

C-50 K-167
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

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КАЗАХСТАНА**

Сборник научных трудов

7C-704
626.81
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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ КАЗАХСТАНА

Сборник научных трудов

Ташкент—1984

В сборнике публикуются результаты научно-исследовательских работ, выполненных в последние годы сотрудниками КазНИИВХ по режиму орошения сельскохозяйственных культур, мелиорации засоленных земель, технике и технологии импульсного дождевания, лиманного орошения. Освещены вопросы оптимизации рисовых систем, эффективности комбинированных бороздочно-дождевальных поливов, использования животноводческих стоков. Приведена методика оценки экономической эффективности орошаемого земледелия.

Предложенные научные рекомендации могут быть использованы в практике ведения орошаемого земледелия, проектирования и эксплуатации гидромелиоративных систем.

Редакционная коллегия:

В.А.Духовный (отв.ред.САНИИРИ), Т.И.Дерлятка, А.Ж.Жулаев (отв.ред. КазНИИВХ), А.А.Кадыров (зам.отв.ред. САНИИРИ), А.М.Мухамедов, А.Г.Пулатов

С

Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства (КазНИИВХ),
1984

Г.Н.Жданов
кандидат технических наук
А.И.Парамонов
старший научный сотрудник
В.И.Жданова
старший инженер
(КазНИИВХ)

БИОЛОГИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНЫЕ НОРМЫ И РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ ОСНОВНЫХ КУЛЬТУР ПО ПРИРОДНЫМ ЗОНАМ КАЗАХСТАНА

Казахстан располагает большими возможностями развития орошаемого земледелия. Фонд пригодных для орошения земель, по данным института почвоведения АН КазССР, определяется в 57,5 млн.га, из которых более 2,0 млн.га в настоящее время освоено. В последние годы орошаемое земледелие интенсивно продвигается в центральные, северные, западные районы, и в настоящее время оно практически приурочено ко всем природным зонам республики. Освоение земель, особенно в новых зонах, где отсутствует широкая практика орошаемого земледелия, требует разработки научно обоснованных оросительных норм и режимов орошения сельскохозяйственных культур, позволяющих обеспечить устойчивые высокие урожаи при улучшении и сохранении мелиоративного состояния орошаемых земель.

Обоснованное установление режима орошения возможно только при условии комплексного учета приходно-расходных элементов водного баланса в системе почва - растение - приземный слой атмосферы. От того, в какой мере режим орошения соответствует требованиям растений в воде и сохранению мелиоративного благополучия на орошаемых землях, будет зависеть продуктивность орошаемого гектара.

В гидромелиоративной науке и практике существуют различные методы установления режимов орошения сельскохозяйственных культур, из которых можно выделить три основные группы:

- установление режима орошения путем обобщения и анализа многолетнего опыта и производственной деятельности передовых хозяйств;

- установление режима орошения на основе постановки специальных полевых опытов (детерминированный метод);

- установление режимов орошения и суммарного водопотребления косвенными методами с использованием основных показателей жизненной среды растений.

Детерминированные методы нашли широкое распространение при установлении режимов орошения опытным путем, при обосновании эффективности орошения в неизученных районах или при возделывании новых сортов сельскохозяйственных культур. Недостатком детерминированных методов является то, что полученные при этом показатели в основном соответствуют только данному или идентичному по условиям объекту, а заимствование и перенос необходимых показателей в другие условия не всегда достигает положительных результатов. Кроме того, проведение исследований этими методами требует значительных затрат времени, труда и средств.

Наряду с натурными исследованиями нашли широкое применение расчетные методы установления эвапотранспирации и режимов орошения. В настоящее время разработано большое количество методик, в которых установлена форма связи между потреблением воды растениями и условиями их произрастания, причем в различных методиках она выражается по-разному, что вполне естественно, так как региональные особенности оказывают индивидуальное влияние на эти связи. Одни исследователи рекомендуют использовать для расчетов водопотребления растений сумму дефицитов влажности воздуха, другие - сумму активных температур, третьи - радиационный баланс и т.д.

В целях сравнительной оценки наиболее распространенных в нашей стране методов расчета эвапотранспирации и дефицитов водопотребления нами были выполнены соответствующие расчеты для условий зоны действия главного канала переброски (ГКП) в Северном Казахстане. В качестве примера (табл. I) приведены значения дефицитов водопотребления яровой пшеницы по метеорологическим показателям метеостанций "Кустанай", "Тургай" и "Петропавловск", установленные по методикам, предложенным А.М. и С.М. Алпатьевыми /1,2/, В.С. Мезенцевым /3/, Н.В. Данильченко /4/ и УкрНИИГиМ (В.П. Остапчик, 1981).

Анализ приведенных методов показывает, что при всем разнообразии связей потребления воды растениями с метеорологическими условиями физическая основа их остается единой. Во всех случаях она не выражает влияния на размер водопотребления рационального и адвективного тепла, а несоответствие между фактическими и расчетными величинами корректируется введением поправочных коэффициентов, учитывающих одновременно и влияние на эти связи региональных особенностей природных зон.

Сравнение полученных расчетными методами значений оросительных норм с экспериментальными данными показало хорошую сходимость.

Таблица I

Значения дефицитов водопотребления яровой пшеницы, установленных различными расчетными методами (мм)

Год и место проведения исследований	Дефициты водопотребления, установленные опытным путем	Дефициты водопотребления, рассчитанные по методикам			
		А.М. и С.М. Алпатьевых	В.С. Мезенцева	Н.В. Данильченко	УкрНИИГиМ
Тургай, 1982	340	390,9	454	372,7	340,9
Кустанай, 1982	-	167,0	279,0	148,7	106,8
Петропавловск, 1977	167,0	166,4	147,5	135,5	105,4
Петропавловск, 1979	40,0	52,3	48,3	46,1	-

Однако наиболее полной исходной информацией к расчетам располагает биоклиматический метод, который и принят нами для дальнейших расчетов. Исходными данными были приняты следующие: биологические коэффициенты культур, установленные экспериментальным путем, климатические декадные показатели метеорологических станций за последние 40 лет наблюдений, данные по фенологии, агротехнике возделывания и почвенным влагозапасам для рассматриваемых зон республики. Эвапотранспирация или суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур и дефициты водопотребления представлены в табл. 2.

Установлено, что потребность культур в поливной воде в сильной степени изменяется не только в пределах различных зон, но и внутри зоны с изменением естественной влагообеспеченности. Сопоставление значений дефицитов водопотребления, установленных биоклиматическим методом по метеопоказателям сорокалетнего ряда наблюдений узловых метеостанций Северного и Центрального Казахстана, с естественной влагообеспеченностью позволило установить эмпирическую зависимость, которая имеет вид:

$$M = \frac{b}{K_y a} \quad (\text{тыс. м}^3/\text{га}),$$

где M - оросительная норма, тыс. м³/га;
 K_y - коэффициент естественной увлажненности;
 a, b - коэффициенты, значения которых приведены в табл. 3.

Таблица 2

Эвапотранспирация и дефицит водопотребления сельскохозяйственных культур, м³/га

Орошаемая культура	% обеспеченности	Природные зоны											
		лесостепь				степь				северная полупустыня			
		эвапотранспирация	дефицит водопотребления	эвапотранспирация	дефицит водопотребления	эвапотранспирация	дефицит водопотребления	эвапотранспирация	дефицит водопотребления	эвапотранспирация	дефицит водопотребления	эвапотранспирация	дефицит водопотребления
I	2	3	4	5	6	7	8						
Яровые зерновые	50	1750	1900	1100	1400	2100	2600	1400	2050	2700	2850	2050	2750
	75	2150	2350	1650	1850	2500	2900	1850	2500	2950	3150	2500	3100
	95	2750	2800	2100	2450	2950	3650	2450	3400	3800	3850	3400	3600
Кукуруза на силос	50	2350	2500	1300	1600	2600	3150	1600	2850	3350	3650	2950	3250
	75	2800	2900	2050	2250	3000	3450	2250	3450	3550	3850	3450	3650
	95	3650	3950	3100	3350	4000	4250	3350	3950	4350	4450	4000	4200
Картофель	50	2800	2900	1400	1700	2950	3650	1800	3100	3950	4250	3100	4050
	75	3250	3350	2050	2350	3550	4100	2350	3700	4350	4700	3700	4400
	95	3900	3950	3050	3300	4050	4800	3300	4450	5150	5600	4650	5250
Овощи	50	2850	3200	1600	2150	3250	3750	2150	3350	4100	4550	3550	4250
	75	3000	3400	2050	2650	3500	4100	2650	3900	4400	5100	3950	4800
	95	3500	3950	2900	3550	4050	4850	3550	4550	5200	5850	4600	5500

Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5	6	7	8
Многолетние травы	50	3650...	3700 1800...	2150 3750...	4850 2150...	4200 5350...	6150 4200... 5600
	75	3800...	3950 2350...	2850 4050...	5200 2850...	4750 5600...	6250 4750... 5900
	95	4600...	4850 3400...	4250 5100...	5850 4250...	5500 6200...	7000 5500... 6600
Кукуруза на зерно	50			3750...	4000 2750...	3650 4250...	4550 3650... 4250
	75			3950...	4200 3300...	3900 4450...	4950 3900... 4550
	95			4450...	4800 3800...	4400 5100...	5550 4400... 5150

Значение коэффициентов a и b Таблица 3

% обес- печен- ности	Томаты		Картофель		Кукуруза		Яровая пшеница		Многолетние травы	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
50	0,445	1,182	0,611	0,956	0,585	0,876	0,680	0,626	0,933	0,879
75	0,758	0,967	1,044	0,737	1,099	0,667	1,141	0,458	1,494	0,678
95	1,362	0,732	1,915	0,487	1,919	0,424	1,952	0,308	2,444	0,523

Данная зависимость позволяет с достаточной достоверностью определять значения оросительных норм в пределах внутризонального изменения коэффициентов естественной увлажненности для территории, где отсутствует сеть метеорологических станций и постов.

Приведенные выше значения оросительных норм и эмпирическая зависимость их расчета не учитывают такие показатели, как засоленность почвогрунтов, глубина залегания и минерализация грунтовых вод. Поэтому возникает необходимость корректировки оросительных норм с учетом конкретных почвенно-мелиоративных условий осваиваемых территорий. Достаточная для практических целей достоверность рассчитанных значений оросительных норм достигается путем уточнения их по предлагаемой нами зависимости:

$$M_{\text{пм}} = \frac{\Delta \cdot E_v - V_v \cdot K_c \cdot K_r}{K_m}$$

- где $M_{\text{пм}}$ — оросительная норма, необходимая для обеспечения высоких урожаев сельскохозяйственных культур и мелиоративного благополучия орошаемых земель, $\text{м}^3/\text{га}$;
- ΔE_v — дефицит водного баланса, рассчитанный без учета возможного участия грунтовых вод в подпитывании деятельного слоя почвы и инфильтрации поливной воды и осадков ниже деятельного слоя почвы;
- E_v — суммарное водопотребление орошаемым полем, $\text{м}^3/\text{га}$;
- K_r — коэффициент, учитывающий долю возможного участия грунтовых вод в водопотреблении сельскохозяйственных культур;
- K_c — коэффициент, учитывающий размеры допустимого участия грунтовых вод в субиригации при изменении их минерализации;

K_m — коэффициент, учитывающий необходимые размеры инфильтрации (нисходящих токов влаги) оросительных вод и осадков на орошаемых землях, обеспечивающих рассоление почв.

На основании обобщения лизиметрических исследований в различных климатических зонах республики установлена зависимость участия грунтовых вод в субиригации от величины суммарного водопотребления и глубины их залегания для различных по механическому составу почв. Доля участия грунтовых вод в субиригации определяется по следующим зависимостям:

$$K_r = (0,161 - 0,037 h) E_0^{0,749 + 0,035 h + 0,0025 h^2}$$

для тяжелых по механическому составу почвогрунтов;

$$K_r = (0,086 - 0,019 h) E_0^{1,323 - 0,189 h + 0,034 h^2}$$

для легких по механическому составу почвогрунтов,

где E_0 — суммарное водопотребление культуры, $\text{тыс. м}^3/\text{га}$;
 h — средняя глубина залегания уровня грунтовых вод, м .

Минерализация грунтовых вод на орошаемых землях варьирует в больших пределах, и использование их в субиригации вызывает накопление солей в активном слое почвы, что оказывает отрицательное влияние на развитие сельскохозяйственных культур. Поэтому в практике орошаемого земледелия нельзя допускать максимально возможного участия минерализованных грунтовых вод в суммарном водопотреблении, то есть возникает необходимость сдерживания процессов влагообмена между активным слоем почвогрунтов и грунтовыми водами. Проведенные нами исследования показали, что с уменьшением доли участия грунтовых вод в суммарном водопотреблении увеличивается допустимая их минерализация. Увеличение допустимой минерализации в субиригации так же возможно при значительном погружении от дневной поверхности грунтовых вод. По нашим данным, мелиоративное благополучие на орошаемых землях будет обеспечиваться в том случае, если принять коэффициенты (K_c) допустимого участия грунтовых вод в субиригации (табл. 4).

При минерализации грунтовых вод более 10 г/л их участие в суммарном водопотреблении независимо от глубины залегания следует исключить ($K_c = 0$).

Таблица 4

Коэффициенты допустимого использования грунтовых вод в зависимости от глубины залегания и их минерализации

Минерализация грунтовых вод, г/л	Глубина залегания, м		
	1,5...2,0	2,0...3,0	3,0...4,0
1...3	0,45	0,65	1,00
3...5	0,22	0,25	0,90
5...10	0,00	0,05	0,50

Засоленность почвогрунтов также является влияющим фактором на интенсивность испарения грунтовых вод, так как у растений на засоленной почве резко сокращается испаряющая площадь и, главным образом, площадь ассимиляционной поверхности. Поскольку испарение грунтовых вод находится в прямой зависимости от суммарного водопотребления, то расход грунтовых вод с увеличением засоленности почвогрунтов будет уменьшаться вследствие снижения суммарного водопотребления. Для определения значений мелиоративных коэффициентов (K_m) нами использована зависимость оптимального соотношения влаго- и солеобмена между зоной аэрации и грунтовыми водами, установленная лабораторией мелиорации земель Казахского НИИ водного хозяйства [5], которая имеет вид:

$$V_{\text{инф}} \geq V_r \frac{S_r}{S_{\text{инф}}} + M \frac{S_o}{S_{\text{инф}}},$$

где $V_{\text{инф}}$ - объем инфильтрационных вод, обеспечивающих солевую вентиляцию в корнеобитаемом слое почвы, м³/га;
 V_r - объем грунтовых вод, участвующий в водопотреблении сельскохозяйственных культур, м³/га;
 $S_r, S_o, S_{\text{инф}}$ - минерализация грунтовых, оросительных и инфильтрационных вод, г/л;
 M - расчетная величина оросительной нормы, м³/га.

Приведенная зависимость указывает на то, что размеры инфильтрационных потерь оросительных вод, объем поступления и минерализация грунтовых вод, а также интенсивность солеотдачи почв, зависящая от физико-химических свойств почв, глубины залегания грунтовых вод и режима орошения, взаимосвязаны. Значения мелиоративных коэффициентов приведены в таблице 5.

Таблица 5

Значение мелиоративного коэффициента (K_m) в зависимости от степени засоления зоны аэрации, солеотдачи почв и глубины залегания грунтовых вод

Глубина залегания грунтовых вод, м	Характеристика почв		
	незасоленные	склонные к вторичному засолению	слабозасоленные
Тяжелые почвы			
1,5...2	0,92	0,87	0,82
2...3	0,97	0,92	0,87
3...4	1,00	0,95	0,90
Легкие почвы			
1,5...2	0,97	0,92	0,87
2...3	1,00	0,97	0,92
3...4	1,00	1,00	0,95

Средне- и сильнозасоленные почвы необходимо подвергать предварительной промывке. Величины промывных норм, сроки и технология проведения промывок определяются с учетом почвенных, климатических и хозяйственных условий для конкретного массива орошения.

Сравнительная оценка различных методов установления эвапотранспирации и оросительных норм показала, что для условий Северного и Центрального Казахстана наиболее приемлемым является биоклиматический метод, учитывающий, помимо климатических условий, и биологические особенности растений. Однако во всех случаях необходима корректировка расчетных значений оросительных норм с учетом конкретных почвенно-мелиоративных условий орошаемых массивов. Внедрение в практику оросительных норм, установленных биоклиматическим методом и скорректированных с учетом почвенно-мелиоративных условий, позволяет улучшить использование водных и земельных ресурсов, снизить капитальные вложения на строительство оросительных систем, предотвратить развитие негативных процессов на орошаемых землях и получить высокие устойчивые урожаи орошаемых культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. А л п а т ь е в А.М. Биологический метод обоснования водного баланса растений и использование его в земледелии. - В кн.: Водный режим растений в засушливых районах СССР, М., изд. АН СССР, 1961.
2. А л п а т ь е в С.М. Расчет и корректировка режимов орошения сельскохозяйственных культур. - В кн.: Водное хозяйство. Киев, изд. "Урожай", 1965, вып. I.
3. М е з е н ц е в В.С. Метод гидроклиматических расчетов и опыт его применения для районирования Западно-Сибирской низменности по признакам увлажнения и теплообеспеченности. - В кн.: Труды Омского СХИ, Омск, 1957, т. 27.
4. Д а н и л ь ч е н к о Н.В., П о п ы т к и н А.П. Методические указания по расчету режима орошения сельскохозяйственных культур в Казахстане, - Вестник научно-технической и производственной информации, 1969, № 5 (9).
5. В ы ш п о л ь с к и й Ф.Ф. Некоторые аспекты управления мелиоративными процессами на орошаемых землях Казахстана. - В кн.: Совершенствование мелиоративного улучшения орошаемых земель в Казахстане (Сборник научных трудов), Ташкент, 1962.

Р.А.Кван
кандидат сельскохозяйственных наук

А.И.Околович
кандидат сельскохозяйственных наук

В.А.Ким
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В СТЕПНОЙ ЗОНЕ КАЗАХСТАНА

Казахский НИИ водного хозяйства с 1968 г. проводит исследования по орошению и мелиорации земель степной зоны Казахстана. В этих исследованиях основное внимание уделялось вопросам установления оптимальных режимов орошения сельскохозяйственных культур, особенностям их возделывания в условиях орошения, влияния ороше-

ния на мелиоративный режим почвогрунтов и установления эффективности орошения. Исследования проводились в хозяйствах Павлодарской, Северо-Казахстанской, Кустанайской, Целиноградской и Тургайской областей, находящихся в степной природно-климатической зоне, характеризующейся недостаточной влагообеспеченностью (коэффициент увлажнения - 0,50...0,30).

На основании этих исследований разработаны научные основы орошения яровой пшеницы и кормовых культур в степной зоне Казахстана, выявлены некоторые особенности агротехники яровой пшеницы в условиях орошения, и установлено влияние орошения на солевой режим почвогрунтов.

Климатической особенностью Северного Казахстана является значительное превышение испаряемости над количеством выпавших осадков, обуславливающее создание дефицита водопотребления и крайне неравномерное распределение его во время вегетации растений. Систематически повторяющиеся засушливые годы, а также длительные бездождевые периоды в сочетании с усиленной ветровой деятельностью в вегетационный период создают крайне неблагоприятные условия для роста и развития возделываемых культур.

Естественная влагообеспеченность яровой пшеницы в северных областях Казахстана изменяется от 70% в зоне южной лесостепи до 30% в сухой степи, т.е. в основных районах возделывания этой культуры. Атмосферные осадки в 6...7 годах из 10 не обеспечивают нормального роста и развития яровой пшеницы. Средние многолетние запасы продуктивной влаги к моменту сева по почвенно-климатическим подзонам колеблются от 90 до 150 мм, а в целом за вегетацию расход влаги составляет 130...220 мм и отличается неустойчивостью в связи с неравномерностью выпадения осадков во времени.

Особенно усугубляется положение в засушливые годы, когда начиная от посева и до уборки урожая развитие растений происходит при жестком дефиците влаги в почве. Осадки, выпадающие за вегетацию, составляют лишь 43% от среднеегоголетней величины. Во время посева на глубине заделки семян влажность почвы находится на уровне 62...63% от НВ, к началу появления всходов она снижается до 50% НВ и затрудняет получение своевременных всходов. Дальнейшее развитие растений также происходит при дефиците влажности почвы. В фазы кущения, трубкования и колошения влажность почвы в активном слое находится в пределах 48...49% НВ. Такое

количество почвенной влаги не в состоянии обеспечить нормального развития растений, о чем свидетельствует полученный урожай зерна - 2,7 ц/га.

В средние по увлажненности годы дефицит почвенной влаги начинается с наступлением фазы трубкования и продолжается до конца вегетации. Осадки летнего периода имеют неустойчивый характер и распределяются неравномерно. Эти осадки увлажняют в основном верхние горизонты почвы, не проникая вглубь корнеобитаемого слоя, влажность которого от начала вегетации до фазы выхода в трубку находится в пределах 60...85% НВ, а начиная с фазы трубкования до молочной спелости - в пределах 50...60% НВ. Фактически весь период вегетации проходит при влажности ниже оптимальной. Урожай зерна составил 9...10 ц/га.

В более влажные годы запасы почвенной влаги на день посева достаточно высоки и составляют 2700...2800 м³/га (90...95% НВ). В дальнейшем оптимальные условия влажности почвы поддерживаются летними осадками и сохраняются до конца фазы цветения. Оставшаяся часть периода вегетации проходит в условиях дефицита влажности. При этом полученный урожай зерна составил - 24,0 ц/га.

Таким образом, ежегодно во время вегетации наблюдается дефицит влажности почвы продолжительностью от 24 до 100 дней, что отрицательно сказывается на продуктивности растений, требующих оптимальных условий влажности во все периоды вегетации. Так поливы, проведенные в фазе всходов, способствовали увеличению продуктивной кустистости растений яровой пшеницы, полив во время кущения увеличивает длину колоса. Оптимальная влажность почвы в фазу выхода растений в трубку создает условия для нормального прохождения процессов опыления и формирования зерна. Как показали проведенные исследования, наилучшим режимом орошения яровой пшеницы является режим, поддерживающий предполивную влажность почвы на уровне 80% от НВ. Такой режим создает оптимальные условия влажности во всей толще расчетного слоя и, что особенно важно, в верхних слоях, где сосредоточены узловые корни, имеющие первостепенное значение в накоплении биомассы растений.

Наблюдения за развитием корневой системы во времени показали, что основная масса корней в начале вегетации сосредоточена в слое 0...40 см, а в дальнейшем - в слое 0...60 см. В этой связи установлено, что расчетная глубина увлажнения при проведении вегетационных поливов яровой пшеницы должна быть не менее 40 см в первую половину вегетации и 0...60 см - во вторую.

Для поддержания влажности почвы на оптимальном уровне необходимо проведение 2...6 поливов в зависимости от влагообеспеченности года и зоны возделывания (таблица I).

Таблица I

Режим орошения яровой пшеницы

Зоны, подзоны (тип почв, мех. состав)	K _y	Влаго- обес- печен- ность года, %	Число поли- вов	Оро- си- тель- ная нор- ма, м ³ /га	Дата пер- вого поли- ва	Межполив- ные пе- риоды
Умеренно засуш- ливая степь, Черноземы обык- новенные, лег- коглинистые	0,5...0,45	25	1	350	25.06	-
		50	3	1000	12.06	12-16
		75	4	1500	8.06	10-14-15
Засушливая степь, черно- земы южные, легкосугли- нистые	0,45...0,40	25	2	550	14.06	32
		50	4	1300	3.06	8-9-12
		75	6	1900	25.05	7-7-8-10-12
Умеренно су- хая степь, почвы темно- каштановые, легкосугли- нистые	0,40...0,35	25	2	750	10.06	36
		50	4	1500	30.05	3-10-13
		75	5	2000	22.05	8-8-11-12

Величина оросительной нормы колеблется в значительных пределах (350...2000 м³/га) в зависимости от влагообеспеченности года. Распределение поливов по фазам осуществляется следующим образом: кущение - I, трубкование - 2, колошение - I, формирование зерна - I.

Наблюдения за перераспределением влаги в почве после полива показали, что фактическая глубина промачивания почвогрунтов значительно превышает расчетную.

При расчетной глубине увлажнения, равной 20 см, фактическое увлажнение почвы отмечается до 40 см, при 40 см - до 80 см, при 60 см - до 100 см.

Такое распределение поливной воды создает благоприятные условия для развития корневой системы на глубину, сглаживая отрицательное действие пересыхающих верхних слоев почвы за счет пот-

ребления влаги из более глубоких горизонтов, а также предотвращает промачивание засоленных почвогрунтов, находящихся на глубине 120 см, тем самым способствуя стабилизации процессов засоления. Поэтому при орошении черноземных почв Северного Казахстана, характеризующихся наличием солевого пояса на указанной глубине, лимитирующей увлажняемой глубиной является глубина почвы до 60 см.

Естественный солевой режим почв зоны исследования характеризуется такими изменениями, которые не вызывают существенного увеличения засоления земель. Осадки невегетационного периода оказывают рассоляющее действие на метровый слой почвогрунтов. Так например, содержание солей за четыре года исследований находилось в пределах от 18 до 30 т/га в конце вегетации, а после осенне-зимних осадков, т.е. весной до начала вегетации, снижалось до 13...18 т/га.

Установлено, что проведение поливов на глубину 40 см практически не вызывает увеличения содержания солей к концу вегетационного периода как в расчетном слое (0...40 см), так и в нижележащем.

Увлажнение почвы на глубину 60 см также не оказывает существенного влияния на степень ее засоления. В увлажняемых слоях происходят незначительные изменения в валовом содержании, так величина "суммарного эффекта" токсичных ионов остается без изменений, по сравнению с исходным состоянием. Соленакпление, характеризующееся высоким уровнем токсичности, происходит главным образом в горизонтах, расположенных ниже одного метра, за счет легкоподвижных солей хлористого натрия и сульфата натрия. При увеличении глубины увлажнения до 80...100 см по профилю 0...200 см наблюдается увеличение содержания общего количества солей, особенно значительно увеличение в слое 100...200 см - 36,5 т/га.

Таким образом, исследованиями, проведенными на небольших опытных участках, установлено, что применение орошения в пределах разработанных режимов не оказывает отрицательного влияния на мелиоративные свойства почвы и снижает инфильтрационные потери, т.е. позволяет регулировать водно-солевой режим почв.

Орошение, создавая оптимальный водный режим почвогрунтов, вносит изменения в некоторые приемы агротехники яровой пшеницы, разработанные для условий неполивного земледелия. С введением орошения появляется возможность более ранних посевов яровой пшеницы, обеспечивающих созревание зерна задолго до начала осенних заморозков и снижающих трудовую напряженность во время уборки.

Опыты показали, что проведение сева на 8...12 дней раньше рекомендованных сроков способствует получению урожая на 1,2...1,5 ц/га больше при созревании на 10...15 дней раньше, чем при обычном посеве.

Для получения высокого урожая яровой пшеницы при орошении необходимо создание оптимальной густоты стояния растений. Установлено, что при густоте стояния 3 млн. растений получен урожай 26,8 ц/га. Увеличение густоты до 4 млн. обеспечивает получение зерна в среднем 28,4 ц/га. Дальнейшее увеличение нормы высева приводит к полеганию растений и снижению урожая.

Реализация всех потенциальных возможностей яровой пшеницы в условиях орошения возможна только при создании оптимального режима питания. Как показали исследования, сочетание орошения с применением фосфорных удобрений является эффективным мероприятием, обеспечивающим получение высоких и устойчивых по годам урожаев.

Для получения урожая зерна порядка 30...35 ц/га необходимо внесение фосфорных удобрений из расчета 90...100 кг/га действующего вещества на фоне оптимального режима орошения.

Проведенные исследования позволили установить достаточно высокую эффективность применения орошения, особенно в условиях сухих степей. Как видно из таблицы 2, наибольшие прибавки урожая получены на темнокаштановых почвах умеренно-сухой и сухой степи (25,5 ц/га). Такая прибавка может быть получена в шесть лет из десяти. В зоне засушливой степи прибавка снизилась до 20,4 ц/га, при вероятности ее получения в пять лет из десяти. Наименьший прирост в урожае получен в зоне умеренно-засушливой степи - 14 ц/га. Такие прибавки получаются в 4-х годах из 10.

Исходя из размеров прибавки урожая зерновых культур и вероятности их получения выделены районы, различающиеся по эффективности орошения. Это зона высокой эффективности орошения, располагающаяся в умеренно-сухой и сухой степи, и зона стабильной эффективности - в зоне засушливой степи. Прибавка в этих зонах составляет 25...20 ц/га. Умеренно-засушливая степь характеризуется как зона умеренной эффективности орошения, прибавка в которой составляет 14 ц/га.

