, планируемую под культуру, дает потенциальную величину возможного повышения урожая против среднего уровня за прошлые годы.

Для выявления практически возможного роста урожайности от всех планируемых мероприятий расчетная арифметическая сумма дополнительных валовых сборов зерна умножается на коэффициент эффективности их применения на одной и той же площади. В зависимости от сочетания и количества мероприятий, величины, учитываемой прибавки урожая, природных условий и т.д. этот коэффициент существенно меняется. В полученные итоговые результаты затем вносится поправка на ожидаемые изменения благоприятности климата.

Расчет ожидаемого уровня урожайности по этому методу производится по формуле:

$$У_{пр} = (У_{ф} + У_{д}) К_{ик} \qquad (I)$$

При этом: $$У_{д} = \frac{К_{эф} \cdot \sum_{i=1}^{n} \cdot \Delta В_i}{П_к} + У_{п}$$

В то же время $\Delta В_i = \Delta П_{мi} \cdot \Delta У_i$.

Следовательно: $\sum \Delta В_i = \sum (\Delta П_{мi} \cdot \Delta У_i)$.

После этого формула приобретает вид:

$$У_{д} = \frac{К_{эф} \cdot \sum_{i=1}^{n} (\Delta П_{мi} \cdot \Delta У_i)}{П_к} + \Delta У_{п} .$$

В итоге формула (I) выглядит так:

$$У_{пр} = \left(У_{ф} + \frac{К_{эф} \sum_{i=1}^{n} (\Delta П_{мi} \cdot \Delta У_i)}{П_к} + \Delta У_{п}\right) \cdot К_{ик} ,$$

где $У_{пр}$ – ожидаемый в перспективе уровень урожайности, ц/га;

$У_{ф}$ – фактический средний (базисный) за истекшее пятилетие уровень урожайности, ц/га;

$У_{д}$ – дополнительный рост (прибавка) урожайности, ц/га от внедрения планируемых мероприятий;

$К_{ик}$ – коэффициент поправки на ожидаемое изменение благоприятности погодных условий в прогнозируемые годы, в сравнении с их состоянием в истекшем (базисном) периоде, т.е. погодных условий к оценке их в базисный период;

$\Delta У_{п}$ – прибавка урожайности за счет сокращения потерь урожая при посеве, уборке, транспортировке и хранении его в хозяйстве, ц/га;

$К_{эф}$ – коэффициент эффективности (итоговой результативности) внедрения нескольких дополнительных мероприятий на одной и той же площади;

$П_{к}$ – планируемая на год освоения мероприятий площадь данной культуры, га;

$П_{н}$ – дополнительная площадь, на которой предусматривается применение данного мероприятия, га;

$\Delta У$ – возможная прибавка урожая от применения данного (i) мероприятия, ц/га;

$\Delta Вi$ – дополнительный, потенциально возможный валовый сбор урожая от внедрения концентратного (i) мероприятия, ц.

Все расчеты произведены на I га планируемой площади, на которой предусматривается применение данного мероприятия.

Результаты проведенного анализа и прогноз динамики средней урожайности яровой пшеницы на перспективу приведен в таблице.

Таблица

Предварительный прогноз возможной динамики урожайности яровой пшеницы в степной зоне Казахстана, ц/га

Показатели	Годы	
	1981-1985	В перспективе
I	2	3	4	5
I. Урожайность с учетом различных режимов орошения:				

I	2	3	4	5
- поливы при 80% от наименьшей влагоемкости в расчетном слое почвы	2I,8	25,5	27,I	29,8
- поливы при 70% от н.в.	I9,4	22,7	24,I	26,5
- поливы при 60% от н.в.	I9,I	22,3	23,7	26,I
- поливы, проводимые в критический период развития яровой пшеницы (трубкование-колошение)	20,3	23,6	25,2	27,6
2. Урожайность яровой пшеницы при густоте стояния растений на гектаре:				
3-4 млн.шт.	29,4	34,3	36,5	38,I
4-5 млн.шт.	28,9	33,7	35,9	37,4
3. Урожайность яровой пшеницы при различных дозах фосфорных удобрений на фоне оптимального режима орошения и оптимальной густоты стояния растений:				
- P_{90} кг/га	28,I	32,8	34,9	38,3
- P_{I20} кг/га	30,2	35,2	37,5	4I,2

По нашим данным рост урожайности в перспективе в результате применения оптимального режима орошения, поддерживающего предполивной порог влажности почвы в корнеобитаемом слое не ниже 80% от наименьшей влагоемкости возрастет с I4,5 ц/га (средний урожай яровой пшеницы за предыдущее пятилетие при естественном улажнении) до 29,8 ц/га, т.е. в два раза.

Создание оптимальной густоты стояния растений на гектаре в условиях орошения способствует дальнейшему увеличению урожая.

Характерной особенностью почв степной зоны Казахстана является малое содержание подвижных форм фосфорных удобрений. В этой связи эффективность применения фосфорных удобрений в условиях орошения значительно возрастает. Так, внесение фосфорных удобрений из расчета 90 кг действующего вещества на гектар обеспечивает увеличение урожая зерна с 28 ц/га до 38,3 ц/га. Повышение дозы удобрений до I20 кг действующего вещества на гектар обеспечивает рост урожайности в перспективе до 4I,2 ц/га.

Таким образом, результаты исследований по изучению эффективности орошения в степной зоне Казахстана позволяют определить перспективный уровень урожайности яровой пшеницы, возделываемой в условиях орошения в перспективе порядка 41 ц/га.

Для достижения этого уровня урожайности необходимо соблюдение оптимального режима орошения с предполивным порогом влажности не ниже 80% от наименьшей влагоемкости при густоте стояния растений в пределах 3–4 млн. растений на гектаре и внесения фосфорных удобрений из расчета 120 кг действующего вещества на гектар.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы XXУI съезда КПСС. – М.: Политиздат, 1981.
2. Клюкач А. Методические вопросы планирования урожайности.– Вопросы экономики, 1971, № 10.
3. Чернопог Л.Г. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур в Казахстане. – Алма-Ата.:Кайнар, 1974.
4. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев. – Россельхозиздат, 1977.
5. Шатилов И.С., Чудновский А.Ф. Агрофизические, агрометеорологические основы программирования урожая.– Ленинград: Гидрометеоиздат, 1980.

В.А.Ким
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ОБОСНОВАНИЕ ПОЛИВНЫХ НОРМ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Основным направлением дальнейшей интенсификации сельскохозяйственного производства в районе освоения целинных и залежных земель является получение гарантированных сборов зерна. Устойчивое зерновое производство в условиях недостаточного естественного увлажнения Северного Казахстана невозможно без применения регулярного орошения.

В целом территория Северного Казахстана располагает достаточными климатическими и почвенными возможностями для возделывания сельскохозяйственных культур. Высокая (более 2330^{0}) сумма

положительных температур и относительно продолжительный безморозный период (длящийся в среднем 128 дней) позволяют успешно возделывать яровую пшеницу и другие сельскохозяйственные культуры. Существенными препятствиями для сельскохозяйственного производства, являются резкая континентальность климата с большими колебаниями температур воздуха днем и ночью и засушливость, обуславливаемая не столько общим количеством выпадающих осадков, сколько неравномерным их распределением в период вегетации сельскохозяйственных культур.

В почвенном сложении, характерном для рассматриваемой зоны, является засоленность почвообразующих пород - покровные суглинки и подстилающие их древние аллювиальные пески. В геоморфологическом отношении поверхность территории представляет собой плоскую слабоволнистую равнину с недостаточной дренированностью.

Указанные условия, отличные от условий староорошаемой зоны юга Казахстана, требуют конкретного подхода к вопросам орошения в данной зоне. Так, орошение должно осуществляться не только с учетом биологических особенностей растений, но и почвенно-мелиоративной обстановки. Для обеспечения оптимальных условий влажности почвы и сохранения земель в благоприятном мелиоративном состоянии большое значение имеют правильно установленные поливные нормы. С одной стороны поливная норма должна рассчитываться в зависимости от глубины активного слоя почвы, а с другой стороны из условия недопущения увлажнения соленосного горизонта, залегающего на глубине 0,8...1,5 м.

Проведенные наблюдения за развитием корневой системы яровой пшеницы при орошении показали, что во время кущения основная ее часть - 80% приходится на пахотный горизонт, к периоду трубкования, основная масса их приходится на сорокасантиметровый и к периоду молочной спелости на шестидесятисантиметровый слой почвы [3]. В связи с этим расчетная глубина увлажнения в исследованиях принималась равной глубине распространения основной массы корней (активный слой почвы), которая в начале вегетации должна быть не менее 20-30 см, в середине 40-50 см и к концу вегетации 60 см. При этом величина поливных норм в период всходов-кущения составляет 150...200 $м^3$/га, в период трубкования-колошения 250... 300 $м^3$/га, во время формирования и роста зерновки - 350... 400 $м^3$/га. Таким образом, достигается высокая степень увлажнения

корнеобитаемого слоя почвы (не ниже 75...80% НВ), обеспечивающая получение максимальных урожаев яровой пшеницы.

Однако в условиях Северного Казахстана критерием оценки размеров поливных норм является наличие солевого пояса на глубине 0,8...I,5 м. Это условие требует уменьшения объемов инфильтрационных потерь поливной воды в процессе орошения, которое достигается снижением предполивного порога увлажнения (2).

С целью установления изменений, происходящих в солевом составе почвогрунтов, в процессе орошения были проведены исследования на обыкновенных черноземах Северного Казахстана, верхний шестидесятисантиметровый слой которого незасоленный или слабозасоленный. Содержание солей в этой толще составляло 6,2...9,9 т/га. По химизму засоления почвы относятся к сульфатно-гидрокарбонатному типу. Заметное увеличение содержания воднорастворимых солей, когда их действие оказывает угнетающее влияние на развитие растений, отмечается с глубины ниже 60 см. Химизм засоления этих горизонтов связан с преобладающим распространением в нем ионов хлора и натрия. Ниже I20 см содержание запасов солей достигает предельных размеров, что приводит к сильному засолению этих горизонтов.

Таким образом, отличительной особенностью в почвенном сложении является четкое разграничение незасоленного гумусного горизонта и засоленного проходящего на границе 0,6...I,2 м от дневной поверхности, что указывает на недопустимость промачивания при поливах ниже указанных глубин. Однако, наблюдения за перераспределением влаги в почве после поливов показывают, что глубина промачивания значительно превышает расчетную глубину увлажнения. Так при расчетной глубине увлажнения равной 20 см фактическое увлажнение отмечено до глубины 40–50 см, при 40 см - 70...90 см и при 60 см - 80...I00 см. Такое распределение поливной воды с одной стороны создает благоприятные условия для развития корневой системы вглубь, сглаживая отрицательное действие пересыхающих верхних слоев почвы, за счет потребления влаги из более глубоких горизонтов, с другой, предотвращает промачивание засоленных почвогрунтов, способствуя стабилизации процессов засоления.

Рассмотрим подробно изменения, происходящие при орошении на расчетную глубину H_p - 60 см, потому что он охватывает слои, где сосредотачивается основная масса корневой системы яровой пшеницы (до 98%) и гумуса почвы, а также при увлажнении на эту

глубину проникновение поливной воды достигает границы засоления почвогрунтов, не проникая глубже. Как было указано, при орошении на меньшие расчетные глубины, увлажнение не затрагивает сильнозасоленных горизонтов почвогрунтов и в следствии этого снижается угроза перемещения солей почвенными растворами в верхние пахотные горизонты.

По данному варианту в различные годы были проведены от I до 4 поливов поливной нормой 350...400 $м^3$/га. При этом в расчетном (60 см) и метровом слое не происходит заметного увеличения общего содержания солей, увеличивающего степень засоления. В результате степень засоления почв к концу вегетации, как и в начале оставалась прежней (табл. I).

Как видно, в результате орошения расчетные слои увлажнения 40 и 60 см остаются по количественному и качественному составу солей практически без изменений. Основной процесс соленакопления происходит, главным образом, в горизонтах, расположенных ниже одного метра, который характеризуется стабильно высоким уровнем токсичности. Увеличение содержания солей в данном слое происходит за счет легко подвижных солей хлористого натрия и сульфата натрия.

Таблица I

Изменение содержания солей и степень засоления при орошении на глубину $Н_р$ = 60 см, т/га

Рассматриваемый слой почвы, см	I976 г.		I977 г.		I978 г.		I979 г.	
	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень
0-40	3,7(*Н*)	4,4(*Н*)	4,6(*Н*)	4,5(*Н*)	4,I*Н*	3,9*Н*	4,6*Н*	3,5*Н*
0-60	6,4*Сл*	8,2*Сл*	7,3*Н*	7,I*Н*	8,3*Н*	6,4*Н*	7,3*Н*	5,4*Н*
0-I00	-	3I,2*Ср*	I8,2*Сл*	23,5*Сл*	I3,2*Сл*	I8,2*Сл*	I4,I*Сл*	II,6*Сл*
0-200	-	-	86,7*Ср*	I2I,8*Ср*	9I,2*Ср*	93,7*Ср*	85,6*Ср*	97,9*Ср*
0-280	-	-	I52,8*С*	I80,2*С*	I42,2*С*	I50,2*С*	I5I,0*С*	I88,8*С*

Примечание: Обозначения соответствуют степени засоления:

Н - незасоленный;

Сл - слабозасоленный;

Ср - среднезасоленный;

С - сильнозасоленный.

Таким образом, оптимальной величиной поливной нормы является норма 350...400 м^3/га, которая отвечает требованиям потребности яровой пшеницы во влаге, особенностям развития корневой системы и способности стабилизировать динамику солей в почвенных горизонтах в условиях Северного Казахстана, что позволяет сохранить земли в благополучном мелиоративном состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

I. Почвы Казахской ССР. Вып. I. Северо-Казахстанская область. Институт почвоведения. АН КазССР.- Алма-Ата: I960.

2. Вышпольский Ф.Ф. Проблемы мелиорации каштановых почв Казахстана и некоторые аспекты их решения. - В сб.: Научные труды КазНИИВХ.- Ташкент: I980.

3. Околович А.И., Койбакова Е.С., Ким В.А. Влияние орошения на продуктивность яровой пшеницы в зоне переброски части стока сибирских рек. - В сб.: Научные труды КазНИИВХ.- Ташкент: I980

4. Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Методические указания по учету засоленных почв. Минмелиоводхоз СССР. Почвенный институт им. В.В.Докучаева. - I968.

Б.Ш.Темралиев
канд. сельскохозяйственных наук
В.В.Немченко
зав.лабораторией
Н.Ж.Рысбаев
старший научный сотрудник
(Северо-Казахстанский комплексный отдел
КазНИИВХ)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРОШЕНИЯ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

Орошение сельскохозяйственных культур в Кокчетавской области стало развиваться в последние десять лет. За период с I97I по I98I г. площадь орошения увеличилась на 9,5 тыс.га, из которых основная часть была занята под кормовыми культурами.

Несмотря на интенсивный рост орошаемых площадей, урожайность возделываемых культур остается крайне низкой. За последние

7 лет урожай сена многолетних трав колебался в пределах I0... 33 ц/га, однолетних трав – 5...25 ц/га, культурных пастбищ – 20...25 ц/га.

Анализ почвенно-климатических условий показывает, что для гарантированного получения высококачественного и экономически рационального урожая кормовых культур в Кокчетавской области необходимо искусственно регулирование водного режима почв, то есть орошение. Причиной же низкой урожайности сельскохозяйственных культур является отсутствие научно-обоснованных рекомендаций по возделыванию кормовых культур в условиях орошения.

В этой связи Северо-Казахстанским комплексным отделом КазНИИВХ проведены (I978...I980 гг.) научно-исследовательские работы по подбору кормовых культур, установлению их продуктивности и экономической эффективности возделывания в условиях орошения в Кокчетавской области.

Исследование проводилось в Джамантузском РСХО в условиях, типичных для орошаемой зоны Кокчетавской области.

Почвы района исследований – черноземы южные маломощные, тяжелосуглинистые, которые имеют объемную массу в метровом слое I,4 г/см^3, наименьшую влагоемкость – 27% от массы.

Подбор перспективных кормовых культур осуществлялся согласно следующим требованиям: культура должна давать максимум зеленой массы с повышенным содержанием переваримого протеина, быть хорошо поедаемой, быть отзывчивой на орошение, устойчивой к воздушным засухам (суховеям) и заморозкам (–3 –4^{0}С), иметь короткий вегетационный период с оптимальной температурой роста и развития I8...20^{0}С, хорошо развиваться на тяжелых по механическому составу почвах, быть районированной, с тем чтобы можно было организовать семеноводство.

На основании анализа литературных источников, оценки природно-климатических и хозяйственных условий, а также основное направление орошаемого земледелия области – кормопроизводство, нами установлены режимы орошения и эффективность возделывания на зеленый корм – проса, суданской травы, ячменя и люцерны.

Опыты по изучению режимов орошения кормовых культур были заложены в четырехкратной повторности. Для проса, ячменя и суданской травы изучались следующие варианты: I – поливы при 80...85% НВ, II–70...75% НВ, III–60...65% НВ, IУ– без полива. Для

люцерны опыт состоял из двух вариантов: I - поливы при 80...85% НВ, П - без поливов.

Поливы проводились агрегатом ДКШ-64 "Волжанка" в сроки, когда влажность слоя почвы 0,7 м опускалась до пределов, установленных схемой опыта. Нормы поливов назначались по общепринятой формуле А.Н.Костякова, а фактически вылитая на поле вода определялась осадкомерными сосудами.

Уборка урожая на зеленую массу на всех вариантах проводилась в фазу начала налива зерна сплошным комбайнированием, агрегатом КУФ-I,8. Во время уборки методом "сноповых отборов" получены пробы на полный зоотехнический анализ, которым определялись химические элементы питания и выход кормовых единиц.

Критерием оценки эффективности режимов орошения служили рост, развитие, питательность и экономические показатели, полученные в ходе исследований по вариантам опыта.

Анализ метеорологических данных показывает, что в годы исследований, метеорологическая обстановка была близка к среднемноголетней.

На первом варианте опыта с ячменем, для поддержания предполивного порога влажности не ниже 80...85% НВ потребовалось проведение I-2 поливов с оросительной нормой 400...950 м^3/га. Суммарное водопотребление при этом составило 2350 м^3/га. Урожай зеленой массы ячменя I89 центнеров, с содержанием 3000 кормовых единиц и 4,47 центнеров переваримого протеина с одного гектара (таблица I).

Таблица I

Влияние режимов орошения на продуктивность кормовых культур по вариантам опыта, в среднем за годы исследований (I978...I980 гг.)

Варианты опыта	Количество поливов	Оросительная норма, м^3/га	Суммарное водопотребление м^3/га	Выход продукции с I га, ц		
				зеленой массы	корм. един.	перевар. прот.
I	2	3	4	5	6	7
			Ячмень			
I. Поливы при 80...85% НВ	I-2	400...950	2350	I89	30,0	4,47
П. -"- 70...75% НВ	I	630	2I50	I54	23,75	3,35
Ш. -"- 60...65% НВ	0-I	0...900	2050	II7	I7,80	2,57

I	2	3	4	5	6	7
IУ.без поливов (богара)	-	-	I800	82	II,70	I,70
С у д а н с к а я т р а в а						
I.Поливы при 80...85% НВ	2-3	I000...I400	2750	240	40,50	6,75
П. -"- 70...75% НВ	I-2	650...I250	2500	2I0	35,80	5,49
Ш. -"- 60...65% НВ	0-I	0...900	2I00	I60	28,00	4,0I
IУ.без полива (богара)	-	-	I900	I05	I6,50	2,73
П р о с о						
I. Поливы при 80...85% НВ	I-I	400...900	2550	250	42,90	6,90
П. -"- 70...75% НВ	I	650	2400	2I5	35,90	5,50
Ш. -"- 60...65% НВ	0-I	0...900	2050	I65	30,20	4,30
Iу.без полива (богара)	-	-	I850	II5	I7,50	2,90
Л ю ц е р н а						
I.Поливы при 80...85% НВ						
а) со снегонакоплением	3-4	I500...2000	4350	I60	34,00	7,35
б)без снегонакопления	3-4	I500...2000	3900	I25	26,50	6,I0
П.без полива						
а) со снегонакоплением	-	-	2800	65	I4,I0	2,73
б)без снегонакопления	-	-	I850	I5	3,40	0,7I

На втором варианте, где поливы проводились при 70...75% НВ, продуктивность I га несколько снизилась. Урожай зеленой массы ячменя составил I54 центнера, выход кормовых единиц - 2375 и переваримого протеина - 3,35 ц/га.

На третьем варианте, где поливы проводились при 60...75% НВ, в связи со значительным ущемлением влагообеспеченности растений, урожай зеленой массы снизился до II7 ц/га, выход кормовых единиц до I780, переваримого протеина - 2,57 ц/га.

На варианте IУ, где по условиям опыта поливы не проводились (богарный участок), урожай зеленой массы составил 82 ц/га, с выходом II70 кормовых единиц и I,70 ц/га переваримого протеина, что более чем в два раза уступает по продуктивности первому варианту.

Такая же закономерность наблюдается и на вариантах опыта с другими кормовыми культурами. Так, например, на первом варианте опыта с суданской травой, где по годам исследований проводились по 2-3 полива при предполивном пороге влажности 80...85% НВ, уро-

жай зеленой массы составил 240 ц/га, что более чем в 2 раза превышает урожаи варианта без полива. На П и Ш вариантах урожаи зеленой массы распределились пропорционально уровню влагообеспеченности – 2I0 и I60 центнеров с одного гектара.

Максимальный урожай зеленой массы проса 250 ц/га получен, также на первом варианте, где оказалось достаточным проведение I–2 поливов для поддержания влажности почвы не ниже 80...85% НВ. Суммарное водопотребление при этом составило 2550, оросительная норма – 400...900 $м^3$/га. На втором и третьем вариантах продуктивность одного гектара соответственно снизилась до 2I5 и I65 ц/га, выход кормовых единиц до 3590 и 3020 и переваримого протеина 430 кг с одного гектара. Самый низкий урожай зеленой массы проса получен на варианте без орошения – II5 ц/га.