Выделенные по эффективности орошения районы могут служить обоснованием для установления очередности мероприятий по освоению земель под регулярное орошение в Северном Казахстане.

Таблица 2

Прибавка урожая яровой пшеницы от орошения

Подзоны	Тип почвы	Влагообеспеченность года	Повторяемость года, %	Прибавка урожая от орошения, ц/га
Умеренно-засушливая степь	Обыкновенные черноземы	Сухой	40	14,0
		Влажный	60	10,0
Засушливая степь	Южные черноземы	Сухой	46	20,4
		Влажный	54	12,4
Умеренно-сухая и сухая степь	Темнокаштановые и каштановые почвы	Сухой	65	25,5
		Влажный	35	14,0

Результаты статистической обработки совокупности факторов установленного режима орошения, способствующего мелиоративному сохранению черноземов и достигнутой при этом продуктивности яровой пшеницы, позволили установить следующую зависимость:

$$y = -16,79 + 0,01866 E - 0,0000012 E^2$$

где y — урожайность яровой пшеницы, ц/га;
 E — суммарное водопотребление за вегетационный период, м³/га.

Коэффициент корреляции равен 0,87. Подставляя в уравнение значения суммарного водопотребления возможно получение расчетного уровня урожайности, который может быть достигнут при различной степени влагообеспеченности. Таким образом, появляется возможность прогнозировать продуктивность яровой пшеницы при различных уровнях влагообеспеченности при условии сохранения земель в благополучном мелиоративном состоянии.

Интенсивно развивающееся животноводство ставит задачу резкого увеличения кормов и повышения их качества. Увеличение производства кормов предусматривается проводить путем дальнейшей интенсификации кормопроизводства.

В настоящее время в полевом кормопроизводстве в Северном Казахстане возделываются однолетние и многолетние травы, кукуруза на силос, а также зерно-бобовые смеси.

Большие перспективы в укреплении кормовой базы открываются в связи с размещением посевов кормовых культур на орошаемых землях. В настоящее время урожай их еще не высок и не исчерпывают всех возможностей орошаемого земледелия.

Одной из причин такого положения является отсутствие научно обоснованных рекомендаций по приемам орошения культур кормового севооборота. В повышении эффективности орошаемых земель, используемых под посевы кормовых культур, большая роль отводится правильному режиму орошения.

Режим орошения кукурузы. Возделывание кукурузы на орошаемых землях обеспечивает самый высокий выход кормовых единиц с гектара. Исследования показали, что в средний по влагообеспеченности год для получения урожая силосной массы кукурузы по 400 ц/га необходимо в течение вегетационного периода провести 4 полива. Норма полива 300...600 м³/га. Максимальные периоды составляют II...24 дня (табл.3).

Таблица 3

Режим орошения кукурузы на силос

Зоны, почвы	K _y	% обеспеченности года	Оросительная норма, м ³ /га	Число поливов	Поливная норма, м ³ /га	Ориентировочная дата полива	
						первого	последнего
Умеренно-засушливая степь, черноземы обыкновенные	0,50	50	1450	4	300...450	2.06	29.07
	0,45	75	2100	5	300...450	1.06	4.08
		95	3100	6	300...450	21.05	9.08
Засушливая степь, темнокаштановые	0,40	50	1700	4	350...550	2.06	29.07
	0,35	75	2250	5	350...550	1.06	8.08
		95	3450	6	350...550	22.05	11.08
Сухая степь, каштановые	0,35	50	2250	4	400...600	3.06	30.07
	0,30	75	2750	5	400...600	30.05	10.08
		95	3750	6	400...600	22.05	11.08

При установлении величины поливной нормы расчетная глубина увлажнения в начале вегетации должна составлять 40...50 см, а затем — 60...70 см.

Режим орошения люцерны. Оптимальным режимом орошения люцерны I и 2 года жизни является режим, поддерживающий предполивной порог влажности не ниже 70...75% от НВ. Начало поливов на люцерне I года жизни приходится на время появления 3...4 тройчатых листочков, на люцерне 2 года пользования — во время отрастания.

Для поддержания оптимального режима орошения в различных зо-

нах, требуется проведение от 4 до 6 вегетационных поливов, нормами от 350...600 м³/га (табл.4) в зависимости от типов почв и глубины увлажнения.

Таблица 4
Режим орошения люцерны (для среднего года)

Почвы	K _y	Оросительная норма, м ³ /га	Число поливов	Поливная норма, м ³ /га	Распределение поливов по периодам вегетации
Черноземы обыкновенные, тяжелосуглинистые	0,50...0,45	2000	4...5	350...400	I полив во время ветвления, последующие после каждого укоса
Темнокаштановые среднесуглинистые	0,45...0,35	2500	5...6	400...500	I полив во время ветвления, II в начале бутонизации, последующие после каждого укоса
Каштановые, легкосуглинистые, супесчаные	0,35...0,30	3000	6	500...600	I полив во время отращивания, II в период ветвления, последующие после каждого укоса

В зависимости от водообеспеченности года оросительные нормы в Северо-Казахстанской области составляют: 2000 м³/га в год при 50% обеспеченности, 2550 м³/га при 75%, 3650 м³/га при 95%. В Целиноградской соответственно 2500...3600...4750 м³/га, в Павлодарской - 3000...3900...5050 м³/га.

Режим орошения зерно-бобовых смесей. Оптимальной влажностью почвы на посевах ячменя и гороха является влажность, соответствующая 70...80% НВ. Для поддержания оптимальных условий во время вегетации необходимо проведение 3...7 вегетационных поливов нормами 350...600 м³/га в зависимости от обеспеченности года и природно-климатических условий (табл.5).

Зерно-бобовые смеси очень отзывчивы на орошение. Проведение одного вегетационного полива обеспечивает получение прибавки уро-

Таблица 5

Режим орошения зерно-бобовой смеси

Зоны, почвы	K _y	% обеспеченности	Оросительная норма, м ³ /га	Число поливов	Поливная норма, м ³ /га
Умеренно-засушливая степь, черноземы тяжелосуглинистые	0,50...0,45	50	1300	3	350...450
		75	2000	5	350...450
		95	2800	7	350...450
Засушливая степь, темнокаштановые среднесуглинистые	0,45...0,40	50	1600	4	350...500
		75	2100	5	350...500
		95	3000	7	350...500
Сухая степь, каштановые супесчаные	0,35...0,30	50	2100	4	400...600
		75	2600	5	400...600
		95	3300	6	400...600

жая сена 7,1 ц/га, двух поливов - 12,4 ц/га. Соблюдение рекомендованного режима орошения позволяет получать более 300 ц/га зеленой массы. Расчетная глубина увлажнения составляет 30...50 см и позволяет удерживать влажность основного корнеобитаемого слоя в благоприятных условиях.

ВЫВОДЫ

1. Природно-климатические условия территории Северного Казахстана отличаются неустойчивостью выпадения атмосферных осадков как по годам, так и сезонам года. Исследованиями установлено, что развитие сельскохозяйственных культур проходит в условиях недостатка почвенной влаги, продолжающейся в течении 24...90 дней в зависимости от погодных условий.

2. Переброска части стока сибирских рек в южные районы страны существенно повысит водообеспеченность степной зоны Северного Казахстана, а применение орошения позволит стабильно получать урожаи товарного зерна 30...40 ц/га; зеленой массы кормовых культур свыше 300...400 ц/га и 70...80 ц/га сена многолетних трав.

3. Проведенные локальные исследования по изучению влияния орошения на солевой режим почвогрунтов позволяют предположить, что почвенно-мелиоративные условия Северного Казахстана в целом

не ограничивают применение орошения на зерновых культурах. Однако переход к орошаемому земледелию требует строгого соблюдения разработанных режимов орошения, исключающих глубокое промачивание почвогрунтов и потерь на глубинную фильтрацию. При этом глубина увлажнения должна рассчитываться на промачивание активного слоя почвы и составлять не более 0,5...0,6 м.

4. Результаты статистической обработки совокупности факторов установленного режима орошения зерновых культур позволили установить зависимость между продуктивностью и эвапотранспирацией яровой пшеницы, что позволяет прогнозировать урожайность при различных уровнях влагообеспеченности при условии сохранения земель в благополучном мелиоративном состоянии.

А.Г. Рау
кандидат сельскохозяйственных наук
(КазНИИВХ)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РИСОВОЙ СИСТЕМЫ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ВЫСОКОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Как известно, в основу проектирования рисовых систем положен метод баланса объема земляных работ при проведении кулисной планировки, делении севооборотных полей на поливные карты и чеки, устройстве чековых валиков и полевых дорог, оросительной и дренажно-сбросной сети /1/. Учитываются также условия пропуска по каналам форсированного расхода и командования уровнями вод. При этом совершенно не учитываются скорость и периоды наполнения чеков, глубина воды и длительность поддержания слоя, гидростатическое давление и кинематическая структура подземных и грунтовых вод, оказывающие существенное влияние на величину инфильтрации воды с затопленных рисовых чеков, от которой зависят водно-солевой, пищевой, газовый и температурный режимы почв и воды рисовых чеков, урожай риса и оросительная норма.

Многолетними исследованиями, выполненными на Кзылкумской рисовой системе, установлено, что величина инфильтрации воды с рисовых чеков существенным образом изменяется во времени и не является постоянной. Максимальная величина фильтрации (10...25 мм/сут) приходится на период первоначального затопления рисовых чеков, когда идет процесс насыщения почвогрунтов и подъем

купола грунтовых вод, минимальная (2...5 мм/сут) – в конце поливного периода.

В первое время фильтрация воды с рисовых чеков не оказывает заметного влияния на подземный поток и относится к свободной фильтрации из чека. В дальнейшем, когда фильтрационные воды достигнут грунтовые, образуется бугор грунтовых вод с общим потоком фильтрационных и грунтовых вод. Фильтрующаяся из чека вода отжимает в стороны естественный подземный поток. При этом в зависимости от высотного положения чека и действия дренажа отмечается несколько типов течений подземного потока:

- из чека происходит свободная фильтрация (это высокие, хорошо дренируемые чеки), под чеком образуется бугор грунтовых вод, но поверхность грунтовых вод остается ниже поверхности земли в течение всего поливного периода;

- из чека происходит фильтрация с подпором, поверхность чека совпадает с уровнем грунтовых вод;

- из чека происходит фильтрация с подпором, поверхность чека частично вскрывает уровень грунтовых вод. В этом случае в той части площади чека, где грунтовые воды выше поверхности земли, происходит их выклинивание, а в другой части площади, где грунтовые воды не выходят на поверхность земли, – фильтрация из чека;

- уровень грунтовых вод расположен выше поверхности земли чека. Здесь грунтовые воды выклиниваются в рисовый чек и питают его.

В зависимости от гидростатического давления и кинематической структуры подземных и грунтовых вод, при наличии первого типа течений подземного потока инфильтрация с рисовых чеков составляет 14...20 мм/сут, второго – 3...8, третьего – 0...3, четвертого – минус 2...3 мм/сут. Первый тип течений подземного потока вызывает перерасход поливной воды, вынос с фильтрационными водами питательных элементов из почвенного слоя, третий и четвертый – вызывают засоление и заболачивание почв рисовых полей. Рациональным типом течений подземного потока является второй тип: он создает благоприятные условия для прохождения окислительно-восстановительных процессов; оптимальный водно-солевой, пищевой, газовый и температурный режимы почв в корнеобитаемой зоне. Поэтому рисовые системы должны проектироваться на создание второго типа течений подземного потока, который зависит не

только от свойств почвогрунта, но и от планового расположения оросительных и дренажно-сбросных каналов, площади и террасности чеков, параметров и типа дренажа.

При рассмотрении инфильтрации и режима наполнения чека водой можно выделить следующие пять периодов.

В первый период ($0 < t < t_1$) поток растекается по чеку, заполняются пониженные места (микронивелирования) и промачиваются грунты в местах обводнения. Этот период продолжается до тех пор, пока не покроется водой вся площадь чека. На фронте промачивания сначала действует капиллярный вакуум $h_k(t)$, меньший его максимальной величины H_k .

Во второй период ($t_1 < t < t_2$) чек наполняется, и грунты промачиваются при наличии воды во всем чеке. При этом уровень воды в чеке повышается до 10 см, а на фронте промачивания чаще всего действует полный капиллярный вакуум H_k . Этот период продолжается до тех пор, пока чек не наполнится до заданной отметки.

В третий период ($t_2 < t < t_3$) уровень воды в чеке поддерживается постоянным слоем глубиной от 5 до 15 см.

В четвертый период ($t_3 < t < t_4$) уровень воды в чеке понижается за счет фильтрации и испарения. Этот период продолжается до тех пор, пока уровень воды не понизится до нуля.

В пятый период ($t_4 < t < t_5$) вода отсутствует в рисовом чеке. В этот период происходит интенсивное снижение уровня грунтовых вод и уборка риса.

На рис. I приведен график изменения глубины наполнения, расхода водоподачи и фильтрационных потерь в различные периоды действия чека.

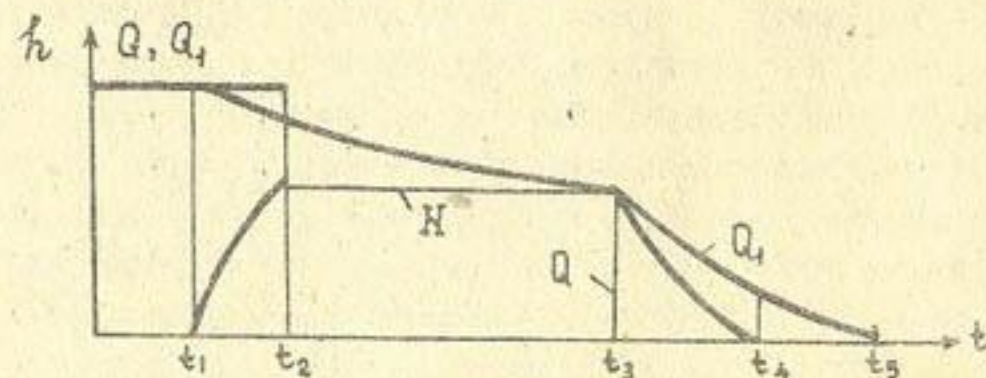


Рис. I. Режим изменения глубины h , расхода водоподачи Q и фильтрационных потерь Q_1 в различные периоды действия чека.

Первый период, при котором наполнение чека еще не началось, обычно длится несколько часов. Фронт промачивания не успевает достигнуть уровня грунтовых вод. Все последующие периоды более длительны (до нескольких суток). Контакт фильтрационных и грунтовых вод чаще всего происходит во втором периоде, когда чек наполняется, или в третьем, когда он уже наполнен водой и в нем поддерживается постоянный уровень.

В соответствии с этим фильтрация с подпором начинается в третьем, а иногда и во втором периоде затопления рисовых чеков.

При расчете наполнения чека принимаем, что расход водоподачи Q и потери на испарение ε ; ω (ε — интенсивность испарения, ω — площадь чека) постоянны во времени, т.е.

$$Q = Q - \varepsilon \omega = \text{const}$$

Если в процессе наполнения изменяется расход Q , то расчет надо вести по интервалам, в течение которых Q можно считать постоянным.

Для расчета наполнения чека надо рассматривать уравнение баланса воды

$$\frac{dW}{dt} = Q - Q_n, \quad (I)$$

где $W = \omega_0 h$; $Q_n = \Pi \frac{d}{dt} (W_n)$, $W_n = \iint_{\omega_0} H dx dy$ (2)

Здесь W — объем наполнения чека; ω_0 — площадь чека; h — глубина наполнения; $Q = Q_0 - \varepsilon \omega_0$ — расход водоподачи в чек с учетом потерь на испарение; Q_n — потери на впитывание (фильтрацию) воды в грунты; Π — пористость; H — глубина промачивания; W_n — объем тела промачивания.

Расчет следует вести по интервалам времени, в течение которых можно осреднять водоподачу, потери на испарение и фильтрацию.

Уравнение движения фронта промачивания грунтов и уравнение сохранения массы воды имеют следующий вид:

$$n \frac{dH}{dt} = K \frac{h + H + H_k}{H}; \quad h = nH = qt; \quad q = q_0 - \varepsilon \quad (3)$$

где n — дефицит насыщения грунта;
 K — коэффициент фильтрации;
 H_k — высота капиллярного вакуума;

q_0 - удельный расход воды, подаваемой в чек;

ε - интенсивность испарения на единицу площади чека.

Фильтрация воды с рисовых чеков без подпора приходится на период первоначального затопления чеков ($0 < t < t_1$). Так как расход водоподачи в этот период большой, то считаем, что в течение некоторого промежутка времени поток растекается без фильтрационных потерь.

$$\frac{dW}{dt} = Q, \quad W = Qt. \quad (4)$$

Время заполнения микропонижений

$$t_1' = \frac{W_k}{Q}, \quad W_k = \omega_0' h', \quad (5)$$

где W_k - емкость микропонижений;
 ω_0' - площадь микропонижений;
 h' - слой воды в микропонижениях.

После затопления микропонижений поток продолжает растекаться по площади чека. В этот период изменение глубины по затопленной части площади чека незначительное и можно принять, что $h = h_p = \text{const}$. Фильтрационные потери по площади растекания составят:

$$Q = \frac{d\omega_0}{dt} (h_p + n H_p). \quad (6)$$

Отсюда площадь растекания:

$$\omega_0 = \frac{Q(t-t_1) + \omega_1 h_p}{h_p + n H_p} = \frac{Q_1}{h_p + n H_p}, \quad (7)$$

где ω_1 - площадь микропонижений (обычно принимается равной 10% от площади чека);
 h_p и H - средние глубины наполнения и промачивания грунтов;
 n - пористость грунтов.

Средняя глубина промачивания грунтов равна $H_p = \beta H_0$,

где H_0 - максимальная глубина промачивания;
 β - коэффициент, характеризующий конфигурацию площади растекания потока, принимается равным 0,33-0,5.

Максимальная глубина промачивания равна $H_0 = \alpha_0 (h_0 + H_k)$,

здесь h_0 - глубина микропонижений;
 H_k - высота капиллярного вакуума;
 α_0 - коэффициент, зависящий от свойств почвогрунта и продолжительности стояния воды в микропонижениях.

$$\alpha_0 = \frac{K(t-t_1')}{n(h_0 + H_k)}. \quad (8)$$

Продолжительность первого периода - растекание воды по площади чека и полное покрытие его поверхности водой - определяем по формуле:

$$t_1 = \frac{\omega(h_p + n H_p)}{Q}. \quad (9)$$

В случае $\omega \geq \frac{Q}{K}$ полное покрытие поверхности чека водой произойдет во время стадии фильтрации с подпором, т.е. после того, как фильтрационные воды достигнут зеркала грунтовых вод. Тогда время первого периода равно:

$$t_1 = \frac{\omega(h_p + n m)}{Q}, \quad (10)$$

где m - мощность грунтов зоны аэрации.

Второй период ($t_1 < t < t_2$) характеризуется временем наполнения чека водой до требуемой глубины. В конце второго периода глубина промачивания принимается равной зоне аэрации, глубина воды в чеке - расчетному слою затопления h .

Фильтрационные потери во втором периоде определяются:

$$q = \frac{K(h_0 + m + H_k)}{m}. \quad (11)$$

Длительность наполнения чека водой до требуемой глубины находим по формуле:

$$t_2 = \frac{h_0 + n m}{q}, \quad (12)$$

где q - расход воды, подаваемой в чек на единицу площади.

Третий период ($t_2 < t < t_3$) соответствует периоду поддержания слоя воды на рисовом чеке. Значение t_3 определяем из соотношения

$$t_3 = t_2 + \Delta t,$$

где Δt - время действия чека при постоянном слое воды.

Фильтрационные потери определяются так же, как во втором периоде.

После первоначального затопления рисового чека и завершения первой стадии свободной фильтрации воды в почвогрунт начинается вторая стадия - фильтрация с подпором, в течение которой

постоянно поддерживается слой воды на рисовом чеке, и фильтрационный и грунтовый поток объединяются и взаимодействуют друг с другом. Во второй стадии потери воды на фильтрацию определяются решением задачи неустановившейся фильтрации с подпором при граничном условии специального типа, учитывающем аккумуляцию воды в рисовом чеке. Граничное условие должно учитывать баланс воды в рисовом чеке.

$$Q - Q_{\text{ф}} - Q_{\text{и}} - Q_{\text{с}} = Q_{\text{а}}, \quad (13)$$

где Q - расход подачи воды в чек;
 $Q_{\text{ф}}$ - фильтрационный расход;
 $Q_{\text{и}}$ - расход воды на испарение;
 $Q_{\text{с}}$ - сброс воды с рисового чека;
 $Q_{\text{а}}$ - интенсивность накопления или сработки слоя воды в чеке.

Решение задач неустановившейся фильтрации с чека можно выполнить, используя дифференциальное уравнение Бусенеска [2]:

$$a \left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\Gamma}{z} \cdot \frac{\partial u}{\partial z} \right) = \frac{\partial u}{\partial t}, \quad (14)$$

где u - потенциал фильтрационного движения со свободной поверхностью, равный напору грунтового потока h при первом способе линеаризации и $0,5 h^2$ - при втором способе линеаризации;
 z - пространственная координата;
 Γ - постоянная форма (для линейных задач $z = X$; $\Gamma = 0$, для осесимметричных $z = r$; $\Gamma = 1$);
 t - время;
 $a = \frac{k h_s}{\mu}$ - коэффициент пьезопроводности;
 k - коэффициент фильтрации;
 μ - водоотдача;
 h_s - средняя глубина потока грунтовых вод.

В плане рисовый чек имеет прямоугольное очертание с соотношением сторон от 1:1 до 2:1. При фильтрационных расчетах такой рисовый чек можно рассматривать как чек круглой формы, с приведенным радиусом $z_0 = \sqrt{\omega/\pi}$, где ω - площадь чека. Тогда расчет неустановившейся фильтрации с чека по уравнению Бусенеска может быть рассмотрен как задача осесимметричная, определяемая дифференциальным уравнением:

$$a \left(\frac{\partial^2 h}{\partial z^2} + \frac{1}{z} \cdot \frac{\partial h}{\partial z} \right) = \frac{\partial h}{\partial t}, \quad (15)$$

и краевыми условиями:

$$h(z, 0) = H_0 \quad \text{при} \quad z \leq z_0, \quad (16)$$

$$h(z, 0) = h_e \quad \text{при} \quad z > z_0,$$

$$2\pi k h_s z_0 \frac{\partial h(z_0, t)}{\partial z} + Q = \pi z_0 = \frac{\partial h(z_0, t)}{\partial t}, \quad (17)$$

$$h(\infty, t) = h_e. \quad (18)$$

Начальное условие (15) позволяет учесть разрыв уровней в пласте и в чеке, вызванный переходом от стадии свободной фильтрации к фильтрации с подпором. Граничное условие (16) является уравнением баланса расходов и подачи воды в чек, фильтрации, испарения и сброса из него, и аккумуляции или сработки.

Задаче, определяемой системой уравнений (15)...(18), посвящено довольно много исследований. Граничное условие в форме (17) при $Q = 0$ впервые было использовано И.А.Чарным [3] для расчета восстановления уровня в скважине после прекращения ее работы с постоянным дебитом. Позднее эта задача исследовалась при $Q = \text{const}$ с дополнительным ее осложнением в виде включения перетока из напорного водоносного горизонта через слабопроницаемый водоупор [4]. К условиям фильтрации из прудов, водоемов и водохранилищ эта задача применена в работах [5, 6, 7]. Для рисовых систем решение этой задачи приводит к зависимости распределения напоров в пласте на любой момент времени:

$$h(z, t) - h_e = (H_0 - h_e) J_1(\mu, \bar{z}, \tau) + \bar{Q} J_2(\mu, \bar{z}, \tau), \quad (19)$$

где H_0 - расстояние от водоупора до горизонта воды в чеке;

h_e - мощность грунтового потока, расстояние от уровня грунтовых вод до водоупора;

$$\tau = at/z_0^2, \quad \bar{z} = z/z_0, \quad \bar{Q} = Q/\pi a,$$

Выражение (19) является чрезвычайно сложным для практического применения. В условиях подпора, когда разрыв уровней в почвогрунтах и воды в чеке отсутствует, $H_0 = h_e$, величина инфильт-

рационного расхода асимптотически приближается к следующей величине:

$$y_{\text{инф}} = Q(1 - J), \quad (20)$$

где J — функция, определенная из уравнения Бусенеско, равная

$$J = 1 - 2M [1,12T^2 - (2M - 0,5)T + 0,752(4M^2 - 2M - 0,12)T^2] \quad (21)$$

Опытно-экспериментальные данные по инфильтрации воды с рисовых чеков и расчетные по формуле (20) приведены на рис. 2. Отклонение опытных данных от расчетных не превышает 5 процентов.

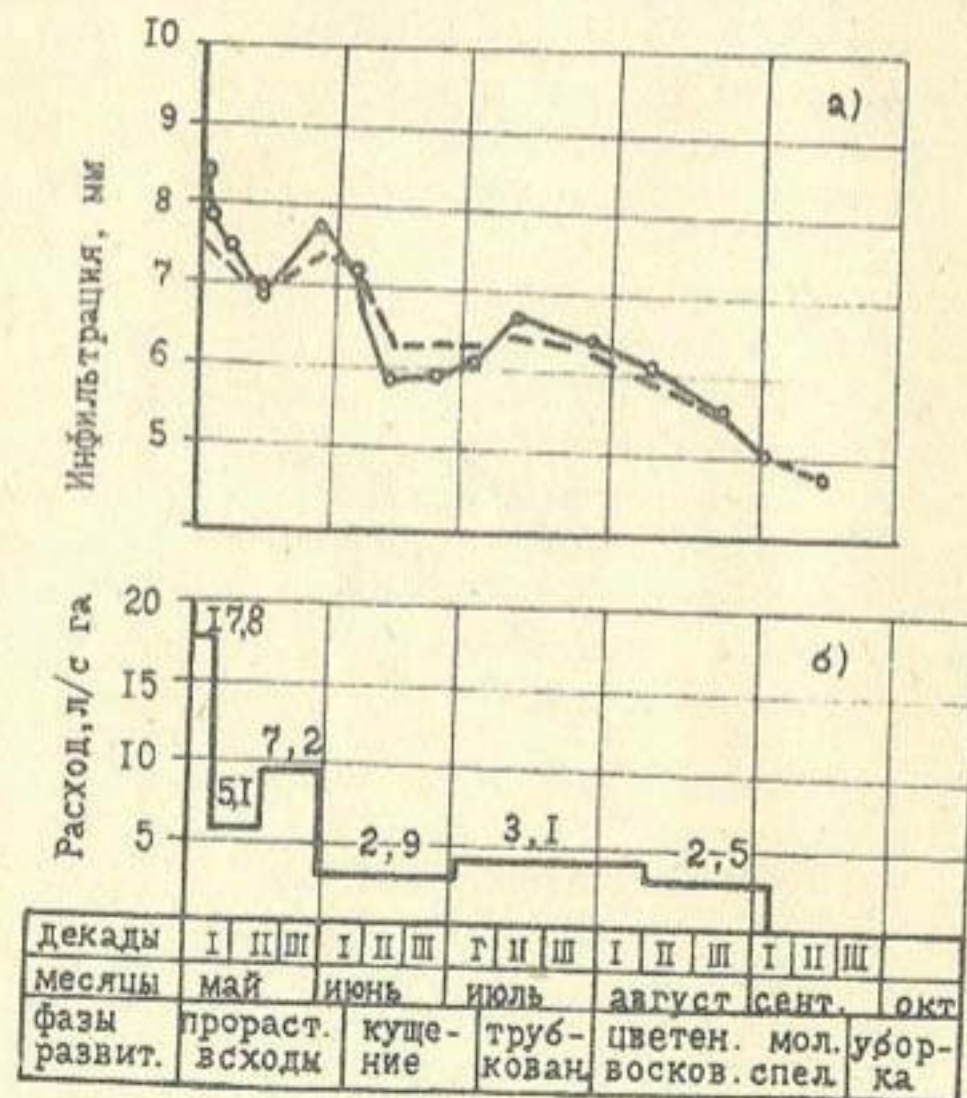


Рис. 2. Гидромуль водоподачи (б) и инфильтрация воды из чеков (а), — — — — — расчетные по формуле (20), — — — — — опытные по данным эксперимента.