На основании результатов полевых опытов по установлению режимов орошения суданской травы, ячменя и проса можно заключить, что максимальный урожай зеленой массы, выход кормовых единиц и переваримого протеина достигается на вариантах, где поливы проводились при предполивном пороге влажности 80...85% НВ в слое почвы 0,7 м.

Как указано выше, для установления режимов орошения люцерны изучались два основных варианта: I – возделывание люцерны при высокой влагообеспеченности, осуществляемой орошением при 80... 85% НВ, П – без поливов (богара).

Однако анализ климатических условий области и биологических особенностей люцерны (суровые зимы и частые случаи изреживания и вымерзания посевов после перезимовки) предопределили необходимость испытания каждого варианта в следующих условиях:

а) перезимовка растений под снежным покровом, созданным искусственно снегонакоплением;

б) перезимовка растений в естественных условиях (без снегонакопления).

На вариантах опыта с поливами при 80...85% НВ было проведено по 3–4 полива оросительной нормой I500...2000 $м^3$/га (табл. I). На делянках, где растения находились под естественным снежным покровом (толщина снега 5...8 см), урожай зеленой массы составил – I25 ц/га против – I60 ц/га, на участке со снежным покровом в 30...35 см.

Снижение урожая зеленой массы на делянках без снегонакопления объясняется изреживанием растений зимой за счет вымерзания.

На втором варианте (без полива) с глубоким снежным покровом урожай зеленой массы в среднем за три года составил 65 ц/га, а на участке с естественным снежным покровом - I5 ц/га. Таким образом, орошение люцерны дает более значительную прибавку урожая, когда при её возделывании проводится снегонакопление. В этой связи при возделывании люцерны необходимо предусмотреть меры защиты растений от вымерзания.

Экономическое обоснование эффективности орошения кормовых культур приводится в таблицах 2, 3.

Таблица 2

Влияние режимов орошения на экономические показатели возделывания кормовых культур по вариантам опыта, в среднем за I978...I980 гг. исследований

Варианты опыта	Урожай зеленой массы	Издержки производства, руб/га	Стоимость валовой продукции, руб/га	Чистый доход, руб/га	Срок окупаемости оросительных систем и дождевальной техн, лет	Уровень рентабельности, %
Ячмень						
I.Поливы при 80...85% НВ	I89	I20	390	270	2,20	94
П. -"- 70...75% НВ	I54	II5	290	I75	3,40	43
Ш. -"- 60...65% НВ	II7	I05	225	I20	5,0	I5
IУ.без полива (богара)	82	84	I48	64	-	76
Суданская трава						
I.Поливы при 80...85% НВ	240	I50	595	445	I,34	I48
П. -"- 70...75% НВ	2I0	I40	450	3I0	I,94	96
Ш. -"- 60...65% НВ	I60	I25	330	205	2,93	53
IУ.без полива (богара)	I05	85	I80	95	-	II2
Просо						
I.Поливы при 80...85% НВ	250	I40	600	460	I,3I	I6I
П. -"- 70...75% НВ	2I5	I30	450	320	I,88	I05
Ш. -"- 60...65% НВ	I65	II5	375	260	2,3I	83
IУ.без полива (богара)	II5	80	I90	II0	-	I38

Как видно из таблицы 2, на первом варианте опыта с ячменем, где урожай зеленой массы составил I89 ц/га, величина чистого до-

хода с одного гектара равна 270 рублей, срок окупаемости капитальных затрат на приобретение дождевальной техники и строительство оросительной сети – 2,2 года, уровень рентабельности равен 94%.

Таблица 3

Влияние орошения и снегонакопления на экономические показатели по возделыванию люцерны в условиях Кокчетавской области за I978...I980 гг.

Варианты опыта	Урожай зеленой массы	Издержки производства, руб/га	Стоимость валовой продукции, руб/га	Чистый доход, руб/га	Срок окупаемости, лет	Уровень рентабельности, %	Дополнительный чистый доход, руб/га	
							от орошения	от снегонакопления
I.Поливы при 80...85% НВ								
а)со снегонакоплением	I60	I40	650	5I0	I,I8	I83	385	I35
б)без снегонакопления	I25	I40	505	375	I,65	I23	37I	–
П.Без поливов								
а)со снегонакоплением	65	60	I85	I25	–	270	–	I26
б)без снегонакопления	I5	60	59	–I	–	–2	–	–

На втором варианте при урожае зеленой массы I54 ц/га, чистый доход составил I75 руб/га, срок окупаемости при этом – 3–4 года, уровень рентабельности – 43%. На третьем варианте величина чистого дохода составила I20 руб/га, срок окупаемости равен 5 годам, уровень рентабельности – I5%. На четвертом варианте (без орошения) при урожае зеленой массы 82 ц/га, величина чистого дохода составила 64 руб/га, а, в связи с отсутствием капзатрат на строительство оросительной сети, уровень рентабельности более высокий, чем на П–Ш вариантах – 76%.

Как по продуктивности, так и по экономическим показателям, между вариантами опыта по другим культурам наблюдается такая же, как у ячменя закономерность, зависящая от уровня влагообеспеченности. Например, на первых вариантах опытов с суданской травой и просом, величина чистого дохода самая высокая и соответственно равна 445 и 460 руб/га, срок окупаемости основных средств – I,34

года, уровень рентабельности – I48 и I6I%. Со снижением влагообеспеченности (на П и Ш вариантах) снижается чистый доход, и соответственно увеличивается срок окупаемости основных средств.

Анализ экономических показателей (по всем культурам) подсказывает, что если построена оросительная сеть, проводится орошение, то затраченные средства необходимо использовать рационально. Для этого необходимо поливы проводить при предполивном пороге влажности не ниже 80...85% НВ, а при снижении уровня влагообеспеченности (П и Ш варианты) отдача от затраченных средств заметно снижается.

Из данных таблицы 3, в которой приводятся основные экономические показатели возделывания люцерны в условиях орошения и богары, видно, что орошение люцерны повышает урожай зеленой массы до I25...I60 ц/га (против I5...35 ц/га – на богаре), дополнительный чистый доход от орошения при этом составляет 37I...385 руб/га. Однако основные оборотные средства при возделывании люцерны используются более эффективно при условии защиты зимующих растений от вымерзания, эффект от снежной защиты составляет I35 руб/га при орошении и I26 руб/га в условиях без поливов.

В Ы В О Д Ы

I. Орошение в Кокчетавской области повышает продуктивность гектара и обеспечивает получечие гарантированного, экономически рационального урожая зеленой массы кормовых культур.

2. Для получения гарантированного и экономически эффективного урожая зеленой массы отднолетних кормовых культур необходимо осуществить поливы при предполивном пороге влажности 0,7 м слое почвы не ниже 80...85% от НВ; при этом, в зависимости от культуры (ячмень, суданская трава, просо), обеспечиваются урожаи зеленой массы I90...250 ц/га, чистый доход 270...460 руб/га, срок окупаемости основных средств – I,3...2,2 года, уровень рентабельности при возделывании ячменя – 94%, суданской травы – I48 и проса – I6I%.

3. Для получения максимального урожая зеленой массы люцерны, помимо обеспечения высокого уровня влагообеспеченности в 0,7 м слое почвы проведением поливов при 80...85% НВ, необходимо принимать меры по снегонакоплению.

II9

Э.В.Гершунов
зав.лабораторией
Б.Т.Туруспаев
зав.сектором
А.Е.Туруспаева
старший инженер
(КазНИИВХ)

ФОРМИРОВАНИЕ КОНТУРА УВЛАЖНЕНИЯ И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА САДОВ КАПЕЛЬНЫМ СПОСОБОМ

Капельное орошение коренным образом отличается от традиционных способов полива тем, что вместо периодической подачи воды большими нормами имеется возможность осуществлять ежесуточную её подачу непосредственно в корневую зону растений или на поверхность почвы малыми расходами в соответствии с ходом водопотребления растений и водно-физическими свойствами почвы [I,2].

При капельном орошении вода малым расходом поступает на поверхность почвы или непосредственно в почву и за счет гравитационных и капилярных сил распределяется в ней, образуя контур увлажнения, форма и размеры которого зависят от водно-физических свойств почвы, её предполивной влажности и объема водоподачи.

Для установления этих зависимостей необходимо рассмотреть механизм передвижения влаги в зоне увлажнения.

Зона увлажнения при капельном орошении чаще всего представляет собой ненасыщенную зону, в которой градиентами температур, концентрации растворенных веществ и электрического поля можно пренебречь. В таких условиях влагоперенос обычно описывается дифференциальным уравнением в форме нелинейного уравнения диффузии, которое для одномерного горизонтального потока имеет вид [3] :

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial X}\left[D(W)\frac{\partial W}{\partial X}\right], \qquad (I)$$

где W – влажность почвы;
X – ордината;
t – время;
$D(W) = K_w \frac{\partial \psi}{\partial W}$ – коэффициент диффузивности;
K_w – коэффициент влагопроводности;
ψ – капилярный потенциал влажности.

Для вертикального потока вместо (I) принимают:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left[D(W)\frac{\partial W}{\partial z}\right] \pm \frac{\partial K_w}{\partial z}, \qquad (2)$$

где знак плюс соответствует случаю, когда ось z направлена вертикально вверх, знак минус - когда ось z направлена вертикально вниз.

Для практического применения этих формул необходимо опытным путем определить коэффициент влагопроводности K_w и капилярный потенциал влажности ψ в зависимости от влажности почвы $\left(\frac{\partial \psi}{\partial w}\right)$. Общепринятой надежной и простой методики определения этих величин в полевых условиях пока еще нет, поэтому рассмотрим возможность расчета процесса формирования контура увлажнения при капельном орошении с помощью величин, определение которых в условиях предпроектных изысканий не вызывает затруднений.

Попадая из капельницы на почву, вода впитывается в вертикальном и горизонтальном направлениях. .

Разложим вектор скорости впитывания воды на две составляющие: вертикальную - $U_{tв}$ и горизонтальную - $U_{tг}$. Обычно при изысканиях для обоснования мелиоративных проектов определяют вертикальную составляющую скорости впитывания, для чего учетную площадку огораживают защиткой [4].

Для определения же размеров контура увлажнения при капельном орошении важно знать и горизонтальную составляющую или соотношение горизонтальной и вертикальной составляющих скоростей впитывания. Обозначив их отношение через β :

$$\beta = \frac{U_{tг}}{U_{tв}} \qquad (3)$$

можно ширину и глубину увлажнения связать формулой:

$$B_t = \beta_t H_t \ , \qquad (4)$$

где H_t - глубина промачивания в момент времени t , и индекс t показывает, что значения всех величин принимают на этот момент времени.

В период полива и сразу после него весь объем поданной воды распределяется в ядре контура увлажнения, т.е. в объеме почвы влагоемкость которого соответствует этому объему. Форму ядра увлажнения и достаточной степенью приближения можно принять за цилиндр с размером по глубине равным $H_я$, и радиусом основания равным R .

Тогда $$V_в = \pi \cdot \beta^2 \cdot H_я \cdot \gamma \cdot \Delta\theta \ , \qquad (5)$$

где $V_в$ – объем поданной воды, $м^3$;

$H_я$ – глубина ядра, определяемая по границе влажности почвы, равной 100% НВ, м;

γ – объемная масса почвы, средняя для слоя $H_я$, $т/м^3$;

$\Delta в$ – разность между наименьшей влагоемкостью (НВ) и влажностью почвы перед поливом $В_о$ в долях весовых единиц:

$$\Delta В = \frac{НВ - В_о}{100} . \qquad (6)$$

Обозначив отношения глубины ядра ($H_я$) и глубины контура увлажнения ($H_к$) через α :

$$\alpha = \frac{H_к}{H_я} \qquad (7)$$

можно записать зависимость объема контура увлажнения от объема водоподачи в виде:

$$V_в = \pi \beta^2 \cdot \alpha^{-3} \cdot \Delta В = R . \qquad (8)$$

Объединив все показатели, зависящие от свойств почвы, в одну характеристику:

$$\pi \beta^2 \cdot \alpha^{-3} \cdot \Delta В = R , \qquad (9)$$

получим

$$V_в = R \cdot H_к^3 . \qquad (10)$$

Чтобы не было потерь воды на глубинную инфильтрацию, объем водоподачи одной капельницей не должен превышать значения, определяемого формулой (10). В то же время водоподача должна компенсировать затраты воды на транспирацию и испарение с поверхности почвы:

$$E_{v_1} = \frac{E_р \cdot K_{пл}}{N_к} , \qquad (11)$$

т.е.

$$V_в = E_{v_1}$$

или

$$R H_к^3 = \frac{E_р \cdot K_{пл}}{N_к} , \qquad (12)$$

где E_{v_1} – водопотребление с площади, поливаемой одной капельницей;

$E_р$ – расчетное значение водопотребления с I га за время между поливов объемом $V_в$;

$K_{пл}$ – коэффициент увлажнения площади при капельном орошении;

$N_к$ – количество капельниц на I га.

Соотношение (I2) позволяет решать основные технологические и конструктивные задачи систем капельного орошения.

При заданной глубине увлажнения $H_к$ и требуемом коэффициенте увлажнения площади $K_{пл}$ можно подобрать необходимое количество капельниц. При известном количестве капельниц можно определить объем водоподачи на I га (поливную норму):

$$m = \frac{N_к \cdot R \cdot H_к^3}{K_{пл}} \qquad (I3)$$

и межполивной период:

$$t_{м.п.} = \frac{m}{e_v} , \qquad (I4)$$

где e_v – расчетное значение суточного водопотребления.

Для обеспечения расчетов технологии капельного орошения по описанной методике необходимо кроме обычных показателей водно-физических свойств почв определить значения коэффициентов α и β .

Коэффициент β определяют опытным путем при изучении скорости впитывания. Для этого в повторности, необходимой по изменчивости почвенных условий, закладывают пары площадок, из которых одну устраивают по общепринятой методике изучения скорости впитывания – с ограждением учетной площадки, другую – без ограждения. В ходе опыта получают две кривых скорости впитывания: одну характеризующую вертикальную составляющую по результатам опытов на площадках с ограждением, другую – характеризующую суммарную скорость впитывания – по результатам опытов на площадках без ограждения. Коэффициент β определяют по формуле:

$$\beta_t = \frac{\sqrt{U_{t\,сум}^2 - U_{tв}^2}}{U_{tв}} , \qquad (I5)$$

где $U_{t\,сум}$ и $U_{tв}$ – суммарная и вертикальная скорость впитывания в момент времени t .

Нами проведены опыты по определению коэффициента β на опытном участке капельного орошения в совхозе "Горный Гигант" Алма-Атинской области. Опытный участок расположен в средне-горной зоне северного склона Заилийского Ала-Тау на высоте II00... I200 м над уровнем моря. Поверхность участка – террасированный склон со средним уклоном равным 0,6. Террасы шириной 4 м с одно-

рядной контурной посадкой интенсивного сада с расстоянием между деревьями 2 м. Площадки закладывали на поверхности террас.

Почвы участка - средний суглинок с перемешанными на террасе генетическими горизонтами. Повторность опытов шестикратная, результаты приведены в табл. I, 2 и на рис. I.

Коэффициент α определяли по изолиниям влажности почвы в контурах увлажнения по отношению глубины до изолинии с влажностью почвы 0,7 НВ к глубине до изолинии с влажностью почвы, равной НВ.

На основе проведенных измерений установлена зависимость, определяющая соотношение между коэффициентами α и β;

$$\alpha = \frac{2\beta}{3(1-\beta)} . \qquad (16)$$

Таблица I

Результаты опытов по изучению скорости впитывания воды в почву на площадках с ограждением

Повторность опыта	скорость впитывания, см/ч в часы от начала опыта							
	0,5	I	2	3	4	5	6	7
I	7,0	6,3	5,2	4,7	4,2	4,I	4,0	4,0
2	8,5	8,2	6,7	5,9	5,0	4,6	4,3	4,2
3	6,3	6,0	4,5	4,5	4,3	4,3	4,2	4,2
4	7,2	6,9	5,4	4,8	4,4	4,3	4,I	4,0
5	6,0	5,8	5,0	4,5	4,3	4,0	4,0	4,0
6	7,7	7,5	6,0	4,9	4,6	4,5	4,3	4,3
средн.	7,I	6,8	5,5	4,9	4,4	4,3	4,2	4,I

Таблица 2

Результаты опытов по изучению скорости впитывания на площадках без ограждения

Повторность опыта	скорость впитывания, см/ч в часы от начала опыта							
	0,5	I	2	3	4	5	6	7
I	2	3	4	5	6	7	8	9
I	I2,0	I0,0	8,0	7,2	5,8	6,6	5,6	5,3
2	8,6	8,0	6,2	6,0	5,3	5,3	5,2	5,0
3	8,4	8,2	6,0	5,9	5,2	5,0	4,9	4,6
4	I2,0	II,9	7,3	6,4	5,7	5,7	5,6	5,5

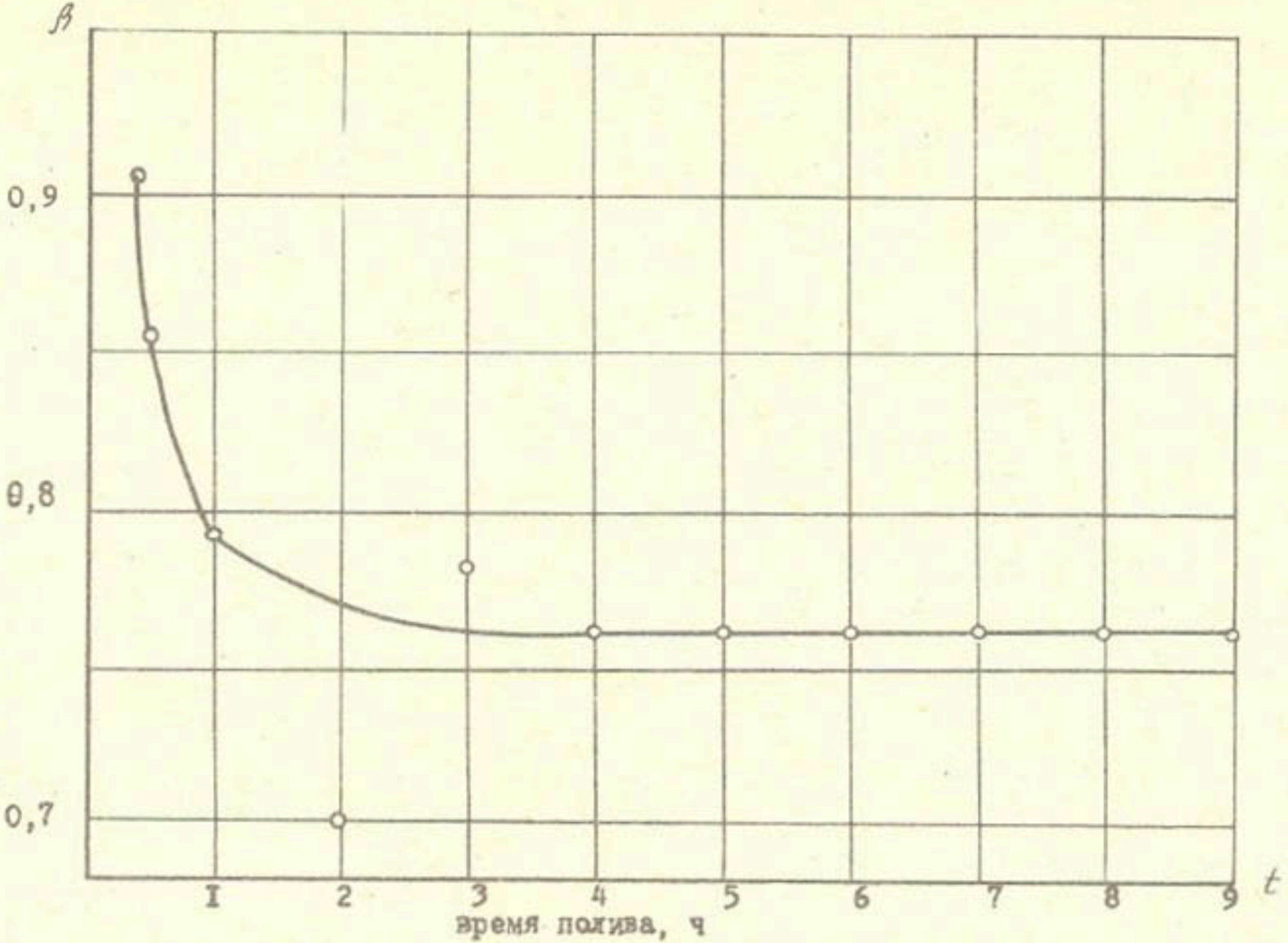


Рис.I. Зависимость коэффициента β от продолжительности полива

I	2	3	4	5	6	7	8	9
5	8,0	7,0	6,0	5,5	5,3	5,3	5,2	5,I
6	I0,9	I0,3	6,7	6,2	5,7	5,5	5,3	5,3
средн.	I0,0	9,2	6,7	6,2	5,5	5,4	5,3	5,I
коэффициент β_t	0,9I	0,79	0,70	0,77	0,76	0,76	0,76	0,76

Для облегчения расчетов по формуле (I2) для условий террасированных склонов среднегорий Заилийского Ала-Тау построена номограмма (рис. 2) позволяющая быстро и наглядно решать задачи по назначению оптимальной технологии капельного орошения.

Например, для увлажнения слоя почвы I м с коэффициентом увлажнения площади 0,6 при ежесуточном поливе, компенсирующем расчетное суточное водопотребление 75 $м^3$/га, необходимо установить не менее 3 тыс. капельниц на I га. Тот же коэффициент увлажнения площади при меньшем количестве капельниц достигается увеличением глубины увлажнения (при 500 капельниц на I га, глубина увлажнения I,8 м).

Анализируя полученные зависимости, можно отметить, что размер контура увлажнения зависит лишь от объема водоподачи. Зависимость размеров контура увлажнения от расхода капельниц, установленную рядом авторов [5], можно объяснить тем, что при увеличении расхода время полива может быть меньше времени стабилизации коэффициента β . В этом случае, размер контура увлажнения большерасходной капельницей будет несколько больше, т.к. формирование контура увлажнения происходит при большем β . Но т.к. время полива обычно больше времени стабилизации коэффициента β , то вывод о том, что при капельном орошении для предотвращения глубинного просачивания целесообразно увеличивать расход капельниц и сокращать продолжительность подачи воды, не обоснован.