Следовательно, расчеты по зависимостям (2, 3, 11, 20, 21) позволяют, с учетом почвенно-гидрогеологических особенностей массива орошения, установить площадь чека, расход воды и скорость наполнения их, величину инфильтрационного питания грунтовых и подземных вод, объем дренажного стока, а с учетом затрат на проведение кулисной планировки, устройство полевых дорог, оросительной и дренажно-сбросной сети, гидротехнических сооружений, эксплуатационных затрат и требования по валовому сбору растениеводческой продукции, — определить минимум приведенных строительно-эксплуатационных затрат при проектировании и строительстве рисовых систем. Вся эта вычислительная процедура выполняется на ЭВМ при постановке оптимизационной задачи, по ниже приведенной математической модели.

Лучшим считается вариант проекта, обеспечивающий минимум приведенных строительно-эксплуатационных затрат при производстве на рисовой системе необходимой продукции. Приведенные затраты определяются как $C_i + E_n K_i$, или $T C_i + K_i$, где

K — капитальные вложения по i — варианту;
 C_i — себестоимость по i — варианту;
 E_n — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений; $T = 1/E_n$.

Удельные приведенные строительно-эксплуатационные затраты при производстве одного центнера основной продукции риса определяются как

$$R = \frac{\sum_{q=1}^N (Kq + T Cq)}{T \sum_{q=1}^N Bq}, \quad (22)$$

где N — число чеков на поле;

Kq — капитальные затраты на строительство чека, которые складываются из затрат на проведение кулисной планировки, на перевозку грунта при проведении планировки, на устройство чековых валиков, полевых дорог, на строительство картового и участкового дренажа, оросительной сети и гидротехнических сооружений;

Cq — эксплуатационные затраты на чеке, зависящие от площади чека, минерализации поливной воды, степени засоления почв и грунтовых вод, величины инфильтрации воды из чека и определяются из уравнения (23):

$$C_q = a_z [1 - b_z (P_q - \bar{P})] \cdot M_z \cdot S_z \cdot \gamma_z, \quad (23)$$

где

a_z - эксплуатационные затраты на 1 га базового чека, при минерализации поливной воды 1,3 г/л, степени засоления почв до 0,15%, грунтовых вод до 5 г/л, инфильтрации воды из чека 3 мм/сут;

b_z, M_z, S_z, γ_z - коэффициенты изменения затрат на эксплуатацию, когда площадь чека изменяется на 0,1 га, минерализация поливной воды - на 0,1 г/л, степень засоления почв и грунтовых вод на 0,1%, инфильтрация воды из чека на 0,5 мм/сут;

$\bar{P}$ - площадь чека, принятая за базовую, равна 2,0 га;

P_q - фактическая площадь оцениваемого чека.

B_q - валовый сбор риса с чека, зависит от площади чека, минерализации поливной воды, степени засоления почв, величины инфильтрации воды из чека, доли участия риса в севообороте и определяется из уравнения (24).

$$B_q = a_y [1 - b_y (P_q - \bar{P})] \cdot M_y \cdot S_y \cdot \gamma_y \cdot \sigma_y, \quad (24)$$

где

a_y - урожайность риса при оптимальных условиях, когда площадь чека равна 2,0 га, минерализация поливной воды 1,3 г/л, инфильтрация - 3 мм/сут, участие риса в севообороте - 57,5;

$b_y, M_y, \gamma_y, \sigma_y$ - коэффициенты изменения урожайности риса при изменении соответственно от оптимальных величин площади чека - на 0,1 га, минерализации поливной воды - на 0,1 г/л, инфильтрации - на 0,5 мм/сут, доли участия риса в севообороте - на 5%.

Алгоритм оптимального деления рисового поля на карты, чеки, предложенный в работе /1/, рассчитан на использование любых аддитивных целевых функций. Зависимость (22) не является аддитивной. Для обеспечения возможности применения указанного алгоритма оптимизации необходимо преобразовать зависимость (22) в аддитивную целевую функцию, для чего уравнение (24) после преобразования запишем в виде:

$$T \sum_{q=1}^N B_q = T \sum_{q=1}^N a_y [1 - b_y (P_q - \bar{P})] \cdot M_y \cdot S_y \cdot \gamma_y \cdot \sigma_y = T \cdot a_y \cdot M_y \cdot S_y \cdot \gamma_y \cdot \sigma_y \left[\sum_{q=1}^N P_q - \sum_{q=1}^N P_q \cdot b_y (P_q - \bar{P}) \right].$$

Обозначим $W = T \cdot a_y \cdot M_y \cdot S_y \cdot \gamma_y \cdot \sigma_y$, после преобразования получим:

$$T \sum_{q=1}^N B_q = D [1 + \ell(N)], \quad (25)$$

где $D = W P_q (1 + b_y \cdot \bar{P} - W b_y)$; $\ell(N) = \left(\frac{b}{D} \sum_{q=1}^N P_q + \frac{a}{D} N \right)$,

где D, b, a - коэффициенты урожайности риса, зависящие от площади чека, минерализации поливной воды, степени засоления почв и грунтовых вод, величины инфильтрации и участия риса в севообороте.

Подставив значение (25) в выражение (22), получим целевую функцию вида:

$$R = \frac{\sum_{q=1}^N (K_q + T C_q)}{D [1 + \ell(N)]} = \frac{\sum_{q=1}^N (K_q + T C_q)}{D} [1 - \ell(N)] = \frac{1}{D} \left[\sum_{q=1}^N (K_q + T C_q) - \left(\frac{b}{D} \sum_{q=1}^N P_q + \frac{a}{D} N \right) \sum_{q=1}^N (K_q + T C_q) \right] \rightarrow \min \quad (26)$$

Функция (26) аддитивна и процесс оптимизации можно строить в соответствии с методикой, предложенной М.И. Коробочкиным /1/.

Для определения минимума приведенных затрат и для создания оптимальных условий внешней среды, скорости наполнения чеков и глубины воды в них, величины инфильтрации из рисового чека и объема дренажного стока, способствующих получению максимального урожая риса с единицы площади и обеспечению высокого плодородия почв, на функцию (26) накладываются следующие ограничения:

1. На размер чека: $L' \leq (y_{q+1} - y_q) \leq L''$ (27)

2. На баланс объемов земляных работ по каждому чеку:

$$V'(y_q, y_{q+1}) = \tau V + (y_q, y_{q+1}) \quad \tau' < \tau \leq \tau'' \quad (28)$$

3. На превышения между смежными чеками:

$$Z(y_q, y_{q+1}) - Z(y_{q+1}, y_{q+2}) \leq \Delta Z \quad (29)$$

4. На деление карты без разрывов и перекрытий:

$$\sum_{q=1}^N (y_{q+1} - y_q) = n \quad (30)$$

5. На время первоначального периода затопления рисового чека:

$$t' \leq t = \frac{\omega(h_p + n H_p)}{Q} \leq t'' \quad (31)$$

6. На инфильтрацию воды из рисового чека:

$$\varphi' \leq Q(1-J) \leq \varphi'' \quad (32)$$

7. На объем дренажного стока:

$$Q'_q \leq [P' + Q(1-J) + \gamma Q - 0] \sum_{q=1}^N (y_q, y_{q+1}) \leq H_r \quad (33)$$

где y_q, y_{q+1} - ординаты верхней и нижней границ q -го чека в плане;

$y_q = 0$
 $y_{q+1} = N$
 $C(y_q, y_{q+1})$ - затраты на сооружения q -го чека при оптимальном делении поливной карты на чеки, с обеспечением инфильтрации в пределах 2...4 мм/сут в период полива риса и уровня грунтовых вод 2,0...2,5 м во вневегетационный период;

L', L'' - минимальная и максимальная допустимая ширина чека;

φ', φ'' - то же инфильтрации;

τ', τ'' - то же отношение объема срезов к объему насыпей;

t', t'' - то же время затопления чеков водой;

N - число чеков;

ΔZ - допустимое превышение смежных чеков;

Q' - объем дренажного стока;

H_r - допустимый объем сработки грунтовых вод;

0 - отток грунтовых вод;

γ - доля питания грунтовых вод от оросительной сети;

$Q(1-J)$ - инфильтрация;

Q - гидромодуль водоподдачи;

P' - приток грунтовых вод.

В соответствии с принципом оптимальности Беллмана /8/ оптимальное деление рисового поля на карты, чеки должно быть таким, что каково бы ни было начальное состояние и решение в начальный момент, последующие решения должны составлять оптимальное деление относительно состояния, получающегося в результате первого решения.

Для сформулированной задачи (26... (33) принцип оптимальности /8/ можно реализовать с помощью следующего функционального уравнения

$$R(y_{N+1}) = \min [C(y_N, y_{N+1}) + R(y_N)] \quad (34)$$

$$y_{N+1} - L'' < y_N \leq y_{N+1} - L',$$

где $C(y_N, y_{N+1})$ - минимальные затраты на создание последнего чека рассматриваемой части карты, равные

$$C(y_N, y_{N+1}) = \frac{1}{2} (K_N + TC_N) [1 - (\frac{b}{2} p_N + \frac{d}{2})] \quad (35)$$

где $R(y_N)$ - затраты на строительство части карты от y_1 до y_N при оптимальном делении поля на карты и чеки;

$R(y_{N+1})$ - то же от y_1 до y_{N+1} .

При таком подходе задача оптимального проектирования рисовых систем учитывает не только минимум приведенных затрат на строительство системы, но и обеспечение максимума жизнеобеспечивающих факторов растениям риса, создание высокого плодородия почв. Недооценка последних двух ограничений в системе уравнений (26...33) часто приводит к значительным затратам на реконструкцию системы, связанную с мелиоративным улучшением земель, которые бывают весьма значительными и часто превосходят первоначальные затраты по строительству системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коробочкин М.И. Оптимальное проектирование рисовых оросительных систем. - Гидротехника и мелиорация, № 9, 1972.
2. Беев Я. и др. Физико-математические основы фильтрации воды. - М.: Мир, 1971.
3. Чарный И.А. Определение некоторых параметров пласта при помощи кривых восстановления забойного давления. - Нефтяное хозяйство, № 3, 1955.
4. Бочев Ф.М., Орадовская А.Е. Гидрогеологическое обновление защиты подземных вод и водозаборов от загрязнения. - М.: Недра, 1972.
5. Васильев С.В., Веригин Н.Н. и др. Методы фильтрационных расчетов гидромелиоративных систем. - М.: Колос, 1970.
6. Веригин Н.Н. О движении грунтовых вод вблизи плотин. - Доклады АН СССР, том. 99, № 6, 1954.

7. Ш е р ж у к о в Б.С. О расчете неустановившегося притока подземных вод в строительные котлованы при открытом водоотливе. - Труды ВОДГЕО, "Инженерная гидрогеология", вып.22, 1969.
8. Б е л л м а н Р. Динамическое программирование. - М.: Наука, 1960.

А.Ф.Мац
кандидат сельскохозяйственных наук

Т.А.Джакишев
начальник ЭВМ

К.А.Бабаев
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИМАНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

Лиманное орошение уже издавна сложилось как способ одноразовой влагозарядки луговых сенокосных угодий тальми водами, паводковым стоком местных водосборов и малых степных рек. Оно осуществляется с целью повышения продуктивности естественных и сенокосных кормовых культур, и при соблюдении рациональных режимов затопления способствует улучшению мелиоративного состояния орошаемого массива.

Рассматривая лиманное орошение как способ увлажнения почвы можно более углубленно подойти к его анализу. Как известно, под способом понимается совокупность технических средств, необходимых для достижения определенной цели, технологических операций, осуществляемых с помощью технических средств, и режимов выполнения этих операций. Технология лиманного орошения предусматривает выполнение следующих основных технологических операций:

- задержание весеннего паводкового стока;
- подведение поливной воды к орошаемому массиву и ее распределение;
- затопление лиманов, поддержание заданного уровня и опорожнение;
- послепаводковые ремонтно-восстановительные работы.

Для осуществления указанных операций необходимо наличие технических средств, таковыми при лиманном орошении являются валы,

дамбы, плотины, оросительные и сбросные каналы, гидротехнические сооружения, дороги, мосты, линии связи и др. Кроме того, в технологических операциях участвуют производственные мощности сельскохозяйственных и водохозяйственных организаций.

Режим выполнения перечисленных технологических операций характеризуется временными температурными, метрическими параметрами, а также критериями оценки качества работ.

Одной из основных причин низкой продуктивности кормовых культур на лиманах чаще всего является отсутствие комплексного выполнения всех необходимых технологических операций и несоответствие их параметров требующимся.

Создание благоприятных условий для роста и развития кормовых культур может быть достигнуто только при оптимальной технике и технологии лиманного орошения. Любое нарушение условия оптимальности при использовании определенных технических средств или при осуществлении технологических операций, а также в режиме их выполнения ведет к снижению качества полива, к потере урожая.

Увлажнение почвы при лиманном орошении происходит в период затопления орошаемого участка и последующего перераспределения впитавшейся в почву влаги. Количество воды, впитавшейся в почву, зависит от ее водопроницаемости и длительности стояния воды. Водопроницаемость почвы является весьма существенным естественным фактором, обуславливающим качество полива; при затоплении по оттаявшей почве она зависит от водно-физических свойств и, как правило, уменьшается со временем. При затоплении по мерзлой почве ее водопроницаемость определяется скоростью оттаивания и зависит от степени промерзания почвогрунтов, температурного режима паводковой воды и водно-физических свойств. Диапазон изменения водопроницаемости почвы на лиманах Казахстана очень широк. Среднесуточная скорость впитывания в зависимости от конкретных условий составляет 1,5...0,001 см/час, поэтому при нормировании лиманного орошения это необходимо учитывать.

Продолжительность стояния воды в пониженных точках лимана T_{SM} складывается из продолжительности добега поливного тока до конца поливного элемента (секции, яруса) T_d , продолжительности подъема уровня T_P , продолжительности поддержания уровня T_{PI} , продолжительности свободного впитывания T_{SVVP} и продолжительности опорожнения T_O . Поэтому продолжительность стояния воды в верхней части секции или яруса T_{SV} находится из уравне-

ния $TSV = TP + TPU + TSVVP$. Норму лиманного орошения MLO целесообразно устанавливать для нижних частей секций, а для верхних — потребный слой впитывания HSV находится из соотношения:

$$HSV = 0,1 \cdot MLO \cdot KNU,$$

где HSV — слой впитывания в верхних частях секций, мм;
 MLO — норма лиманного орошения, м³/га;
 KNU — требуемый коэффициент неравномерности увлажнения.

Продолжительность добегания поливного тока, исходя из условия вынесения расчетной нормы при заданном коэффициенте неравномерности увлажнения, авторами рекомендуется устанавливать по формуле:

$$T_d = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A},$$

где T_d — продолжительность добегания поливного тока, час;
 A, B, C — коэффициенты, которые находятся по формуле:

$$A = ODS \cdot F \cdot (0,07 \cdot KSP + 0,05 \cdot X_1 \cdot KSP^2)$$

$$B = ODS \cdot (10 \cdot HWF \cdot F + X_1 \cdot WF) + F(ODS - 1) \cdot (0,07 \cdot KSR + 0,05 \cdot X_1 \cdot KSR^2)$$

$$C = 10 \cdot TSV \cdot HWF \cdot (ODS - 1) \cdot F$$

В вышеприведенных уравнениях приняты следующие обозначения:

ODS — отношение длительностей стояния воды в верхней и нижней частях секции, т.е. $ODS = \frac{TSV}{TSN}$

F — площадь секции, га;

KSR, KSR^2 — средние скорости впитывания за период добегания поливного тока и опорожнения, см/час;

X_1 — заданное отношение пропускной способности сбросного и водоподающего сооружения;

HWF — средняя глубина в секции в момент затопления всей площади, м;

WF — емкость секции в момент затопления всей площади, тыс.м³.

Удельный расход водоподающего сооружения является весьма важным технологическим элементом и находится из условия затопления площади F со средней глубиной HWF в течение времени T_d по зависимости: $QM = 27,8 \left(0,68 \cdot KSR + \frac{100 \cdot HWF}{T_d} \right)$.

Продолжительность наполнения секции до глубины определяется по формуле:

$$T_{NR} = \frac{27,8 \cdot HWS \cdot 100}{q - 27,8 \cdot 0,7 \cdot KSR1}$$

где T_{NR} — расчетная продолжительность наполнения секции, час;
 HWS — средняя глубина секции при проектном заполнении, м;
 $KSR1$ — средняя скорость впитывания за период T_{NR} , см/час.

Как видно из приведенных математических выкладок, средние глубины, емкости и площади секций, удельные расходы и продолжительности всех периодов затопления, а также средние скорости впитывания взаимно связаны друг с другом. Эти зависимости, как правило, имеют линейную форму, однако в явном виде не выражаются. Для того, чтобы найти T_d , обеспечив согласование этой величины со скоростями впитывания, необходимо использовать метод подбора, при этом основным критерием достижения цели является заданная абсолютная величина различия между предыдущим и последним результатом. Аналогично приходится вычислять и значение T_{NR} . Проведение таких расчетов традиционными методами с применением малой вычислительной техники чрезвычайно трудоемко, поэтому наиболее просто эта задача может быть решена при использовании современных ЭВМ. В этом случае отпадает и необходимость определения параметров уравнения $KSR = f(T)$, так как данные по водопроницаемости можно ввести в память ЭВМ в виде двумерного массива сколь угодно большой длины, а нужные значения соответствующих продолжительностей стояния воды и скоростей впитывания извлекать по специальной циклической подпрограмме.

Анализ показывает, что задача установления величины элементов техники затопления секций лиманов раздельного наполнения не имеет однозначного решения. Каждому сочетанию исходных параметров соответствуют строго определенные величины удельных расходов и продолжительностей затопления, т.е. теоретически на секциях любой площади и глубины можно обеспечить высокое качество увлажнения почв в соответствии с заданными MLO и KNU . Для этого нужно соответственно установить рациональные удельные расходы и продолжительности затопления.

Практически как топографические характеристики секций, так и поливные токи и периоды затопления ограничены определенными значениями, зависящими от организации орошаемого массива, принятой сметы, очередности затопления и гидрологического режима источника орошения. Кроме того, совершенно очевидно, что из всех возможных вариантов рационального (т.е. обеспечивающего заданное качество полива) сочетания технологических параметров лиманного орошения оптимальным может являться лишь одно, а именно то, которое дает минимум приведенных затрат на производство единицы продукции.

Поэтому оптимизация технологических параметров лиманного орошения должна включать технико-экономический анализ эффективности применения большого ряда вариантов сочетаний величин элементов техники затопления.

Очевидно, что в этих условиях на первом этапе целесообразно, прежде всего, решать имитационную задачу математического моделирования процесса затопления секций лиманов раздельного наполнения с применением ЕС-ЭВМ. В этом случае можно, организовав последовательный перебор различных сочетаний средних глубин, емкостей и площадей секций, норм лиманного орошения и коэффициента неравномерности увлажнения, рассчитать соответствующие им технологические параметры, основные из которых в последующем могут быть использованы для более углубленного технико-экономического анализа с целью оптимизации технологии лиманного орошения.

Авторами проведено моделирование процесса затопления лиманов Казахстана для норм лиманного орошения 2000...4500 м³/га с шагом 500 м³/га, коэффициентов неравномерности увлажнения 0,3...0,9 с шагом 0,1, средних глубин затопления 0,1...2,2, с шагом 0,1...0,5 метра, площадей секций 10...1000 га 20 типоразмеров. Варианты моделирования кроме того включают пять групп почв по водопроницаемости и четыре значения отношения пропускной способности сбросных и водоподающих сооружений (параметр XI).

Блок-схема алгоритма программы моделирования приведена на рис. I.

Данный алгоритм относится к универсальным алгоритмам первого типа, связанным с вычислительными и числовыми функциями, и имеет несколько вложенных циклов. Внутренние циклы построены с целью определения методом подбора параметров T_D и T_{NR} . Внешние циклы последовательно осуществляют перебор в заданных преде-

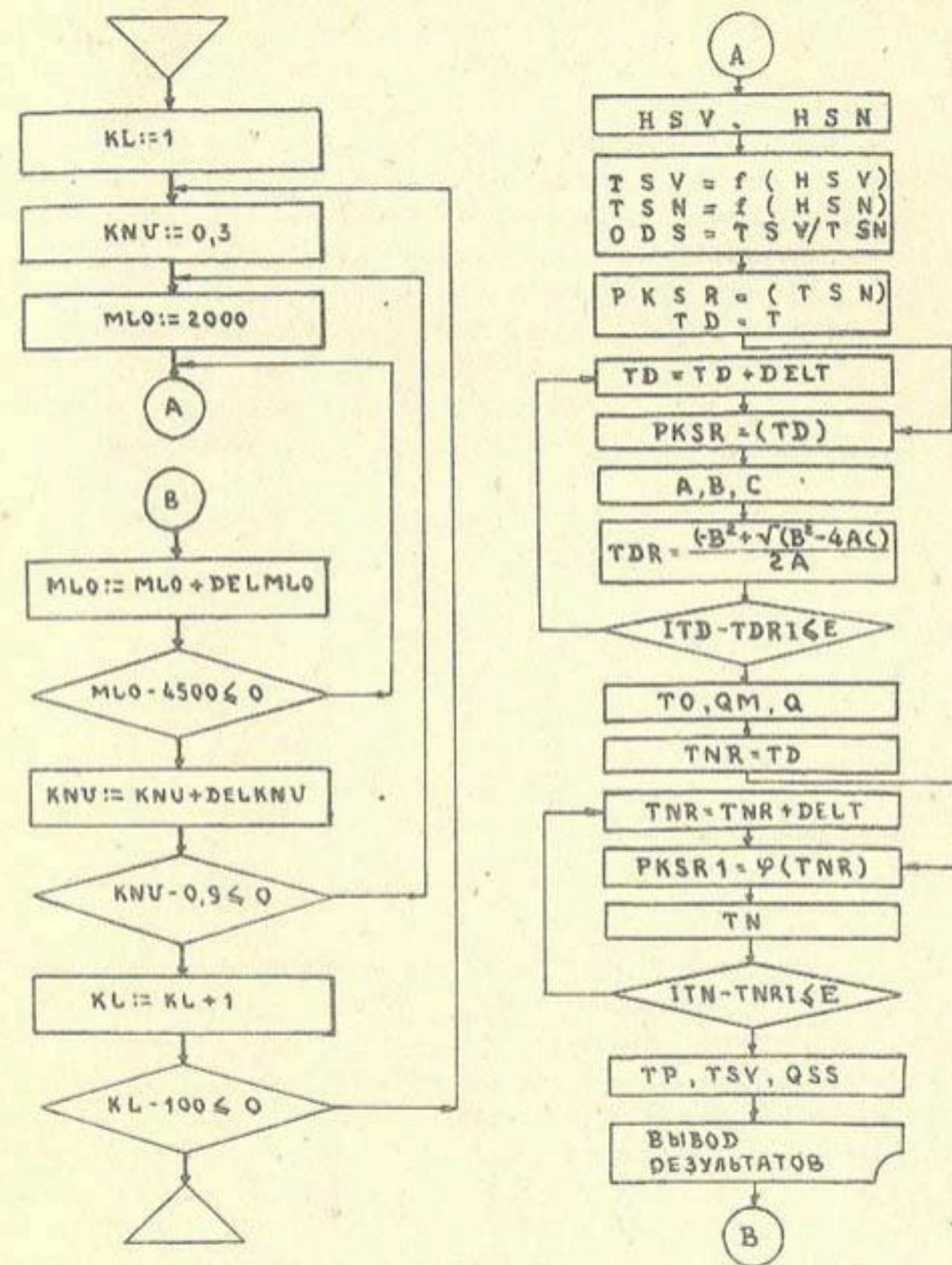


Рис. I. Блок-схема алгоритма моделирования процесса затопления секций лиманов на ЭВМ.

лах и с нужными шагами параметров K_{WU} и M_{L0}, а также классов секций и их параметров. Смена групп почв и параметра XI находится за пределами циклов и осуществляется заменой перфокарт с исходными данными. Выдача результатов моделирования осуществляется на цифропечатающем устройстве в табличной форме.

Анализ результатов моделирования процесса затопления секций лиманов в условиях Казахстана показывает, что их основные технологические параметры весьма существенно зависят от норм лиманного орошения, требуемого качества увлажнения почвы, средней глубины затопления и водопроницаемости почвогрунтов.

В таблице I приведены данные, характеризующие водопроницаемость почвогрунтов в период затопления лиманов. Выделено пять групп почв по степени их водопроницаемости, при этом основным критерием является суммарное впитывание за месячный период.

Таблица I

Характеристика водопроницаемости почвогрунтов
лиманов Казахстана

Продолжительность затопления, в сутках	Суммарное впитывание по группам почв, мм				
	I	2	3	4	5
1	35	47	128	247	350
5	102	127	252	420	597
10	120	167	310	515	742
20	124	205	348	640	930
30	125	240	380	698	1045

В таблице 2 приведены рациональные технологические параметры лиманов со средней глубиной 0,1, 0,4 и 0,7 метра для трёх групп почвогрунтов. Как видно, удельные расходы водоподающих сооружений на лиманах со среднесуглинистыми почвами составляют 4,9...22,9 л/с на га, а на песчаных почвах - 147...317 л/с/га. Потребная продолжительность добега поливного тока составляет соответственно 22,8...539 и 1,97...17,4 часа, а продолжительность наполнения - 44,6...690 и 3,54...22,5 часа. Столь сильная зависимость удельных расходов водоподающих сооружений от водопроницаемости почвогрунтов определяет этот фактор как один из основных при организации рационального лиманного орошения. При этом очень возрастает роль достоверного определения водопроницаемости в период затопления секций лиманов. На величину водопроницаемости в

Таблица 2

Зависимость технологических параметров лиманов Казахстана от водопроницаемости почв при высоком качестве увлажнения

Технологические параметры											
HWF	XI	M _{L0}	K _{WU}	TA	T _{WR}	TP	T ₀	Q _M	TSV	TSN	
почвогрунты 3 группы											
0,10	0,30	2000	0,80	22,8	44,6	21,8	6,8	22,9	42,0	68,6	
0,40	0,30	3500	0,80	279	350	70,6	86,6	6,2	161	497	
0,70	0,30	4500	0,80	539	690	150	171	4,9	571	1238	
почвогрунты 3 группы											
0,10	0,30	2000	0,80	5,7	10,5	4,8	1,7	103	6,9	13,4	
0,40	0,30	3500	0,80	28,1	36,1	7,9	8,8	57,6	36,9	71,2	
0,70	0,30	4500	0,80	61,5	79,5	17,9	9,6	42,2	77,0	153	
почвогрунты 5 группы											
0,10	0,30	2000	0,80	1,97	3,54	1,53	0,57	317	2,37	4,61	
0,40	0,30	3500	0,80	9,2	11,9	2,68	2,9	176	12,8	24,0	
0,70	0,30	4500	0,80	17,4	22,5	5,2	5,5	147	26,4	48,0	

этот период влияют не только водно-физические свойства почв, но и их мерзлотный режим, а также условия оттока грунтовых вод и заполнения воздуха. Поэтому наиболее достоверные данные по водопроницаемости можно получить лишь на крупных затопленных чеках методом водного баланса в условиях, максимально приближающихся к условиям фактической работы лимана. Только результаты таких исследований, положенные в основу математического моделирования, могут дать объективные данные, соответствующие натуре.

Следующими по значимости факторами, определяющими технологию лиманного орошения и, прежде всего, величины потребных удельных расходов водоподающих сооружений, являются нормы полива и средняя глубина затопления.

В таблице 3 приведены значения удельных расходов водоподающих сооружений для лиманов Казахстана при различных величинах средней глубины затопления (параметр $НWF$) и норм лиманного орошения. Как видно, при увеличении средней глубины затопления с 0,1 до 1 метра удельные расходы возрастают в 4...7 раз, а при увеличении норм орошения с 2000 до 4500 м³/га - наоборот, уменьшаются в 8...15 раз.

При средней глубине затопления 2,0 метра и норме лиманного орошения 2000 м³/га потребный для качественного увлажнения почв 3 группы удельный расход составляет 286,5 л/с на га, тогда как при глубине 0,1 метра и норме 4500 м³/га, в этих же условиях, нужен удельный расход всего 1,6 л/с на га. Столь высокая степень изменчивости потребных удельных расходов водоподающих сооружений на лиманах Казахстана убедительно свидетельствует о необходимости учета при проектировании лиманов средней глубины и норм полива.

Немаловажным технологическим параметром лиманов является коэффициент неравномерности увлажнения, который является главным показателем качества увлажнения почвы и непосредственно влияет на урожайность возделываемых кормовых культур.

Как показывают исследования КазНИИВХ, величина коэффициента неравномерности увлажнения, в зависимости от конкретной реализуемой техники затопления лиманов, изменяется в пределах 0,25...0,90. Результаты моделирования процесса затопления лиманов Казахстана показывают на существенную синфазную зависимость потребных удельных расходов от коэффициента неравномерности увлажнения. Для 3, 4, и 5 групп почв относительное увеличение удельного расхода при уменьшении требуемого коэффициента неравномерности увлажнения с

Таблица 3

Зависимость удельных расходов водоподающих сооружений лиманов Казахстана от глубины затопления и норм лиманного орошения

Средняя глубина затопления, $НWF$, м	Параметр XI	Коэффициент неравномерности увлажнения	Группа почв	Удельные расходы при различных нормах лиманного орошения, л/с/га					
				2000	2500	3000	3500	4000	4500
0,10	0,30	0,8	3	22,9	13,9	7,9	2,9	1,8	1,6
0,20	0,30	0,8	3	36,4	21,3	11,5	4,0	2,4	2,1
0,3	0,30	0,8	3	50,2	28,8	15,0	5,1	3,0	2,7
0,4	0,40	0,8	3	64,1	36,4	10,6	6,2	3,6	3,2
0,5	0,30	0,8	3	77,9	43,9	22,2	7,3	4,3	3,8
0,7	0,30	0,8	3	103,7	59,2	29,5	9,5	5,5	4,9
1,0	0,30	0,8	3	147,4	81,9	40,3	12,9	7,4	6,5
1,3	0,30	0,8	3	189,1	104,8	51,3	16,1	9,3	8,2
1,5	0,30	0,8	3	216,9	119,9	58,6	18,3	10,6	9,3
2,0	0,30	0,8	3	286,5	158,0	76,8	23,8	13,7	12,1

0,9 до любого значения характеризуется уравнением $y = 0,5 + 0,1$ при коэффициенте корреляции $\bar{r} = 0,85 \pm 0,03$, т.е. если, например, требуемое значение параметра $K_{\text{лв}}$ составляет 0,6, то удельный расход соответствует $K_{\text{лв}} = 0,6$, можно определить, умножив удельный расход, соответствующий $K_{\text{лв}} = 0,9$, на величину $y = 0,5$
 $0,6 + 0,1 = 0,4$.

ВЫВОДЫ

Предлагаемая методика моделирования процесса затопления лиманов с помощью ЕС-ЭВМ позволяет обоснованно рассчитывать технологические параметры совершенных лиманных систем.

А.А. Джумабеков
 кандидат сельскохозяйственных наук
 Е.Д. Жапаркулова
 младший научный сотрудник
 (КазНИИВХ)

УСТАНОВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ УРАЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

В основных направлениях экономического и социального развития СССР на одиннадцатую пятилетку и на перспективу определено: "по Казахской ССР ввести в эксплуатацию 400...420 тыс. га орошаемых земель". Важная роль в выполнении этой задачи отводится Уральской области, где в текущей пятилетке предусматривается увеличить площадь регулярного орошения от 50 до 120 тыс. га.

Большие перспективы расширения орошаемых земель в этом регионе связаны с намечаемым перераспределением стока северных рек в западные районы Казахстана и его благоприятными климатическими условиями. В Уральской области сумма положительных температур (выше 10°C) составляет 2800...3400 $^{\circ}$, продолжительность безморозного периода - 120...140 дней. Существенным препятствием для сельскохозяйственного производства являются резкая континентальность климата и засушливость, обуславливаемая небольшим количеством выпадающих осадков (180...300 мм/год) и неравномерностью их распределения в вегетационный период. Применение орошения позволяет создавать и регулировать водный режим, при котором создаются

оптимальные условия для роста и развития растений. Однако в настоящее время в Уральской области на орошаемых землях продуктивность сельскохозяйственных культур остается крайне низкой: урожай люцерны на сено составляет 20...30 ц/га, кукурузы на силос - 120...160 ц/га, яровой пшеницы - 12...17 ц/га. Основной причиной получения низких урожаев является отсутствие научно обоснованных рекомендаций по режиму орошения сельскохозяйственных культур.

В связи с этим КазНИИВХ в течение 1981...1983 гг. провел исследования по установлению оптимальных режимов орошения ведущих кормовых культур и их экономической эффективности в условиях Уральской области. Исследования проводились на территории совхоза "Кушумский" Зеленовского района, типичного по почвенно-мелиоративным условиям для всей орошаемой зоны области.

Опытный участок расположен на светло-каштановых почвах, который по механическому составу представлен средними и тяжелыми суглинками. Объемная масса почвогрунтов составляет 1,35...1,60 г/см 3 , удельная - 2,65...2,80 г/см 3 , коэффициент фильтрации с поверхности земли - 0,10...0,14 м/сут, с глубины один метр - 0,20...0,25 м/сут. Грунтовые воды залегают на глубине более 7 м и практически не влияют на режим влажности почвы.

В почвах опытных участков содержание гумуса в пахотном слое колеблется от 0,60 до 1,50%, валового азота - от 0,05 до 0,20%, валового фосфора - от 0,10 до 0,22%. Сумма поглощенных оснований почв изменяется по профилю от 10 до 30 мг-экв на 100 г почвы с преобладанием магния и натрия (4...9%).

В геоморфологическом отношении поверхность территории представляет собой плоскую слабоволнистую и слабодренированную равнину. Характерной особенностью почв Уральской области является то, что содержание солей в верхних горизонтах не превышает 0,4% по плотному остатку, а на глубине 0,8...2,0 м находится солевой пояс, где запасы солей возрастают до 0,6...1,5%.

Вышеуказанные условия требуют конкретного подхода к вопросам орошения в данной зоне. Поэтому орошение здесь должно осуществляться не только с учетом биологических особенностей растений, но и почвенно-мелиоративной обстановки.

На основании оценки природно-климатических и хозяйственных условий, а также основного направления орошаемого земледелия Уральской области (кормопроизводство) нами установлены режимы орошения для люцерны на сено и кукурузы на силос.

Изучение режимов орошения этих культур проводилось по следующим вариантам:

- 1 вариант - поддержание влажности почвы на уровне 60...65% от наименьшей влагоемкости (НВ), контроль;
- 2 вариант - поддержание влажности почвы на уровне 70...75% от НВ;
- 3 вариант - поддержание влажности почвы на уровне 75...80% от НВ.

Площадь опытных участков 0,3...1,0 га, повторность - трехкратная. В опытах высевались районированные сорта люцерны "Уральская синяя", кукурузы - "Краснодарская 1/49". Агротехника возделывания кормовых культур (обработка почвы, дозы и сроки внесения удобрений и т.д.) выполнялись по рекомендациям, принятым для условий Уральской области. Поливы проводились дождевальными установками ДДА-100МА в сроки, когда влажность расчетного слоя опускалась до пределов, установленных схемой опыта.

Критерием оценки эффективности режимов орошения являлись рост и развитие растений, урожайность и экономические показатели.

Наблюдения за режимом орошения люцерны и кукурузы на силос на контрольном варианте показали, что для поддержания влажности почвы на уровне 60...65% от наименьшей влагоемкости необходимо проводить 2...3 вегетационных полива нормой 600...800 м³/га. Первый полив люцерны следует приурочить к фазе кущения, второй - к второму укосу, а у кукурузы соответственно к фазе стеблевания и выметывания.

Следует отметить, что развитие кормовых культур в течение вегетации на этом варианте происходило при дефиците влаги в зоне распространения корневой массы, что отрицательно сказалось на их урожайности. Так, у люцерны первого года жизни за проведенный один укос урожайность составила 22,8 ц/га, люцерны прошлых лет за два укоса - 37,7 ц/га, кукурузы на силос - 155,0 ц/га зеленой массы (табл. I).

В результате проведенных экспериментальных исследований нами установлено, что оптимальным режимом орошения люцерны является режим, поддерживающий порог предполивной влажности на уровне 75...80% НВ. Для поддержания такой влажности почвы в течение вегетации первый полив следует проводить в период появления 3...4 тройчатый листочков. Водопотребление (испарение и транспирация) люцерны в этот период ежедневно составляет 20...35 м³/га, для

Таблица I

Влияние режимов орошения на урожайность кормовых культур (средние данные за 1981...1983 гг.)

Варианты	Количество поливов	Поливная норма, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Межполивной период, сут	Средняя урожайность, ц/га
Люцерна первого года жизни					
1. Поливы при 60...65% от НВ, контроль	2...3	600...700	1400...2000	33...36	22,8
2. Поливы при 70...75% от НВ	4...5	500...700	2600...3100	18...24	40,0
3. Поливы при 75...80% от НВ	5...6	400...600	2500...3000	15...18	43,1
Люцерна 2...3 года жизни					
1. Поливы при 60...65% от НВ, контроль	2...3	600...800	1400...2200	30...34	37,7
2. Поливы при 70...75% от НВ	6...7	600...800	3850...4400	17...20	70,6
3. Поливы при 75...80% от НВ	7...8	500...700	3700...4200	13...17	77,0
Кукуруза на силос					
1. Поливы при 60...65% от НВ, контроль	2...3	600...700	1300...2000	20...26	225,0
2. Поливы при 70...75% от НВ	5...6	500...700	3150...3700	14...18	325,0
3. Поливы при 75...80% от НВ	6...7	400...600	3050...3600	10...15	360,0

компенсации потерь влаги почвой необходимо произвести полив нормой 400...500 м³/га. Полив указанной нормой не нарушает теплового, пищевого и воздушного режимов корнеобитаемого слоя и предотвращает эрозию почвы. Наибольший расход влаги с люцернового поля

наблюдается в период бутонизации-цветения, когда надземная часть люцерны достигает максимального накопления зеленой массы. В этот период ежесуточное водопотребление люцерны составляет в среднем 55...70 м³/га, который может быть покрыт проведением 1...2 вегетационных поливов нормой 600...700 м³/га с межполивным периодом 13...18 дней. Такое распределение поливных норм в течение вегетационного периода обеспечивает бесперебойное снабжение растений влагой и равномерность увлажнения почв.

Таким образом, для поддержания порога влажности на уровне 75...80% от НВ на полях люцерны первого года жизни требуется проведение 5...6 поливов при оросительной норме 2600...3100 м³/га, люцерны 2...3 года жизни - 7...8 поливов при оросительной норме 3850...4400 м³/га. Данный режим орошения обеспечивает урожайность люцерны соответственно - 42...45 и 75...80 ц/га, что в 2,6...3,0 раза превышает урожайность на производственном участке. Следует отметить, что на этом варианте размеры поливных норм составляют 400...600 м³/га. Снижение величины поливных норм способствует сокращению объемов инфильтрационных вод. Это позволяет избежать просачивания оросительных вод в нижние горизонты (где залегает солевой пояс) и предотвратить вторичное засоление орошаемых земель.

Для поддержания предполивного порога влажности не ниже 70...75% от НВ у люцерны первого года жизни потребовалось проведение 4...5 поливов с поливной нормой 500...700 м³/га, а люцерны 2...3 года жизни - 6...7 поливов с поливной нормой 600...800 м³/га. На этом варианте межполивной период увеличивается до 17...24 дней. Некоторое уменьшение влагообеспеченности растений здесь привело к снижению урожайности люцерны первого года жизни до 40,0 ц/га, 2...3 года - до 70,6 ц/га сена. Снижение порога влажности на этом варианте улучшает организацию полива вследствие увеличения размеров поливных норм до 600...800 м³/га, однако это резко усиливает интенсивность поверхностного стока и увеличивает потери воды на глубинную фильтрацию. В связи с этим на возвышенных участках (хотя в целом на орошаемом поле сроки поливов соответствуют расчетным показателям) происходит подсушка почв и как следствие - засоление, т.е. в таких случаях не всегда обеспечивается мелиоративное благополучие орошаемых земель.

Аналогичные результаты получены и при возделывании кукурузы на силос. Оптимальным режимом орошения и здесь оказался порог предполивной влажности, поддерживаемый на уровне 75...80% от НВ.

Исследованиями установлено, что кукуруза по отдельным фазам развития расходует различное количество воды. Например, от всходов до стеблевания, когда суммарная площадь листовой поверхности невелика, среднесуточный расход воды составляет 15...25 м³/га. Для компенсации такого расхода необходимо провести 2 полива нормой 400...500 м³/га с межполивным периодом 13...15 дней. В фазы стеблевания - выбрасывания метелки, с увеличением интенсивности роста растений, листовой поверхности и термического напряжения воздуха среднесуточный расход влаги возрастает до 48...51 м³/га, который может быть восстановлен проведением 2...3 вегетационных поливов нормой 500...600 м³/га с межполивным периодом 10...12 дней. Кукуруза в фазах выметывания и молочной спелости характеризуется ростом початков и прекращением прироста зеленой массы. В этот период водопотребление составляет 30...35 м³/га, для восполнения его необходимо осуществить 1...2 полива нормой 500 м³/га.

Из вышеизложенного следует, что для поддержания влажности почвы в пределах 75...80% от НВ требуется проведение 6...7 поливов при оросительной норме 3150...3700 м³/га в зависимости от метеорологических условий. При соблюдении необходимых агротехнических мероприятий данный вариант обеспечивает урожай кукурузы на силос в пределах 350...375 ц/га зеленой массы.

На третьем варианте, где поливы проводились при 70...75% НВ, продуктивность несколько ниже и составляет 320...330 ц/га. Результаты технико-экономических расчетов различных режимов орошения люцерны и кукурузы на силос приведены в таблице 2.

Таблица 2

Эффективность орошения кормовых культур в
Уральской области (в среднем за 1981...1983 гг.)

Варианты	Средняя урожайность, ц/га	Издержки производства, руб/га	Чистый доход, руб/га	Рентабельность, %
I	2	3	4	5
Люцерна первого года жизни				
1. Поливы при 60...65% от НВ, контроль	22,8	86,6	-18,2	-21
2. Поливы при 70...75% от НВ	40,0	103,0	17,0	16
3. Поливы при 75...80% от НВ	43,1	107,8	21,3	20

Продолжение табл. 2

I	2	3	4	5
Люцерна 2...3 года				
1. Поливы при 60...65% от НВ, контроль	37,7	86,6	26,5	30
2. Поливы при 70...75% от НВ	70,6	110,0	101,8	92
3. Поливы при 75...80% от НВ	77,0	116,0	115,0	98
Кукуруза на силос				
1. Поливы при 60...65% от НВ, контроль	225,0	93,0	77,7	83
2. Поливы при 70...75% от НВ	325,0	123,4	120,3	97
3. Поливы при 75...80% от НВ	360,0	128,0	142,0	118

Как следует из таблицы 2, на втором варианте при возделывании кукурузы чистый доход с одного гектара в среднем за 3 года равен 120,3 руб., а на контрольном варианте - 77,7 руб. Наибольший чистый доход (142,0 руб/га) и высокий уровень рентабельности (118%) отмечен на третьем варианте, где поливы производились при иссушении активного слоя почвы в пределах 75...80% от НВ. Такая же закономерность по экономическим показателям, зависящая от уровня влагообеспеченности, наблюдается и между вариантами опыта при орошении люцерны. Так, на третьем варианте опыта с люцерной величина чистого дохода самая высокая и соответственно равна 21,3 и 116,0 руб/га, уровень рентабельности - 20 и 98%. При поддержании порога влажности на уровне 70...75% от НВ чистый доход снижается соответственно до 17,0 и 101,8 руб/га, уровень рентабельности - до 16 и 92%.

ВЫВОДЫ

1. В почвенно-климатических условиях Уральской области оптимальным режимом орошения люцерны и кукурузы на силос является режим, поддерживающий предполивную влажность почвы на уровне 75...80% от наименьшей влагоемкости. Для соблюдения рекомендуемого режима орошения в различные годы влагообеспеченности необхо-

димо проводить на полях люцерны первого года жизни 6...7 вегетационных поливов при оросительной норме 2500...3000 м³/га; на люцерне 2...3 года - 7...8 поливов при оросительной норме 3700...4200 м³/га; на полях кукурузы на силос соответственно 6...7 поливов при оросительной норме 3050...3600 м³/га.

2. В целях сохранения и улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель необходимо строгое соблюдение поливных норм по фазам развития растений, исключающее глубокое промачивание и потери воды на инфильтрацию. Глубина расчетного слоя увлажнения люцерны, в зависимости от года возделывания, должна составить 0,6...1,0 м, кукурузы на силос - 0,7 м.

3. Применение оптимальных режимов орошения позволяет получать ежегодно устойчивые урожаи люцернового сена (70...77 ц/га) и зеленой массы кукурузы (350...375 ц/га). При этом чистый доход с одного гектара посева люцерны будет составлять 115,00, кукурузы на силос - 142,0 руб/га.

К.Т.Рахмбаев
старший научный сотрудник
В.М.Лим
младший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

УПРАВЛЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СТЕПЕНИ ДРЕНИРОВАННОСТИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

Анализ почвенно-мелиоративных условий орошаемых земель Центрального Казахстана показал, что в почвогрунтах и грунтовых водах содержится значительное количество воднорастворимых солей. Развитие орошения в этих условиях вызывает подъем минерализованных грунтовых вод и, как следствие, засоление корнеобитаемого слоя почв.

До освоения этих земель под орошение высокоминерализованные грунтовые воды (20...40 г/л) залегали глубоко (10...15 м) и имели спорадическое распространение. Создание совершенных оросительных систем (транспорт воды осуществляется по трубопроводам, поливы проводятся широкозахватными дождевальными машинами и т.д.) не исключило подъема грунтовых вод, который за 10...15 лет освое-

ния поднимается выше критических глубин и вскрывается с 2...4 м. С этого момента поддержание требуемого водного и солевого режима почв можно обеспечить только за счет создания нисходящих токов влаги в зоне аэрации и своевременного отвода грунтовых вод дренажом за пределы орошаемого массива.

Оптимальный мелиоративный режим почвогрунтов зоны аэрации создается в тех случаях, когда вынос солей инфильтрационными водами превышает их поступление с оросительными и грунтовыми водами /1/. Это равенство описывается следующим балансовым уравнением:

$$V_{\text{инф}} \geq V_{\text{гр}} \frac{S_{\text{г}}}{S_{\text{инф}}} + M \frac{S_{\text{о}}}{S_{\text{инф}}} \quad (I)$$

где $V_{\text{инф}}$ – объем инфильтрации оросительных вод через зону аэрации, м³/га;
 $V_{\text{гр}}$ – объем поступления грунтовых вод в зону аэрации, м³/га;
 $S_{\text{о}}, S_{\text{г}}$ – минерализация оросительных и грунтовых вод, т/м³;
 M – оросительная норма, м³/га;
 $S_{\text{инф}}$ – минерализация инфильтрационных вод, которая предопределяется режимом орошения, степенью засоления почвогрунтов зоны аэрации и уровнем грунтовых вод, т/м³.

В результате проведения многолетних полевых и лизиметрических исследований нами установлены закономерности изменения минерализации грунтовых вод в зависимости от параметров режима орошения, степени засоления почвогрунтов, грунтовых вод и глубины их залегания. Анализ полученных материалов показывает, что благоприятный мелиоративный режим почв может достигаться различными параметрами режима орошения. Например, при минерализации грунтовых вод 7 г/л и глубине их залегания 2,5 м мелиоративное благополучие на орошаемых землях достигается при поддержании порога предполивной влажности в корнеобитаемом слое не ниже 75% от НВ и осуществлении поливов нормой 500 м³/га. При повышении минерализации грунтовых вод до 14 г/л порог предполивной влажности почв корнеобитаемого слоя нельзя опускать ниже 80% от НВ, при неизменности остальных условий. Снижение размеров поливной нормы или повышение уровня грунтовых вод потребует увеличения порога предполивной влажности корнеобитаемого слоя (рис. I).

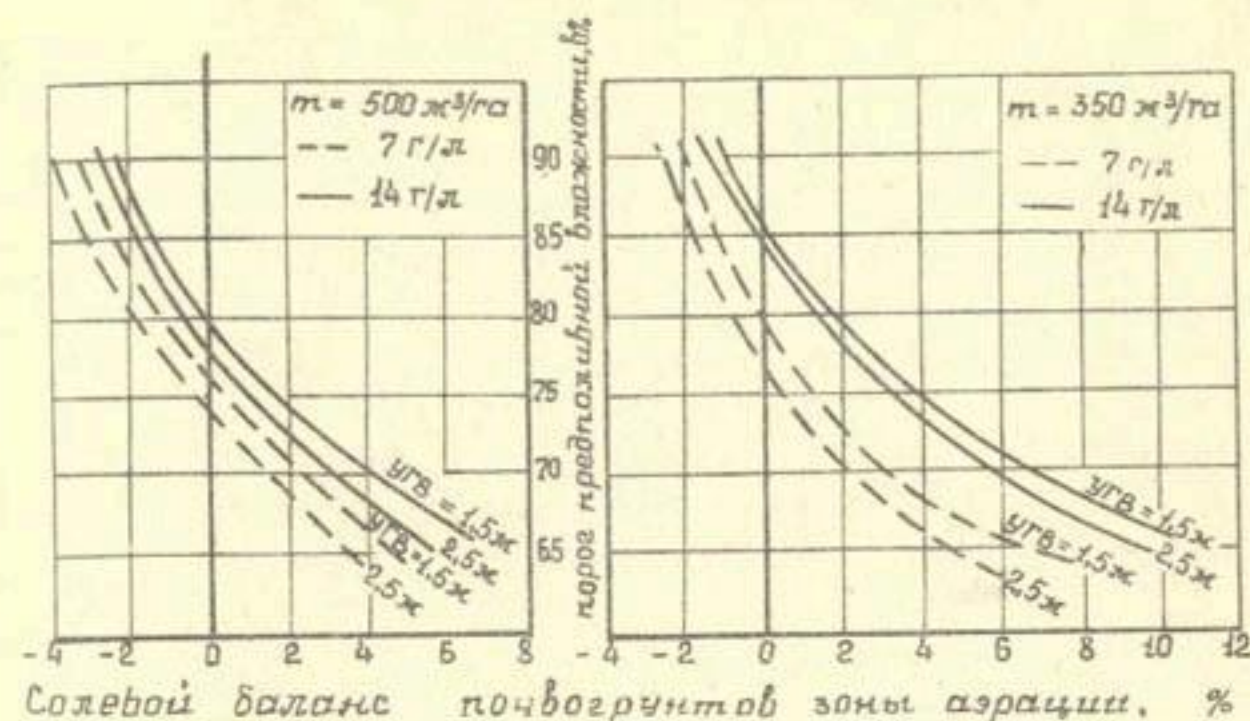


Рис. I. Солевой баланс почвогрунтов зоны аэрации при изменении режима орошения и глубины залегания грунтовых вод и их минерализации

Из приведенных данных следует, что для расчета горизонтального дренажа на засоленных и склонных к засолению орошаемых землях прежде всего необходимо устанавливать оптимальные параметры режима орошения сельскохозяйственных культур, которыми достигается управление мелиоративными процессами при изменении степени засоления зоны аэрации, минерализации и глубины залегания уровня грунтовых вод. Определив инфильтрационные потери оросительных вод и осадков на полях орошения, в оросительной сети и имея данные о глубине залегания водоупора, фильтрационных свойствах почвогрунтов, степени естественной дренированности, можно устанавливать интенсивность дренированности территории, которая обеспечит своевременный отвод инфильтрационных вод за пределы массива орошения (рис. 2).

Расчет горизонтального дренажа должен основываться на данных водного и солевого баланса орошаемых земель. Количественная связь природно-хозяйственных факторов, определяющих параметры оптимального горизонтального дренажа, выражается уравнением баланса грунтовых вод /2, 3, 4 и др. /:

$$\Delta W = \pm q + \Phi_k \pm P - D + (П - 0) \quad (2)$$

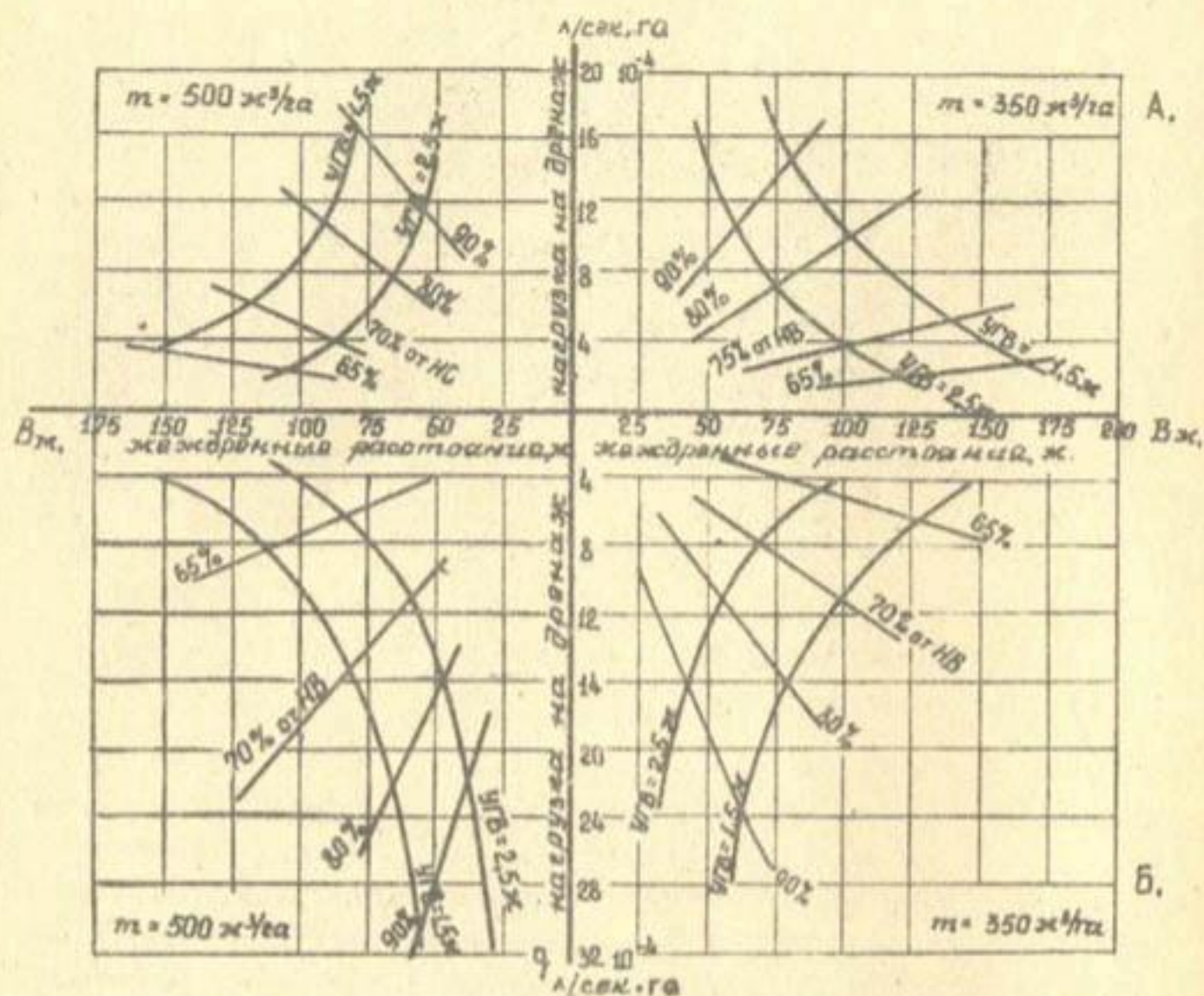


Рис. 2. Номограмма для определения параметров дренажа при изменении режима орошения и глубины грунтовых вод (А - на полях орошения без временных земляных каналов; Б - на полях орошения с временной оросительной сетью).

- где $\pm q$ - влагообмен между грунтовыми водами и почвогрунтами зоны аэрации, $\text{м}^3/\text{га}$;
 $\pm p$ - влагообмен между грунтовыми и глубинными напорными подземными водами, $\text{м}^3/\text{га}$;
 Φ_k - фильтрационные потери воды из оросительных каналов, $\text{м}^3/\text{га}$;
 Δ - дренажный сток, $\text{м}^3/\text{га}$;
 $(\Pi - 0)$ - приток и отток грунтовых вод, $\text{м}^3/\text{га}$.

На орошаемых землях Центрального Казахстана региональный водоупор обычно вскрывается с глубины 5...10 м и исключает влагообмен между грунтовыми и глубинными напорными водами. Как правило, в пределах массивов орошения наблюдается примерное равенство между притоком и оттоком грунтовых вод, а вертикальный влагообмен между грунтовыми и подземными водами отсутствует. Поэтому значения $\pm p$ и $(\Pi - 0)$ из уравнения водного баланса можно исключить. В таких случаях влагообмен между грунтовыми водами и почвогрунтами зоны аэрации можно определять на лизиметрах (табл. 1).