Увеличение расходов капельниц влечет за собой увеличение диаметров оросительной сети и её стоимости,а также необходимость проведения вододеления на системе капельного орошения, что значительно усложняет её эксплуатацию.

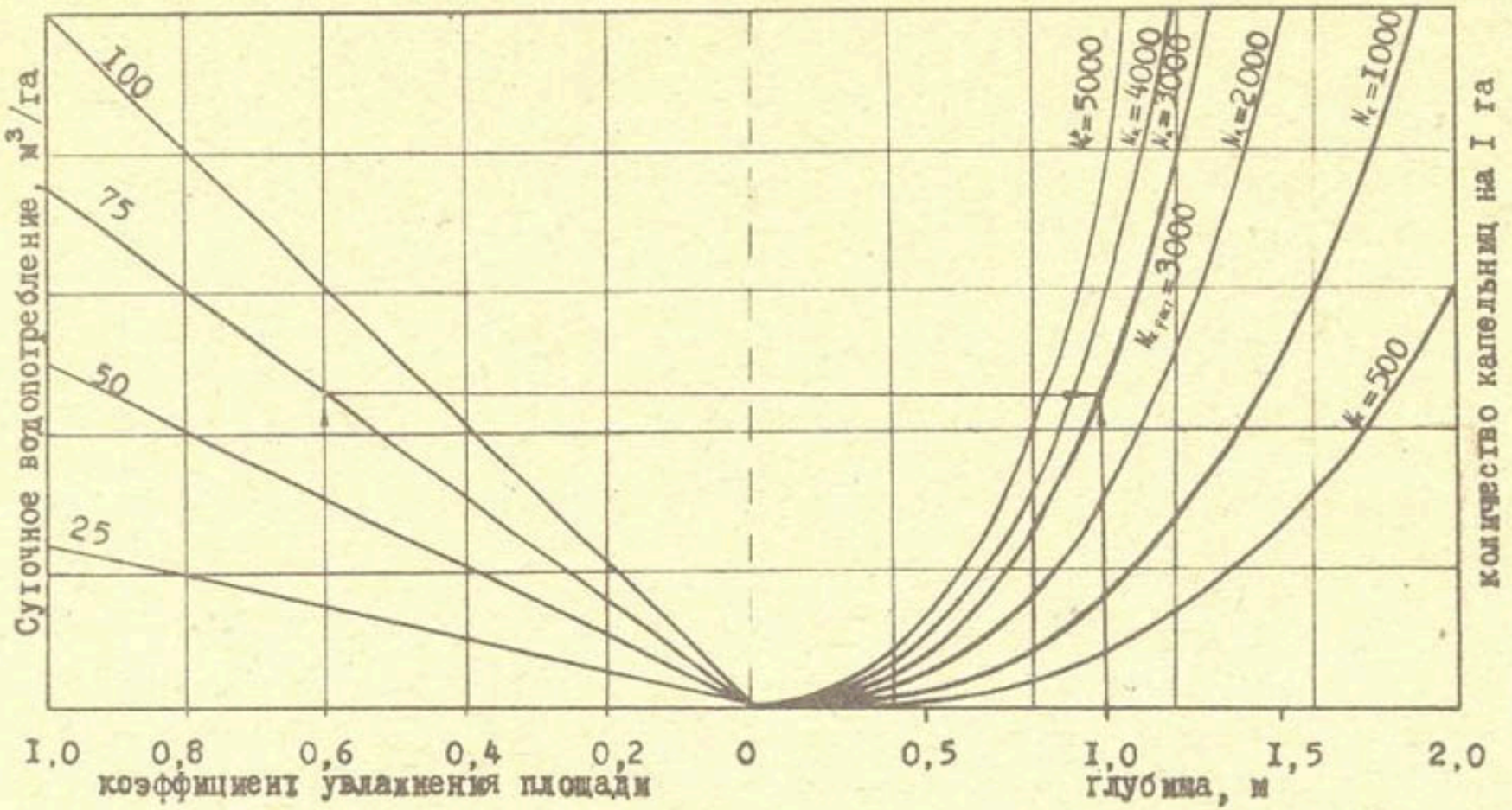


Рис.2. Номограмма для расчета элементов технологии полива капельным способом.

ЛИТЕРАТУРА

I. Носенко В.Ф. и др. Обоснование параметров и разработка технических средств технологии полива синхронно-импульсного дождевания и импульсно-капельного орошения яблоневого сада в условиях Молдавской ССР "ВНПО" "Радуга", научно-технический отчет за 1976 год шифр Б 651189.

2. Келлер Д., Кармелл Д. Проектирование систем капельного орошения. Калифорния.- 1975. (США).

3. Нерпин С.В., Хлопотенков Е.Д. К вопросу моделирования влагопереноса в ненасыщенных почвах и грунтах.- В сб.: Вопросы энерго- и массообмена в системе почва - растение - атмосфера.- Л.: Гидрометеоиздат, 1971.

4. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге т. I-Л.: Гидрометеоиздат, 1965.

5. Временные технические указания на проектирование, строительство и эксплуатацию систем капельного орошения садов и виноградников. - Кишинев: Тимпул, 1981.

А.Аяпбергенов
зав. лабораторией
(КазНИИВХ)

НЕКОТОРЫЕ ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДДА-100МА ПРИ СХЕМЕ ЗВЕНЬЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ИХ РАБОТЫ

В зависимости от конструкции и обеспеченности водой оросительных систем, хозяйств трактористами-машинистами и дождевальными агрегатами ДДА-100МА, а также уровня надежности, возможности перегона с поля на поле и с участка на участок дождевальных агрегатов и многих других факторов работу машин на участках орошения можно организовать по различным схемам [I] .

При каждой схеме и в конкретных условиях (оросительная система, хозяйство и т.п.) для рационального планирования работы дождевальных агрегатов необходимо знать основные вероятностные характеристики процесса их функционирования.

Вероятности состояний дождевального агрегата на участке орошения при схеме автономной (обособленной) работы и рассмотрении времени эксплуатации как чередование чистого времени, и остановок по различным причинам рассмотрены нами ранее [2]. Вероят-

ностные характеристики функционирования дождевального агрегата на участке орошения при этой же схеме организации его работы и рассмотрении периода эксплуатации как случайное чередование различных его состояний изложены ранее [3].

Недостаточный уровень надежности и технической эксплуатации дождевальных агрегатов и элементов оросительной сети, а также необходимость планового проведения периодического технического обслуживания, в условиях ограниченной или недостаточной водообеспеченности систем, обуславливают для обеспечения наиболее полного во времени водозабора из сети и соответственно режимов орошения сельскохозяйственных культур применение звеньевой организации работы агрегатов. При этой схеме звено машин, состоящее из некоторого числа агрегатов, один из которых является как бы "подменным" (в качестве "подменного" в любой момент времени, кроме начального, с одинаковой вероятностью может оказаться любой из агрегатов звена), обслуживает определенный и постоянно закрепленный на поливной сезон участок орошения, а каждый агрегат звена включая и "подменный", закрепленную за ним площадь участка. В одновременной работе или в мелких остановках и переездов сменного значения в каждый момент времени должно находиться $\delta - I$ агрегата, где δ – общее число агрегатов в звене, а один – или в отказе, или в состоянии остановки из-за отказа оросительной сети, или в периодическом техническом обслуживании, или в состоянии остановки организационного характера сезонного значения, или в состоянии остановки из-за отсутствия работы. При этом количество одновременно работающих агрегатов должно строго соответствовать величине водоподачи на участок, закрепленный за звеном.

Таким образом, можно полагать, что каждый дождевальный агрегат звена в конкретный момент времени может находиться в одном из следующих семи состояний:

$Р$ – чистой работы (полива);
$ОА$ – отказа дождевального агрегата;
$ОС$ – остановки ввиду отказа оросительной сети;
$ТО$ – остановки ввиду проведения периодического технического обслуживания агрегата;
$Орг.$ – остановки организационного характера сезонного значения;
$БР$ – остановки из-за отсутствия работы;
$См$ – остановки сменного значения.

Как видно, при схеме звеньевой организации работы каждый агрегат звена, кроме состояний отмеченных ранее [3], может находиться и в состоянии остановки из-за отсутствия работы. Поэтому зависимости полученные для условий автономной организации работы агрегатов здесь не могут быть применены.

График переходов отдельного агрегата звена из состояния в состояние показан на рисунке.

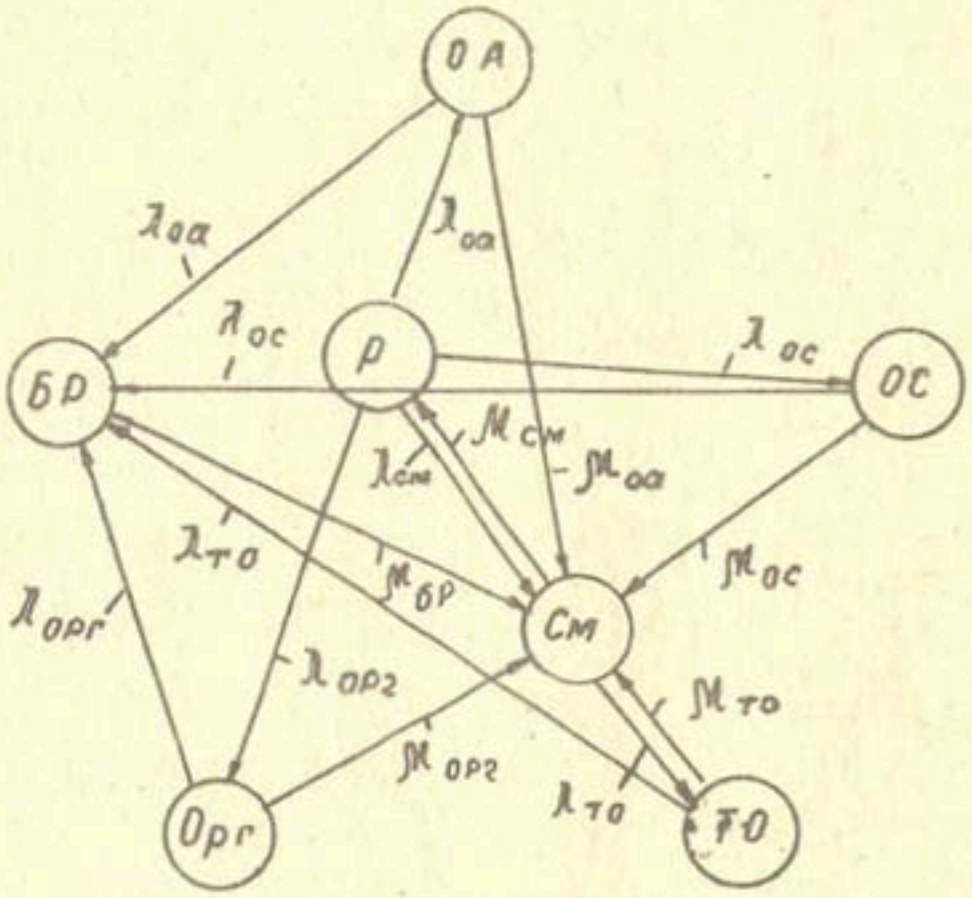


График переходов дождевального агрегата звена от состояния к состоянию:

Р - состояние чистой работы;
ОА - состояние отказа агрегата;
ОС - состояние остановки ввиду отказа оросительной сети;
ТО - состояние остановки ввиду проведения периодического технического обслуживания;
Орг - состояние организационной остановки сезонного значения;
См - состояние остановки сменного значения;
БР - состояние остановки из-за отсутствия работы;
$\lambda_{оа}$, $\lambda_{ос}$, $\lambda_{то}$, $\lambda_{орг}$ и $\lambda_{см}$ - интенсивности переходов агрегата из состояния соответственно в состояние ОА, ОС, ТО, Орг и См, $ч^{-1}$;
$\mu_{оа}$, $\mu_{ос}$, $\mu_{то}$, $\mu_{орг}$, $\mu_{см}$, $\mu_{бр}$ интенсивности переходов агрегата соответственно из состояний ОА, ОС, ТО, Орг, См и БР в другие состояния, $ч^{-1}$.

Из рисунка видно, что переходы агрегатов из состояния в состояние происходит так, как показано в работе [3]. Исключения составляют переходы, связанные с состоянием остановки по причине отсутствия работы (*БР*). В состояние *БР* агрегат может перейти из состояний *ОА*, *ОС*, *ТО*, *Орг* соответственно с интенсивностями $\lambda_{оа}$, $\lambda_{ос}$, $\lambda_{то}$ и $\lambda_{орг}$, а из состояния *БР* только в состояние *См* с интенсивностью $\mu_{бр}$.

Система дифференциальных уравнений в рассматриваемом случае примет вид:

$$P'_{р}(t) = -P_{р}(t)(\lambda_{оа} + \lambda_{ос} + \lambda_{орг} + \lambda_{см}) + P_{см}(t)\cdot\mu_{см}\ ; \tag{I}$$

$$P'_{оа}(t) = P_{р}(t)\cdot\lambda_{оа} - P_{оа}(t)\cdot(\mu_{оа} + \lambda_{оа})\ ; \tag{2}$$

$$P'_{ос}(t) = P_{р}(t)\cdot\lambda_{ос} - P_{ос}(t)\cdot(\mu_{ос} + \lambda_{ос})\ ; \tag{3}$$

$$P'_{то}(t) = P_{см}(t)\mu_{см} - P_{то}(t)(\mu_{то} + \lambda_{то})\ ; \tag{4}$$

$$P'_{бр}(t) = P_{оа}(t)\lambda_{оа} + P_{ос}(t)\lambda_{ос} + P_{то}(t)\lambda_{то} + P_{орг}(t)\lambda_{орг} - P_{бр}(t)\mu_{бр}\ ; \tag{5}$$

$$P'_{орг}(t) = P_{р}(t)\lambda_{орг} - P_{орг}(t)(\mu_{орг} + \lambda_{орг})\ ; \tag{6}$$

$$P'_{см}(t) = P_{р}(t)\lambda_{см} + P_{оа}(t)\mu_{оа} + P_{ос}(t)\mu_{ос} + P_{то}(t)\mu_{то} + P_{орг}(t)\mu_{орг} + \tag{7}$$
$$+ P_{бр}(t)\mu_{бр} - P_{см}(t)\cdot(\mu_{см} + \lambda_{то}),$$

где $P_{р}(t)$, $P_{оа}(t)$, $P_{ос}(t)$, $P_{то}(t)$, $P_{орг}(t)$, $P_{бр}(t)$ и $P_{см}(t)$ – соответственно вероятности нахождения агрегата в состоянии Р, ОА, ОС, ТО, Орг и См.

Ранее [3] было показано, что интенсивностей перехода дождевального агрегата определенного года срока службы из состояния в состояние в первом приближении можно принимать постоянным, а режим его работы в течении поливного сезона – установившимся. При этом, как известно, вероятности состояний агрегата не зависят от начальных условий, то есть от значений в момент времени $t = 0$, и их первые производные равняются нулю.

Как видно, система дифференциальных уравнений в этом случае превращается в систему алгебраических уравнений:

$$-P_{р}(\lambda_{оа} + \lambda_{орг} + \lambda_{см} + \lambda_{ос}) + P_{см}\mu_{см} = 0\ ; \tag{I.I}$$

$$P_{р}\lambda_{оа} - P_{оа}(\mu_{оа} + \lambda_{оа}) = 0\ ; \tag{2.I}$$

$$P_{р}\lambda_{ос} - P_{ос}(\mu_{ос} + \lambda_{ос}) = 0\ ; \tag{3.I}$$

$$P_{см}\lambda_{то} - P_{то}(\mu_{то} + \lambda_{то}) = 0\ ; \tag{4.I}$$

$$P_p \lambda_{opr} - P_{opr}(\mu_{opr} + \lambda_{opr}) = 0 ; \quad (5.I)$$

$$P_{oA} \lambda_{oA} + P_{oc} \lambda_{oc} + P_{to} \lambda_{to} + P_{opr} \lambda_{opr} - P_{bp} \mu_{bp} = 0 ; \quad (6.I)$$

$$P_p(\lambda_{cm} + \lambda_{to}) + P_{oA} \mu_{oA} + P_{oc} \mu_{oc} + P_{to} \mu_{to} + P_{opr} \mu_{opr} + \quad (7.I)$$

$$+ P_{bp} \mu_{bp} - P_{cm}(\mu_{cm} + \lambda_{to}) = 0 .$$

Для решения данной системы уравнений, учитывая, что только шесть из них независимы, достаточно взять эти шесть и, исходя из того, что все рассматриваемые состояния образуют полный комплекс состояний, еще одно дополнительное условие:

$$P_p + P_{oA} + P_{oc} + P_{to} + P_{opr} + P_{bp} + P_{cm} = 1 . \quad (8)$$

Примем первые шесть уравнений системы.

Из уравнений (I.I)...(6.I) имеем:

$$P_{cm} = P_p \frac{\lambda_{oA} + \lambda_{oc} + \lambda_{opr} + \lambda_{cm}}{\mu_{cm}} ; \quad (9)$$

$$P_{oa} = P_p \frac{\lambda_{oa}}{\mu_{oa} + \lambda_{oa}} ; \quad (I0)$$

$$P_{oc} = P_p \frac{\lambda_{oc}}{\mu_{oc} + \lambda_{oc}} ; \quad (II)$$

$$P_{to} = P_p \frac{(\lambda_{oa} + \lambda_{oc} + \lambda_{opr} + \lambda_{cm})\lambda_{to}}{\mu_{cm}(\mu_{to} + \lambda_{to})} ; \quad (I2)$$

$$P_{opr} = P_p \frac{\lambda_{opr}}{\mu_{opr} + \lambda_{opr}} \quad (I3)$$

$$P_{bp} = \frac{P_p}{\mu_{bp}} \left[\frac{\lambda_{oa}^2}{\mu_{oa} + \lambda_{oa}} + \frac{\lambda_{oc}^2}{\mu_{oc} + \lambda_{oc}} + \frac{(\lambda_{oa} + \lambda_{oc} + \lambda_{cm} + \lambda_{opr})\lambda_{to}^2}{\mu_{cm}(\mu_{to} + \lambda_{to})} + \frac{\lambda_{opr}^2}{\mu_{opr} + \lambda_{opr}} \right] . \quad (I4)$$

Подставив значения Рсм, Рос, Рто, Рорг и Рбр по зависимостям (9)...(I4) в (8) и решая относительно P_p, получим:

$$P_p = \frac{1}{1 + \varepsilon_{oa} + \varepsilon_{oc} + \varepsilon_{to} + \varepsilon_{opr} + \varepsilon_{bp} + \varepsilon_{cm}} , \text{ где } \varepsilon_{oa} = \frac{\lambda_{oa}}{\mu_{oa} + \lambda_{oa}} , \quad (I5)$$

$$\varepsilon_{oc} = \frac{\lambda_{oc}}{\mu_{oc} + \lambda_{oc}} , \quad \varepsilon_{to} = \frac{(\lambda_{oa} + \lambda_{oc} + \lambda_{opr} + \lambda_{cm})\lambda_{to}}{\mu_{cm}(\mu_{to} + \lambda_{to})} ,$$

$$\varepsilon_{opr} = \frac{\lambda_{opr}}{\mu_{opr} + \lambda_{opr}} , \quad \varepsilon_{bp} = \frac{1}{\mu_{bp}} \left[\frac{\lambda_{oa}^2}{\mu_{oa} + \lambda_{oa}} + \frac{\lambda_{oc}^2}{\mu_{oc} + \lambda_{oc}} + \frac{(\lambda_{oa} + \lambda_{oc} + \lambda_{cm} + \lambda_{opr})\lambda_{to}^2}{\mu_{cm}(\mu_{to} + \lambda_{to})} + \right.$$

$$\left. + \frac{\lambda_{opr}^2}{\mu_{opr} + \lambda_{opr}} \right] , \quad \varepsilon_{cm} = \frac{\lambda_{oa} + \lambda_{oc} + \lambda_{opr} + \lambda_{cm}}{\mu_{cm}} .$$

Тогда зависимости (9)...(I4) соответственно принимают вид:

$$P_{см} = \frac{\varepsilon_{см}}{1 + \varepsilon_{оа} + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{орг} + \varepsilon_{см}}; \qquad (9.I)$$

$$P_{оа} = \frac{\varepsilon_{оа}}{1 + \varepsilon_{оа} + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{орг} + \varepsilon_{бр} + \varepsilon_{см}}; \qquad (I0.I)$$

$$P_{ос} = \frac{\varepsilon_{ос}}{1 + \varepsilon_{оА} + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{орг} + \varepsilon_{бр} + \varepsilon_{см}}; \qquad (II.I)$$

$$P_{то} = \frac{\varepsilon_{то}}{1 + \varepsilon_{оА} + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{орг} + \varepsilon_{бр} + \varepsilon_{см}}; \qquad (I2.I)$$

$$P_{орг} = \frac{\varepsilon_{орг}}{1 + \varepsilon_{оА} + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{орг} + \varepsilon_{бр} + \varepsilon_{см}}; \qquad (I3.I)$$

$$P_{бр} = \frac{\varepsilon_{бр}}{1 + \varepsilon_{оА} + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{орг} + \varepsilon_{бр} + \varepsilon_{см}}. \qquad (I4.I)$$

А вероятность нахождения дождевального агрегата звена в состоянии остановки по всем причинам определяются как сумма вероятностей, определяемых по зависимостям (9.I)...(I4.I), т.е.

$$P_{ов} = \frac{\varepsilon_{оА} + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{орг} + \varepsilon_{бр} + \varepsilon_{см}}{1 + \varepsilon_{оА} + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{орг} + \varepsilon_{бр} + \varepsilon_{см}}. \qquad (I6)$$

Для определения вероятностей по выше полученным зависимостям должны быть известны значения интенсивностей переходов дождевального агрегата из состояния в состояние. Все интенсивности переходов, кроме $\mu_{бр}$, для конкретного случая (оросительной системы, хозяйства и т.п.) могут быть сравнительно легко определены экспериментально, например, путем сплошного хронометража обособленной работы одного или нескольких агрегатов в течении достаточного по длительности времени, испытаний на отказ дождевальных агрегатов и элементов оросительной сети и т.д. с последующей обработкой материалов экспериментов существующими математическими методами.