Таблица 1

Влагообмен между грунтами зоны аэрации и грунтовыми водами за вегетационный период, $\text{м}^3/\text{га}$

Поливная норма, в $\text{м}^3/\text{га}$	Уровень грунтовых вод, в м	Порог предполивной влажности, в % от НВ			
		65	70	80	90
350	1,5	990	620	420	240
		150	320	500	640
	2,5	760	500	220	90
		120	230	280	570
500	1,5	680	500	300	200
		220	300	590	710
	2,5	510	370	190	70
		180	260	400	670

Примечание: 990 - испарение грунтовых вод
 150 - инфильтрационные потери оросительных вод

Широкое применение в орошаемом земледелии Центрального Казахстана широкозахватных дождевальных машин ("Фрегат", "Днепр", "Волжанка", "Кубань" и т.д.), у которых водозабор осуществляется из трубопроводов, резко сокращает потери воды на инфильтрацию. Однако при осуществлении поливов дождевальными машинами ДДА-100МА, ДДН-75 и т.д., с забором воды из открытой оросительной сети, объемы фильтрационных потерь оросительных вод возрастают за счет потерь воды из каналов (табл. 2).

Из приведенных данных следует, что нагрузки на дренаж определяются не только параметрами режима орошения, но и коэффициентом полезного действия оросительной сети. Если забор воды дождевальными установками осуществляется из закрытых трубопроводов, то

доля фильтрационных потерь оросительных вод и осадков на полях орошения, участвующих в дренажном стоке, составит 15...20% от оросительной нормы. При поливах с забором воды из временных оросителей нагрузка на дренаж возрастает на объемы инфильтрационных потерь воды из этих каналов. Поэтому параметры систематического дренажа должны рассчитываться отдельно для оросительных систем с забором воды из временных оросителей и непосредственно из трубопроводов.

Таблица 2

Объемы фильтрационных потерь оросительной воды из временных оросителей, в м³/га

Поливная норма, в м ³ /га	Уровень грунтовых вод, в м	Порог предполивной влажности, в % от НВ			
		65	70	80	90
350	1,5	2800	3000	3300	4400
		150	210	330	700
	2,5	2900	3100	3600	4700
		145	180	320	650
500	1,5	3200	3500	4000	4800
		220	320	540	860
	2,5	3400	3800	4200	5000
		190	280	490	790

Примечание: $\frac{2800}{150}$ - оросительная норма
 $\frac{150}{150}$ - фильтрационные потери оросительной воды из открытых каналов

При глубине залегания водоупора более 7...10 м расстояние между дренами составит 75...125 м, а во втором случае, когда потери оросительной воды в каналах сведены до минимума, расстояние между дренами возрастает на 30...40%.

Расчеты показывают, что в зоне канала Иртыш-Караганда, когда поливы осуществляются широкозахватными дождевальными машинами (рис. 2А) поливной нормой 350 м³/га при пороге предполивной влажности в слое 0,5 м 70% от НВ, следует строить горизонтальный дренаж через 140 м глубиной заложения 3,0 м. При поливах нормой 500 м³/га расстояние между дренами необходимо уменьшить до 100 м.

На орошаемых землях с открытой оросительной сетью (рис. 2Б) требуется усилить искусственную дренированность орошаемой террито-

рии. Например, при осуществлении поливов нормой 350 м³/га при предполивной влажности в корнеобитаемом слое 80% от НВ и глубине грунтовых вод в центре междурья 1,5 м необходимо строить дренаж через 90 м, а при увеличении поливной нормы до 500 м³/га междурье следует уменьшить до 70 м.

Зная закономерности формирования солевого баланса почвогрунтов зоны аэрации, при изменении параметров режима орошения, уровня грунтовых вод и их минерализации можно по приведенной номограмме (рис. 2) определить параметры горизонтального дренажа, которые обеспечат мелиоративное благополучие на орошаемых землях.

На засоленных и склонных к засолению орошаемых землях Центрального Казахстана целесообразно строить закрытую оросительную сеть, а поливы проводить дождевальными установками с забором воды из закрытой оросительной сети. Кроме того, необходимо применять оптимальные параметры режима орошения, которые обеспечат благоприятную мелиоративную обстановку на орошаемых землях при минимальных потерях оросительных вод на фильтрацию. Это уменьшит нагрузку на дренаж и снизит капиталовложения на его строительство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вышпольский Ф.Ф. Некоторые аспекты управления мелиоративными процессами на орошаемых землях Казахстана. В сб.: Совершенствование мелиоративного улучшения орошаемых земель в Казахстане, Ташкент, 1982.
2. Аверьянов С.Ф. Горизонтальный дренаж при борьбе с засолением орошаемых земель /расчет/. - АН СССР, 1954.
3. Аверьянов С.Ф. Некоторые вопросы предупреждения засоления и меры борьбы с ним в Европейской части СССР - В сб.: Орошаемое земледелие в Европейской части СССР, М., "Колос", 1965.
4. Айдаров И.П. К вопросу обоснования режима орошения и параметров дренажа на засоленных или склонных к засолению землях. - В сб.: Теория и практика борьбы с засолением орошаемых земель, М., "Колос", 1971.

Б.С. Джаманбаев
аспирант
В.И. Макаревич
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЖИМА И БАЛАНСА ГРУНТОВЫХ ВОД НА НОВООРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЗОНЫ КАНАЛА ИРТЫШ-КАРАГАНДА

Орошение темно-каштановых солонцеватых почв Центрального Казахстана водами канала Иртыш-Караганда настоятельно требует изучения формирования режима и баланса грунтовых вод в этой зоне, так как низкая естественная дренированность почвогрунтов и близкое залегание регионального водоупора (4...15 м) вызывает при орошении интенсивный подъем уровня грунтовых вод и ухудшает мелиоративную обстановку земель.

Орошаемые земли совхоза "Казахстан" отвечают почвенно-гидрогеологическим особенностям зоны канала Иртыш-Караганда, что обусловило проведение научно-исследовательских работ на этих землях.

Литологический профиль орошаемого массива состоит из четырех генетически различных отложений. С поверхности залегают верхнечетвертичные суглинки мощностью от 2 до 3 м. Они подстилаются нижнечетвертичными делювиально-пролювиальными глинами мощностью от 1,5...20 м, водоупором служат неогеновые глины. В северо-западной части массива ниже суглинистых грунтов залегают средневерхнедевонские элювиальные дресвяно-щебенистые породы мощностью 3...8 м, подстилающиеся материнскими скальными породами.

Почвогрунты преимущественно не засолены, в метровом слое содержание солей не превышает 0,3%, а с глубиной их запасы достигают 2%. Тип засоления сульфатно-хлоридный, хлоридно-сульфатный и хлоридный. Коэффициент фильтрации верхних горизонтов меняется в пределах 0,09...0,3 м/сут, а водоносных горизонтов — от 0,02 до 0,1 м/сут.

Грунтовые воды для орошения вскрывались спорадически с глубины 5...12 м, что примерно соответствует глубине распространения водоупора. А на отдельных участках (вдоль временных водотоков, саев и в понижениях) грунтовые воды залегают на глубине 1...3 м. Их минерализация изменялась от 2,5 до 21 г/л. Химизм засоления хлоридно-сульфатный, реже хлоридный.

Оросительная система массива орошения площадью 2000 га построена из закрытых асбестоцементных труб, а временные оросители, из которых осуществляется забор воды дождевальным агрегатом (ДДА-100МА), выполнены в земляном русле.

Наблюдения за режимом грунтовых вод велись по скважинам режимной сети.

Исследования показали, что даже при орошении дождеванием неизбежно формируются инфильтрационные потери оросительных вод, вызывающие нарушение естественно-сложившегося режима грунтовых вод и водно-солевого режима почв. В первые годы орошения инфильтрационные потери оросительных вод с полей орошения и временных оросителей расходуются на насыщение нижних горизонтов зоны аэрации, имеющих влажность 9...16% от сухого веса почвы. По мере насыщения нижних горизонтов до НВ инфильтрационные воды становятся источником питания грунтовых вод. Формирование сплошного водоносного горизонта произошло после 2...3-х лет орошения. Таким образом, орошение в данных условиях способствовало формированию ирригационных режимов грунтовых вод.

На основе анализа и оценки режимов и элементов баланса грунтовых вод, согласно методических проработок Д.М.Каца /1/, на массиве орошения совхоза "Казахстан" выделены три типа режима грунтовых вод (табл. I): ирригационный (преобладает), ирригационно-подземно-приточный и ирригационно-гидрологический.

Таблица I

Типы ирригационных режимов грунтовых вод и их формирование на орошаемых землях совхоза "Казахстан"

Типа режимов	Общий объем ирригационного питания грунтовых вод	Удельный вес приходных статей баланса грунтовых вод			
		инфильтрация с полей орошения	фильтрация из оросительных и сб. каналов	Осадки	Подземный приток
I	2	3	4	5	6
Ирригационный	18...120 100	45...70 55...60	30...40 35...40	3...10 4...8	1...1,5 1...2,0
Ирригационно-подземно-приточный	120...160 100	50...65 40...45	25...30 20...25	3...10 3...6	45...60 35...40

Продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6
Ирригационно-гидрологический	95...128 100	- -	60...100 60...80	15...25 15...20	10 8...10

Примечание: числитель - мм, знаменатель - %.

Ирригационный тип режима грунтовых вод формируется на большей части массива орошения и предопределяется режимом орошения сельскохозяйственных культур, техникой и технологией полива и т.д. Постоянный подъем уровня грунтовых вод происходит в июле-октябре месяце, в период проведения массовых поливов. Общий объем ирригационного питания грунтовых вод колеблется в пределах 800...1200 м³/га, из них около 55...60% формируется за счет инфильтрации оросительных вод с орошаемых полей, 35...40% - за счет фильтрационных потерь оросительных вод с открытых оросителей и сбросных каналов. При этом за счет эвапотранспирации и оттока, а также перехода запасов грунтовых вод в кристаллизационный лед (по капиллярной кайме в зону промерзания почв), результирующая питания грунтовых вод за период 1978...1980 гг. составила 540...600 м³/га/год, которая вызвала подъем уровня грунтовых вод на высоту 0,6...0,7 м/год.

Ирригационно-подземно-приточный режим грунтовых вод формируется на орошаемых полях и прилегающих к ним участках, где глубже покровных отложений развиты дресвяно-щебенистые породы. Здесь режим грунтовых вод предопределяется интенсивностью притока с вышележащих участков и режимом орошения сельскохозяйственных культур. На этих участках грунтовые воды, как правило, залегают близко к поверхности земли. Объем питания грунтовых вод с вышележащих участков составляет 400...600 м³/га, а инфильтрационные потери оросительных вод с полей орошения - 500...650 м³/га, из временных оросителей - 250...300 м³/га.

При ирригационно-подземно-приточном режиме питания результирующая питания грунтовых вод в среднем за 3 года исследований не превышала 600 м³/га в год, так как на суммарное испарение и отток расходуется от 400 до 900 м³/га запасов ирригационного питания грунтовых вод.

Выше приведенные результаты режима и баланса грунтовых вод

получены в производственных условиях при применении режима орошения нормой (нетто) 300...450 м³/га и сложившемся уровне эксплуатации оросительных систем.

Ирригационно-гидрологический тип питания грунтовых вод формируется вдоль временных водотоков "Грязнухи", "Креховки", которые проходят по центральной и восточной части массива орошения и служат сбросными каналами высшего порядка. Эти участки, шириной 80...700 м и протяженностью 6 км, по своим рельефным условиям исключены из орошения. Поэтому питание грунтовых вод (600...1000 м³/га) происходит преимущественно за счет фильтрации сбросных вод с водотоков, транспортирующих сбрасываемую оросительную воду с полей орошения, с аккумулярующих емкостей (аванкамеры) при их переполнении и из трубопроводов с целью создания в них номинального давления, исключающего прорыв асбестоцементных труб при переходе дождевальных агрегатов ДДА-100МА на другой участок. При этом объем сброса за вегетационный период достигает 1,8 млн.м³. Например, если исключить сброс оросительных вод во всех звеньях оросительной системы, то этим объемом воды можно дополнительно оросить более 600 гектаров земель при средней оросительной норме 3000 м³/га. Тогда интенсивность питания грунтовых вод в целом по массиву орошения уменьшится до 0,3...0,5 млн.м³.

Гидрохимический режим грунтовых вод на массиве орошения формируется в зависимости от типов питания грунтовых вод. Например, за 5...6 лет (табл.2) на участках формирования ирригационного режима минерализация грунтовых вод изменяется незначительно: от 16,0 до 18,3 г/л, если применяется один и тот же режим орошения. Высокая минерализация грунтовых вод на таких участках объясняется слабой естественной дренированностью земель.

Совершенно другая картина наблюдается при ирригационно-подземно-приточном режиме: минерализация грунтовых вод на этих участках колеблется в пределах 0,7...3,0 г/л. Это происходит за счет хорошей отточности грунтовых вод.

На участках с ирригационно-гидрологическим типом питания минерализация грунтовых вод на 3...8 г/л ниже, чем при ирригационном. И хотя эти участки не поливаются, наблюдается снижение минерализации грунтовых вод, которое происходит преимущественно за счет разбавления их пресными водами, фильтрующимися из сбросных каналов.

Опыты показали /2/, что при орошении нормой 300...450 м³/га

Таблица 2

Динамика изменения минерализации грунтовых вод (г/л) при различных типах их формирования

Тип питания грунтовых вод	1975		1976		1977		1978		1979		1980	
	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень
Ирригационный	17,40	17,90	-	17,40	18,30	-	17,30	17,30	17,10	14,30	16,90	16,0
Ирригационно-подземно-приточный	3,0	-	-	2,60	-	2,45	-	2,30	-	-	-	1,50
Ирригационно-гидрологический	-	14,70	-	13,50	-	14,80	-	15,20	15,30	12,90	11,80	-

на участках развития ирригационного и ирригационно-подземно-приточного режима подъем уровня грунтовых вод достигает 0,5... 0,7 м/год, а при проведении поливов малыми нормами 250...300 м³/га, при пороге влажности корнеобитаемого слоя почв не ниже 75...80% от НВ, темпы снижаются до 0,3...0,5 м/год. На участках, где применялся режим орошения малыми нормами, минерализация инфильтрационных вод на 2...4 г/л больше, чем при расчетном режиме орошения.

Следовательно, осуществление поливов малыми нормами при глубоком залегании уровня грунтовых вод максимально рассолит корнеобитаемый слой почв за счет свободной емкости зоны аэрации и обеспечит смещение солевых масс в нижние слои грунтовых вод, что облегчит управление водно-солевым режимом почв при поднятии у.г.в. до критической глубины.

Поэтому при формировании первых двух типов режимов грунтовых вод необходимо, во-первых, применение режима орошения малыми нормами и, во-вторых, необходим дренаж, способный отводить весь объем ирригационных вод, формируемых на массиве орошения.

Управление ирригационно-гидрологическим режимом грунтовых вод должно осуществляться снижением сброса оросительных вод с полей орошения, наличием аккумулирующих емкостей (аванкамер) и автоматизацией оросительных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. К а ц Д.М. Влияние орошения на грунтовые вод. - М.: Колос, 1976.
2. Вышпольский Ф.Ф., Ким Ф.Н., Макаревич В.И. Влияние орошения на водно-солевой режим почв и урожайность картофеля. - Вестник с.-х. науки Казахстана, 1978, № 3.

Ф.Ф. Вышпольский
кандидат сельскохозяйственных наук
Р.К. Бекбаев
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОМЫВОК И МЕТОДА РАСЧЕТА ПРОМЫВНЫХ НОРМ

Совершенствование технологии промывок и метода расчета промывных норм замедляет темпы роста дефицита водных ресурсов в орошаемом земледелии. Однако в практике применяют расчетные зависимости по установлению размеров промывных норм, которые не учитывают влияние технологии промывок на солеотдачу почв, что приводит к нерациональному использованию водных ресурсов. Это подтверждает структура расчетных формул В.Р. Волобуева и С.Ф. Аверьянова, которая показывает, что размеры промывных норм предопределяются степенью и типом засоления, а также параметром солеотдачи почв, который в формуле В.Р. Волобуева представлен коэффициентом " α ", а в формуле С.Ф. Аверьянова — коэффициентом конвективной диффузии " D^* ". Вместе с тем некоторыми исследователями установлено, что при изменении режима подачи воды на промывку одним и тем же объемом воды можно обеспечить различную степень и глубину рассоления зоны аэрации /1,3,4,6,7,8,9,10/.

Это положение послужило основанием для постановки экспериментальных исследований по выявлению влияния режима промывок на солеотдачу почв. Для достижения поставленной цели применялись следующие технологические схемы промывок:

1. Поливы проводились нормой $250 \text{ м}^3/\text{га}$ ежедневно и через день.
2. То же нормой $500 \text{ м}^3/\text{га}$ через 3 и 6 дней.
3. То же нормой $1000 \text{ м}^3/\text{га}$ через 6, 9 дней.
4. То же нормой $2000 \text{ м}^3/\text{га}$ через 12, 15 дней.
5. Промывка проводилась при постоянном затоплении.
6. Влияние дренированности на солеотдачу почв изучалось при модуле дренажного стока 0,1; 0,2; 0,5; 1,0 л/с·га.

Эффективность приведенных технологических схем промывок устанавливалась на лизиметрах площадью $0,02 \text{ м}^2$, высотой 1,5 м. Лизиметр состоит из колуха, который заполнялся почвогрунтами, и поддона. На лизиметрах через 0,5 м устанавливали дренажи, которые позволяли изучать изменение минерализации фильтрационных вод по

вертикальному профилю мелиорируемой толщи. Лизиметры зарядили темнокаштановыми глинистыми карбонатными засоленными почвами и солончаками. Объемная масса верхних горизонтов (0...40 см) колебалась в пределах $1,2...1,35 \text{ г/см}^3$, а на глубине 1,5 м возрастала до $1,5...1,6 \text{ г/см}^3$. Удельная масса изменялась в пределах $2,65...2,75 \text{ г/см}^3$, а порозность — $0,45...0,53\%$. Сумма поглощенных оснований достигала 20...35 мг-экв на 100 г почвы и состояла преимущественно из щелочноземельных оснований (Ca, Mg), где доминирует кальций. Содержание натрия не превышало 6...8% от суммы поглощенных оснований. В верхнем 0,5 м слое почв содержалось от 2 до 3% солей, а с глубиной их запасы уменьшались и во 2 м не превышали 0,6...1,0%. Качественный состав солей соответствовал сульфатно-хлоридному типу засоления.

Проведение экспериментальных исследований на почвах однородного типа засоления, сложения почвенных горизонтов, изменения физических свойств почвогрунтов по вертикальному профилю мелиорируемой толщи позволяет с достаточной надежностью установить влияние технологии промывок на солеотдачу почв. Это подтверждается нашими исследованиями, из которых следует, что режим промывок изменяет скорость движения воды в промываемой толще почвогрунта, продолжительность контакта растворителя с солями, интенсивность рассоления промываемой толщи. Кроме того, установлено, что движение воды в мелиорируемой толще осуществляется по затухающей кривой колебательного движения, а скорость фильтрации зависит от водно-физических свойств почв, размеров разовых промывных норм, продолжительности межполивных периодов. Это изменяет динамику интенсивности выноса солей из мелиорируемой толщи, которая характеризуется минерализацией профильтровавшихся вод (табл. I).

Из приведенных данных следует, что уменьшение размеров разовых промывных норм и сокращение межполивного периода повышает степень динамической устойчивости гидравлического потока промывных вод в мелиорируемой толще, снижает амплитуду колебания скорости потока промывных вод, усиливает вовлечение солей в фильтрационный поток, поэтому минерализация фильтрационных вод повышается.

При росте амплитуды колебания скорости движения промывных вод в мелиорируемой толще сокращается продолжительность контакта воды с солями, поэтому не вся энергия воды используется для преодоления внутрисочвенных сил, которыми удерживаются соли. Это, в

Таблица I

Минерализация фильтрационных вод при изменении размеров разовых промывных норм и скорости их потока в почвогрунтах

Размеры поливных норм, м ³ /га	Фильтрация в мелиорируемой толще, м/сут	Минерализация фильтрационных вод по периодам промывок, г/л		
		Начало	Середина	Конец
250	0,02...0,03	36...38	20...21	-
	0,01...0,02	37...40	21...23	5...8
	0,005...0,01	39...43	22...24	9...11
500	0,03...0,05	30...31	-	-
	0,02...0,03	31...33	17...19	4...5
	0,01...0,02	32...35	16...18	5...6
	0,005...0,01	34...37	20...22	6...8
	менее 0,005	-	22...23	8...9
1000	0,05...0,10	24...26	-	-
	0,04...0,05	25...27	-	-
	0,03...0,04	26...28	15...17	3...4
	0,02...0,03	28...30	16...18	4...5
	0,01...0,02	29...32	17...19	5...6
	0,005...0,01	31...34	19...21	6...7
	менее 0,005	-	20...22	7...8
2000	0,10...0,20	20...22	-	-
	0,05...0,10	22...24	-	-
	0,04...0,05	24...26	11...13	-
	0,03...0,04	26...28	12...14	2...3
	0,02...0,03	27...29	14...16	2...4
	0,01...0,02	27...31	15...17	3...4
	0,005...0,01	28...33	16...19	4...5
	менее 0,005	-	18...21	5...6

конечном итоге, приводит к снижению солеотдачи почв, что подтверждается результатами изучения динамики минерализации профильтровавшихся вод на различных стадиях промывок (табл. I). Из приведенных данных следует, что при одной и той же скорости фильтрации промывных вод их минерализация возрастает на всех стадиях промывок, если размеры промывных норм, которыми предопределяется амплитуда коле-

бания скорости фильтрации промывных вод, уменьшаются.

Влияние амплитуды колебания скорости фильтрации промывных вод на солеотдачу почв подтверждается средними показателями минерализации фильтрационных вод при промывках монолитов, когда подача воды на поверхность почвы проводилась нормами 250 м³/га ежедневно, 500 м³/га через 3 дня, 1000 м³/га через 6 дней, 2000 м³/га через 12 дней и теми же поливными нормами, но через 1, 6, 9, 15 дней (таблица 2). В первом случае скорость фильтрации промывных вод изменялась в пределах 0,015...0,023 м/сут, а во втором - снижалась в два раза и составляла 0,008...0,012 м/сут.

Исследования эффективности промывок показали, что максимальная интенсивность рассоления почв достигается при поливе разовой промывной нормой 250 м³/га, когда усредненные значения скорости потока промывных вод в почвогрунтах достигали максимальных величин. В случае увеличения размеров разовых промывных норм и межполивных периодов повышалась амплитуда колебания скорости фильтрации промывных вод, а это замедлило интенсивность вовлечения солей в фильтрационный поток даже при снижении среднесуточной скорости фильтрации промывных вод. Следовательно, путем уменьшения амплитуды колебания потока фильтрационных вод, в промываемой толще можно резко повысить эффективность промывок.

Выявленные закономерности изменения солеотдачи почв при промывках, когда изменяются размеры поливных норм, межполивные периоды позволяют определить величины промывных норм, которыми обеспечивается рассоление промываемой толщи до расчетного предела, при различных режимах промывок (таблица 3). Приведенные данные свидетельствуют о том, что расчетная глубина и степень рассоления почв, при минимальных размерах норм брутто достигается в том случае, когда поливы проводятся ежедневно нормой 250 м³/га. В данном случае величина промывной нормы нетто составила 10,2 тыс. м³/га, брутто - 12,5 тыс. м³/га, а продолжительность промывного периода - 50 дней. Проведение промывок при поливах той же нормой, но через день, привело к снижению промывной нормы нетто до 9,1 тыс. м³/га. Вместе с тем промывная норма брутто возросла до 13 тыс. м³/га, а длительность промывного периода составила 102 суток.

Таблица 2

Минерализация профильтровавшихся вод, г/л (средние показатели)

Инфильтрация, м/сут	Нормы промывных поливов, м ³ /га			
	250	500	1000	2000
0,015...0,023	23,4	21,5	16,2	12,2
0,008...0,012	24,5	23,4	18,5	13,0

Таблица 3

Промывные нормы при изменении размеров поливных норм и межполивных периодов, м³/га

Размеры поливных норм, м ³ /га	Межполивные периоды, сут.	Запасы солей, т/га		Вымыто солей, т/га	Продолжительность промывки, сут	Промывная норма, тыс. м ³ /га	
		исходное	остаточное			нетто	брутто
250	Ежедневно	323,0	84,0	239,0	50	10,2	12,5
	Через сут	308,0	85,0	223,0	102	9,1	13,0
500	3	336,0	86,0	250,0	81	11,6	14,0
	6	324,0	83,0	241,0	162	10,8	14,5
1000	6	310,0	82,0	228,0	96	14,1	17,0
	9	328,0	84,0	244,0	144	13,2	18,0
2000	12	330,0	85,0	245,0	132	20,0	24,0
	15	324,0	83,0	241,0	165	18,9	24,0

Анализ представленных материалов показывает, что при промывках по тактам межполивные периоды должны строго согласовываться с размерами разовых промывных норм, так как размеры промывных норм (брутто) возрастут, если продолжительность межполивного периода превысит оптимальные значения. Следовательно, при оптимальных значениях размеров разовых промывных норм и межполивных периодов расчетная глубина и степень рассоления почв достигается при существенном уменьшении размеров промывных норм и сокращении продолжительности промывок.

На слабодренированных землях, когда промывка приводит к смыванию поверхностных и грунтовых вод, солеотдача почв так же находится в прямой зависимости от скорости движения воды в промывае-

мой толще. Максимальные показатели солеотдачи почв, а следовательно, и минерализации инфильтрационных вод устанавливаются при скорости фильтрации 0,004...0,006 м/сут. С уменьшением или увеличением скорости фильтрации интенсивность солеотдачи почв падает, поэтому происходит снижение минерализации фильтрационных вод. Развитие противоположных явлений указывает на существование оптимального предела скорости фильтрации промывных вод, при которой солеотдача почв достигает максимальных пределов.

В наших исследованиях скорость фильтрации регулировалась интенсивностью дренирования, а не технологией промывок. При этом установлено, что расчетным объемом профильтровавшейся воды (нетто - 2000 м³/га) удалялось минимальное количество солей при интенсивности дренирования 0,1 л/(с.га) или скорости фильтрации 0,00084 м/сут. (табл. 4). Повышение интенсивности дренирования, а следовательно, и скорости фильтрации, усиливает солеотдачу почв, увеличивает количество вымытых солей при одном и том же объеме профильтровавшихся вод. Например, увеличение интенсивности дренирования с 0,1 до 1,0 л/(с.га) сократило продолжительность промывки в 10 раз, а размеры промывной нормы (брутто) более чем в 2 раза. В производственных условиях оптимальная степень дренированности достигается путем строительства временного дренажа, стоимость которого окупается за счет экономии воды, повышения солеотдачи почв и сокращения длительности промывок.

Таблица 4

Минерализация фильтрационных вод на первом этапе промывок при различной интенсивности дренирования монолитов

Модуль дренажного стока, л/(с.га)	Запасы солей, т/га		Количество вымытых солей, т/га	Средняя минерализация, г/л	Продолжительность промывки, сут	Промывная норма, тыс. м ³ /га	
	Исходное	Остаточное				нетто	брутто
0,1	265,0	219,0	46	23,0	240	2,0	8,6
0,2	272,0	219,0	53	26,5	120	2,0	6,2
0,5	259,0	197,0	62	31,0	48	2,0	4,8
1,0	268,0	208,0	60	30,0	24	2,0	4,0

Из приведенных данных следует, что солеотдача почв в насыщенных и ненасыщенных почвогрунтах существенно зависит от скорости движения воды в мелиорируемой толще и при определенных ее значениях имеет максимальную величину. Это явление необходимо учитывать при организации промывок, что обеспечит снижение расхода воды на вынос единицы солей из мелиорируемой толщи. Вместе с тем анализ имеющихся формул по расчету промывных норм показывает, что они включают в себя два слагаемых: логарифм отношения исходного и допустимого засоления почвы и некоторый коэффициент пропорциональности [2]. Поэтому в основу совершенствования расчета промывных норм с учетом технологии промывок мы положили формулу В.Р. Волобуева [5], для которой установили коэффициент солеотдачи почв (α) при различных технологических схемах промывок, когда промывные воды фильтруются в ненасыщенных или насыщенных почвогрунтах. Результаты экспериментальных исследований позволили получить связь между коэффициентом солеотдачи почв (α) и режимом промывок (рис. 1). Использование данной связи позволяет осуществлять расчеты промывных норм по формуле В.Р. Волобуева с учетом применяемой технологии промывок.

Вместе с тем оценка эффективности той или иной технологии промывок должна осуществляться с учетом степени выноса питательных элементов, так как резкое нарушение гидрохимического равновесия между почвенными растворами и твердой фазой приводит к усиленному растворению и вымыву питательных элементов. При этом известно, что динамика пищевого режима почв существенно зависит от качественного состава солей, обменных реакций между почвенным раствором и ППК. В свою очередь, применение различных технологических схем промывок, при прочих равных условиях, предопределяет интенсивность выноса питательных элементов.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что интенсивность миграции нитрата — NO_3 и нитрита — NO_2 тесно связана с процессами диффузии, конвекции, нитрификации и денитрификации. Поэтому технологические схемы промывок оказывают существенное влияние на интенсивность выноса азотистых соединений с промывной водой. Например, при поливах нормой $250 \text{ м}^3/\text{га}$ в фильтрате содержалось — $10...55 \text{ мг/л NO}_3$, а нормой $2000 \text{ м}^3/\text{га}$ — $6...40 \text{ мг/л}$. Следовательно, с ростом размеров поливных норм и межполивных периодов повышается расход фильтрационных вод на вынос единицы азотистых соединений.

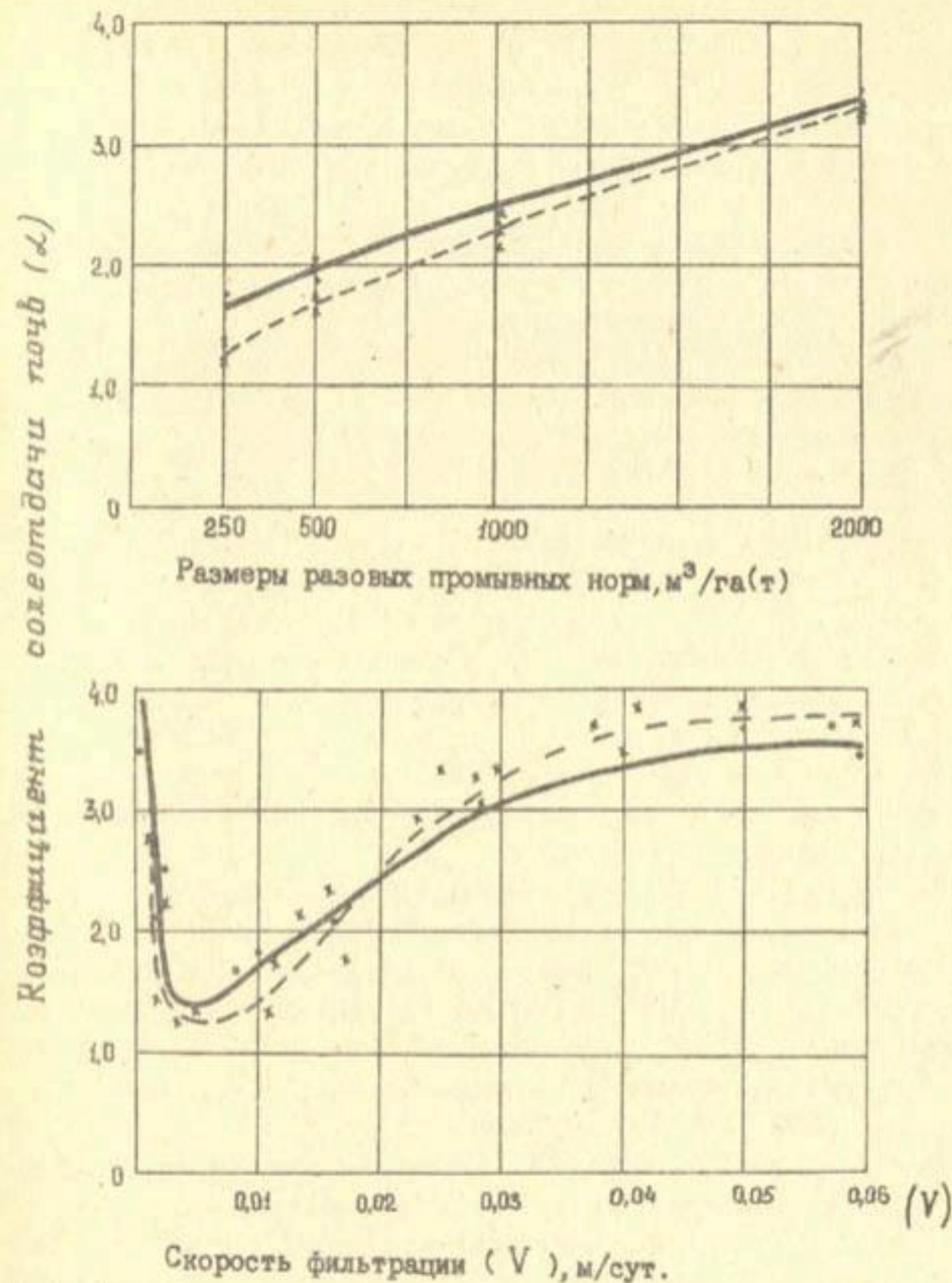


Рис. 1. Зависимость коэффициента α от размеров разовых промывных норм или скорости фильтрации.
 — сульфатно-хлоридный тип засоления;
 --- хлоридно-сульфатный тип засоления.

Анализ эффективности промывок показывает, что при поливах нормами 250, 500, 1000, 2000 м³/га с межполивными периодами 0...1; 3...6; 3...9; 6...15 дней величина промывных норм (брутто) составила 12...13; 14...15; 17...18; 24 тыс.м³/га, а объемы выноса нитратов соответственно составили 60...65; 65...70; 75...80; 90...95 кг/га.

Из приведенных результатов следует, что путем изменения размеров поливных норм и межполивных периодов можно управлять солеотдачей почв и интенсивностью выноса подвижных форм питательных элементов. Поэтому выбор технологической схемы промывок, когда конструкция оросительной, чековой сети учитывает конкретные природно-хозяйственные условия и согласуется с режимом затопления почв, должен обосновываться технико-экономическими расчетами.

ЛИТЕРАТУРА

1. А й д а р о в И.П. Методы мелиорации засоленных земель. - в сб.: Прогрессивные методы мелиорации засоленных почв. М., 1977.
2. Б а ж е н о в М.Г., С а р с е н б а е в М.Х. Регулирование водно-солевого режима земель рисовых систем. - А-Ата: Кайнар, 1979. - 150 с.
3. В е р и г и н Н.Н. и др. Методы прогноза солевого режима грунтовых вод. - М.: Колос, 1979. - 33 с.
4. В о л о б у е в В.Р. Вопросы мелиорации тяжелых глинистых засоленных почв в аридной зоне. - Почвоведение, 1982, № 6, с.87-93.
5. В о л о б у е в В.Р. Расчет промывки засоленных почв. - М.: Колос, 1975 - 70 с.
6. В ы ш п о л ь с к и й Ф.Ф. Некоторые аспекты управления мелиоративными процессами на орошаемых землях Казахстана. - в сб.: Прогрессивные методы мелиорации засоленных почв. Ташкент, 1982, с.53-68.
7. Л е г о с т а е в В.М. Промывные поливы засоленных почв. - М.: Сельхозгиз, 1953 - 47 с.
8. М и н а ш и н а Н.П. Мелиорация засоленных почв. - М.: Колос, 1978 - 264 с.

9. Н о й П.Х., Т и н к е р П.Б. Движение растворов в системе почва-растение. - М.: Колос, 1980. - 365 с.
10. П а н и н П.С. Процессы солеотдачи в промываемых толщах почв. - Новосибирск: Наука, 1968. - 301 с.

В.М.Константинов
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ДИНАМИКА СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ ОСВЕЩЕННЫМ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМ СТОКОМ

Дальнейшее углубление специализации и концентрации животноводства, переход к индустриальным методам производства мяса, молока и другой продукции потребовали коренных изменений не только в технологии содержания животных, но и в технологии применения животноводческих стоков для орошения.

Учитывая высокую эффективность работы промышленных комплексов по откорму и доращиванию крупного рогатого скота, мы вправе ожидать ускорения темпов развития отрасли в целом, а как следствие этого процесса - значительного увеличения объемов животноводческих стоков в Казахстане, вопрос использования которых остается нерешенным.

Наряду с вопросами режима орошения, техники полива сельскохозяйственных культур при орошении водами повышенной минерализации, какими являются смеси чистой воды с осветленным животноводческим стоком, немаловажным является вопрос солевого режима почв земледельческих полей орошения (ЗПО).

При сельскохозяйственном использовании животноводческого стока важно знать закономерность формирования процессов аккумуляции и перераспределения различных солей в зоне аэрации, так как присутствие одного и того же количества солей в почве при изменении их качественного состава оказывает различное влияние на развитие сельскохозяйственных культур /1,2/.

Использование на орошение вод повышенной минерализации привело к некоторому накоплению солей в почве и их перераспределению по почвенному профилю. На рисунке I приведено содержание сумм солей в почвах на вариантах по изучению режима орошения ячменя. Как показали исследования, поддержание порога предполивной

влажности почвы на уровне 70% от НВ и использование на орошение оптимальной смеси осветленных животноводческих стоков с чистой водой (1:7) практически сохранило благоприятную мелиоративную обстановку на этом варианте (вариант 5) опыта. Отмечено только перераспределение солей в зоне аэрации как в количественном, так и в качественном отношении (рис. 1).

Использование на орошение ячменя более концентрированных смесей (1:5) приводит к значительному накоплению солей (варианты 7...8). Так в полутораметровой толще почвогрунтов запас солей на этих вариантах достигал 60 т/га (рис. 1). Наблюдения за солевым режимом почв на вариантах по изучению режима орошения люцерны показали, что накопление солей происходит и под люцерной (таблица 1).

Если на контрольном варианте сумма солей в метровой толще составила 0,121%, то на оптимальном варианте (вариант 5) эта величина составила 0,195%. При повышении концентрации смесей до 1:5 интенсивность соленакопления возрастает. Так сумма солей в метровой толще почвогрунтов на этих вариантах составила 0,203... 0,421%.

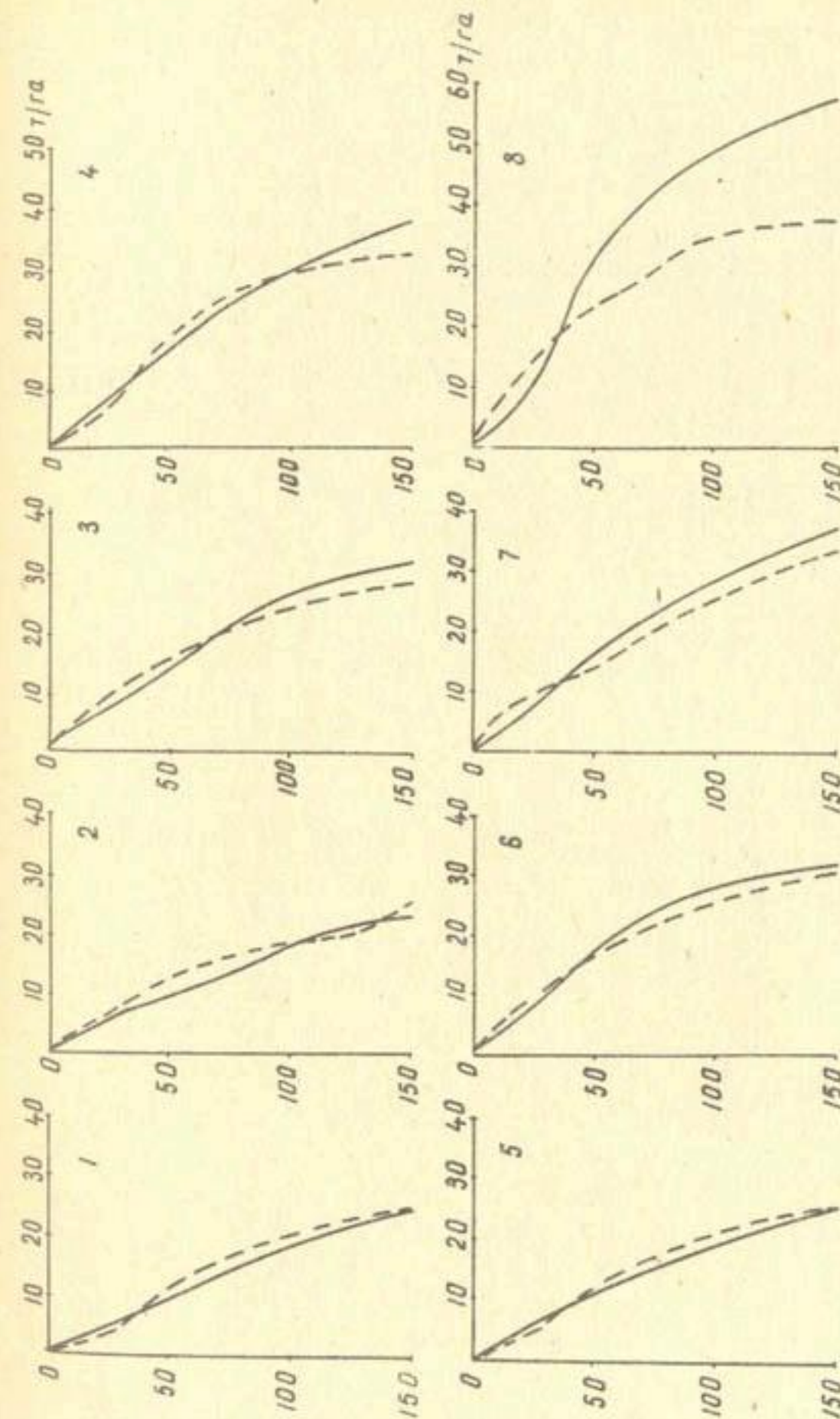
Исследованиями установлено, что максимальная интенсивность миграции солей при использовании вод данной категории наблюдается в первые годы их использования, а в последующие годы темпы соленакопления снижаются.

Установленные закономерности снижения запасов некоторых солей обусловлены не выносом этих солей инфильтрационными водами за пределы корнеобитаемого слоя почв, а обменными реакциями, интенсивность которых возрастает при повышении минерализации поливных вод (таблица 2).

В таблице 2 приведены данные, характеризующие изменение качественного состава солей на ЗПО при поливах ячменя оптимальной смесью животноводческих стоков с чистой водой.

Установлено, что с ростом минерализации поливных вод (с увеличением концентрации смесей) усиливается интенсивность накопления хлористых солей натрия.

В результате сельскохозяйственного использования осветленного животноводческого стока изменилось содержание поглощенных оснований в почвах ЗПО. Отмечена тенденция увеличения насыщенности почв поглощенными основаниями (табл. 3).



--- весна 1977
— осень 1979

Рис. 1. Содержание суммы солей в лугово-сероземных почвах по вариантам режима орошения ячменя, т/га

Таблица 1

Содержание солей в сероземно-луговых почвах ЗПО, на вариантах по изучению режима орошения лощины, %

Варианты опыта	Расчет- ный слой	рН	Сумма солей	Анионы				Катионы		
				CO ₃ ^{''}	HCO ₃ [']	Cl [']	SO ₄ ^{''}	Ca ^{''}	Mg ^{''}	Na ['] + K
1 вариант - контроль (без полива)	0...30	8,1	0,131	-	0,051	0,026	0,016	0,017	0,005	0,016
	0...100	8,2	0,121	-	0,047	0,018	0,022	0,016	0,004	0,014
2 вариант - полив чис- той водой при пороге предполивной влажности	0...30	8,2	0,147	-	0,043	0,033	0,026	0,015	0,005	0,025
70% НВ	0...100	8,2	0,122	-	0,045	0,021	0,019	0,015	0,003	0,019
2 вариант - полив смесью осветленных животноводческих сто- ков с чистой водой	0...30	8,2	0,185	-	0,053	0,069	0,003	0,019	0,005	0,036
1:10 при пороге пред- поливной влажности	0...100	8,3	0,182	-	0,053	0,057	0,015	0,017	0,006	0,034
4 вариант - полив смесью осветленных животноводческих сто- ков с чистой водой	0...30	8,5	0,202	0,001	0,052	0,048	0,040	0,017	0,007	0,038
1:10 при пороге пред- поливной влажности	0...100	8,7	0,206	0,003	0,049	0,064	0,031	0,013	0,007	0,043
5 вариант - полив смесью осветленных животноводческих сто- ков с чистой водой	0...30	8,3	0,186	0,001	0,053	0,037	0,048	0,017	0,005	0,025
1:7 при пороге пред- поливной влажности	0...100	8,4	0,195	0,001	0,056	0,045	0,044	0,024	0,003	0,022

78

Таблица 2

Изменение качественного состава солей на ЗПО при поливах ячменя оптимальной смесью животноводческих стоков с чистой водой

Слой почвы	Na ₂ CO ₃	Ca(HCO ₃) ₂	Mg(HCO ₃) ₂	NaHCO ₃	CaSO ₄	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	NaCl	MgCl ₂	CaCl ₂	Сумма солей, т/га
Осень 1978 г.											
0...20	-	1,350	0,476	-	0,404	0,456	-	0,404	0,033	-	3,122
		43,2	15,2		12,9	14,7		12,9	1,1		100
0...100	0,202	6,326	1,219	0,121	2,905	3,600	0,398	0,894	0,635	-	16,300
	1,2	38,8	7,5	0,7	17,8	22,1	2,4	5,5	3,9		100
0...150	0,326	9,613	1,677	0,121	3,057	5,975	0,398	1,485	0,898	-	23,550
	1,4	40,8	7,1	0,5	13,0	25,4	1,7	6,3	3,8		100
Осень 1980 г.											
0...20	-	1,297	0,303	-	-	0,394	-	0,692	0,099	-	2,785
		46,6	10,9			14,1		24,8	3,6		100
0...100	0,164	7,068	0,895	-	0,550	1,464	-	5,613	0,681	0,034	16,479
	1,0	42,3	5,4		3,4	8,9		34,1	4,1	0,2	100
0...150	0,728	10,349	1,359	-	0,712	1,665	-	9,204	0,755	0,086	24,853
	2,9	41,6	5,5		2,9	6,7		37,0	3,0	0,3	100

79

Примечание: В числителе т/га, в знаменателе - % от суммы солей.

Таблица 3

Содержание поглощенных оснований в сероземно-луговых почвах на вариантах режима орошения ячменя

Варианты опыта	Слой почвы, см	Емкость поглощения	% от суммы поглощенных оснований		
			Ca"	Mg"	Na'
Исходное содержание	0...30	9,74	78,9	14,1	7,0
Вариант 1	0...30	10,10	86,3	6,1	7,6
Вариант 2	0...30	14,60	82,6	9,1	8,3
Вариант 3	0...30	15,10	82,6	9,3	8,1
Вариант 4	0...30	14,60	81,7	9,5	8,8
Вариант 5	0...30	16,20	79,4	12,1	8,5
Вариант 6	0...30	15,70	81,5	9,1	9,4
Вариант 7	0...30	15,3	77,1	11,6	11,3
Вариант 8	0...30	15,5	76,9	10,8	12,3

Если в начале опыта (1977 г.) емкость поглощения составила 9,74 мг-экв на 100 г почвы, то в конце опыта (1980 г.) она составляла 10,10...16,20 мг-экв на 100 г почвы (таблица 3).

В поглощенных основаниях преобладает кальций (77,9...86,3%), а содержание натрия составляет 7,6...12,3%.

На оптимальном варианте, по порогу предполивной влажности и концентрации смеси (вариант 5), емкость поглощения почв составила 16,2 мг/экв на 100 г почвы, а содержание натрия - 8,5% от суммы поглощенных оснований. Аналогичное увеличение насыщенности почв поглощенными основаниями отмечено и на вариантах по изучению режима орошения люцерны.

При поддержании повышенного порога предполивной влажности (80% от НВ) и использовании смеси осветленных животноводческих стоков с чистой водой 1:5 наблюдаются процессы осолонцевания сероземно-луговых почв. На вариантах 6...8 увеличилось содержание натрия (9,4...12,3%), что указывает на протекающие процессы осолонцевания почв (табл. 3).

В заключение необходимо отметить, что выбор параметров режима орошения, обеспечивающего благоприятный мелиоративный режим почв, необходимо осуществлять с учетом допустимого уровня накопления солей как в корнеобитаемом слое почв, так и в зоне аэрации. Для поддержания благоприятной мелиоративной обстановки необходимо

строго регулировать годовую норму внесения питательных элементов и минеральных веществ по величине планируемого урожая с учетом естественного плодородия почв, степени их засоления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюкова А.П. Влияние орошения на водный и солевой режим почв южного Заволжья. - М.: 1962. - 267 с.
2. Койбаков Б.М. - Изменение качественного состава солей в почвах при орошении дренажными водами. - В кн.: Совершенствование мелиоративного улучшения орошаемых земель в Казахстане. Сборник научных трудов КазНИИВХ. Ташкент, 1982, с.90-96.

М.М.Мусаев
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УРОВНЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ

Интенсивное развитие народного хозяйства требует преимущественного направления средств на реконструкцию действующих производств. В решениях XXVI съезда КПСС отмечается, что реконструкция оросительных систем должна осуществляться как одно из важнейших мероприятий по повышению продуктивности орошаемых земель.

Для повышения эффективности реконструкции на мелиоративных объектах необходимо разработать или усовершенствовать действующие инструктивные и нормативные документы по планированию, проектированию и осуществлению таких мероприятий. Научно обоснованное решение указанных вопросов требует правильной оценки имеющейся информации о техническом состоянии оросительной системы, фондотдаче, производительности труда, прибыли и других показателей, характеризующих в целом материально-техническую базу и результаты производственной деятельности на орошаемых землях. Органическое единство этих показателей формирует общий технико-экономический уровень (ТЭУ) оросительной системы.

В практике для характеристики ТЭУ действующего производства

применяется большое количество оценочных показателей и их классификационных систем. В этих условиях возникает ряд проблем. Вот некоторые из них: на основе каких признаков отбирать показатели или их систему; должны ли они быть равнозначными в системе оценки и если нет, то как построить их иерархию; возможна ли однозначная оценка ТЭУ производства?

При классификации показателей по оценке ТЭУ производства необходимо учитывать прежде всего их функциональную направленность. По этому признаку показатели можно расчленять на группы, в отдельности характеризующие материально-техническую базу производства, организацию и управление производством и, наконец, результаты производственной деятельности. Такой подход позволяет объективно представить ТЭУ производства как уровень, составляющими которого являются технический уровень производства (ТУП), уровень организации и управления производством (ОУП) и экономический уровень производства (ЭУП). В этом случае общий ТЭУ производства, учитывающий развитие производительных сил, степень их использования, а также конечные результаты производственной деятельности, в целом будет характеризовать отдачу ресурсов производства, т.е. его эффективность.

Система показателей, применяемая для характеристики ТЭУ производства на орошаемых землях, должна обеспечивать всестороннюю оценку производства и его элементов за любой период, базироваться в основном на данных существующей отчетности, отличаться высокой степенью достоверности, простотой в употреблении и невысокой трудоемкостью расчетов, служить основой для классификации оросительных систем по уровню технико-экономического развития и базой оптимального распределения ресурсов на их совершенствование. Кроме того, общий ТЭУ должен оцениваться критериальным показателем, при анализе которого могли бы быть получены ответы на вопросы: каков ТЭУ системы на современном этапе, повышался ли он за рассматриваемый период, каковы перспективы его повышения? По нашему мнению, больше всего подходит для этой роли рекомендуемый также многими экономистами / 1, 2/ показатель - удельные "приведенные затраты", рассчитываемые по выражениям:

$$З = C + E_n \cdot K \quad (1) \text{ или } З = C + E_n \cdot \Phi, \quad (2)$$

где

- C - издержки производства;
- K - капитальные вложения;
- Φ - основные фонды (в формулы проставляются удельные величины перечисленных показателей);
- E_n - нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности.

Применение показателя приведенных затрат в качестве критерия оценки ТЭУ любого производства для решения некоторых задач реконструкции обусловлено следующим.

Практика показывает, что между фондооснащенностью (капиталоемкостью) производства и себестоимостью продукции существует функциональная зависимость, близко описываемая в виде параболы (рис. 1).

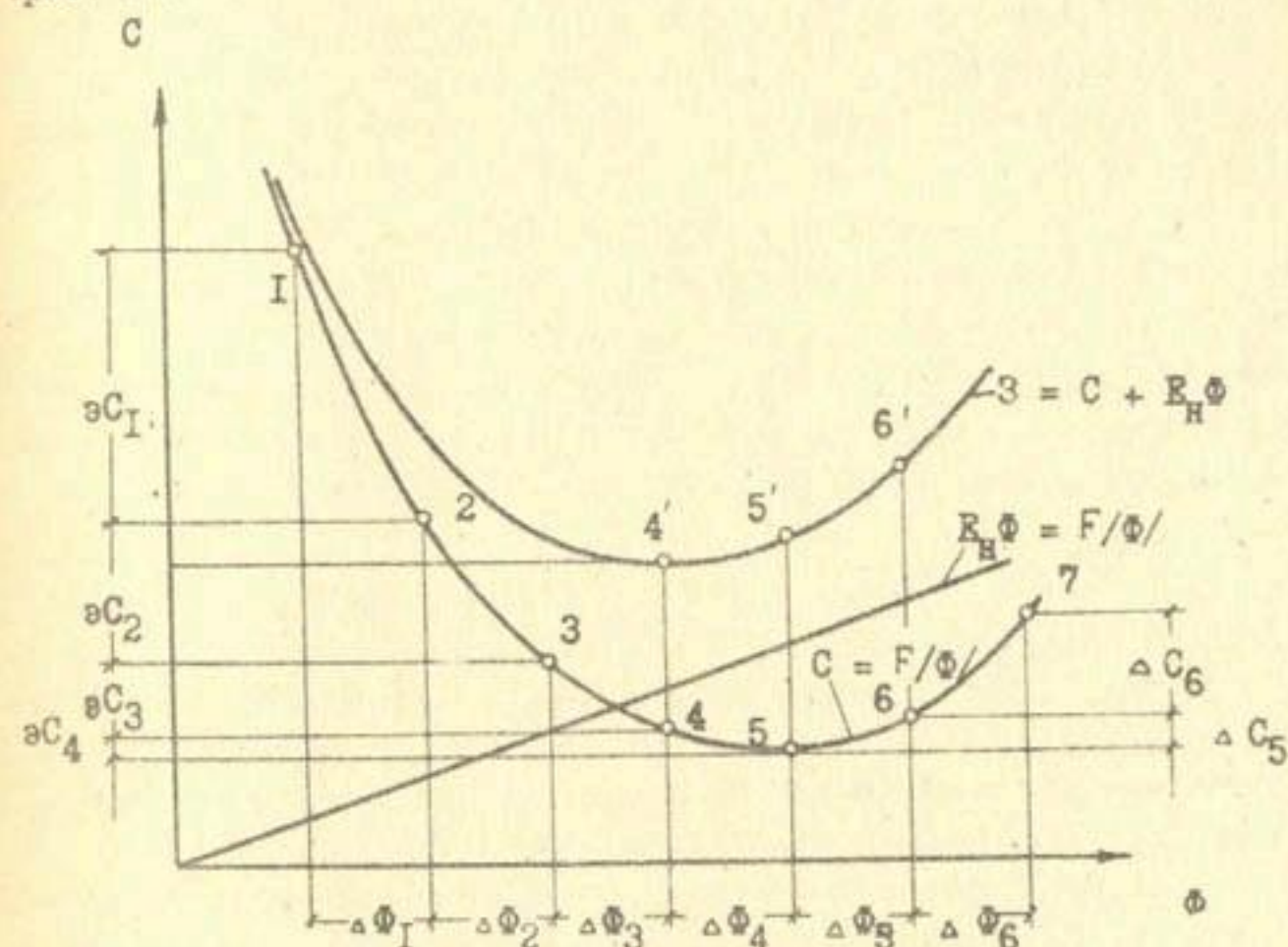


Рис. 1. Изменение себестоимости продукции в зависимости от фондооснащенности производства.

Для такого рода зависимостей характерно следующее. Чем выше фондооснащенность производства, тем ниже себестоимость продукции. Однако при этом себестоимость снижается только до определенного минимума (точка 5), после которого, несмотря на последующее возрастание фондовооруженности, себестоимость также начинает повы-

шаться. Это объясняется более интенсивным ростом амортизационных отчислений по сравнению с темпами снижения других составляющих издержек производства. Как видно из рис. 1, минимальная величина приведенных затрат, определяющая минимум народнохозяйственной себестоимости продукции на данном производстве при заданном уровне его технической вооруженности, не совпадает с минимумом индивидуальной себестоимости. Точка этого общего минимума (точка 4) смещается по отношению точки минимума индивидуальной себестоимости (точка 5) в сторону уменьшения стоимости производственных фондов на величину $\Delta \Phi_4$.