Интенсивность $\mu_{бр}$ перехода агрегата из состояния в другие состояния, а соответственно и параметр $\varepsilon_{бр}$, по данным экспериментов, проведенных в условиях автономной работы агрегатов, непосредственно не могут быть установлены. Они могут быть непосредственно установлены в результате испытаний схемы звеньевой организации работы дождевальных агрегатов в производственных условиях, что требует значительных затрат времени, средств и

труда. В то же время очевидно, что $\mu_{бр}$ и $\varepsilon_{бр}$ являются функциями от всех остальных интенсивностей переходов и числа агрегатов σ в звене. Поэтому попытаемся найти эту связь аналитически.

Каждый агрегат звена на участке орошения может находиться без работы тогда, когда остальные $\sigma - 1$ агрегата находятся в чистой работе (поливе), а рассматриваемый агрегат не находится ни в состоянии чистой работы и ни в состоянии остановок по другим причинам, т.е.

$$P_{бр} = P_p^{\sigma-1}(1-P_{оа})(1-P_{ос})(1-P_{то})(1-P_{см})(1-P_{орг})(1-P_р) . \quad (17)$$

Тогда, с учетом (15), (9.1)...(14.1) и приняв обозначение

$$\varepsilon_0 = 1 + \varepsilon_{оа} + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{орг} + \varepsilon_{см} ,$$

уравнение (17) после соответствующих преобразований можно привести к следующему виду:

$$\varepsilon_{бр}(\varepsilon_0 + \varepsilon_{бр})^{\sigma+4} = (\varepsilon_1 + \varepsilon_{бр})(\varepsilon_2 + \varepsilon_{бр})(\varepsilon_3 + \varepsilon_{бр})(\varepsilon_4 + \varepsilon_{бр})(\varepsilon_5 + \varepsilon_{бр})(\varepsilon_6 + \varepsilon_{бр}), \quad (17.1)$$

где $\varepsilon_1 = \varepsilon_0 - \varepsilon_{оа} = 1 + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{см} + \varepsilon_{орг}$;

$\varepsilon_2 = \varepsilon_0 - \varepsilon_{ос} = 1 + \varepsilon_{оа} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{см} + \varepsilon_{орг}$;

$\varepsilon_3 = \varepsilon_0 - \varepsilon_{то} = 1 + \varepsilon_{оа} + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{см} + \varepsilon_{орг}$;

$\varepsilon_4 = \varepsilon_0 - \varepsilon_{см} = 1 + \varepsilon_{оа} + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{орг}$;

$\varepsilon_5 = \varepsilon_0 - \varepsilon_{орг} = 1 + \varepsilon_{оа} + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{см}$;

$\varepsilon_6 = \varepsilon_0 - 1 = \varepsilon_{оа} + \varepsilon_{ос} + \varepsilon_{то} + \varepsilon_{см} + \varepsilon_{орг}$.

Раскрыв скобки в правой части уравнения (17.1) и сгруппировав слагаемые, окончательно имеем:

$$\varepsilon_{бр}(\varepsilon_0 + \varepsilon_{бр})^{\sigma+4} - \varepsilon_{бр}^6 - C_1\varepsilon_{бр}^5 - C_2\varepsilon_{бр}^4 - C_3\varepsilon_{бр}^3 - C_4\varepsilon_{бр}^2 - C_5\varepsilon_{бр} - C_6 = 0 , \quad (18)$$

где $C_1 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \varepsilon_5 + \varepsilon_6$;

$C_2 = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \varepsilon_5)\varepsilon_6 + (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4)\varepsilon_5 + (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)\varepsilon_4 +$

$+ (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)\varepsilon_3 + \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$;

$C_3 = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4)\varepsilon_5\varepsilon_6 + (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)\varepsilon_4(\varepsilon_5 + \varepsilon_6) + (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)\varepsilon_3(\varepsilon_4 + \varepsilon_5 + \varepsilon_6) +$

$+ \varepsilon_1\varepsilon_2(\varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \varepsilon_5 + \varepsilon_6)$;

$$C_4 = (\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)\varepsilon_4\varepsilon_5\varepsilon_6 + \varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3(\varepsilon_4+\varepsilon_5+\varepsilon_6) + [\varepsilon_1(\varepsilon_2+\varepsilon_3)+\varepsilon_2\varepsilon_3]\cdot$$
$$\cdot[\varepsilon_4(\varepsilon_5+\varepsilon_6)+\varepsilon_5\varepsilon_6];$$
$$C_5 = [\varepsilon_1(\varepsilon_2+\varepsilon_3)+\varepsilon_2\varepsilon_3]\varepsilon_4\varepsilon_5\varepsilon_6 + \varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3[\varepsilon_4(\varepsilon_5+\varepsilon_6)+\varepsilon_5\varepsilon_6];$$
$$C_6 = \varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3\varepsilon_4\varepsilon_5\varepsilon_6 .$$

Из уравнения (I8) можно получить зависимость для определения числа машин в звене:

$$\sigma = \frac{lg(\varepsilon_{БР}^5 + C_1\varepsilon_{БР}^4 + C_2\varepsilon_{БР}^3 + C_3^2\varepsilon_{БР}^2 + C_4\varepsilon_{БР} + C_5 + \frac{C_6}{\varepsilon_{БР}})}{lg(\varepsilon_0+\varepsilon_{БР})} - 4 . \quad (I9)$$

В конкретных условиях параметр ε_0 и коэффициенты $C_I \ldots C_6$ в этой зависимости принимают конкретные значения и σ будет зависеть от одного переменного - $\varepsilon_{БР}$. В этом случае в заданных пределах изменения $\varepsilon_{БР}$ и σ можно построить график их зависимостей друг от друга и пользоваться им.

Предел σ при $\varepsilon_{БР} \to 0$ равен:

$$\lim_{\varepsilon_{БР}\to 0}\sigma = \lim_{\varepsilon_{БР}\to 0}\frac{lg(\varepsilon_{БР}^5 + C_1\varepsilon_{БР}^4 + C_2\varepsilon_{БР}^3 + C_3\varepsilon_{БР}^2 + C_4\varepsilon_{БР} + C_5 + \frac{C_6}{\varepsilon_{БР}})}{lg(\varepsilon_0+\varepsilon_{БР})} - 4 = \frac{lg(C_5+\infty)}{lg\,\varepsilon_0} - 4 = \infty .$$

Как видно, остановки агрегата по причине отсутствия работы будут практически при любом большом числе агрегатов в составе звена. Чем больше агрегатов в звене, тем меньше простой или, наоборот, чем меньше агрегатов в звене, тем продолжительнее простой. Максимум простоя будет при составе звена из двух агрегатов.

При известном параметре $\varepsilon_{БР}$ интенсивность $\mu_{БР}$ перехода дождевального агрегата из состояния БР в другое состояние определяется по зависимости:

$$\mu_{БР} = \frac{1}{\varepsilon_{БР}}\left[\frac{\lambda_{ОЛ}^2}{\mu_{ОЛ}+\lambda_{ОЛ}} + \frac{\lambda_{ОС}^2}{\mu_{ОС}+\lambda_{ОС}} + \frac{(\lambda_{ОЛ}+\lambda_{ОС}+\lambda_{СМ}+\lambda_{Орг})\lambda_{ТО}^2}{\mu_{СМ}(\mu_{ТО}+\lambda_{ТО})} + \frac{\lambda_{Орг}^2}{\mu_{Орг}+\lambda_{Орг}}\right]. \quad (20)$$

Из зависимости видно, что при изменении $\varepsilon_{БР}$ от 0 до ∞ $\mu_{БР}$ будет меняться от ∞ до 0.

Таким образом, при известных интенсивностях переходов автономно работающего дождевального агрегата из состояния в состояние можно по выше полученным зависимостям определить вероятности переходов дождевальных агрегатов звена из состояния в состояние и требуемое число машин в звене.

ЛИТЕРАТУРА

I. К в а н Р.А., А я п б е р г е н о в А. Рациональная организация работ дождевальных агрегатов на механизированных оросительных системах с машинным водоподъемом. - Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, I973, № 6, с.68-72.

2. К в а н Р.А., А я п б е р г е н о в А. Расчет и анализ производительности дождевальных агрегатов ДДА-I00М вероятностным методом.- Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, I974, № I0, с. 77-82.

3. А я п б е р г е н о в А. Вероятностные характеристики различных состояний дождевального агрегата типа ДДА-I00М на участках орошения.- В кн.: Совершенствование оросительных систем и технологии орошения сельскохозяйственных культур в Казахстане. Сб.научных трудов КазНИИВХ - Ташкент: I980, с. I72-I78.

В.К.Гладкий
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ОЦЕНКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ПИТАНИЯ ВОДОЙ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ В ПОСТУПАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ

В настоящее время питание водой дождевальных машин в движении (типа ДДА-I00МА), осуществляется из открытых оросителей. Открытые оросители наряду с достоинствами (простота технического решения, возможность работы дождевальной техники в движении) имеют существенные недостатки (снижают коэффициент использования земли до 5% и воды до 40%, ухудшают качество воды, распространяют сорняки, приводят к эрозии почвы, создают серьезные помехи для работы сельскохозяйственных машин и др.).

Закрытые оросители исключают недостатки открытых, однако, они не позволяют производить забор воды в движении.

Поэтому у нас в стране и за рубежом ведутся работы по созданию водовода,целью которого является сочетать в себе достоинства закрытых оросителей - увеличение коэффициента использования земли и воды,и открытых - возможность забора воды в движении. То есть, водовод должен транспортировать воду от водоисточника

(гидранта, насосной станции и др.) к работающей в поступательном движении дождевальной машине и убираться с поля после завершения полива.

При разработке водовода для питания дождевальных машин, например, ДДА-100МА и др., как любой другой конструкции, отправным пунктом является принципиальная схема. От того насколько она полно отвечает предъявленным требованиям будет определена степень удовлетворения этим требованиям самой конструкции. Поэтому оценка и выбор принципиальной схемы при разработке конструкции имеют первостепенное значение.

В настоящее время имеется множество принципиальных решений питания водой, находящихся в стадии патентных, проектных, экспериментальных разработок и серийного производства.

Для удобства оценки принципиальных схем водоводов их целесообразно классифицировать по конструктивным признакам: перемещаемые лотки (желоба), трубопроводы с (жесткими и гибкими) клапанами, трубопроводы с продольным замком, жесткие (сочлененные) трубопроводы, цельные шланги (рис.).

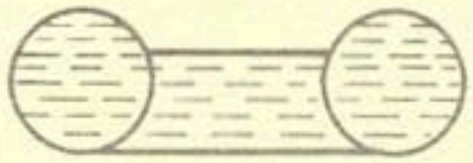
Перемещаемые лотки (желоба). Раскладной желоб (схема I), состоящий из двух шлангов, соединенных гибкой перемычкой [I].

При заполнении водой закрытых с одного конца шлангов они образуют боковые стенки желоба, а перемычка между ними – его дно. Заполненный водой желоб может служить как открытый ороситель для питания мобильной техники полива. Раскладной желоб с растяжками бортового полотна (схема 2) имеет множество модификаций, предназначен для тех же целей.

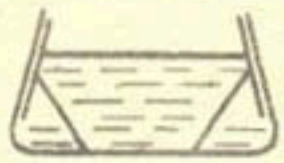
Водоводы с клапанами включают шланги с жесткими клапанами и шланги с отверстиями, перекрываемыми гибким материалом за счет давления воды.

Шланг с жесткими клапанами (схема 3) раскладывают по трассе движения машины, подают в него воду. Машина, двигаясь вдоль шланга, специальным приспособлением поочередно открывает клапаны и вода через них поступает в бак или другое водоотборное устройство. Конструкции водоводов с жесткими клапанами были разработаны в основном для машин подпочвенного орошения Ташкентским ГСКБ, по ирригации машины ППН-40, ППН-50-Укргипроводхозом, АПО-50-Львовским ГСКБ по машинам для химической защиты растений. Они в 1965 году были испытаны на Бортнической оросительной системе [2]. Испытания показали их низкую пропускную способность (18...20 л/с

I. ЖЕЛОБА



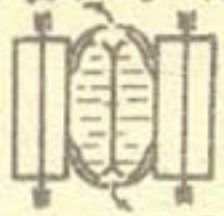
1. желоб из шлангов



2. желоб с растяжками

II ТРУБОПРОВОДЫ С КЛАПАНАМИ

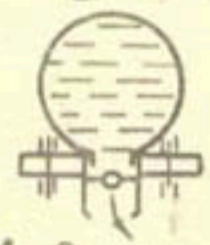
3 шланг с жесткими клапанами



4. шланг с несовпадающими отверстиями

5. лепестковый водовод

III ТРУБОПРОВОДЫ С ПРОДОЛЬНЫМ ЗАМКОМ



6. трубопровод с секционным замком

7 шланг с застежкой

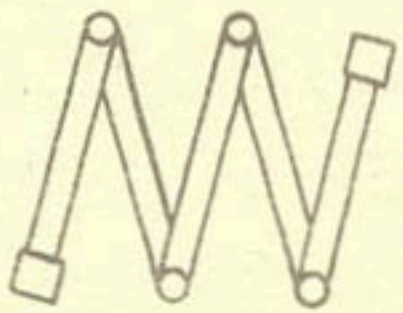
8. шланг с обмоткой

9. жесткий трубопровод с упругим замком

10. шланг с магнитным замком

11. шланг с упругим замком

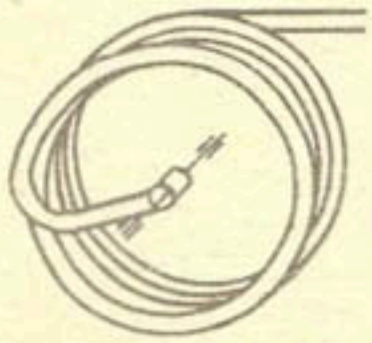
IV. ЖЕСТКИЕ ТРУБОПРОВОДЫ



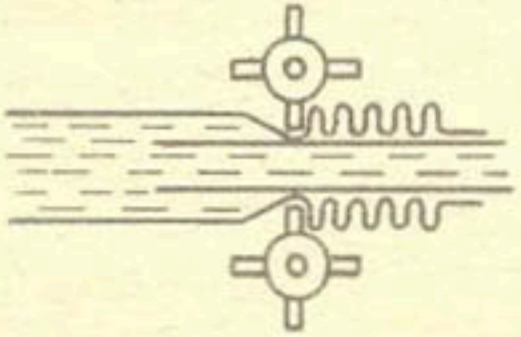
12. шарнирный трубопровод

13. телескопический трубопровод

V. ЦЕЛЬНЫЕ ГИБКИЕ ШЛАНГИ



14. шланг, наматываемый на катушку



15. шланг „гормошка"

Принципиальные схемы водоводов

при давлениях 300...400 кПа) ввиду значительных гидравлических потерь в местах установки клапанов, низкий коэффициент технической готовности, в основном, в следствии перекоса и заедания клапанов в водоотборных устройствах.

Водовод с несовпадающими отверстиями (схема 4) представляет собой гибкий шланг с двумя рядами отверстий расположенных диаметрально противоположно по образующей. Оба ряда отверстий изнутри закрыты лентами, края которых соединены со шлангом, а средины по всей длине стяжкой, шириной равной диаметру шланга. Ленты имеют отверстия несовпадающие с отверстиями шланга заполненного водой. Если шланг сдавить с двух сторон параллельно стяжке, то материал шланга отходит от лент, которые удерживаются стяжкой, отверстия открываются и вода сливается в водосборный бак дождевальной машины. Протаскивая шланг через сжимающие его ролики производят забор из него в движении.

Во ВНИИГиМ был разработан "лепестковый" водовод (схема 5), представляющий собой четыре шланга, соединенные между собой по одной линии в "лепесток". Водопропускные отверстия в каждом шланге при заполнении водой перекрываются материалом соседних шлангов. Для отбора воды между шлангами с двух сторон вставляются полые клинья, через которые вода поступает в дождевальную машину [3].

Водоводы с продольным замком включают шланг с самозажимным секционным замком (схема 6), состоящий из гибкой ленты, свернутой в шланг, кромки которой соединены жестким шарнирным замком, закрывающимся давлением воды с усилием пропорциональным этому давлению [4]. Раскрытие замка и забор воды производится сжатием замка у основания.

Шланг с застежкой "скоба", конструкции ВНИИГиМ, (схема 7) представляет собой ленту, свернутую в трубу, кромки которой соединены цепью скоб. Забор воды из водовода осуществляется всасывающей трубой, вставленной в рабочую часть шланга. Уменьшение рабочей (водопадающей) части шланга осуществляется специальным приспособлением путем отсоединения от шланга замыкающей цепи "скоба" и превращением его в ленту, а увеличение-путем формирования из ленты шланга и замыкания её кромок цепью скоба [5].

Оба эти водовода имеют конструктивно сложные замковые устройства, работа которых значительно затруднена в условиях грязи.

Водовод из текстовиниловой ленты свернутой в трубу и нак-

рест обмотанный лентами (схема 8) по принципу аналогичен водоводу с застежкой "молния". Однако он более уязвим при перегибах, которые нарушают его герметичность.

Жесткий трубопровод с упругим продольным замком (автор Душинский) (схема 9) является конструктивно более простым. Однако такой водовод может быть использован только как стационарный или укладываемый на сезон, так как перемещать его на новую позицию весьма сложно.

Шланг с электромагнитым замком (схема I0) представляет собой ленту по краям которой имеются проводники, изолированные магнитопроницаемой резиной [6]. При пропускании тока проводники притягиваются, соединяют кромки ленты, образуя шланг. В КазНИИВХ был изготовлен опытный образец электромагнитного замка и испытан в лабораторных условиях. Недостатками замка являются сложность его изготовления и потребность в мощном источнике тока.

Шланг с упругим замком, конструкции КазНИИВХ, (схема II) представляет собой прорезиновую ленту, одна кромка которой имеет сердечник формы "ласточкин хвост", другая - резиновую обойму с пазом формы сердечника. Специальное устройство заправляет сердечник в паз обоймы, образуя шланг с достаточно герметичным замком по длине [7]. Испытания шланга показали, что потери воды не превышают I% проводимого расхода, замок выдерживает I300 циклов открытия-закрытия.

Жесткие водоводы. Шарнирный трубопровод (схема I2) состоит из жестких труб последовательно соединенных водопроводящими шарнирами [8]. Изменение его длины осуществляется в движении дождевальной машиной по типу изменения длины раскладного метра. Этот водовод конструктивно прост, однако является громоздким, технологически неудобным в работе.

Телескопический трубопровод состоит из труб различного диаметра входящих одна в другую (схема I3). Изменение длины трубопровода осуществляется вдвижением или выдвижением труб [9]. Недостатками трубопровода являются высокие технические требования к трубам (прочность, легкость, высокая чистота поверхности), значительная разность диаметров труб внутренней и наружной, особенно при большом их числе для увеличения общей длины трубопровода, уязвимость его при ударах и изгибах труб особенно в выдвинутом положении. Однако несмотря на эти недостатки, телескопический трубопровод является достаточно надежным и удобным в эксплуатации.

Цельные гибкие водоводы. Питание водой в движении дождевальной машины цельным шлангом осуществляется наматыванием шланга на катушку (схема I4) или волочением шланга за машиной. Такой способ питания нашел широкое применение за рубежом (дождеватели Ирритракт, Вассергигант и др.). Этому способствует простота технического решения, высокая надежность, простота технологического процесса подвода воды и возможность автоматизации. Однако предусмотренное технологией перемещение заполненного водой шланга дождевальной машиной, вызывает необходимость ограничения веса шланга за счет уменьшения его длины и диаметра и увеличения давления воды (до I МПа). Поэтому длина шлангов не превышает 400 м при расходах 8 л/с, а расходы не превышают 40 л/с при длине шлангов I80 м [I0].

Произвести сравнительную техническую оценку всех известных водоводов не представляется возможным, так как многие из них не имеют конструктивных разработок. Имеющиеся конструкции различных принципиальных схем водоводов по степени совершенства самой конструкции значительно различаются между собой. Поэтому сопоставление в количественном отношении их технических характеристик еще не является ответом при сравнении самых принципиальных схем. При выборе принципиальной схемы нового образца, задача должна сводиться к оценке потенциальных возможностей схемы. Оценка принципиальной схемы, конечно, насколько это возможно сделать по схеме, должна производиться с точки зрения её технических возможностей, технологичности рабочего процесса и экономической эффективности, считая на этом оценку принципиальной схемы законченной.

При несоизмеримости критериев по которым должна производиться оценка объекта может быть произведена балльная оценка [II], в которой на первом этапе производится балльная оценка объектов (схем), на втором - определяется значимость критерия и устанавливается удельный вес балла каждого критерия, на третьем составляются таблицы простой и взвешенной балльной оценки различных принципиальных схем. По сумме взвешенных баллов производится сравнительная оценка принципиальных схем (табл.).

Оценка принципиальных схем и удельный вес баллов различных параметров назначались исходя из требований питания водой дождевальных машин ДДА-IООМА, ДДН-I00, ДДН-I50. Максимальное значение параметра оценивается девятью баллами, снижение параметра получает пропорциональное снижение балла. Максимальные значения параметров в порядке их весомости следующие: проводимый расход -

200 л/с; длина водовода – 400 м; допустимый уклон трассы – 0,02; потери воды – 0% от расхода; количество холостых ходов устройства по трассе раскладки водовода – 0; транспортировка сработанной части водовода – без воды; стоимость водовода – цельный шланг; удельная стоимость водоподачи – давление менее 50 кПа.

Техническая оценка производилась с учетом расхода $Q=f(D,L,H)$, рабочей длины шланга $L=f(H,i,k_к,k_т)$, допустимого уклона трассы $i=H/L$;

технологическая – с учетом потерь воды в % от общего расхода, количества холостых ходов $n_{хол.}$ дождевальной машины, перемещения срабатываемой части шланга по трассе с водой или без воды;

экономическая – с учетом удельной стоимости шланга $C_ш=\frac{(C_o+\Delta C)L}{Q}$, удельных затрат на потери давления в водоводах $C_п=\frac{(H_г-H_к)Q\cdot\gamma\cdot Ц}{102}$,

где D – диаметр цельного шланга;

$H_г, H_к$ – давление воды, соответственно в голове и конце водовода;

C_o – стоимость цельного шланга;

ΔC – стоимость дополнительных включений в водовод (замков, застежек, клапанов и др.);

$Ц$ – стоимость I кВт энергии;

γ – удельный вес воды;

$k_к, k_т$ – коэффициенты, зависящие от конструктивных и технологических особенностей.