Для нас большой интерес представляет вывод, который вытекает из анализа снижения себестоимости под воздействием последовательно осуществляемых капитальных вложений, повышающих на одинаковую величину фондооснащенность $\Delta \Phi_1 = \Delta \Phi_2 = \dots = \Phi_n$ действующего предприятия. Так, если первоначальная величина приращения фондов на $\Delta \Phi_1$ позволяет снизить себестоимость на величину ΔC_1 (из точки 1 до точки 2), то такие же затраты на прирост фондов $\Delta \Phi_2$, но осуществленные позже первых, дают экономию в издержках на меньшую величину и так далее. Это обстоятельство наводит на мысль, что чем выше уровень технической оснащенности производства к моменту осуществления мероприятий по его совершенствованию, тем труднее при прочих равных условиях достичь более высоких темпов повышения технико-экономических результатов производства.

Итак, можно заключить, что капитальные вложения, направляемые на реконструкцию, дают больший экономический эффект на тех действующих оросительных системах, где на данный момент ниже ТЭУ производства. Отсюда и возможность использования данных ранжировки оросительных систем по критерию "приведенные затраты" для прогнозирования мероприятий по реконструкции.

В водохозяйственной практике известно предложение П.Г. Филаловского о необходимости использования приведенных затрат для унифицированной оценки мелиорированных земельных ресурсов [3]. Однако отсутствие прямых хозрасчетных отношений, а также большая зависимость производственной деятельности от складывающихся природно-климатических условий в значительной мере снижают возможность применения на оросительных системах данного критерия.

Однозначная оценка ТЭУ производства на основе критерия "приведенные затраты" не достаточна для прогнозирования различ-

ных направлений реконструкции. Для этого необходимо использовать ряд дополнительных показателей, в отдельности характеризующие технический, организационный и экономический уровни производства. Принципиальная схема и рекомендуемая система показателей для оценки ТЭУ оросительной системы приводятся на рис. 2.

ТУП - это степень развития средств производства и, прежде всего, средств труда (в условиях социализма - основных фондов). Он показывает, с помощью каких основных фондов выполняются производственные функции, насколько они совершенны, в какой степени общество перешло от старых к новым, более прогрессивным средствам производства. На оросительных системах ТУП характеризуют следующие показатели: удельный вес инженерных водозаборов, удельный вес и протяженность совершенных оросительной и коллекторно-дренажной сетей, оснащенность систем сооружениями и средствами автоматизации и телемеханизации, уровень механизации и автоматизации полива, спланированность орошаемых земель, фондовооруженность и др. (рис. 2).

Для оценки ОУП используются показатели, характеризующие степень совершенства производственных отношений. На оросительных системах это такие показатели, как коэффициент использования воды, фактическое выполнение оросительной нормы и поливов сельхозкультур, плановость в распределении воды, выполнение системой водоподачи хозяйствам, удельные расходы на управление, удельный вес ИТР с высшим образованием и др. (см. рис. 2).

Наиболее ответственным моментом в установлении и оценке ТЭУ производства является отбор показателей, характеризующих ЭУП. Каждый показатель этого уровня является синтезирующим по отношению к показателям ТУП и ОУП и выражает величину полезного результата, полученного на единицу соответствующим образом использованных ресурсов. При этом очень важно, чтобы был правильно установлен конечный результат. Выбор результативных показателей должен производиться в зависимости от того, что именно рассматривается - отдельные элементы оросительной системы или оросительная система в целом. Так, при рассмотрении только межхозяйственной части системы результативными показателями выступают объем водоподачи в хозяйства, объем и стоимость эксплуатационных работ на этом звене; если же анализируется головной участок оросительной системы, то результативными показателями выступают только объемы водозабора и эксплуатационных работ на этой части

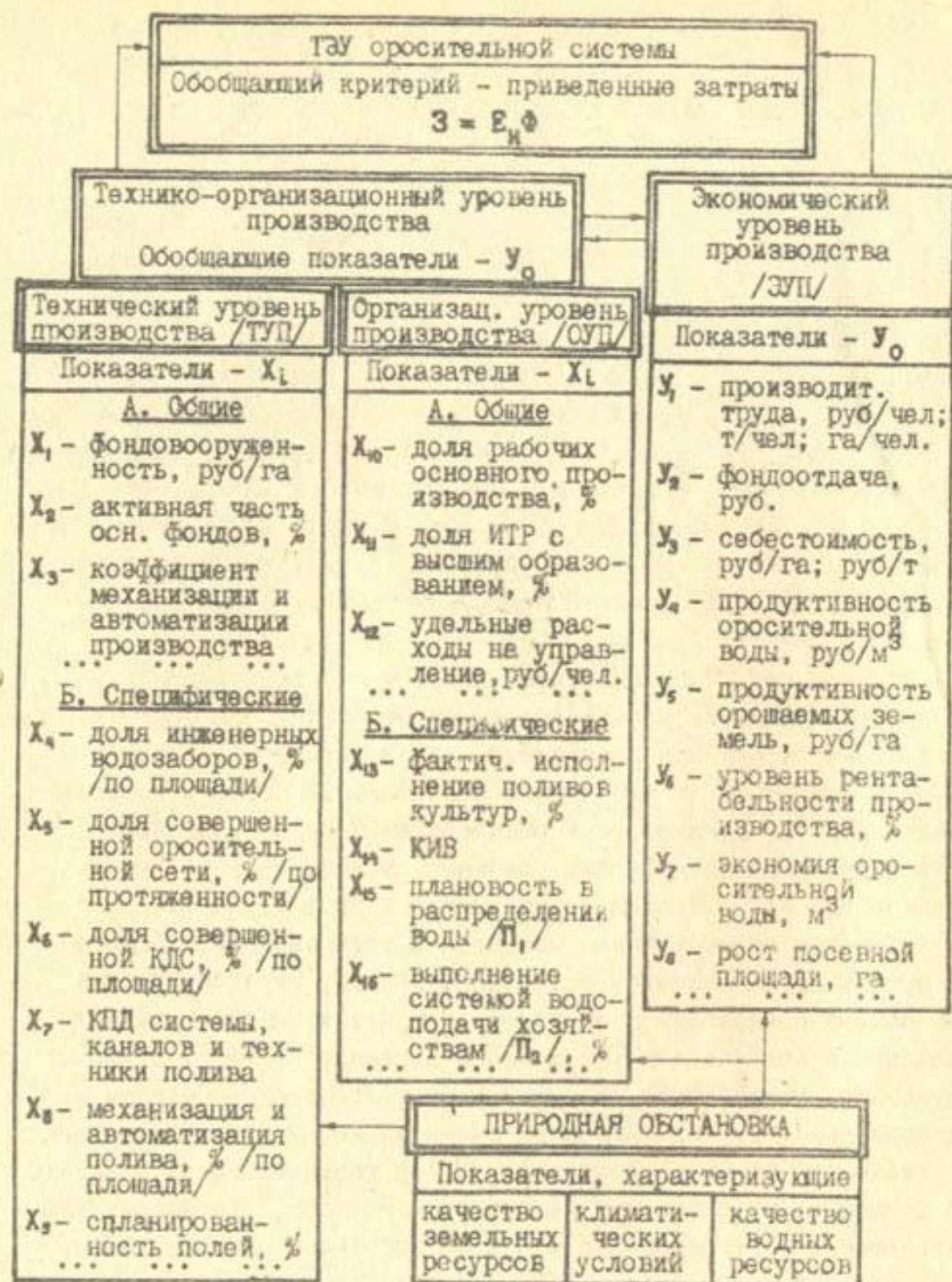


Рис. 2. Принципиальная схема и система показателей оценки ТЭУ оросительной системы

системы. Далее путем сопоставления показателей результатов с величиной затраченных ресурсов можно получить искомые показатели эффективности - показатели ЭУП на оросительных системах. В таблице I они отмечены "крестиком" и получены в местах пересечения соответствующих ее строк и граф. Большое количество получаемых при этом оценочных показателей значительно затрудняет однозначную оценку этого уровня. Для целей прогнозирования основных мероприятий по реконструкции оросительных систем выбор показателя следует производить исходя из решаемых при этом задач. Тогда удастся значительно сузить круг рассматриваемых показателей.

Таблица I

Определение показателей эффективности (ЭУП) на оросительных системах (фрагмент)

Ресурсы (их наименование или номера)	Показатели результатов производственной деятельности						
	водозабор, м ³	водоподача, м ³	объем эксплуатации работ, руб.	площадь, га орошаемая	площадь, га поливаемая	объем с/х продукции, руб.	прибыль, руб.
A	1	2	3	4	5	6	7
Оросительная система в целом							
I. Трудовые ресурсы, чел.; чел-дн.; руб.	+	+	+	+	+	+	+
II. Основные фонды, руб.	+	+	+	+	+	+	+
III.оборотные фонды, руб.	+	+	+	+	+	+	+
IV. Издержки производства, руб.	+	+	+	+	+	+	+
V. Водные ресурсы, м ³	+	+	+	+	+	+	+
VI. Земельные ресурсы, га	+	+	+	+	+	+	+
I. Головной участок (водозабор)							
I	+		+				
II	+		+				
III	+		+				
IV	+		+				
V	+		+				

A	I	2	3	4	5	6	7
<u>2. Межхозяйственная часть</u>							
A. Оросительная сеть и сооружения							
I		+	+	+			
II		+	+	+			
...	...	...	...	...	...	...	...

Очень важно, чтобы принятая система показателей всесторонне характеризовала развитие всех элементов оросительной системы, позволяла выявить отставание их уровня от уровня передовых или эталонных систем. Большое значение имеет также возможность использования этих показателей для характеристики не только отдельных систем, но и пригодность их на отраслевом и народнохозяйственном уровнях. Таким образом, система показателей по оценке ТЭУ оросительных систем должна содержать как общие, так и отраслевые (специфические) показатели (рис. 2).

Есть все основания полагать, что показатели ЗУП являются функцией показателей технико-организационного уровня производства. Другими словами, имеется возможность установления связей этих показателей с помощью многофакторных уравнений регрессии вида:

$$Y = F / X_1, X_2, \dots, X_n / , \quad (3)$$

где в качестве функции (Y) выступает один из показателей эффективности производства (ЗУП), а в качестве аргументов X_i — показатели ТУП и ОУП совместно.

При получении уравнений регрессии становится более ясным воздействие отдельных факторов на экономические результаты, и исследователь лучше понимает природу изучаемого явления. Кроме того, при таком подходе создается база для расчетного экспериментирования с целью получения ответа на вопрос типа "что будет, если...?", что очень важно для правильного прогнозирования и планирования мероприятий по реконструкции оросительных систем.

При составлении уравнений регрессии необходимо решить ряд задач. Это, в первую очередь, выбор факторов-аргументов, существенно влияющих на функциональный показатель, определение форм уравнений регрессии, оценивание параметров уравнений и т.д. В це-

лом они решаются с помощью того или иного статистического метода обработки соответствующей информации.

Может быть получено множество обобщающих показателей технико-организационного уровня в зависимости от включения в уравнение регрессии различных показателей эффективности. В таблице 2 приводится примерный состав показателей для оценки ТЭУ оросительной системы в целом и отдельных ее частей.

При решении уравнений регрессии можно выявить те факторы, которые оказывают наибольшее влияние на тот или иной показатель эффективности. Выбор соответствующего экономического показателя должен производиться в зависимости от решаемых реконструкцией задач и направлений мероприятий по совершенствованию оросительной системы.

На действующих оросительных системах реконструкцией решаются экономические, социальные и экологические задачи. Решение экономической задачи заключается в повышении производительности труда, снижении себестоимости продукции и росте объема производства продукции. На оросительных системах они могут быть реализованы путем повышения водообеспеченности орошаемых земель, улучшения мелиоративного состояния и использования орошаемых земель и оросительной воды, а также совершенствования организации производственных процессов на орошаемой территории. Все они достигаются проведением различных мероприятий как технического, так и организационного характера. В частности, улучшение (повышение) водообеспеченности орошаемых земель возможно при осуществлении следующих мероприятий: совершенствование условий водозабора из источника орошения путем строительства инженерных водозаборов, создание водохранилищ; совершенствование существующей оросительной сети путем ее облицовки противофильтрационной одеждой, спрямлением трассы каналов, заменой их закрытой сетью; оснащение оросительной сети сооружениями, водомерными устройствами и средствами автоматизации; внедрение автоматизированных и механизированных способов и техники полива и проведение капитальной планировки орошаемых земель (рис. 3).

Необходимо отметить, что используемые в расчетах факторы-аргументы в виде показателей ТУП и ОУП имеют неодинаковую размерность. Например, фондовооруженность выражается в руб/га, удельный вес активной части основных фондов — в долях или процентах и т.д. Поэтому в уравнение регрессии их необходимо под-

Таблица 2

Примерный состав показателей по оценке ТЭУ
оросительной системы (фрагмент)

Показатели ЭУП - y_i	Показатели ТУП и ОУП - x_i
I. Оценка существующего ТЭУ оросительной системы	
$y_1 = \frac{6}{I}$ - производительность труда	$x_1, x_2, x_3, x_5, x_6, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{15}, x_{16}$
$y_2 = \frac{6}{II}$ - фондоотдача	$x_1, x_2, x_3, x_4, x_9, x_{10}, x_{12}, x_{13}, x_{16}, x_{17}, x_{18}$
$y_3 = \frac{IV}{6}$ - себестоимость продукции	$x_1, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_9, x_{10}, x_{12}, x_{13}, x_{15}$
$y_4 = \frac{6}{V}$ - продуктивность воды	$x_1, x_2, x_5, x_7, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}$
$y_5 = \frac{6}{VI}$ - продуктивность орошаемых земель	$x_1, x_7, x_8, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}$
$y_6 = \frac{7}{II}$ - рентабельность основных фондов	$x_1, x_2, x_5, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{15}, x_{16}, x_{18}, x_{19}, x_{23}$
$y_7 = \frac{7}{IV}$ - уровень рентабельности производства	$x_1, x_5, x_6, x_7, x_8, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{15}, x_{16}$

II. Оценка ТЭУ оросительной системы с целью повышения ее водообеспеченности

I. Головной водозабор (участок)

$y_8 = \frac{I}{I}$ - водозабор на одного работника	$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_{15}, x_{16}$
$y_9 = \frac{IV}{I}$ - себестоимость забора воды из источника	$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_{13}, x_{15}, x_{16}$

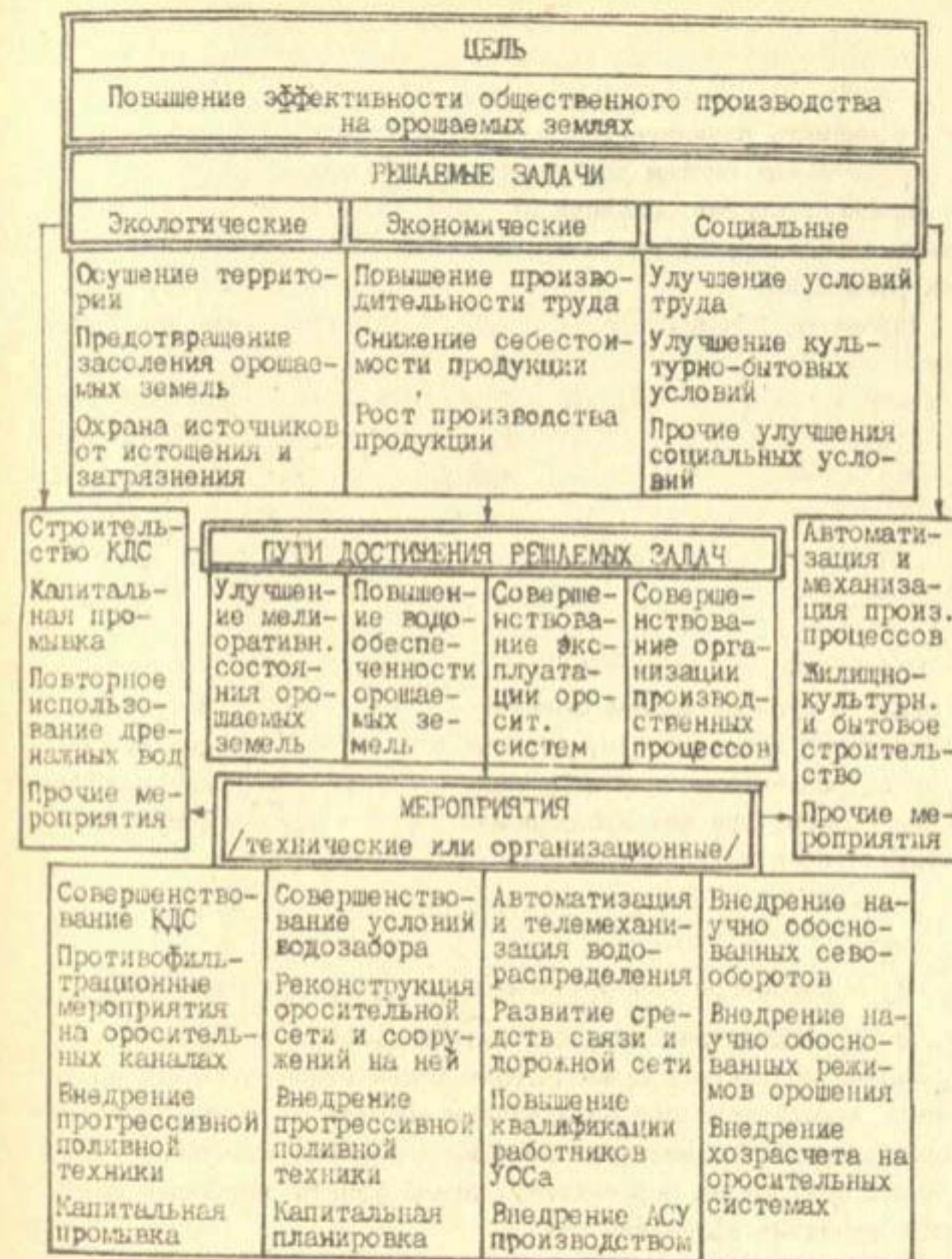


Рис. 3. Цель, задачи и основные мероприятия по реконструкции оросительных систем

ставят в виде безразмерных относительных величин, принимая их как отношение фактической величины определенного показателя к его эталонному значению. В практических расчетах за эталон можно принимать показатели передовых или технически совершенных оросительных систем для заданных природно-климатических зон.

Прогнозирование основных направлений реконструкции оросительных систем производится на основе анализа полученных уравнений регрессии.

Параметры при факторах-аргументах характеризуют изменение показателя эффективности при изменении одного из них на единицу при условии неизменного фиксированного среднего значения других факторов. В то же время они не дают ответа на вопрос, какие из факторов-аргументов оказывают наиболее существенное влияние, а также в развитии каких из них заложены крупные резервы положительного изменения функционального показателя. Для получения ответа на эти вопросы необходимо учесть различия в количественном выражении их значений.

Определение относительного влияния различных факторов-аргументов на функциональный показатель производится с помощью коэффициентов эластичности, которые показывают, на сколько процентов в среднем изменяется функция с изменением фактора-аргумента на один процент при фиксированном положении других аргументов. Его можно определить по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{a_i X_i}{\bar{y}}, \quad (4)$$

где a_i - параметры /коэффициенты/ при факторах-аргументах;

$\bar{y}$ - среднее значение показателя функции.

Данный показатель примечателен в том отношении, что он может быть использован при определении состава мероприятий по совершенствованию оросительной системы - намечая изменение того или иного фактора на перспективу, можно узнать ожидаемое изменение показателя эффективности.

Дальнейшей задачей анализа является установление значимости каждого показателя ТУП и ОУП по степени влияния на показатель эффективности. Значимость необходимо определять только по тем факторам-аргументам, которые статистически значимы и положительно влияют на показатель эффективности производства.

Весомость включенных в уравнение показателей ТУП и ОУП определяется по выражению:

$$B_i = \frac{\varepsilon_i}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i}, \quad (5)$$

где ε_i - коэффициент эластичности по i -му статистически значимому показателю фактора-аргумента.

При этом необходимо также иметь в виду, что сумма значимостей отобранных показателей ТУП и ОУП должна равняться единице, т.е. $\sum B_i = 1$. После установления весомости каждого показателя можно определить обобщающий показатель технико-организационного уровня оросительной системы Y_0 по следующей формуле:

$$Y_0 = \sum_{i=1}^n X_i B_i. \quad (6)$$

Может быть установлено несколько обобщающих показателей технико-организационного уровня в зависимости от включения в уравнение регрессии различных показателей эффективности. В итоге будут выявлены те факторы, которые оказывают наибольшее влияние на показатель ЭУП, и на этой основе намечены мероприятия по совершенствованию действующих оросительных систем.

ВЫВОДЫ

1. Прогнозирование направлений реконструкции оросительных систем можно производить на основе оценки общего ТЭУ производства на орошаемых землях. В систему показателей оценки ТЭУ оросительных систем входят как критериальные (обобщающие), так и частные показатели. При этом должны учитываться и природно-климатические условия орошаемой территории.

2. Основной целью реконструкции является повышение эффективности производства на орошаемых землях. Решаются здесь экономические, экологические и социальные задачи путем проведения мероприятий как технического, так и организационного характера. Выбор направлений реконструкции можно производить на основе регрессионно-корреляционного анализа показателей ТЭУ оросительной системы.

3. Предлагаемые разработки будут полезны планирующим, проектным и эксплуатационным водохозяйственным организациям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н о в о ж и л о в В.В. Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании. - М.: Экономика, 1967. - с.119-130.
2. З а я ц е в Б.Ф. Планирование и эффективность технического развития объединения. - М.: Экономика, 1981. - с.88-90.
3. Ф и а л к о в с к и й П.Г. О единой водохозяйственной системе. - Гидротехника и мелиорация, 1976, № 1, с.22-31.

Н.Д.Креккер
кандидат технических наук
(КазНИИВХ)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
КОМБИНИРОВАННЫХ БОРОЗДКОВО-ДОЖДЕВАЛЬНЫХ ПОЛИВОВ

Повышение эффективности орошаемого земледелия связано с оптимизацией всех факторов жизни растений по (фазам развития). Максимальная (потенциальная) урожайность достигается при оптимальных значениях всех факторов (тепла, света, влаги, питания). Воздействие на факторы в реальных условиях ограничено, как правило, изменением водного и питательного режима почвы и в меньшей степени связано с изменением факторов, обусловленных природно-климатическими условиями. Это указывает на зависимость потенциальной урожайности от конкретных условий возделывания сельскохозяйственной культуры.

Стремление к повышению урожайности при орошении связано с обеспечением необходимого водного режима почвы по глубине изменяющегося на протяжении вегетации её корнеобитаемого слоя. Эффективность орошения возрастает с повышением равномерности увлажнения по площади и во времени. Однако при этом возрастают и затраты на орошение. Переход от применения дождевальных машин типа ДДН к ДДА-100М, от последних - к ДМ "Фрегат", а от них - к ЭДМФ "Кубань" и в перспективе - к ещё более совершенной машине типа "Линейр" показывает тесную связь между агротехническими и экономическими показателями техники полива. (Повышение уровня обеспечения агротребований приводит к возрастанию затрат на технику полива). На это же указывает опыт применения экспериментальной и мелкосерийной

техники для осуществления капельного, внутрипочвенного, аэрозольного, импульсного и комбинированного способов полива.

Совершенствование поливной техники направлено на улучшение определенных факторов жизни растений, прежде всего, влажности почвы и приземного слоя воздуха. Одновременно при этом изменяются и другие факторы-концентрации питательного раствора почвы, температура почвы и воздуха и др. Влияние изменяющихся факторов на урожай (y) в общем виде характеризуется зависимостью:

$$y = f(x_1 \dots x_n), \quad (1)$$

где $x_1 \dots x_n$ - действительные значения факторов жизни растений;
 n - количество факторов.

Согласно закону Митчерлиха [1] прирост урожая на единицу изменения фактора пропорционален недобору фактора до оптимальной его величины, т.е.:

$$\frac{dy}{dx_1} = (x_{1\text{опт}} - x_1) C_1, \quad (2)$$

где $x_{1\text{опт}}$ - оптимальное значение фактора;
 $C = \text{const}$ - постоянная для этого фактора.

Решение этого уравнения дает:

$$y = C_1 (x_{1\text{опт}} \cdot x_1 - \frac{x_1^2}{2}) + C, \quad (3)$$

где C - постоянная интегрирования.

С учетом начальных условий:

при $x_1 = x_{10}$ $y = 0$,

при $x_1 = x_{1\text{опт}}$ $y = A_1$,

где x_{10} - минимальная величина фактора x_1 , ограничивающего жизнедеятельность растений (для влажности почвы-влажность завядания); A_1 - максимальный урожай при существующих значениях факторов $x_2 \dots x_n$;

$$C = - \frac{A_1 x_{10} (2 x_{1\text{опт}} - x_{10})}{(x_{1\text{опт}} - x_{10})^2},$$

$$C_1 = \frac{2 A_1}{(x_{1\text{опт}} - x_{10})^2}.$$

Тогда после преобразования получим:

$$y = A_1 \left[1 - \left(1 - \frac{x_1 - x_{10}}{x_{1\text{опт}} - x_{10}} \right)^2 \right]. \quad (4)$$

Принимая

$$\frac{X_1 - X_{10}}{X_{10} - X_{10}} = f_1, \quad (5)$$

где f_1 - относительная величина фактора X_1 , получим зависимость урожая от воздействия на один фактор:

$$y = A_1 [1 - (1 - f_1)^2] \quad (4)$$

При оптимальном значении фактора X_1 ($f_1 = f_{1\text{опт}} = 1$), изменении фактора X_2 ($f_2 = \text{Var}$ и существующих значениях остальных факторов ($f_3 \dots f_n = \text{const}$) аналогично получим:

$$A_1 = A_2 [1 - (1 - f_2)^2], \quad (6)$$

где A_2 - максимальный урожай при $f_1 = f_2 = 1$ и неизменных значениях остальных факторов.

С учетом зависимостей (4) и (6) связь урожая от двух переменных факторов имеет вид:

$$y = A_2 [1 - (1 - f_1)^2] [1 - (1 - f_2)^2]. \quad (7)$$

Аналогично зависимость урожая от "n" переменных факторов равна:

$$y = A \prod_{i=1}^n [1 - (1 - f_i)^2], \quad (8)$$

где A - максимальный потенциально возможный урожай при оптимальном обеспечении всеми факторами ($f_1 \dots f_n = 1$).

Полученная модель отображает основные законы земледелия - незаменимость факторов, минимум, оптимум и максимум факторов, взаимодействие факторов, потенциальные возможности растения и неблагоприятные условия внешней среды (погода, почва, агрофон). При нулевом значении любого из факторов модель урожая в ответе дает нуль (закон незаменимости факторов). Минимум и максимум любого из факторов является определяющим в урожае, так как характеризующий их сомножитель произведения в зависимости (8) является минимальным из всех остальных сомножителей (закон минимума). Максимальное значение сомножителя произведения, характеризующего любой из факторов, обеспечивается при оптимуме ($f_i = 1$) фактора (закон оптимума). Прибавка урожая от взаимовлияния двух факторов (закон взаимодействия) в соответствии с зависимостью (8) равна:

$$\Delta y = y \cdot \frac{\Delta f_1 \cdot \Delta f_2 (2 - 2f_1 - \Delta f_1)(2 - 2f_2 - \Delta f_2)}{f_1 f_2 (2 - f_1)(2 - f_2)}, \quad (9)$$

где Δf_1 и Δf_2 - соответственно прибавка факторов; X_1 и X_2 ; y - урожай при относительной величине этих факторов f_1 и f_2 .

При взаимодействии трех и более факторов прибавка урожая от их взаимовлияния еще более повышается.

Применяя закон аддитивности к величинам факторов при комбинированном поливе в сравнении с поливами только одним способом, урожай при комбинированном поливе равен:

$$y^K = A \prod_{i=1}^n [1 - (1 - f_i^K)] = A \prod_{i=1}^n \{1 - [1 - f_i^D (1 - K) - f_i^B K]^2\}, \quad (10)$$

где f_i^D , f_i^B , f_i^K - относительная величина i -го фактора при дождевании, бороздковом и комбинированном поливе;

K - доля нормы дождевания при комбинированном поливе.

Из выражения (10) по величинам факторов при дождевании и поливе по бороздам известными методами можно найти оптимальное значение "K", соответствующее максимальному урожаю y^K . При $0 < K < 1$ наиболее целесообразен комбинированный полив, при $K \leq 0$ - бороздковый и при $K \geq 1$ - дождевание.

Так как на протяжении вегетации величины факторов при дождевании и поливе по бороздам переменны, то и оптимальное значение "K" во время вегетации также изменяется. Это указывает на необходимость при создании технических средств комбинированного полива предусматривать возможность изменения соотношения поливных норм, вносимых каждым способом.