По результатам сопоставительных испытаний водоводов, представляющих все классы (желоб из шлангов, шланг с жесткими каналами, шланг с несовпадающими отверстиями, шланг с магнитным замком, шланг с застежкой, шланг с упругим замком типа "ласточкин хвост", шарнирный трубопровод, шланг, наматываемый на катушку, шланг, сминаемый на всасывающей трубе "гармошкой"), проведенных с участием автора в КазНИИВХ и на основании анализа литературных источников характеристика водоводов по типам и классам представляется следующим образом:

Перемещаемые лотки обладают большой пропускной способностью. Недостатками их являются высокие требования к планировке трассы и небольшие допустимые уклоны, потери воды на сброс и слив при смене позиции.

Водоводы с клапанами (гибкими и жесткими) имеют ограниченную пропускную способность из-за увеличения гидравлического сопротивления в клапанах.

Таблица

Оценка различных типов водоводов

Тип водовода \ Парметры, Уд.вес балла	Расход, л/с	Рабоч. длина, м	Допустимый уклон	Потери воды, %	Холостой ход	Перемещен. водовода	Стоим. водовода	Стоим. водоподачи	Балльн. оценка	Взвешен. оценка
	8	7	6	5	4	3	2	I	Σ бал.	Σ вз. бал.
Перемещаемые лотки	I50	400	0,004	I0	2	без воды	I+0,2	низкая	49	2I3
	9;72	9;63	2;I2	2;I0	I;4	9;27	8;I6	9;9		
Трубопроводы с клапанами	I00	400	0,02	I	I	с водой	I+I	высокая	40	23I
	6;48	9;63	9;54	8;40	5;20	I;3	I;2	I;I		
Шланг с продольным замком (эластичным)	I00	300	0,0I	I	0	без воды	I+I	средняя	50	237
	6;48	7;49	5;30	8;40	9;36	9;27	I;2	5;5		
Жесткие требопроводы (телескопы)	I00	200	0,02	I	0	без воды	I+I	высокая	48	243
	6:48	5;35	9;54	8;40	9;36	9;27	I;2	I;I		
Цельные шланги "Катушка"	30	400	0,02	0	0	с водой	I	высокая	50	246
	4;24	9;63	9;54	9;45	9;36	I;3	9;I8	I;I		
"Гармошка"	I30	300	0,0I	0	0	без воды	I	низкая	6I	274
	8;64	7;49	5;30	9;45	9;36	9;27	9;I8	9;9		

Примечание: Запись – Величина параметра / число баллов; взвешенная оценка параметра

Водоводы с замком по образующей обладают большой пропускной способностью.

Однако различные включения (клапаны, замки, застежки и тому подобное), меняющие жесткость водоводов по длине и сечению, в значительной мере ухудшают надежность работы, усложняют водовод и увеличивают потери воды.

Жесткие водоводы: шарнирный - громоздкий и неудобен для работы в движении, телескопический является надежным, удобным, но имеет малую длину и сравнительно небольшой расход.

Широко применяемая за рубежом принципиальная схема питания мобильных дождевателей цельным шлангом, наматываемым на катушку и волоком перемещаемым с водой по полю, предельно проста и обеспечивает высокую надежность и технологичность работы водовода. Однако расходные показатели этих водоводов не превышают 40 л/с и практически увеличить их не представляется возможности. Поэтому они не могут быть применены для питания водой существующих у нас работающих в движении дождевальных машин типа ДДА-100МА, расходы которых превышают 100 л/с и имеется тенденция их увеличения.

Это диктует необходимость разработки на базе серийных отечественных шлангов оборудования, обеспечивающего питание водой существующих у нас и вновь проектируемых высокорасходных мобильных поливных машин. Принципиальная схема должна обладать достоинствами серийного водовода наматываемого на катушку и исключать его технический недостаток - перемещение заполненного водой шланга.

Более полно удовлетворяет этим требованиям принципиальная схема, разработанная в КазНИИВХ (схема 15), состоящая из цельного шланга, срабатываемая часть которого укладывается в графы "гармошкой" на расположенной внутри всасывающей трубы. Данная схема, сохраняя достоинства водовода наматываемого на катушку, исключает его технологический недостаток, так как шланг по полю перемещается опорожненным от воды, чем создается возможность увеличения диаметра шланга, а следовательно, и расходных характеристик водовода.

По данной схеме в КазНИИВХ было разработано и изготовлено оборудование шлангового питания, состоящее из серийного мелиоративного шланга диаметром 300 мм, длиной 250 м и специального водозаборного устройства. Устройство было агрегатировано с ДДН-100 и трактором Т-150К и в 1978 году испытано в производственных ус-

ловиях на поливе люцерны в Джамбулском свеклосовхозе, а в 1979 году с агрегатом ДДА-100МА - в колхозе им.Кирова Джамбулской области.

Результаты испытаний показали, что оборудование обеспечивает питание агрегатов позиционно и в движении, в направлении к водоисточнику и от него, на всей длине шланга (250 м), с необходимым расходом (100...130 л/с).

Это подтверждает правильность выбора принципиального решения для питания агрегатов типа ДДА-100МА.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Новиков А.П. и др. Раскладной желоб из водопроницаемой ткани для питания водой поливных агрегатов. Ав.свид. № 106484. - Бюллетень изобретений, 1957, № 4.
2. Протокол сопоставительных испытаний машин для подпахотного орошения АПО-50, ППН-40, ПОФ-40. Укр.НИИГиМ.- Киев: 1965.
3. Протокол испытания образца дальнеструйного навесного дождевателя с оборудованием для бесканального питания водой марки ОБП-2-ДДН-70.- Пушкинская МИС, 1971.
4. Коркач Н.А. Машина для подпочвенного орошения. - Тракторы и сельхозмашины, 1973, № 1.
5. Алексеи Д.К.,Харитонов В.Д., Худяков С.И. Гибкий трубопровод для подачи воды из канала к поливной или дождевальной машине в движении. Ав.свид. № 98175. - Бюллетень изобретений, 1954.
6. Зыбин В.П., Креккер Н.Ю., Николенко В.И. Устройство для подачи воды к поливным машинам в движении. Ав.свид. № 244789. - Бюллетень изобретений, 1969, № 18.
7. Воропаев Г.В., Носенко В.Ф., Ян Г. Гибкий трубопровод с продольным быстроразъемным соединением. Ав.свид. № 266436. - Бюллетень изобретений, 1962, № 11.
8. Гречихин Н.И. и др. Устройство для забора и подачи воды к поливным машинам в движении. Ав.свид. № 434918. - Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1974, № 25.
9. Гречихин Н.И. и др. Телескопический трубопровод. Ав.свид. № 352637. - Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1977. № 19.

IO. Л а з а р е в а И. Выставка передвижных дождевальных установок с гибкими шлангами. – Реферативный журнал Мелиорация, I977, № 8.

II. Г о л ы М. Оросительные мелиорации. – М.: Колос, I977

В.М.Константинов
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

А.И.Мусаев
старший научный сотрудник
(ДГМСИ)

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СТОЧНЫХ ВОД В АЛМА-АТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

В связи с ежегодным увеличением объемов сточных вод и животноводческих стоков, возникла необходимость проведения исследований по сельскохозяйственному использованию этих вод на юге Казахстана.

Авторами проведены исследования по использованию сточных вод г.Алма-Ата на земледельческих полях орошения (ЭПО) МРСХО "Бурундайский" и осветленного животноводческого стока на ЭПО совхоза "Джетыгенский". Район исследований расположен в пустынной, пустынно-степной зонах. В геоморфологическом отношении опытные участки представляют собой слабонаклонную аллювиальную равнину.

Средняя многолетняя температура воздуха равна 8,6^{o}С, продолжительность безморозного периода 2I5 дней. Среднегодовое количество осадков равно 244...323 мм.

Климатические условия, за годы исследований, различались довольно значительно. Гидротермический коэффициент (ГТК) за период вегетации люцерны составил в I977 г. – 0,I8; I978 г. – 0,46; I979 г. – 0,70; I980 г. – 0,45. Суммарная фотосинтетически активная радиация (ФАР), за период вегетации люцерны, составила в I977 г. – 49,7; I978 г. – 5I,5; I979 г. – 48,4; I980 г. – 50,6 ккал/см^{2}.

Почвенный покров опытных участков представлен сероземными (МРСХО "Бурундайский") и сероземно-луговыми (совхоз "Джетыгенский") почвами. Сероземы светлые малокарбонатные, формирующиеся при глубине грунтовых вод более 5 м, имеют щелочную реакцию (pH = 7-8). Почвообразующими породами служат средние и тяжелые суглинки. Объемная масса метровой толщи I,2...I,38 г/см^{3}. Они

относятся к почвам средней водопроницаемости, наименьшая влагоемкость метрового слоя составляет 19,0...19,7%. Сумма поглощенных оснований 11...13 мг/экв на 100 г почвы. В поглощенных основаниях преобладает кальций (65...86%). Обеспеченность элементами питания низкая, так содержание валового азота 0,04...0,11%, фосфора 0,13... 0,15% [1]. Содержание гумуса, к началу опыта, в слое почвы 0... 30 см составляло не более 1,2%.

Сероземно-луговые незасоленные почвы представлены в комплексе с сероземно-луговыми слабосолончаковыми почвами до 10%. Почвообразующими породами служат аллювиально-проллювиальные отложения, представленные средними, реже легкими суглинками. Подстилающими породами являются средние и легкие суглинки, супеси и пески. Объемная масса метровой толщи изменяется в пределах 1,24...1,49 г/см^3. Наименьшая влагоемкость метрового слоя 18,5...20,3%. По данным института "Казгипроводхоз", в почвенном профиле, к началу опыта, содержалось незначительное количество органического вещества и элементов питания растений, как в пахотном горизонте содержалось гумуса 0,9...1,2%.

Сероземно-луговые слабосолончаковые почвы засолены в верхнем (0...30 см) слое. Степень засоления слабая, содержание хлора незначительное - 0,02%. Сумма поглощенных оснований в сероземно-луговых незасоленных почвах в верхнем (0...30 см) слое составляет 7,6 мг/экв на 100 г почвы. Из поглощенных оснований преобладает кальций (70%), а содержание натрия составляет 11,4%.

Сточные воды г.Алма-Ата, используемые на орошение, после выдерживания в прудах-накопителях в течении 5-6 месяцев, характеризуются слабощелочной реакцией (pH = 7,5-7,6), невысокой минерализацией (0,5...0,7 г/л) и низким содержанием органических веществ - не выше 200 мг/л. По содержанию основных питательных элементов (азота, фосфора, калия) воды обладают средней удобрительной ценностью [2]. В отличии от сточных вод, животноводческие осветленные стоки содержат в себе значительные количества питательных элементов и обладают высокой удобрительной ценностью. В связи с этим необходимо разбавление осветленных животноводческих стоков чистой воды в определенной пропорции. Смеси стоков с чистой водой также характеризуются слабощелочной реакцией и невысокой минерализацией (0,5-0,6 г/л), но они содержат в себе значительное количество органического вещества (0,5...4 г/л).

Использование сточных вод и животноводческих стоков на орошение кормовых культур привело к изменениям водно-физических свойств почв опытных участков. Полученные результаты по данному вопросу хорошо согласуются с результатами полученными рядом авторов [3, 4, 5] . Исследования показали, что скорость впитывания сточных вод в почву ниже чем скорость впитывания чистых оросительных вод (рис. I). Наблюдается уменьшение скорости впитывания к концу вегетации. На рис. 2 показано изменение скорости впитывания в зависимости от числа поливов городскими сточными водами. Необходимо отметить, что изменение скорости впитывания, в сторону уменьшения, происходит более интенсивно в опытах с использованием смесей осветленных животноводческих стоков с чистой водой.

Использование сточных вод на орошение не приводит к значительным изменениям объемной массы почвогрунтов. Исследования агрохимических свойств сероземов, под влиянием сточных вод г.Алма-Ата, показали, что произошли их изменения (табл. I).

Анализ данных таблицы I показывает, что в результате 4-х летнего использования сточных вод, произошло накопление гумуса, подвижных и валовых форм азота, фосфора, калия на вариантах, где использовались эти воды, что в конечном итоге сказалось на урожайности кормовых культур.

В результате использования осветленных животноводческих стоков на орошение кормовых культур (люцерны, ячменя), также произошло изменение агрохимических свойств сероземно-луговых почв. В таблице 2 приведены агрохимические свойства почв на опытном участке занятой люцерной 3-го года жизни (сорт Семиреченская) на конец вегетации.

На вариантах (3...8), где использовались различные, по концентрации смеси чистой воды с осветленным животноводческим стоком значительно повысилось содержание гумуса, а также элементов питания. Однако поддержание влажности почвы на уровне 80...100% НВ, а также увеличение концентрации смеси до I:5 приводит к накоплению солей по всему профилю метровой толщи (табл. 2). Необходимо отметить, что под влиянием осенне-зимних осадков, на фоне систематического горизонтального дренажа, происходит незначительная промывка почв и перераспределение солей по почвенному профилю, однако это не приводит к улучшению мелиоративного состояния почв на этих вариантах без дополнительных мелиоративных мероприятий. В результате ухудшения мелиоративного состояния на 7-8 вари-

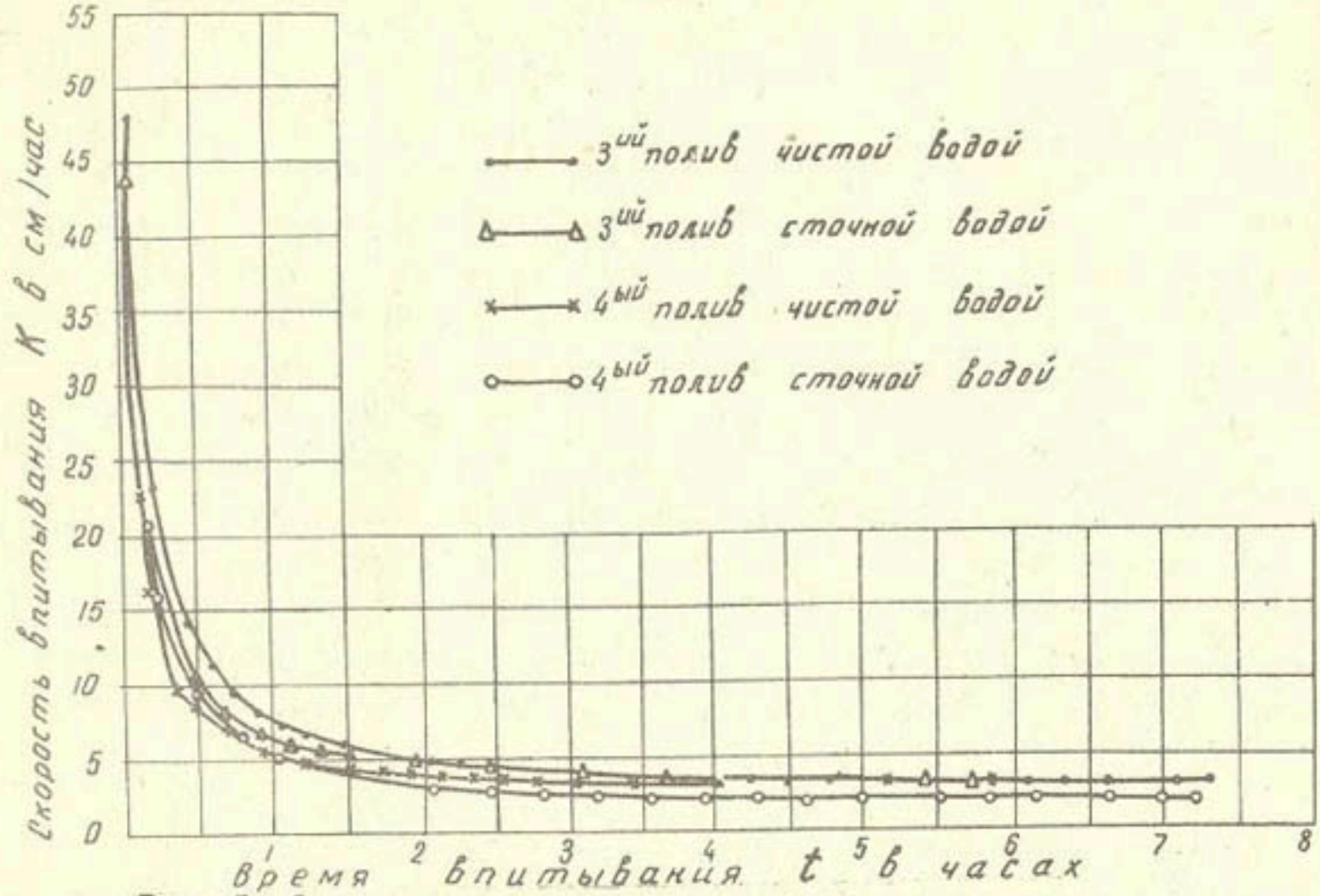


Рис. I Скорость впитывания сточной и чистой воды на сероземных почвах МРСХО "Бурундайский"

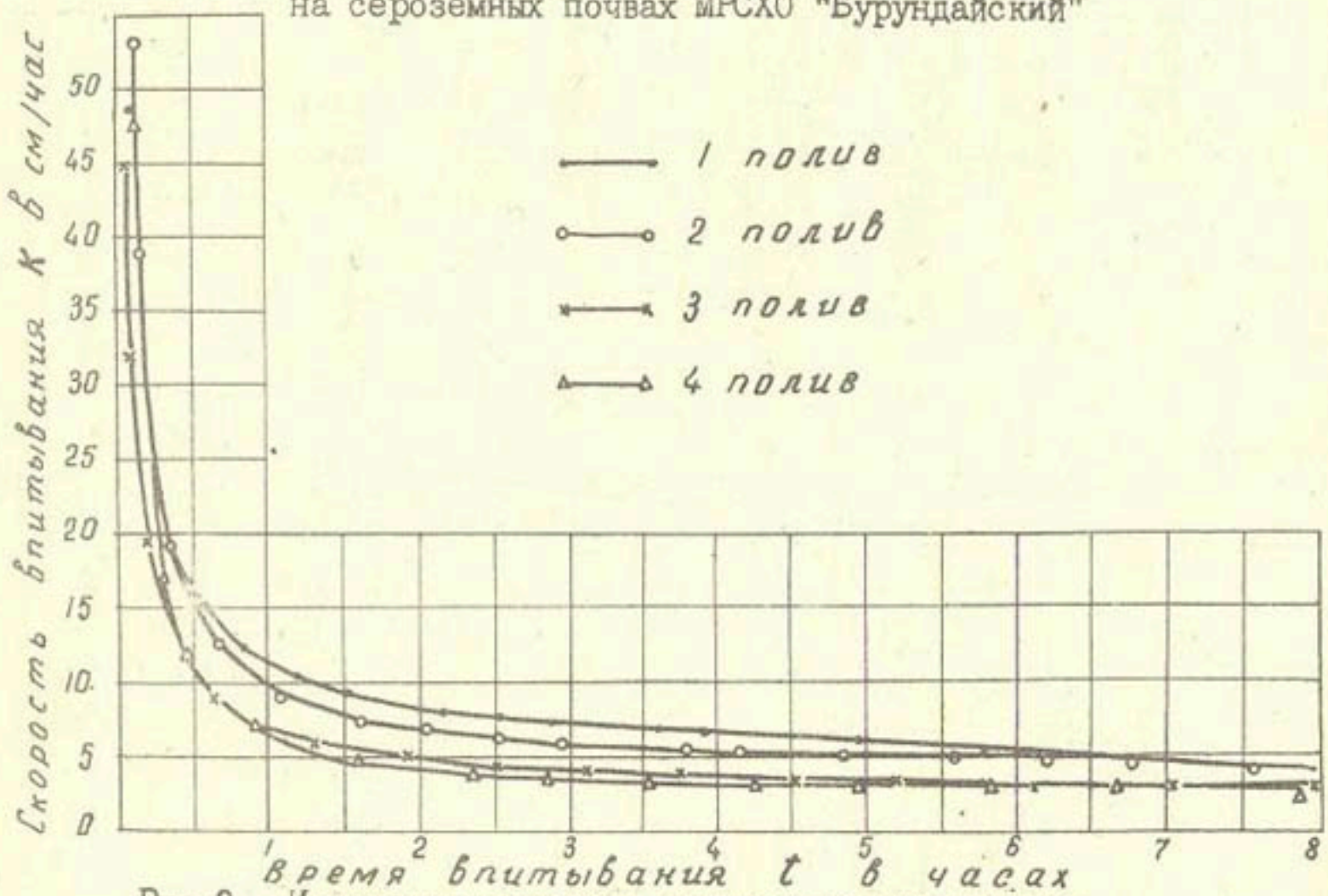


Рис 2. Изменение скорости впитывания сточных вод г.Алма-Ата в зависимости от числа поливов

Таблица I

Влияние сточных вод г.Алма-Ата на агрохимические свойства сероземов
(МРСХО "Бурундайский")

Варианты опыта	Расчетный слой, см		Гумус, %	Азот валовый, %	Азот гидролизуемый, мг/кг	Фосфор валовый, %	Фосфор подвижный, мг/кг	Калий обменный, мг/кг
Исходное состояние агрохимических свойств сероземов к началу опыта	0-30	7,8	I,I7	0,I05	32,0	0,I65	I6	380
	30-60	7,9	0,69	0,045	26,0	0,I6I	I2,3	265
	60-I00	7,9	0,46	0,02I	2I,0	0,I57	I20	I65
	0-I00	7,9	0,83	0,064	26,3	0,I62	I3,4	270
I вариант - полив чистой водой при пороге предполивной влажности 70% НВ (контроль)	0-30	8,2	I,30	0,064	39,0	0,204	I4,0	383
	30-60	8,2	0,7I	0,043	22,0	0,I92	8,5	3I5
	60-I00	8,3	0,43	0,036	20,5	0,I68	5,0	II5
	0-I00	8,2	0,88	0,05	29,0	0,I88	I0,0	287
2 вариант - полив сточной водой при пороге предполивной влажности 70% НВ	0-30	8,2	I,48	0,069	45,4	0,2I4	I3,2	390
	30-60	8,3	I,0	0,053	27,2	0,206	6,5	274
	60-I00	8,3	0,6	0,032	23,0	0,I77	5,0	I29
	0-I00	8,3	I,I	0,054	33,8	0,202	9,0	282
3 вариант - полив сточной водой при пороге предполивной влажности 80% НВ	0-30	8,3	I,6I	0,074	50,0	0,23I	I3,7	4I0
	30-60	8,3	I,I8	0,066	33,0	0,222	7,0	355
	60-I00	8,3	0,64	0,033	23,5	0,I84	6,5	I70
	0-I00	8,3	I,2I	0,060	37,6	0,208	9,7	326

Таблица 2

Влияние 4-х летнего использования сточных вод на агрохимические свойства почв опытного участка в совхозе "Джетыгенский"

Варианты опыта	Расчетный, см		Гумус %	Азот валовый, %	Азот гидролизуемый, мг/кг	Фосфор валовый, %	Фосфор подвижный, мг/кг	Калий обменный, мг/кг	Плотный остаток, %
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
I вариант - контроль (без полива)	0-30	8,I	I,66	0,053	40,0	0,I70	I3,0	228	0,I3I
	30-60	8,3	0,4I	0,040	33,5	0,I75	5,5	I40	0,II6
	60-I00	8,2	0,28	0,030	22,0	0,I64	6,5	98	0,II5
	0-I00	8,2	0,45	0,04I	3I,8	0,I70	8,3	I55	0,I2I
2 вариант - полив чистой водой при пороге предполивной влажности 70% НВ	0-30	8,2	0,97	0,075	56,2	0,2I4	7,7	457	0,I47
	30-60	8,2	0,72	0,058	34,5	0,204	6,0	368	0,I04
	60-I00	8,2	0,29	0,032	33,0	0,I52	6,0	I88	0,II5
	0-I00	8,2	0,66	0,055	4I,2	0,I90	6,6	338	0,I22
3 вариант - полив смесью чистой воды с осветленным животноводческим стоком I:I0 при пороге предполивной влажности 70% НВ	0-30	8,2	I,05	0,062	60,0	0,2I6	24,7	626	0,I85
	30-60	8,3	0,67	0,048	38,5	0,I88	3,0	508	0,I83
	60-I00	8,3	0,55	0,030	20,5	0,I72	5,0	230	0,I79
	0-I00	8,3	0,76	0,047	39,7	0,I92	I0,9	455	0,I82
4 вариант - полив смесью чистой воды с осветленным животноводческим стоком	0-30	8,5	I,I0	0,078	44,3	0,I60	I4,3	547	0,202
	30-60	8,8	0,56	0,033	I9,0	0,I3I	7,5	220	0,243
	60-I00	8,8	0,45	0,024	I4,0	0,II2	2,0	I35	0,I75

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
I:I0 при пороге предполивной влажности 80% НВ	0-I00	8,7	0,70	0,045	25,8	0,I34	7,9	30I	0,206
5 вариант - полив смесью чистой воды с осветленным животноводческим стоком I:7 при пороге предполивной влажности 70% НВ	0-30	8,3	I,42	0,083	65,7	0,203	I6,7	657	0,I55
	30-60	8,3	0,78	0,042	43,0	0,I87	6,0	363	0,II7
	60-I00	8,5	0,64	0,060	30,5	0,I74	4,0	295	0,II4
	0-I00	8,4	0,95	0,062	46,6	0,I88	8,9	438	0,I29
6 вариант - полив смесью чистой воды с осветленным животноводческим стоком I:7 при пороге предполивной влажности 80% НВ	0-30	8,9	I,69	0,I02	82,0	0,223	30,0	5I3	0,2I3
	30-60	9,I	I,07	0,065	50,0	0,I92	8,0	455	0,26I
	60-I00	9,I	0,59	I0,035	25,0	0,I75	2,0	I90	0,I70
	0-I00	9,0	I,I2	0,067	52,3	0,I97	I3,3	386	0,2I5
7 вариант - полив смесью чистой воды с осветленным животноводческим стоком I:5 при пороге предполивной влажности 70% НВ	0-30	8,3	I,63	0,074	74,3	0,2I5	I0,7	673	0,203
	30-60	8,3	I,03	0,046	I9,0	0,I88	4,5	625	0,242
	60-I00	8,5	0,69	0,028	I7,0	0,I88	2,5	425	0,I63
	0-I00	8,4	I,I2	0,049	36,8	0,I97	5,9	574	0,203
8 вариант - полив смесью чистой воды с осветленным животноводческим стоком I:5 при пороге предполивной влажности 80% НВ	0-30	8,2	I,87	0,088	75,0	0,226	I0,3	450	0,32I
	30-60	7,9	I,I7	0,049	26,5	0,206	2,5	255	0,559
	60-I00	8,0	0,68	0,027	I8,3	0,I88	I,0	98	0,383
	0-I00	8,0	I,23	0,055	39,9	0,207	4,6	268	0,42I

антах снизились прибавки урожая люцерны 3-го года жизни (табл. 3), несмотря на то, что с оросительной водой на этих вариантах внесено значительно большое количество питательных элементов, чем на оптимальном (5) варианте.

Обоснование оптимальной кратности разбавления осветленных животноводческих стоков чистой водой приведено в работе [6].

Таблица 3

Урожай зеленой массы люцерны 3-го года жизни и количество внесенных питательных веществ по вариантам опыта, I980 год

Варианты опыта	Средняя урожайность на варианте, т/га	Внесено с оросительной водой, кг/га		
		общий	P_2O_5	K_2O
I	I3,4	-	-	-
2	54,3	-	-	-
3	6I,I	206,4	8I,7	I37,6
4	63,2	242,4	95,5	III,6
5	7I,I	3I8,2	I29,0	232,2
6	74,2	373,7	I5I,5	272,7
7	68,0	395,6	I50,5	279,5
8	63,0	464,6	I76,7	328,2

В заключение необходимо отметить целесообразность сельскохозяйственного использования сточных вод и осветленных животноводческих стоков крупного рогатого скота на юге Казахстана. Для поддержания благоприятной мелиоративной обстановки на ЗПО необходимо строго регулировать годовую норму внесения питательных элементов и минеральных веществ по величине планируемого урожая с учетом естественного плодородия почв, а в случае необходимости применять дополнительные мелиоративные мероприятия.

В Ы В О Д Ы

I. Полив кормовых культур сточными водами г.Алма-Ата необходимо проводить без разбавления чистыми водами, при поддержании влажности почвы в корнеобитаемой зоне на уровне 70% НВ.

2. Осветленные животноводческие стоки крупного рогатого скота перед использованием, на орошение сельскохозяйственных культур, необходимо разбавить чистой водой. Опытами установлена оптимальная кратность разбавления (1:7) осветленных стоков чистой водой.

3. Сельскохозяйственное использование сточных вод и животноводческого стока способствует накоплению в почвенном профиле значительных количеств питательных элементов, что в конечном счете сказывается на увеличение урожайности кормовых культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по применению удобрений. - Алма-Ата: Кайнар, 1981, с. 311.
2. Мусаев А.И. Ирригационная оценка пригодности сточной воды г.Алма-Ата для орошения. Труды ТИИИМСХ, вып.113.- Ташкент: 1980, с. 123-131.
3. Ялошинская В.Б. Впитывание сточных вод сахарных заводов в черноземную почву. - В кн.: Сельскохозяйственное использование сточных вод. Вып. 1.- М.: 1974, с. 138-141.
4. Кастрикина Н.Н. Впитывание животноводческих стоков в суглинистую почву при поливах многолетних трав.- В кн.: Сельскохозяйственное использование сточных вод. Вып. 6. М.: 1979, с. 100-103.
5. Болдырев А.П. Водопроницаемость почв и применимость некоторых дождевальных устройств для полива на склоновых землях Молдавии. Автореферат кандидатской диссертации. - М.: 1978.
6. Константинов В.М. Влияние осветленной части стоков крупного рогатого скота на урожай кормовых культур.- В кн.: Вопросы дальнейшего развития орошения, обводнения пастбищ и сельскохозяйственного водоснабжения в Казахстане в свете решений июльского (1978 г.) Пленума ЦК КПСС.- Джамбул: 1980, с. 67-69.

М.М.Мусекенов
старший научный сотрудник
В.Н.Мухамеджанов
канд.технических наук
(КазНИИВХ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ДЖАМБУЛСКОЙ ОБЛАСТИ

Успешное решение продовольственной программы, а также обеспечение ряда отраслей промышленности необходимым сырьем в значительной мере будет определяться развитием орошаемого земледелия. В решениях XXУI съезда КПСС отмечается настоятельная необходимость обеспечения дальнейшего повышения эффективности использования орошаемого земледелия.

В этой связи нами рассмотрено состояние орошаемого земледелия, продуктивность поливного гектара, резервы и перспективы повышения продуктивности существующих орошаемых земель в Джамбулской области.

Джамбулская область занимает в республике одно из ведущих положений по наличию орошаемых угодий. В области, несмотря на определенную ограниченность водных ресурсов, происходит постоянный рост орошаемых земель (рис. I). Только за годы Советской власти площади орошаемых земель с оросительной сетью удвоились и к настоящему времени составляют более 281 тыс.га. Наиболее высокие темпы роста их приходятся на последние пять лет – в среднем 3,67 тыс.га в год. Однако в разрезе отдельных лет и районов области наблюдается отсутствие планомерности и ритмичности ввода новых площадей, проведения реконструкции оросительных систем. Другая особенность – неравномерное размещение орошаемых угодий по территории области. Значительная часть их (более половины) сосредоточена в трех районах – Джмабулском, Свердловском и Курдайском. На остальные районы приходится по десять и менее процентов орошаемых земель. Такое размещение орошаемых площадей обусловлено, в первую очередь, различием в природно-климатических условиях и хозяйственной направленности отдельных районов.

Наличие орошаемых угодий характеризует потенциальные возможности всего мелиоративного фонда, других природно-производственных ресурсов в зоне орошения. Повышение производительной способности земли определяется, главным образом, степенью и эффективностью использования орошаемых земель. Последние характеризуются наличием не использованных и не политых площадей, структурой по-

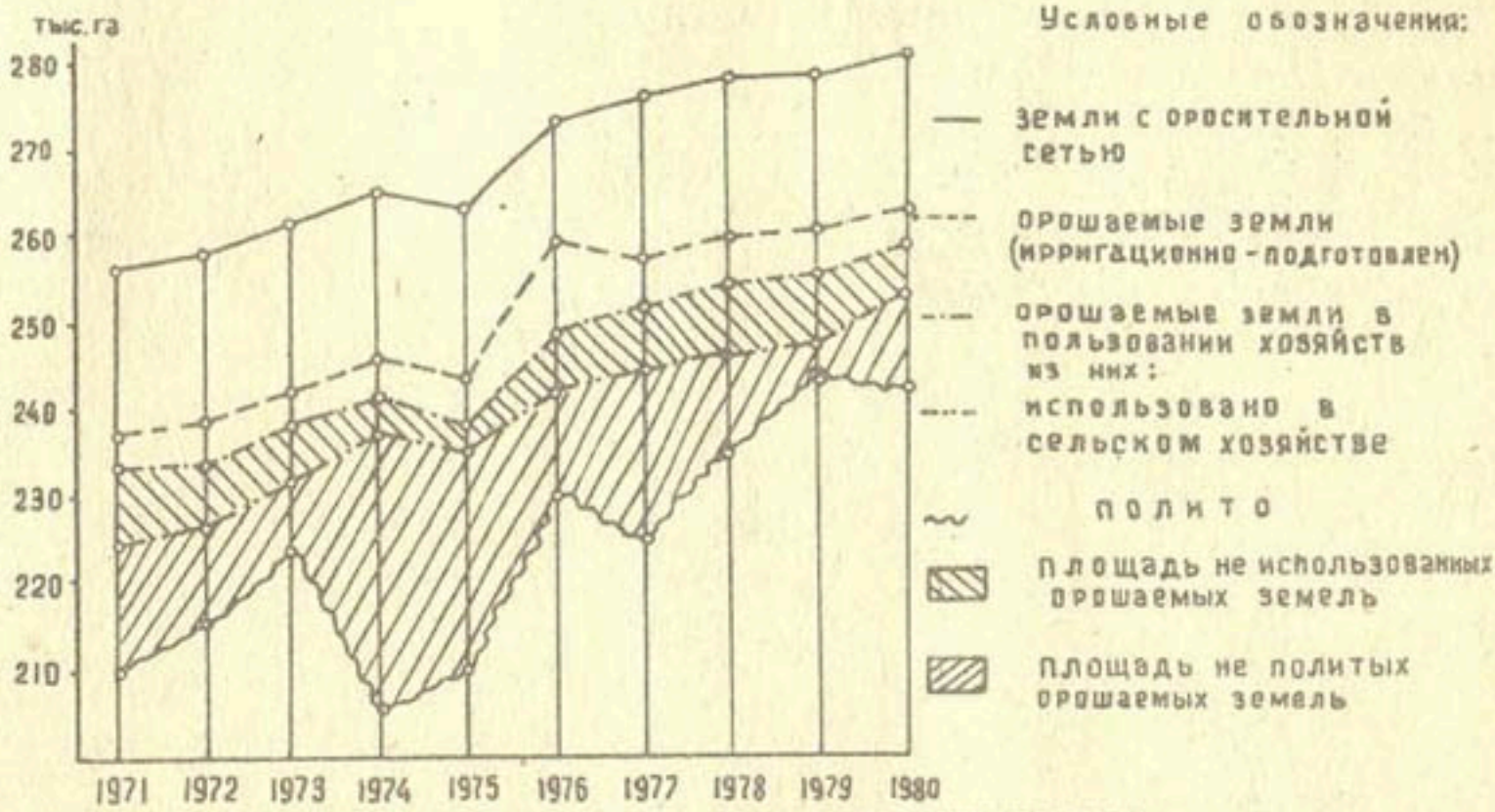


Рис.I. Наличие и использование орошаемых земель в Джамбулской области

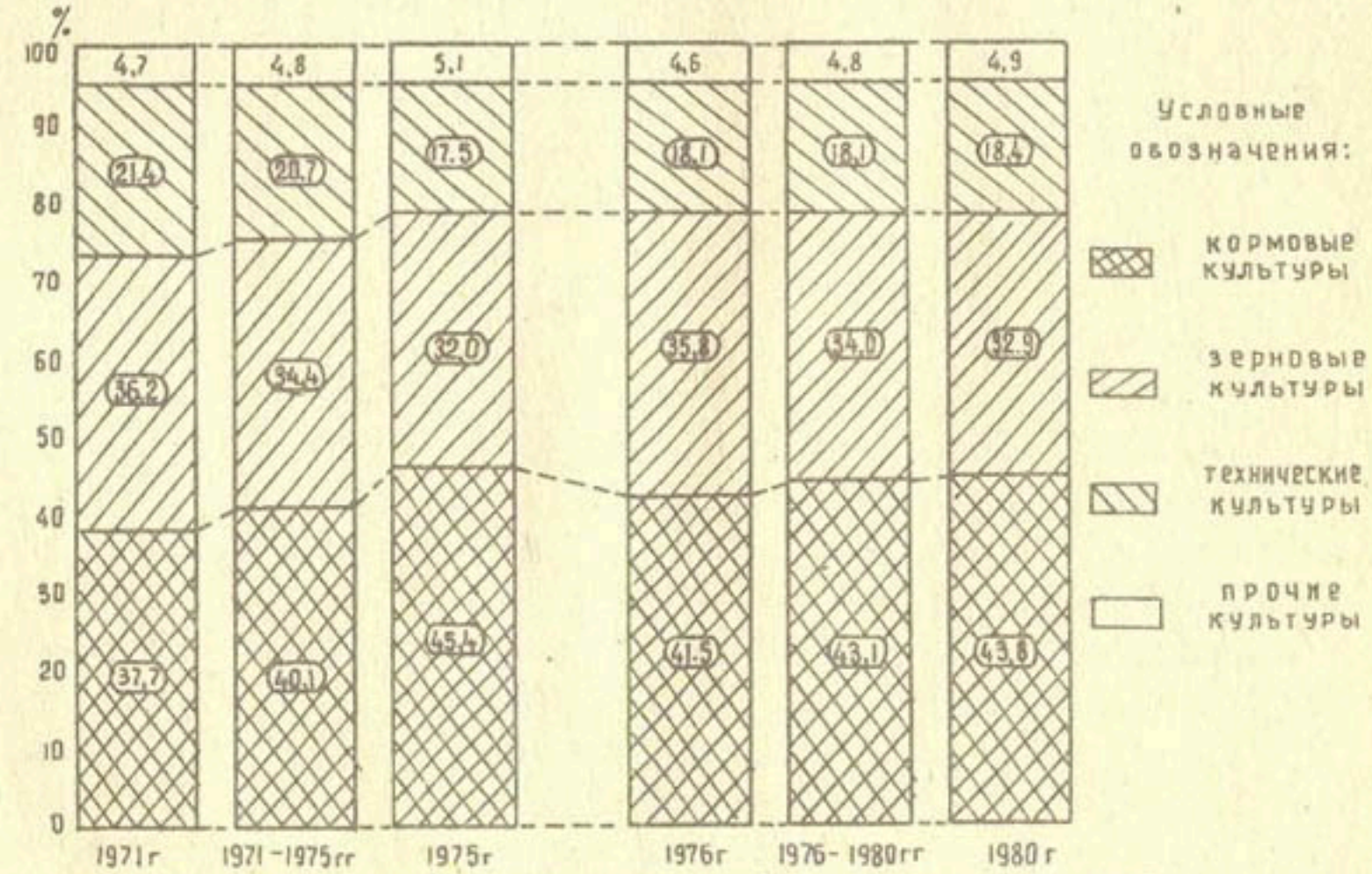


Рис.2. Структура посевных площадей на политых землях Джамбулской области

севной площади и урожайностью сельскохозяйственных культур, мелиоративным состоянием орошаемых земель, применяемой техникой полива, техническим уровнем оросительных систем.

За период 1971...1980 гг. суммарная площадь не использованных орошаемых угодий в области составила 62,3 тыс.га, в то время как за тот же период было введено всего лишь 31,1 тыс.га новых орошаемых земель. Таким образом, ежегодно не использовалось в сельском хозяйстве до 2,7% или 6230 га земель. Необходимо отметить, что в области все еще сохраняется тенденция к повышению и этого уровня. Так, за последние пять лет в среднем исключалось из сельхозоборота ежегодно 6830 га, тогда как в 1971...1975 гг. такая же площадь не превышала 5630 га. Наблюдается значительная "пестрота" в использовании орошаемых земель по районам. На хорошем или удовлетворительном уровне используются орошаемые угодья в Меркенском, Джувалинском, Курдайском, Свердловском и Мойынкумском районах. Однако в некоторых районах "устойчиво" плохо осваиваются эти ценные земли. Это Сарысуйский, Чуйский и Таласский районы, где доля не использованных в сельском хозяйстве орошаемых земель систематически превышает 7-8%.

Основными причинами исключения части орошаемых земель из сельскохозяйственного оборота являлись засоление и заболачивание орошаемой территории, ввод орошаемых угодий в эксплуатацию после окончания сева, реконструкция и неисправность оросительной сети и сооружений и другие.

Использованные в сельхозобороте орошаемые земли не всегда поливались. В целом за 1971...1980 гг. не было полито 148,6 тыс.га, или ежегодно в среднем около 15,0 тыс.га, что составляет 6,4% от используемых площадей орошения. Кроме дефицита воды, недополив обусловили неисправность сети и сооружений, неспланированность полей, слабое внедрение прогрессивной техники полива и прочие причины. Среди прочих причин можно отметить организационные причины, гибель посевов на орошаемой площади, отвод земель под пары, отсутствие рабочей силы (поливальщиков). Недостаточность поливальщиков особенно остро сказывается в последние годы. Например, в 1977 г. по этой причине не было полито 1137 га. Плохо были организованы работы по поливу в Луговском, Меркенском и Таласском районах. В отдельные годы поливом не охватывались значительные площади в Свердловском (27,7% в 1974 г.), Джувалинском (21,0% в 1978 г.) и Джамбулском (15,9% в 1974 г.) районах.

Медленно улучшается мелиоративное состояние орошаемых земель.

Расчеты показывают на необходимость выполнения больших объемов технических мероприятий по дальнейшему совершенствованию оросительных систем области. В табл. I приведены данные Генсхем развития орошения по четырем районам, разработанные "Казюжгипроводходом". Как видно из этих данных, на значительной площади требуется осуществление крупных мероприятий по их мелиоративному улучшению. Наряду с ними необходимо проведение капитальной планировки орошаемых земель, развитие (в основном реконструкция) оросительной сети и оснащение её гидротехническими сооружениями. Значительны объемы и капитальных вложений: суммарно по четырем районам - 299,9 млн.руб.

Таблица I

Объемы технических мероприятий по развитию орошения

Показатели	Единица измерения	Районы			
		Джамбульский	Свердловский	Луговской	Меркенский
I. Перспективная площадь орошения, всего	тыс.га	53,65	28,98	26,0I	33,59
В том числе:					
проектируемая площадь, всего	-"-	40,I7	24,4	I7,3I	27,I0
из них:					
реконструкция и повышение водообеспеченности	-"-	32,98	I9,75	I3,80	22,94
новое орошение	-"-	7,I9	4,65	3,5I	4,I6
2. Строительство и реконструкция оросительной сети, всего	км	II98	729	452,4	данных нет
В том числе:					
магистральная и межхозяйственная сеть, всего	км	I79	I40	64	92,5
из них: облицовано	км	I55	I23	64	92,5
внутрихозяйственная сеть, всего	-"-	I0I9	589	388,4	данных нет
из них облицовано	-"-	I0I9	589	388,4	данных нет

I	2	3	4	5	6
3. Строительство и реконструкция гидротехнических сооружений, всего	шт.	8793	3333	2587	данных нет
В том числе: головных	-"-	I2	-	I0	I0
на межхозяйственной сети	-"-	236	2I3	24	89
на внутрихозяйственной сети	-"-	8545	3I20	2553	данных нет
4. Капитальная планировка	тыс.га	40,I4	I8,58	I9,7I	27,I
5. Капитальная промывка	-"-	8,03	6,0	4,95	I8,6
6. Капитальные вложения, всего	млн.руб.	75,I8	86,33	47,25	9I,I4
7. Удельные капитальные вложения на водохозяйственное строительство, всего	руб/га	I779	3254	2626	3273

Примечание: По Свердловскому району приведены данные только по Левобережному Таласскому массиву.

Продуктивность орошаемых земель в значительной мере определяется структурой посевной площади и урожайностью сельскохозяйственных культур.

Важнейшей технической культурой, возделываемой в шести районах области, является сахарная свекла. Она по стоимости валового сбора урожая с гектара значительно превосходит другие орошаемые сельскохозяйственные культуры. В настоящее время в структуре посевной площади её доля не превышает 20% (рис. 2).

По размеру посевной площади ведущее место занимают кормовые (более 40%) и зерновые (более 34%) культуры. Площади кормовых культур в разрезе районов распределены более равномерно по сравнению с другими культурами, в среднем их доля колеблется в пределах 40...60% от посевной площади. Относительно высокая насыщенность орошаемых земель кормовыми культурами имеет место в Красногорском, Луговском, Таласском и Сарысуйском районах.

В области неоправданно мало внимания уделяется возделыванию овоще-бахчевых и картофеля. Площади посевов этих важнейших продовольственных культур из года в год не превышают пяти процентов орошаемой пашни, что недопустимо в такой развитой промышленной зоне, какой является Джамбулская область. Относительно велики площади овощных культур и картофеля в Джувалинском районе. Здесь

сосредоточено около 40% областных посевов этих культур, причем доля их от всей орошаемой посевной площади района составляет 40...45%.

В настоящее время возможности орошаемых земель используются далеко не в полной мере. Уровень ведения земледелия на таких угодьях отстает от современных требований. В итоге многие хозяйства области, несмотря на относительно благоприятные природно-климатические условия, собирают низкие урожаи орошаемых культур. Урожайность сельскохозяйственных культур характеризуется значительной нестабильностью по годам из-за различной их водообеспеченности, а также по хозяйствам и районам. Так, урожайность сахарной свеклы в 1971...1980 гг. изменялась в широких пределах: в среднем по области - от 230 ц/га в 1975 г. до 357 ц/га в 1972 г.; по районам - от 134,3 ц/га в 1976 г. в Луговском районе до 417 ц/га в 1972 г. -в Меркенском; по отдельным хозяйствам - от 18 ц/га в колхозе им. Абая Луговского района в 1971 г. до 510 ц/га в совхозе "Джанатурмыс" Курдайского района в 1972 г.

Такой характер изменчивости урожая наблюдается и по другим культурам. Нередки случаи, когда на орошаемых землях получают более низкие урожаи, чем на богаре.

Низкая урожайность орошаемых культур, кроме природно-климатических причин (главная из них - недостаток воды), объясняется слабым внедрением севооборотов, передовой технологии и агротехники, нарушением сроков и норм полива, низким уровнем механизации поливных процессов. В хозяйствах области площадь орошаемой пашни, где введены севообороты, недопустимо мала (менее 50%).

Одной из причин неполного освоения орошаемых земель, а значит и их низкой продуктивности является дефицит трудовых ресурсов. Недостаточная обеспеченность кадрами поливальщиков наблюдается особенно в районах интенсивного орошаемого земледелия. Так, например, в критические периоды в Курдайском районе она составила 31% (1979 г.), Джамбулском - 20,6% (1978 г.), Свердловском - 28,4% (1978 г.).

Более половины земель в области поливается диким напуском. Дождевание применяется на незначительной площади. Необходимо отметить, что количество дождевальной техники с каждым годом возрастает, улучшается её качественный состав. На полях начали появляться высокопроизводительные широкозахватные машины типа "Волжанка" и "Фрегат". Однако значительная часть наличного парка дож-

девальных агрегатов, в том числе и новый не работает. Отсутствие квалифицированных машинистов-поливальщиков, а также порою бесхозяйственное отношение к технике сдерживают внедрение и высокопроизводительное и эффективное использование дождевальной техники. Если в первые годы внедрения широкозахватных машин сезонная производительность одной среднесписочной установки поднялась до I45...I60 га, то в настоящее время она не превышает I05...II0 га. Площади полива дождеванием за последние годы практически находились на одном и том же уровне и не превышают I5% орошаемых земель.

Нерешенность проблемы обеспеченности кадрами поливальщиков в значительной мере сдерживает дальнейшее развитие орошаемого земледелия в области, снижает его эффективность. Повышение производительности труда поливальщиков может быть успешно решено только при условии внедрения механизированных и автоматизированных способов и техники полива.

Большую роль в обеспечении высокой продуктивности орошаемых земель играют наличие водных ресурсов и их рациональное использование.

Джамбулская область располагает немалыми водными ресурсами - 5,5 млрд.м^3 в год (поверхностный сток). Однако потребности народного хозяйства области в воде быстро увеличиваются. Так, по расчетам автора годовой отбор воды только на орошение должен составить 3,45 млрд.м^3, а другими потребителями - около I,2 млрд.м^3. Такие темпы роста потребности в воде уже сейчас создают большое напряжение в использовании местного стока. Только проведение комплекса инженерно-экономических мероприятий, направленных на более рациональное использование воды позволит в значительной степени сгладить отрицательные последствия острого дефицита в воде.

Важнейший показатель, характеризующий полезную подачу воды,- коэффициент полезного действия межхозяйственных систем (КПД) в настоящее время составляет 0,75...0,83. Это значит, что потери воды при транспортировке её до точек выдела в хозяйства превышают 20% общего забора. Очень низок КПД и внутрихозяйственной сети - 0,55...0,60.

Результатом использования оросительной воды являются также размеры политых земель. Плановые площади поливов и их фактическое исполнение характеризуются коэффициентом использования воды

(КИВ). Для нормальных условий его величина должна находиться в пределах 0,95...I,05. Плохому использованию воды соответствуют значения КИВ меньше 0,95. В этой случае необходимо ожидать резкого ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель, что, в конечном счете, снижает продуктивность земель. Если КИВ окажется больше единицы, то можно говорить о заниженных плановых нормах орошения или неправильном (завышенном) учете фактически политых площадей и заниженной учтенной водоподаче. В среднем по области КИВ составляет 0,7...0,9 (и план, и факт.), что свидетельствует о том, что планируется заведомо плохое использование оросительной воды. Особенно плохо используется вода в Мойынкумском, Таласском и в ряде других районах. Очень велики и к тому же подвержены значительным колебаниям поливные и оросительные нормы сельскохозяйственных культур (табл. 2).

Таблица 2

Оросительные и поливные нормы (брутто) сахарной свеклы в Джамбулской области (I97I...I980гг.)

Район	Номер показателя	Годы I97I	I974	I977	I980
I	2	3	4	5	6
Джамбулский	I	56,I2	II3,I5	77,I	74,3
	2	6,26	5,84	4,76	5,05
	3	57,9	48,52	45,6	52,5
	4	8970	I9370	I6200	I47I0
	5	970	2330	I690	I4I0
Свердловский	I	45,62	II5,2	47,85	93,5
	2	6,32	6,72	3,5I	5,62
	3	44,57	32,46	22,34	49,82
	4	7220	I7I40	I3630	I6640
	5	I020	3550	2I40	I880
Курдайский	I	I54,0	85,0	I42,2	I5I,7
	2	8,I9	8,2	7,99	8,I6
	3	8I,53	88,0I	79,79	86,85
	4	I8800	I0360	I7800	I8590
	5	I890	970	I780	I750
Луговской	I	38,76	58,I	38,3	50,I4
	2	3,45	3,63	2,59	2,9
	3	22,84	23,49	22,53	22,79
	4	II230	I6000	I4790	I7290
	5	I700	2480	I700	2200

I	2	3	4	5	6
Меркенский	I	52,I2	75,45	59,5	64,66
	2	7,83	7,7	6,63	6,77
	3	43,9	44,38	43,5I	35,92
	4	6660	9800	8970	9550
	5	II90	I700	I370	I800
Чуйский	I	I29,0	80,5	I42,0	I67,I
	2	6,85	7,5	7,25	7,9I
	3	57,5I	64,9I	63,24	72,26
	4	I8830	I0730	I9590	2II30
	5	2240	I240	2250	23I0
В среднем по области	I	475,63	527,4	506,95	60I,4
	2	38,9	39,59	32,73	36,4I
	3	308,25	30I,77	277,0I	320,I4
	4	I2230	I3320	I5490	I6520
	5	I540	I750	I30	I880

Примечание: Номера показателей означают (гр. 2): I - водоподача в точках выдела в хозяйства, млн.м^3; 2 - физическая площадь полива, тыс.га; 3 - площадь гектарополив, тыс.га; 4 - оросительная норма (брутто), м^3/га; 5 - поливная норма (брутто), м^3/га.

"Ценность" оросительной воды и поливного гектара определяется также величиной эксплуатационных затрат. Затраты на эксплуатацию оросительных систем области за период I97I...I980 гг. удвоились. Это значит, что темпы их роста опережают рост как водопотребления при орошении, так и ввода новых орошаемых земель. В результате себестоимость водоподачи и удельные эксплуатационные затраты на поливной гектар имеют тенденцию к повышению.

Эффективное использование водоземельных ресурсов находится в большой зависимости от технического уровня оросительных систем.

В настоящее время в области насчитывается более 280 оросительных систем, из них две третьи представлены мелкими участками орошения площадью до 300 га. Общая протяженность оросительных каналов превышает 5,6 тыс.км, или в расчете на один гектар составляет 2I,3 м. Всего I7,2% постоянных каналов имеет искусственную одежду. В большей степени облицованы межхозяйственные каналы - 2I%. Слабо развита коллекторно-дренажная и водосборно-сбросная сеть (табл. 3).

Из 348 точек водозабора оборудовано сооружениями 65, т.е. I8,7%, гидропостами 325, или 93,4%. Всего на системах насчитывается 5072 гидротехнических сооружения, или на каждую тысячу гек-

Таблица

Техническая оснащенность оросительных систем Джамбулской области (1980 г.)

Показатели	Всего по области	В том числе по районам					
		Джамбулский	Свердловский	Курдайский	Луговской	Меркенский	Чуйский
I	2	3	4	5	6	7	8
I. Площадь орошаемых земель, тыс.га	264,03	49,66	37,84	47,0I	I8,05	29,52	33,42
В том числе регулярного орошения, тыс.га	I97,74	40,97	27,82	34,03	I6,55	28,04	30,88
2. Точки забора воды, шт.	348	35	20	37	I9	29	7
Из них оборудовано:							
гидротехническими сооруж.	27	7	2	4	I	3	2
гидропостами	39	I0	6	5	I	5	2
3. Точки ыыдела воды в хозяйства	672	203	58	II4	I7	I55	70
Из них оборудовано:							
гидротехничекими соор.	4I3	34	38	I06	9	I34	70
гидропостами	658	203	58	II4	I7	I55	56
4. Протяженность оросительных каналов, всего, км	56I7,9	827,6	623,I	793	462,4	959,5	774,4
м/га	2I,3	I6,7	I6,5	I6,9	25,6	32,5	23,2
В том числе межхозяйственных, км	I23I,7	235,6	223,8	I72,4	39,7	I9I,6	I76,2
м/га	4,7	4,7	5,9	3,7	2,2	6,5	5,3
а) каналы с искусственной одеждой, всего, км	969,6	66,5	82,2	I94,5	53,8	24I,2	I75,5
м/га	3,7	I,3	2,2	4,I	3,0	8,2	5,3

Продолжение табл. 3

I	2	3	4	5	6	7	8
из них межхозяйственных, км	268,2	22,5	I2,0	46,8	I9,6	I00,4	39,I
м/га	I,0	0,5	0,3	I,0	I,I	3,4	I,2
6. Коллекторно-дренажная сеть, км	667,64	I27,5	24,5	I24,0	I03,6	I2I,8	4I,I
м/га	2,5	2,6	0,6	2,6	5,7	7,2	I,2
7. Гидротехнические сооружения, всего, шт.	5072	644	I96	I6I7	75	578	I460
шт./I000 га	I9,2	I3,0	5,2	34,4	4,2	I9,6	43,7
В том числе на внутрихозяйственной сети, шт.	4234	54I	I93	I425	52	239	I33I
шт./I000 га	I6,0	I0,9	5,I	30,3	2,9	8,I	39,8

таров приходится по 19 сооружений , что значительно ниже нормативов, установленных для инженерных систем.

Низкий технический уровень оросительных систем области обусловлен, также существующей практикой планирования и финансирования капитальных вложений в мелиоративное строительство. Основной объем капитальных вложений планируется на новое строительство. Все еще не уделяется должного внимания на совершенствование и техническое перевооружение действующих оросительных систем. Средства на реконструкцию выделяются в недостаточном количестве (7...12% от общего объема капитальных вложений).

Таким образом, анализ использования водоземельных ресурсов и технического уровня оросительных систем области свидетельствует о необходимости проведения комплекса инженерно-экономических мероприятий по дальнейшему расширению орошаемых земель и повышению продуктивности действующих объектов орошения. Основными видами работ в этом направлении являются реконструкция существующих ирригационных систем, повышение водообеспеченности и улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель, проведение капитальной планировки орошаемых полей, внедрение новых способов и техники полива, оптимизация водораспределения и водоиспользования с внедрением элементов автоматизации. А также вовлечение в сельскохозяйственный оборот той части земель с оросительной сетью, которая в настоящее время не используется и не поливается.

Необходимо отметить, что широкому проведению реконструкции в староорошаемых районах препятствует отсутствие методических разработок по оптимальному распределению капитальных вложений между новым строительством и реконструкцией, установление состава объемов и стоимости реконструктивных работ, определение очередности проведения их и обоснование эффективности мероприятий по комплексной реконструкции существующих оросительных систем. При планировании развития орошения необходимо также разрабатывать в качестве составной части планов программу технического перевооружения и реконструкции оросительных систем, что явилось бы решающим условием повышения продуктивности орошаемого гектара и улучшения технико-экономических показателей работы оросительной системы. Тем более сейчас вопросам технического совершенствования действующих производств партией и правительством уделяется большое внимание. Не случайно в "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981...1985 годы и на период до

I990 года" записано "Опережающими темпами вести работы по реконструкции существующих мелиоративных систем и улучшению их водообеспеченности, ликвидации засоленности и повышенной кислотности почв".

В условиях Джамбулской области реконструкция оросительных систем должна занять ведущее место среди капитальных работ по водохозяйственному строительству. Она должна считаться одним из основных этапов в общем плане развития мелиорации и сельскохозяйственного производства области.

М.Жумадильдаев
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ ТАЛДЫ-КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В отчетном докладе на XXУI съезде ЦК КПСС Л.И.Брежнев, уделяя большое внимание проблемам дальнейшего подъема благосостояния народа и полного удовлетворения потребностей их в продовольствии говорил: "В целях радикального решения проблемы признано необходимым разработать специальную продовольственную программу. Она должна обеспечить значительное увеличение производства сельскохозяйственной продукции".

Выполнение этой задачи во многом зависит от технического перевооружения и дальнейшей интенсификации сельского хозяйства на базе увеличения объема, совершенствования структуры и более эффективного использования производственных фондов колхозов и совхозов.

Огромное влияние на эффективность использования основных фондов оказывает уровень фондообеспеченности, что свидетельствует о достигнутом урозне интенсивности производства. Так, хозяйства, имеющие одинаковые природно-экономические условия, но располагающие различной фондооснащенностью, имеют разную эффективность производства (табл. I).

Тем не менее, в настоящее время сохраняются большие различия в фондообеспеченности по хозяйствам Талды-Курганской области. Так, исследования проведенные в I978...I980 гг. показали, что стоимость основных производственных фондов в расчете на I га орошаемых земель колеблется от 223 до II36 руб. Наличие таких огром-

Таблица I

Влияние уровня фондообеспеченности на эффективность орошаемого земледелия

Показатели	Единица измерения	Группы хозяйств по размерам основных фондов растениеводства на I га орошаемых земель, руб.		
		I до 400	II с 400-600	III свыше 600
Количество хозяйств в группе	шт.	I6	24	I7
Средний размер основных фондов растениеводства на I га орошаемых земель	руб.	336	509	79I
Выход валовой продукции с I га орошаемых земель	руб.	229	340	504
Приходится валовой продукции на I000 м^3, оросительной воды	руб.	38	44	53
Производительность труда	руб/чел.ч	I,77	I,92	2,3I

ных различий в обеспеченности основными производственными фондами складывалось в зависимости от производственного направления и природно-экономических условий. Однако следует отметить, что в пределах каждой сельскохозяйственной зоны области, а также административного района имеются существенные различия фондооснащенности хозяйств даже одинаковой специализации. Так, в свекловодческих хозяйствах Кировского и Талды-Курганского районов, находящихся в одной зоне, фондооснащенность в расчете на I га орошаемых земель колеблется от 400 до I025 руб. При этом уровень производительности труда по этим группам хозяйств колеблется от I,37 до 4,50 руб/чел.час., продуктивность орошаемых земель - от 387 до 809 руб/га. Все эти данные свидетельствуют о неодинаковых экономических условиях хозяйствования совхозов и колхозов, а также об огромных резервах дальнейшего увеличения производства сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях за счет повышения уровня фондооснащенности и лучшего использования основных производственных фондов.

В то же время уровень фондообеспеченности оказывает большое влияние на результаты сельскохозяйственного производства, что подтверждается данными группировки 57 хозяйств области по уровню обеспеченности их основными фондами растениеводства (табл. I).

Как показывают результаты группировки, рост фондооснащенности оказывает положительное влияние на эффективность орошаемого земледелия. Так, в более фондооснащенных хозяйствах (Ш группа) выход валовой продукции на единицу земельной площади выше в 2,2 раза, производительность труда - на 26%, чем в хозяйствах I группы. В хозяйствах Ш группы выше не только продуктивность земли и производительность труда, но и продуктивность оросительной воды. Так, на каждую I000 куб.м оросительной воды здесь получено по 53 руб., тогда как этот показатель в хозяйствах I группы не превышает 37 руб. При этом следует отметить, что не всякое увеличение уровня фондообеспеченности является экономически обоснованным. Эффективность использования основных фондов растет лишь до определенного уровня фондооснащенности, то есть он имеет свой оптимальный уровень, выше которого при данном уровне производительных сил не обеспечивается необходимая эффективность. В связи с этим решающая роль в повышении эффективности сельскохозяйственного производства на орошаемых землях принадлежит научно-обоснованному планированию и определению потребности хозяйств в производственных фондах, то есть их нормированию с учетом специализации хозяйств и природно-экономических условий. Следует отметить, что нормирование основных фондов в орошаемом земледелии до сих пор не организовано должным образом и потребность в основных производственных фондах в настоящее время в колхозах и совхозах осуществляется без учета нормативов и без увязки с трудовыми и другими ресурсами. В результате этого во многих хозяйствах складывается диспропорция между размерами площадей орошения, основными фондами и их элементами (силовыми и рабочими машинами и т.д.). Все это в свою очередь сдерживает освоение орошаемых земель и, в конечном итоге, приводит к снижению эффективности орошаемого земледелия.

В соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от I2 июля I979 года "Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы" дальнейшее совершенствование планирования основных фондов орошаемого земледелия должно строиться

на научно обоснованных нормативах, определяемых исходя из потребности в них на гектар орошаемой площади и на тонну продукции, по культурам с учетом производственного направления и тем самым создать в хозяйствах определенный комплекс сельскохозяйственных и мелиоративных машин, наиболее полно отвечающих природно-экономическим требованиям каждого хозяйства.

Основные производственные фонды обеспечивают наибольший экономический эффект при их оптимальном соотношении с оборотными фондами. Во многих случаях эффективность использования основных производственных фондов снижается в результате недостатка удобрений, запасных частей, материалов, топлива и других предметров труда.

Чтобы определить, какое влияние оказывает обеспеченность оборотными фондами и соотношение их с основными фондами на эффективность орошаемого земледелия, нами была произведена комбинационная группировка по уровню обеспеченности орошаемых земель основными и оборотными фондами растениеводства. При этом установлено, что при прочих равных условиях эффективность орошаемого земледелия повышается с ростом обеспеченности оборотными фондами. Так, в третьей подгруппе по сравнению с первой подгруппой I группы продуктивность орошаемых земель повысилась в 3,2 раза, продуктивность оросительной воды в I,6 раза, а производительность труда возросла на 35% (табл. 2). Аналогичная закономерность наблюдается и в остальных группах.

Однако дальнейшее увеличение удельного размера оборотных средств без учета размеров основных фондов и наоборот не способствует росту эффективности использования имеющихся земельных, водных и трудовых ресурсов. Так, хозяйства третьей подгруппы (I группа) более обеспечены оборотными фондами (3I4 руб/га) по сравнению с хозяйствами третьей подгруппы П группы, но уровень продуктивности земли, оросительной воды и производительности труда в них ниже соответственно на I7,I6 и 2 процентов, чем в сравниваемых хозяйствах. Здесь на повышение эффективности орошаемого земледелия непосредственное влияние оказывает более высокий уровень обеспеченности хозяйств П группы основными производственными фондами.

На наш взгляд, одной из причин низкой продуктивности орошаемых земель и оросительной воды в хозяйствах области является низкий уровень оснащенности их основными и оборотными фондами.

Таблица 2

Влияние уровня обеспеченности орошаемых земель оборотными фондами растениеводства и их соотношение основными фондами на эффективность орошаемого земледелия

Показатели	Единица измерения	Группа хозяйств по размерам основных фондов растениеводства на I га орошаемых земель, руб.								
		до 400			с 400-600			свыше 600		
		Группа хозяйств по размерам оборотных фондов растениеводства на I га орошаемых земель, га								
		до I20	I20-240	свыше 240	до I20	I20-240	свыше 240	до I20	I20-240	свыше 240
Количество хозяйств в группе	шт.	I0	2	4	6	I2	6	3	9	5
Средний размер оборотных фондов растениеводства на I га орошаемых земель	руб.	65	I90	3I4	92	I59	295	62	I8I	3I2
Среднее соотношение оборотных и основных фондов растениеводства	руб/I000 руб.	2I	52	76	I9	33	52	5	23	42
Выход валовой продукции:										
С I га орошаемых земель	руб.	I43	349	45I	I8I	293	545	262	452	634
На каждую I000 $м^3$ оросительной воды	руб.	3I	36	49	29	4I	58	36	48	62
Производительность труда	руб/чел.-час	I,62	I,80	2,02	I,64	I,92	2,07	I,67	2,06	2,75
Уровень рентабельности	руб/руб.	0,46	0,96	I,09	0,37	0,6I	0,96	0,2I	0,59	0,86

Так, удельный размер основных фондов орошаемого земледелия в 1980 году составил 906 руб/га, что 2,5...3,0 раза меньше нормативных показателей. В связи с этим дальнейший рост уровня обеспеченности основными и оборотными фондами и доведение их до оптимальных размеров (нормативных) является важным условием повышения эффективности орошаемого земледелия.

Результаты исследования достижений передовых хозяйств также показывают на наличие резервов повышения эффективности основных фондов за счет достижения оптимального соотношения их с оборотными фондами. Было установлено, что в передовых хозяйствах более высокому уровню фондоотдачи соответствует более высокий уровень соотношения между основными и оборотными фондами, что в среднем составило 52 руб. на 100 руб. основных фондов, тогда как этот показатель в среднем по области не превышал 33 руб. Следовательно, наиболее приемлемым соотношением обеспечивающим наибольшую эффективность использования основных производственных фондов для свеклосеющих хозяйств области, является такое, когда в расчете на 100 руб. основных средств приходится 50...55 руб. оборотных.

Следует отметить, что максимальный эффект сельскохозяйственного производства на орошаемых землях может быть получен только тогда, когда все сельскохозяйственные и мелиоративные фонды также будут находиться между собой в оптимальных соотношениях. Иначе, при отсутствии или недостатке какого-либо одного вида средств производства невозможно достичь наивысшей эффективности от действия всех остальных средств, участвующих в процессе производства.

Так, в условиях орошаемого земледелия его эффективность во многом зависит, наряду с обеспеченностью сельскохозяйственными фондами, и от уровня обеспеченности мелиоративными фондами (магистральные, распределительные и проводящие каналы, коллекторно-дренажная сеть, гидротехнические сооружения, машины и оборудование). Рост удельного размера их на 1 га орошаемых земель до нормативных величин улучшает условия эксплуатации гидромелиоративных систем. Снижаются потери оросительной воды, повышается производительность труда поливальщиков, уменьшается тот ущерб, который несет орошаемое земледелие от дефицита водных и трудовых ресурсов. Следовательно, недостаточная обеспеченность ими обуславливает снижение эффективности использования фондов орошаемого земледелия.

Дальнейший рост размеров основных и оборотных фондов и переход к интенсивному пути развития орошаемого земледелия повышает значение не только их оптимального планирования, но и высокопроизводительного и эффективного использования. Высокопроизводительное использование их дает возможность увеличить производство сельскохозяйственной продукции без дополнительных капитальных вложений и затрат живого труда, позволяет снижать себестоимость продукции и повышать производительность труда.

Нами, в целях получения объективной оценки использования основных производственных фондов, на основе данных (среднее за I978...I980 гг.) 42 свеклосеющих хозяйств области, была составлена многофакторная корреляционная модель. При этом обобщающим (результативным) показателем эффективности использования основных производственных фондов в орошаемом земледелии была принята фондоотдача ($У$). При построении корреляционно-регрессионной модели фондоотдачи ставилась задача установить, какие факторы в наибольшей степени влияют на величину фондоотдачи и вскрыть резервы его повышения.

На основе предварительного анализа влияния отдельных факторов на уровень фондоотдачи в состав факториальных показателей включены следующие: X_I - фондообеспеченность, руб/га; X_2 - фондовооруженность, руб/чел; X_3 - соотношение основных и оборотных фондов (стоимость оборотных фондов в расчете на I00 руб. основных фондов растениеводства, руб/I00 руб.); X_4 - обеспеченность оборотными фондами, руб/га; X_5 - обеспеченность мелиоративными фондами, руб/га; X_6 - соотношение мелиоративных и основных фондов (стоимость мелиоративных фондов в расчете на I00 руб. основных фондов, руб/I00 руб.); X_7 - выработка на один условный трактор эталонных гектаров, га; X_8 - трудообеспеченность, чел/га; X_9 - размер площади орошаемых земель, га. В уравнение регрессии не включены природные факторы (водообеспеченность, осадки и т.д.), так как область достаточно обеспечена водными ресурсами.

В результате обработки исходной информации на ЭВМ "Наири-2" было получено следующее уравнение множественной регрессии:

$$У_x = 0{,}35 - 0{,}0005X_I + 0{,}03X_2 + 0{,}008X_3 + 0{,}0003X_4 + 0{,}0004X_5 - 0{,}004X_6 + 0{,}0000IX_7 + 0{,}024X_8 - 0{,}00002X_9. \quad (I)$$

Коэффициент множественной корреляции (R) в уравнении равен 0,853, что указывает на довольно тесную связь между уровнем фондо-

отдачи и вышеперечисленными факторами в целом. При этом коэффициент детерминации (r^2) равен 0,728, который означает, что 72,8% вариации фондоотдачи можно объяснить действием данных факторов. Наиболее существенное влияние на изменение уровня фондоотдачи оказали следующие факторы: X_2, X_3, X_4 и X_8 (таблица 3). По пяти из девяти факторов были получены низкие коэффициенты парной корреляции, что означает недостаточно высокую вероятность их влияния на уровень фондоотдачи. К ним относятся: X_1; X_5; X_6; X_7; X_9.

Таблица 3

Коэффициент парной корреляции

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
0,012	0,595	0,772	0,672	-0,104	-0,274	0,198	0,679	-0,194

Поэтому в целях улучшения математико-статистических свойств модели эти факторы исключены. Также исключен фактор X_4, так как взаимовлияние его с факторами X_3 и X_8 больше, чем с результативным признаком. Тогда уравнение множественной регрессии имеет следующий вид:

$$y_x = -0,007 + 0,025X_2 + 0,010X_4 + 0,022X_8. \qquad (2)$$

Коэффициент множественной корреляции равен 0,829. Все коэффициенты регрессии положительные и указывают на то, что все факторы способствуют росту уровня фондоотдачи. Так, рост фондовооруженности, обеспеченности оборотными фондами на один рубль приводит к изменению уровня фондоотдачи соответственно на 0,025 и 0,010 единицы, а увеличение обеспеченности трудовыми ресурсами на 1 человека на 0,022 единицы.

Подставляя в уравнение значение факторов, получаем для каждого хозяйства расчетный (возможный) уровень фондоотдачи, который был бы достигнут в данном хозяйстве при фактических значениях, входящих в модель факторов, и при средней эффективности их использования.

Таким образом, сопоставляя фактический уровень фондоотдачи ($y_ф$) с расчетным (y_x), можно будет определить эффективность использования основных производственных фондов. При этом положительная разность ($y_ф - y_x$) указывает на лучшее использование производственных возможностей, то есть свидетельствует о наличии

неиспользованных резервов. Для определения резервов роста валовой продукции с орошаемых земель области нами предлагается следующая формула:

$$P = \sum_{i=1}^{n} (У_{Фi} - У_{Хi}) \cdot Ф_i \ , \qquad (3)$$

где P – резервы роста продукции орошаемого земледелия;
n – число хозяйств, имеющих резерв;
i – I, 2, 3...
$У_{Фi}, У_{Хi}$ – фактический и расчетный уровень фондоотдачи
i – того хозяйства;
$Ф$ – основные производственные фонды растениеводства
i – того хозяйства.

Подсчитанный по формуле (3) общий объем резервов валовой продукции в 23 отстающих хозяйствах составил 5,I2 млн.руб. Экономический смысл этих резервов заключается в том, что именно такой объем дополнительной продукции обеспечит этим хозяйствам достижение расчетного уровня фондоотдачи при существующих размерах основных производственных фондов. Следовательно, выше расчитанный объем резервов по отстающим хозяйствам является реальным резервом, который может быть получен при достижении ими среднего уровня эффективности использования фондов.

Таким образом, полученные нами уравнения регрессии свидетельствуют о наличии значительных резервов роста производства продукции орошаемого земледелия области за счет улучшения использования производственных фондов.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

I. А.Ж. Жулаев, Н.Б. Атшабаров. Рисовая оросительная система и условия ее автоматизации при орошении 3
2. С.Д. Магай, Л.В. Круглов, В.А. Кислинский Вертикальный дренаж на Кзыл-Кумской рисовой системе 9
3. А.Е. Михель. Зависимость урожая риса от величины водоподачи в различные фазы его развития 26
4. А.Г. Рау. Линейная детерминированная стахостическая модель планирования орошения на рисовых оросительных системах бассейна р.Сырдарьи 32
5. А.А. Джумабеков, Г.А. Тулебаева. Влияние минерализации поливной воды и вертикальной фильтрации на продуктивность риса 39
6. Ш.Х. Бегишев. Комплексное управление водновоздушным, солевым и питательным режимами почв на рисовой системе 44
7. Ф.Ф. Вышпольский. Некоторые аспекты управления мелиоративными процессами на орошаемых землях Казахстана 53
8. К.Т. Раимбаев. Закономерности влаго- и солеобмена между зоной аэрации и грунтовыми водами при изменении параметров режима орошения 69
9. Б.К. Бекбаев. Влияние скорости инфильтрации на солеотдачу почв в насыщенных грунтах 76
I0. Б.С. Джаманбаев. Закономерности формирования режима грунтовых вод при орошении темно-каштановых почв зоны канала Иртыш-Караганда 82
II. Б.М. Койбаков. Изменение качественного состава солей в почвах при орошении дренажными водами 90
I2. Г.Н. Жданов, В.И.Жданова. К методике многофакторного анализа результатов полевых исследований 96
I3. А.И. Околович, Е.С. Койбакова. Прогнозирование урожая яровой пшеницы в степной зоне Казахстана ...I03
I4. В.А. Ким. Обоснование поливных норм яровой пшеницы в условиях северного Казахстана I07
I5. Б.Ш. Темралиев, В.В. Немченко, Н.Ж. Рысбаев. Эффективность орошения кормовых культур в Кокчетавской области III

16. Э.В. Гершунов, Б.Т. Туруспаев, А.Е. Туруспаева. Формирование контура увлажнения и расчет технологии полива садов капельным способом 119
17. А. Аяпбергенов. Некоторые вероятностные характеристики дождевальных агрегатов ДДА-100МА при схеме звеньевой организации их работы 127
18. В.К. Гладкий. Оценка принципиальных схем питания водой дождевальных машин, работающих в поступательном движении 135
19. В.М. Константинов, А.И. Мусаев. Некоторые результаты исследований по сельскохозяйственному использованию сточных вод в Алма-Атинской области 145
20. М.М. Мусекенов, В.Н. Мухамеджанов. Использование орошаемых земель в Джамбулской области.... 154
21. М. Жумадильдаев. Эффективность использования основных фондов в орошаемом земледелии Талды-Курганской области 166
22. Рефераты 177

Р Е Ф Е Р А Т Ы

к сборнику научных трудов "Совершенствование технологии мелиоративного улучшения орошаемых земель в Казахстане"

УДК 633.18:631.67

РИСОВАЯ ОРОСИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА И УСЛОВИЯ ЕЁ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИ ОРОШЕНИИ

А.Ж.Жулаев, Н.Б.Атшабаров

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

В статье рассмотрены конструктивные элементы рисовой оросительной системы из условия автоматизации орошения риса, изложены исходные параметры объекта регулирования, обоснованы амплитуда колебания уровня воды в чеке, схема водоподачи и способ регулирования.

Библиогр. I

УДК 633.18:631.674

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ НА КЗЫЛКУМСКОЙ РИСОВОЙ СИСТЕМЕ

С.Д.Магай, Л.В.Круглов, В.А.Кислинский

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

В результате многолетних исследований выявлена мелиоративная эффективность вертикального дренажа при возделывании риса и люцерны. Показана возможность изменением дебита скважины вертикального дренажа регулировать фильтрацию в течении вегетационного периода.

Табл. 4, иллюстр. 7, библиогр. 12.

УДК 633.18:631.67

ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЯ РИСА ОТ ВЕЛИЧИНЫ ВОДОПОДАЧИ В РАЗЛИЧНЫЕ ФАЗЫ ЕГО РАЗВИТИЯ

А.Е.Михель

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

Излагаются результаты экспериментальных исследований проводимых в опытно-производственных условиях на Кзыл-Кумском рисовом массиве.

В результате исследований получены уравнения регрессии, отображающие зависимость урожая от величин водоподачи, в различные фазы развития. Эти уравнения могут применяться, для корректировки внутрихозяйственных планов водопользования, в маловодные годы.

Табл. I, иллюстр. I, библиогр. 6.

УДК 633.I8:63I.67

ЛИНЕЙНАЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ СТАХОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ОРОШЕНИЯ НА РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ БАССЕЙНА Р.СЫРДАРЬИ

А.Г.Рау

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ,- I982

В статье изложен метод решения задачи модели линейного стахостического программирования, позволяющая определить совместное использование дренажных и оросительных вод на рисовых системах с учетом изменчивости источника орошения.

Библиогр. 4.

УДК 633.I8:63I.675.2

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ И ВЕРТИКАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РИСА

А.А.Джумабеков, Г.А.Тулебаева

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, I982

Рассматриваются результаты лабораторных исследований по установлению допустимой минерализации поливной воды в условиях различной вертикальной фильтрации и влияние их на продуктивность риса.

Табл. 2, библиогр. 3.

УДК 633.18:631.41

КОМПЛЕКСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНОВОЗДУШНЫМ, СОЛЕВЫМ И ПИТАТЕЛЬНЫМ РЕЖИМАМИ ПОЧВ НА РИСОВОЙ СИСТЕМЕ

Ш.Х.Бегишев

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

Статья посвящена повышению продуктивности орошаемых земель за счет регулирования водновоздушного, солевого, теплового и питательного режимов почв. Установлено, что на рисовых системах главным управляющим фактором комплексного регулирования всех внешних условий является скорость фильтрации воды.

Табл. 1, рис. 1, библиогр. 5.

УДК 631.587(587)

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ КАЗАХСТАНА

Ф.Ф.Вышпольский

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

На основе анализа изменения почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий орошаемых районов Казахстана разработаны методы управления мелиоративными процессами и рационального использования водных ресурсов в орошаемом земледелии. Приводится расчетная зависимость по установлению оросительных норм, обеспечивающих мелиоративное улучшение орошаемых земель и сокращение непроизводительных потерь оросительных вод.

Библиогр. 12.

УДК 631.675+631.41+551.49

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛАГО- И СОЛЕОБМЕНА МЕЖДУ ЗОНОЙ АЭРАЦИИ И ГРУНТОВЫМИ ВОДАМИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ

К.Т.Раимбаев

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

Приведены основные результаты экспериментальных исследований в зоне канала Иртыш-Караганда по изучению закономерностей влаго- и солеобмена между зоной аэрации и грунтовыми водами при

изменении параметров режима орошения. Установлены допустимые величины потерь оросительной воды на инфильтрацию и расхода грунтовых вод в зону аэрации, при котором обеспечивается мелиоративное благополучие орошаемых земель.

Табл. 2, иллюстр. 2, библиогр. 8.

УДК 631.674.1:631.41

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ИНФИЛЬТРАЦИИ НА СОЛЕОТДАЧУ ПОЧВ В НЕНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТАХ

Р.К.Бекбаев

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

В статье приводятся материалы по промывкам монолита с различными технологическими схемами полива. На основе этих промывок выявлена закономерность зависимости солеотдачи почв от скорости инфильтрационного потока.

Табл. 2, библиогр. 7.

УДК 551.49:631.67:631.44

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ВОД ПРИ ОРОШЕНИИ ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ЗОНЫ КАНАЛА ИРТЫШ-КАРАГАНДА

Б.С.Джаманбаев

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

В статье приводятся результаты полевых исследований за режимом грунтовых вод на массиве орошения совхоза "Казахстан" в зоне канала Иртыш-Караганда на первых этапах его освоения, выявлены их изменения при различной технологии орошения.

Табл. 1, иллюстр. 1, библиогр. 7.

УДК 631.41

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА СОЛЕЙ В ПОЧВАХ ПРИ ОРОШЕНИИ ДРЕНАЖНЫМИ ВОДАМИ

Б.М.Койбаков

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

Излагаются результаты полевых и лабораторных исследований в зоне канала Иртыш-Караганда.

Четырехлетние экспериментальные работы позволили установить характер распределения солей в почвенной толще во времени под влиянием орошения дренажными водами. На основании полученных материалов разработана технология оборотного использования дренажно-сбросных вод, при которой не будет наблюдаться засоление почв и увеличение наиболее токсичных солей.

УДК 5I7:63I.6

К МЕТОДИКЕ МНОГОФАКТОРНОГО АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Г.Н.Жданов, В.И.Жданова

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, I982

В работе, на основании обобщения рекомендаций, приведены в систематическую структуру основные положения статистической обработки материалов полевых исследований многофакторным анализом.

Приведен подробный пример определения зависимости урожайности люцерны от способов и техники полива, климатических и почвенно-мелиоративных условий Кзыл-Кумского массива орошения. Определены мероприятия по улучшению мелиоративной обстановки и водораспределения на системе.

УДК 633.II(574)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ КАЗАХСТАНА

А.И.Околович, Е.С.Койбакова

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, I982

Приводятся расчеты перспективного уровня урожайности яровой пшеницы в зоне переброски части стока сибирских рек в Казахстан и Среднюю Азию. Дается прогноз урожая яровой пшеницы методом учета агромероприятий на основе применения различных режимов орошения, внесения фосфорных удобрений и создания оптимальной густоты стояния растений на гектаре.

Библиогр. 5.

УДК 633.II:63I.674(574)

ОБОСНОВАНИЕ ПОЛИВНЫХ НОРМ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

В.А.Ким

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, I982

На основании проведенных исследований определена величина поливной нормы, отвечающая потребностям растений в воде и обеспечивающая стабилизацию мелиоративного состояния земель при орошении.

Библиогр. 4.

УДК 633.2:63I.67(574.23)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРОШЕНИЯ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В КОКЧЕТАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Б.Ш.Темралиев, В.В.Немченко, Н.Ж.Рысбаев

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, I982

В статье приводятся основные результаты многолетних исследований по установлению эффективности орошения проса, суданской травы, ячменя и люцерны при возделывании на зеленый корм. Установлены оптимальные уровни влагообеспеченности по каждой культуре, экономически эффективные урожаи зеленой массы, величины чистого дохода и сроки окупаемости капиталовложений на орошение.

Табл. 3.

УДК 63I.674.6

ФОРМИРОВАНИЕ КОНТУРА УВЛАЖНЕНИЯ И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА САДОВ КАПЕЛЬНЫМ СПОСОБОМ

Э.В.Гершунов, Б.Т.Туруспаев, А.Е.Туруспаева

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, I982

Изложены результаты экспериментальных исследований по динамике влаги в почве при капельном орошении, основанной на учете зависимостей скорости впитывания воды в почву от объема водоподачи.

Рассмотрен ход расчета технологии полива, позволяющий для конкретных условий подбирать размеры элементов техники полива и схемы систем капельного орошения.

Табл. 2, иллюстр. 2.

УДК 631.347

НЕКОТОРЫЕ ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДДА-100МА ПРИ СХЕМЕ ЗВЕНЬЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ИХ РАБОТЫ

А.Аяпбергенов

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

Изложена сущность схемы звеньевой организации работы дождевальных агрегатов. Перечислены различные состояния дождевального агрегата звена на участке орошения и описан порядок перехода его из состояния в состояние . Построен график переходов и путем решения системы дифференциальных уравнений определены их вероятности. Получены зависимости для определения числа агрегатов в звене и интенсивности перехода дождевального агрегата от состояния остановки из-за отсутствия работы в другие состояния.

Рис. 1, библиогр.назв. 3.

УДК 631.347.1

ОЦЕНКА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ПИТАНИЯ ВОДОЙ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ В ПОСТУПАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ

В.К.Гладкий

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

В статье приведена классификация принципиальных решений водоводов для питания в движении дождевальной техники поступательного перемещения; дана оценка принципиальных схем водоводов, полученная на основании анализа литературных источников и результатов сопоставительных испытаний устройств, представляющих все классы водоводов; обосновывается выбор принципиальной схемы водовода - шланг "гармошка" наиболее полно удовлетворяет предъявляемым ему требованиям существующей высокорасходной техникой полива.

Иллюстр. 1, табл. 1; библиогр. 11.

УДК 628.36

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СТОЧНЫХ ВОД В АЛМА-АТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

В.М.Константинов, А.И.Мусаев

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

Приводятся результаты исследований по использованию сточных вод г.Алма-Ата и осветленного животноводческого стока на орошение кормовых культур. Дается оценка влияния сточных вод на водно-физические и агрохимические свойства сероземных и сероземно-луговых почв.

Табл. 3, библиогр. 6.

УДК 631.587(574.52)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ДЖАМБУЛСКОЙ ОБЛАСТИ

М.М.Мусекенов, В.Н.Мухамеджанов

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

В статье проанализирована степень использования водоземельных ресурсов в разрезе районов Джамбулской области по следующим важнейшим показателям: динамика и рост орошаемых земель, наличие не использованных и не политых площадей, посевная площадь и урожайность основных сельскохозяйственных культур, мелиоративное состояние земель, применяемые способы и техника полива, водозабор, водоподача, к.и.в., к.п.д., оросительные и поливные нормы, характеристика технического уровня существующих оросительных систем.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о наличии значительных резервов в улучшении использования водоземельных ресурсов области и о необходимости дальнейшего поднятия продуктивности орошаемых земель путем проведения комплексных реконструктивных мероприятий.

Рис. 2, табл. 3.

УДК 631.587(574.51)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ ТАЛДЫ-КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

М.Жумадильдаев

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1982

В статье дается анализ использования основных производственных фондов орошаемого земледелия на примере Талды-Курганской области.

В результате многофакторного корреляционного анализа за 1978...1980 гг. выявлены основные факторы и определено их влияние на уровень фондоотдачи, а также вскрыты резервы увеличения производства продукции на орошаемых землях.

Табл. 3.