Материалы сравнительного изучения дождевания и полива по бороздам показывают, что из множества меняющихся в процессе орошения при смене способа полива факторов наиболее существенным изменениям подвергается влажность почвы и приземного слоя воздуха, каждый из которых для одного из способов полива является максимальным, а для другого - минимальным. Действие их на ряд протекающих в растении процессов прямо противоположно. В межполивном периоде величины этих факторов находятся во взаимосвязи, зависящей во многом от внешних условий среды и развития растений. Являясь определяющими при выборе и назначении предпочтительного способа полива, они в то же время определяют и приемлемость комбинированного полива.

С учетом величины этих факторов выражение (I0) равно:

$$y^k = A^k [1 - (1 - f_s^k)^2] [1 - (1 - f_n^k)^2], \quad (II)$$

где A^k - урожайность при оптимальном обеспечении факторами f_s^k и f_n^k ($f_s^k = 1$; $f_n^k = 1$) и неизменности остальных факторов;

f_s^k, f_n^k - факторы влажности воздуха и почвы при комбинированном поливе.

$$f_s^k = f_s^b + (f_s^d - f_s^b)K; f_n^k = f_n^b + (f_n^d - f_n^b)K, \quad (I2)$$

где $f_s^d, f_s^b, f_n^d, f_n^b$ - факторы влажности воздуха и почвы при дождевании и бороздковом поливе.

Оптимальная величина "K" при комбинированном поливе определяется решением уравнения $dy^k/dK = 0$ (I необходимое условие максимума y^k):

$$2A \{ (1 - f_s^k)(f_s^d - f_s^b)[1 - (1 - f_n^k)] + (1 - f_n^k)(f_n^d - f_n^b)[1 - (1 - f_s^k)] \} = 0, \quad (I3)$$

откуда видно, что величина факторов при комбинированном поливе определяется соотношением разностей одноименных факторов при дождевании и поливе по бороздам:

$$\frac{f_s^k}{f_n^k} \cdot \frac{1 - f_n^k}{1 - f_s^k} \cdot \frac{2 - f_s^k}{2 - f_n^k} = \frac{f_s^d - f_s^b}{f_n^d - f_n^b} \quad (I3')$$

Непосредственное определение "K" производится из уравнения:

$$(f_s^d - f_s^b)[1 - f_s^b - (f_s^d - f_s^b)K] \{ 1 - [1 - f_n^b - (f_n^d - f_n^b)K]^2 \} + (f_n^d - f_n^b) \cdot [1 - f_n^b - (f_n^d - f_n^b)K] \{ 1 - [1 - f_s^b - (f_s^d - f_s^b)K]^2 \} = 0. \quad (I3'')$$

Аналитическое и численное решение приведенного уравнения весьма громоздко и трудоемко. В связи с этим предварительно устанавливается обеспечение максимума урожая при комбинированном поливе и лишь затем определяется оптимальное соотношение норм полива дождеванием и по бороздам.

Максимум функции (II) имеет место при соблюдении неравенства $dy^k/dK < 0$ (II необходимое условие максимума y^k), обеспечиваемого при "K", удовлетворяющем зависимости (I3''):

$$\frac{d^2 y^k}{dK^2} = -2A \{ (f_s^d - f_s^b)[1 - (1 - f_n^k)^2] - 4(f_s^d - f_s^b)(f_n^d - f_n^b)(1 - f_s^k) \cdot (1 - f_n^k) + (f_n^d - f_n^b)^2 [1 - (1 - f_s^k)^2] \} < 0 \quad (I4)$$

т.е. при ограничениях $f_n^d > f_s^b, f_n^b < f_s^b, 0 < f_s^k < 1, 0 < f_n^k < 1$, независимо от величины "K", обеспечивается максимум y^k .

Достаточным условием максимума y^k эффективности комбинированного полива, в сравнении с поливами одним способом, - является соблюдение для решения уравнения (I3'') неравенства $0 < K < 1$.

Это условие обеспечивается при

$$\frac{1 - f_n^b}{1 - f_s^b} \cdot \frac{1 - (1 - f_s^b)^2}{1 - (1 - f_n^b)^2} < \frac{f_s^d - f_s^b}{f_n^d - f_n^b} < \frac{1 - f_n^d}{1 - f_s^d} \cdot \frac{1 - (1 - f_s^d)^2}{1 - (1 - f_n^d)^2}, \quad (I5)$$

Применение бороздкового полива предпочтительно при

$$\frac{f_s^d - f_s^b}{f_n^d - f_n^b} \leq \frac{1 - f_n^b}{1 - f_s^b} \cdot \frac{1 - (1 - f_s^b)^2}{1 - (1 - f_n^b)^2}, \quad (I6)$$

а дождевания - при

$$\frac{f_s^d - f_s^b}{f_n^d - f_n^b} \geq \frac{1 - f_n^d}{1 - f_s^d} \cdot \frac{1 - (1 - f_s^d)^2}{1 - (1 - f_n^d)^2}. \quad (I7)$$

В предрасположенных к бороздковому поливу условиях юга Казахстана $f_n^d > f_s^b, f_n^b < f_s^b, f_n^d - f_n^b > f_s^d - f_s^b$ оптимальная доля дождевания при комбинированном поливе составляет около 20% ($K \approx 0,2$), что соответствует примерно 10%-ной расчетной прибавке урожая.

Экспериментальными исследованиями установлено, что прибавка урожая (опыты проводились на сахарной свекле) выше расчетной. Это связано с тем, что у некоторых факторов аддитивная связь с нормой полива имеет место в течение ограниченного времени (повышение влажности при дождевании наблюдается преимущественно в начальный его период и при превышении некоторой нормы изменяется в малой степени), наблюдается взаимное влияние факторов друг на друга (лучшее увлажнение почвы при комбинированном поливе в сравнении с дождеванием повышает влажность воздуха, что уменьшает транспирацию листьев растений и испарение влаги с поверхности почвы) и, кроме того, при комбинированном поливе частично улучшаются и другие факторы жизни растений (температурный режим, условия питания). Фактическая прибавка урожая практически соот-

ветствует расчетной по зависимости (II) при экспериментальных значениях факторов.

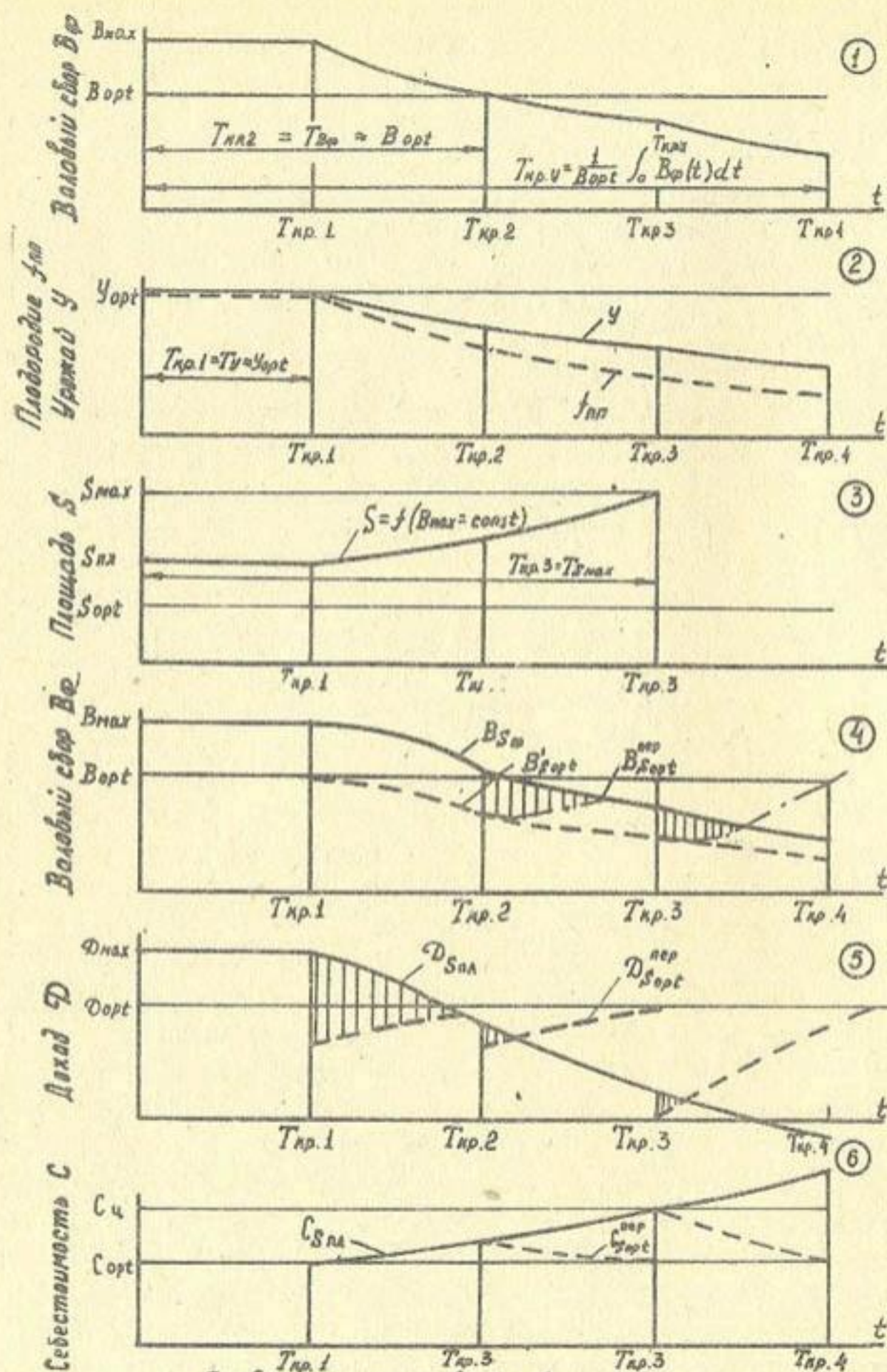
Результаты внедрения комбинированных поливов сахарной свеклы с помощью переоборудованных агрегатов типа ДДА-100М показали, что эффективность комбинированных поливов подвержена значительным колебаниям, и в отдельных случаях не обеспечивалось даже получение плановой урожайности, хотя урожайность была и выше, чем при поливах только одним способом. Такие явления имеют место и при внедрении некоторых других видов поливной техники, что, учитывая тенденции роста стоимости механизации орошения при ее совершенствовании, требует особого выяснения приводящих к этому причин.

Эффективность орошения определяется количественным улучшением отдельных факторов жизни растений, что непосредственно видно как из представленной выше схематической модели урожая, так и по другим известным моделям, связывающим продуктивность растений с внешними факторами среды /2,3,4/. Наиболее эффективно влияние орошения при улучшении факторов, находящихся в минимуме. Переход к более совершенной технике полива, как правило, связан с улучшением не этих факторов, а имеющих более высокую относительную величину. Вследствие этого совершенствование техники полива направлено в основном на решение технико-эксплуатационных задач, связанных с повышением производительности труда на поливе и эффективности использования оросительной воды, т.е. ликвидацией дефицитов трудовых и водных ресурсов в орошаемом земледелии, являющихся тормозом повышения его продуктивности. В меньшей степени совершенствование поливной техники, особенно для поверхностного полива, преобладающего в зоне орошения, связано с обеспечением оптимальных величин элементов техники полива и увязки их с оптимальным режимом орошения, при котором достигаются близкие к оптимуму величины факторов, связанных с орошением. По существу, совершенствование поливной техники в основном производится для условий отсутствия дефицита земельных ресурсов /5/.

В практике орошаемого земледелия в наибольшем дефиците обычно находятся земельные ресурсы, наличие которых по принятым схемам севооборотов не соответствует потребности размещения планируемых площадей ведущих культур при планируемом объеме их производства /6/. Ввод планируемых площадей отдельных культур, превышающих возможности практически орошаемых площадей при соблюде-

нии научно обоснованных севооборотов, приводит к нарушению последних. Это является основной причиной низкой продуктивности сельскохозяйственных культур и их высокой себестоимости /7/. Отсутствие или несоблюдение, что в принципе одно и то же, севооборотов приводит к ряду негативных явлений в орошаемом земледелии, преодоление последствий которых неизбежно связано со значительным материальным (и моральным) ущербом, превышающим кратковременный "эффект", полученный в начальный период нарушения севооборотов в результате скачкообразного роста валового сбора отдельных ("ведущих") культур.

Планирование завышенного валового сбора ($V_{\max}$) части сельскохозяйственных культур в первые годы нарушения севооборотов или на вновь осваиваемых землях приводит к повышению удельного веса этих культур в сравнении с требованиями севооборота. На протяжении некоторого периода ($T_{кр.1}$), продолжительностью порядка 3 лет, урожайность (Y) поддерживается на оптимальном уровне (Y_{opt}) и плодородие почвы ($f_{пл}$) также существенно не изменяется. Это обеспечивает повышенный доход хозяйства ($\mathcal{Q}_{\max}$), так как себестоимость продукции в течение этого периода остается стабильной (C_{opt}), со всеми вытекающими отсюда материальными и моральными благами хозяйственников, что компенсирует в определенной мере недобор "второстепенных", ущемленных по площади (как правило, кормовых) культур. Однако после наступления некоторого критического периода ($T_{кр.1} = T_{y=Y_{opt}}$) урожайность начинает падать вследствие несоблюдения севооборота и снижающегося из-за этого плодородия почвы, уменьшая и валовой сбор ($V_{сп}$) планируемой культуры (рис.1), хотя на протяжении некоторого периода ($t < T_{кр.2}$) он и выше, чем при соблюдении севооборотов, на величину $V_{сп} - V_{opt}$. При $t = T_{кр.2}$ валовой сбор при обеих схемах выравнивается ($V_{сп} = V_{opt}$), что является критерием этого критического периода ($T_{кр.2} = T_{V_{сп}=V_{opt}}$). Поддержание валового сбора на прежнем уровне и соответственно урожайности "ведущих" культур при сохранении их удельного веса связано со всё возрастающими издержками из-за повышенных трудо-, материало- и энергозатрат, приводящих к повышению себестоимости возделываемой культуры и снижению дохода от её реализации. Поскольку ресурсы хозяйства ограничены, то еще в большей степени ущемляются "второстепенные" культуры, что еще больше усугубляет процесс снижения плодородия почвы (рис.2), поддержание которого на стабильном уровне возможно только при соблюдении севооборотов, которые обеспечивают не только стабили-



Продолжительность возделывания ведущих культур

Рис. 1. Схема влияния структуры посевов на эффективность орошаемого земледелия

зацию, но и постоянное улучшение плодородия почвы и повышение урожайности всех культур севооборота от одной ротации к другой /8,9/.

Затруднения по обеспечению показателей по валовому сбору "ведущих" культур зачастую приводят ко всё возрастающим удельному весу и площади (S) этих культур в зоне нарушенной системы севооборота. За счет этого при $S = f(B_{max} = const)$ и снижении их общей урожайности можно в течение некоторого периода ($T_{кр.3}$) стабилизировать их валовой сбор (рис.3), все более ущемляя "второстепенные" культуры. Однако при превышении критического периода ($T_{кр.3} = T_{S_{max}}$), когда все допустимые "резервы" площади исчерпаны ($S = S_{max}$), неизбежно общее снижение валового сбора не только "второстепенных", но и "ведущих" культур. И, наконец, наступает критический период ($T_{кр.4}$), за общее время которого ($T_{кр.4} = \frac{1}{B_{opt}} \int_0^{T_{кр.4}} B_{\phi}(t) dt$) суммарный валовой сбор "ведущей" культуры равен валовому ее сбору за этот же срок при выращивании ее на меньшей площади и соблюдении севооборота, но без ущемления остальных культур севооборота и при меньших издержках. В дальнейшем (при $t > t_{кр.4}$) среднегодовой валовой сбор "ведущей" культуры с единицы площади севооборотного массива при завышенном ее удельном весе в общей площади ниже, чем при оптимальном ее весе. Это указывает на необходимость возвращения к оптимальной структуре посевов, соответствующей требованиям рационального севооборота. Однако переход к ней связан с уменьшением удельного веса площади "ведущей" культуры с $S_{пл}$ до S_{opt} и снижением валового ее сбора (рис.4). Валовой сбор (B_{ϕ}) с единицы площади севооборотного массива при увеличении оптимальной площади (S_{opt}) "ведущей" культуры до плановой ($S_{пл}$), регламентируемой государственным планом-заказом /10/ или указаниями вышестоящих организаций /11/, увеличивается с B_{opt} до B_{max} в начальный период, но в последующем разница между ними, как и абсолютная величина B_{ϕ} , постепенно уменьшается. При обратном переходе на оптимальную площадь (S_{opt}) валовой сбор (B_{ϕ}) в течение некоторого периода ниже, чем при плановой площади ($S_{пл}$), но постепенно увеличивается, приближаясь к B_{opt} . Парадокс заключается в том, что чем раньше будет осуществлен переход к оптимальной структуре посевов, тем больше "потери" валового сбора "ведущей" культуры с единицы площади ($B_{S_{пл}} - B_{S_{opt}}$), с чем не может согласиться хозяйство. То, что при этом получение предшествующего ва-

лового сбора $\bar{B}_{\text{сл}}$ обеспечится лишь через несколько лет, хотя оно всего лишь следствие игнорирования при планировании основного закона земледелия, — первопричина того, что процесс повсеместного перехода к рациональной системе севооборотов затягивается на неопределенный срок. Так, например, освоение свекловичных севооборотов в Казахстане за 1974...1983 гг. повысилось всего на 2%, составив в 1983 году 28% /12/. Для полного их освоения при таких темпах потребуется более 300 лет.

При применении структуры посевов с завышенным удельным весом отдельных культур доход от их реализации ($\bar{D}$) постепенно падает во времени (рис.5). Восстановление или переход к научно обоснованной структуре посевов приводит к постепенному росту доходов ($\bar{D}$) от реализации этих культур до оптимальной величины ($\bar{D}_{\text{опт}}$), но в переходный период, который тем продолжительнее, чем дольше продолжительность использования структуры посевов с нарушенным соотношением удельных весов севооборотных культур, доход от реализации "ведущих" культур в течение определенного времени ниже, чем в предшествующий период ($\bar{D}_{\text{сл}} - \bar{D}_{\text{опт}}^{\text{пер}}$), что является следствием нарушения рациональной структуры посевов в целях получения кратковременного повышенного дохода ($\bar{D}_{\text{макс}}$).

Себестоимость "ведущей" культуры (C) при ее повышенном удельном весе из года в год непрерывно возрастает (рис.6), доходя постепенно до величины закупочной цены ($C_{\text{ц}}$) и далее превосходя ее, что является следствием снижения урожая (Y) и повышения издержек на его выращивание. Переходя к рациональной структуре, себестоимость "ведущей" культуры постоянно снижается, снижение ее ($C_{\text{сл}} - C_{\text{опт}}^{\text{пер}}$) из года в год увеличивается, приближаясь к оптимальной величине ($C_{\text{опт}}$), при этом переходный процесс тем продолжительнее, чем дольше возделывалась культура с повышенным ее удельным весом.

Превалирующая роль севооборотов в поднятии урожайности всех культур и, в конечном итоге, их валового сбора общеизвестна. Однако возможность роста валового сбора отдельных культур даже при падении их урожайности за счет нарушения структуры посевов в течение некоторого, до критического периода, времени позволяет создать видимость благополучного ведения хозяйства. Так, например, при среднегодовом росте валовых сборов зерна в Чимкентской области урожайность зерновых колосовых (без риса и кукурузы) в 1979 году по сравнению с предыдущим годом снизилась на 2,4 ц/га, в

1980 году еще на 2,7 ц/га, а в среднем за 1981...1983 гг. еще на 1,7 ц/га /13/. Однокритериальный подход, реализующий формулировку "достигнуть максимального эффекта при минимальных затратах", ошибочный в своей основе, как и используемая формулировка, приводящий к "мнимым" положительным результатам в течение неопределяемого времени, неизбежно создает критические ситуации, выход из которых требует больших затрат, чем ранее полученный эффект. "Системный подход" /14/, учитывающий только эффективные ("паретовские") во времени решения, особенно нужен при анализе принимаемых структур посевов, ибо "нигде, быть может, ни в какой другой деятельности не требуется взвешивать столько разнообразных условий успеха, нигде не требуется таких многосторонних сведений, нигде увлечение односторонней точкой зрения не может привести к такой крупной неудаче, как в земледелии" /15/. Если уж принимать однокритериальный подход при оценке выбираемого решения в земледелии, то им может быть только плодородие почвы, что обеспечит реализацию советов К.Маркса, который писал, что все общества, пользующиеся землей, как добрые отцы семейств, "должны оставить ее улучшенной последующим поколениям" /16, с.337/.

Игнорирование системы земледелия, основанной на непрерывном повышении плодородия почвы, приводит к нерентабельности хозяйств, последующее получение прибыли гораздо труднее, чем той же дополнительной прибыли рентабельным хозяйствам. Нарушение многими хозяйствами агротехники, не освоение значительной их частью севооборотов, без чего не может быть и речи о научной системе земледелия /17/, — основная причина того, что все возрастающие капиталовложения в сельское хозяйство не дают планируемой отдачи.

Приведенные соображения показывают, что исходное состояние уровня земледелия и соответствующий ему уровень факторов, не изменяющиеся под действием орошения, оказывают существенную роль на эффективность орошения. Чем сложнее вводимая совершенная техника орошения и чем выше связанные с ее внедрением затраты, тем выше должен быть исходный уровень земледелия для обеспечения ее окупаемости. Условием окупаемости затрат на совершенствование поливной техники при ее влиянии на урожай является обеспечение неравенства:

$$\Delta Y_{\text{ф}} \geq [\Delta Y],$$

(18)

где Δy_f и $[\Delta y]$ – соответственно фактическая и предельно необходимая (по нижней границе) прибавка урожая культуры в результате применения более совершенной техники полива.

В общем случае прибавка урожая в соответствии с зависимостью (8) определяется величинами всех факторов, влияющих на урожай до и после внедрения новой техники орошения. В целом множество факторов, определяющих конечный урожай, подразделяется на три группы: $f_1 \dots f_{n_1}$ – изменяющиеся под действием орошения; $f_{n_1+1} \dots f_{n_2}$ – изменяющиеся под действием применяемой структуры посевов (системы севооборотов); $f_{n_2+1} \dots f_n$ – не изменяющиеся под действием орошения и применяемой структуры посевов. С учетом приведенного выражение (8) примет вид:

$$y = A \left\{ \prod_{i=1}^{n_1} [1 - (1 - f_i)^2] \right\} \cdot \left\{ \prod_{i=n_1+1}^{n_2} [1 - (1 - f_i)^2] \right\} \cdot \left\{ \prod_{i=n_2+1}^n [1 - (1 - f_i)^2] \right\} = \quad (8)$$

$$= A \Pi_1 \cdot \Pi_2 \cdot \Pi_3,$$

где Π_1, Π_2, Π_3 – соответственно произведения сомножителей, учитывающих в модели урожая влияние факторов, изменяющихся при орошении, зависящих от системы севооборотов и неизменяемых.

Произведения Π_1, Π_2, Π_3 представляют собой комплексные факторы учета орошения, системы севооборотов и независимых от агротехники внешних условий. Принимая исходные величины этих факторов равными Π_{10} (до введения совершенной техники полива), Π_{20} (до введения рациональной системы земледелия) и Π_{30} (исходное состояние неизменяемых внешних условий), а достигнутые в результате применения новой техники орошения – Π_1 , освоения рациональной системы севооборотов – Π_2 , получим, что относительная прибавка урожая от применения новой техники орошения равна:

$$\frac{\Delta y}{y} = \frac{\Pi_1}{\Pi_{10}} - 1. \quad (19)$$

Характерно, что относительная прибавка урожая от орошения не зависит от исходного уровня комплексного фактора Π_2 и одинакова при любой структуре посевов. Абсолютная прибавка урожая от орошения зависит от всех факторов, при соблюдении рациональной структуры посевов она равна:

$$\Delta y' = A (\Pi_1' - \Pi_{10}) \Pi_2' \Pi_{30}. \quad (20)$$

а при нарушенной структуре посевов:

$$\Delta y = A (\Pi_1' - \Pi_{10}) \Pi_{20} \Pi_{30}. \quad (21)$$

Из выражений (20) и (21) видно, что абсолютная прибавка урожая растет с повышением величин всех комплексных факторов, и при рациональной системе севооборотов (при $\Pi_2 > \Pi_{20}$) прибавка урожая выше, чем при их отсутствии:

$$\Delta y' = \Delta y_0 \cdot \frac{\Pi_2'}{\Pi_{20}}. \quad (22)$$

Для обеспечения окупаемости новой техники орошения величина комплексного фактора, зависящего от уровня реализации севооборотов, должна отвечать неравенству:

$$\Pi_2 \geq \frac{[\Delta y]}{A (\Pi_1' - \Pi_{10}) \Pi_{30}}. \quad (23)$$

Это неравенство должно обеспечиваться на протяжении всего срока службы новой техники орошения. Из выражения (23) видно, что плодородие почвы, характеризуемое комплексным фактором Π_2 и обуславливаемое уровнем соблюдения научно обоснованных севооборотов (показателем его является условие $\Pi_{2(t)} \leq \Pi_2(t + t_1)$, должно быть тем выше, чем больше требуемая для обеспечения эффективности новой техники полива относительная прибавка урожая $(\Delta y)/A$ и меньше величина неизменного комплексного фактора Π_3 и прибавка зависящего от техники орошения комплексного фактора Π_1 , т.е. условием эффективности применения новой техники полива, в том числе и комбинированной, является обеспечение следующего неравенства:

$$y_0 \geq A \Pi_{10} \Pi_2 \Pi_{30} \geq [\Delta y] \frac{\Pi_{10}}{\Pi_1' - \Pi_{10}}. \quad (24)$$

Несоблюдение этого условия, т.е. применение совершенной техники на фоне низкого общего плодородия почвы, не обеспечивает достижения планируемого эффекта. Иначе говоря, переход к более совершенной технике полива требует не только одновременного, но и опережающего перехода к совершенной структуре земледелия, – полного освоения севооборотной системы и достижения планируемого уровня урожайности, равного:

$$y_0 \geq A \Pi_{10} \Pi_2 \Pi_{30} \geq [\Delta y] \frac{\Pi_{10}}{\Pi_1' - \Pi_{10}}. \quad (25)$$

Опережающее внедрение совершенной техники полива на фоне предшествующего снижающегося уровня урожайности приводит к увеличению себестоимости возделываемых культур. Постепенное снижение ее при внедрении новой техники полива может быть достигнуто за счет одновременного перехода к новой структуре посевов, что должно быть учтено при экономическом обосновании целесообразности внедрения новой поливной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. М и т ч е р л и х Э.А. Почвоведение. - М.: Иностранная литература, 1957. - 416 с.
2. Д о я р е н к о А.Г. Факторы жизни растений. - М.: Колос, 1966. - 280 с.
3. Ш а б а н о в В.В. Биоклиматическое обоснование мелиораций. - М.: Гидрометеиздат, 1973. - 168 с.
4. Ч е р н о н о г Л.Г. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур в Казахстане. - Алма-Ата: Кайнар, 1974. - 124 с.
5. Справочник по механизации орошения /Под ред. Б.Г. Штепы. - М.: Колос, 1979. - 303 с.
6. А к к о з и е в С.А. Орошаемые земли Джамбулской области и перспективы повышения их отдачи. - В кн.: Повышение плодородия орошаемых земель /Под ред. Карбовского Э.С. - Алма-Ата: Кайнар, 1982. - с.99-103.
7. Р е м е з Л.Д. Современное состояние и перспективы развития сельскохозяйственного производства. - В кн.: Рекомендации по системе ведения сельского хозяйства. Джамбулская область. Алма-Ата, 1978, с.17-26.
8. Л и н ь к о в А.Р. и др. Севообороты. - В кн.: Рекомендации по системе ведения сельского хозяйства. Чимкентская область. Алма-Ата, 1976, с.58-67.
9. А ж и г о е в Ю. Севообороты побеждают гниль. - Знамя труда, Джамбул, 1983, 20 декабря.
10. Н и к о н о в А.А. Научно-технический прогресс и рациональная система земледелия. - В кн.: Научно-технический прогресс и эффективность сельскохозяйственного производства. - М.: Экономика, 1982, с.113-124.

11. Д з ю б а н Д.Г. Эффект орошения. - Земледелие, 1984, № 3, с.46-47.
12. А ж и г о е в Ю. Проблема возделывания сахарной свеклы. - Знамя труда, Джамбул, 1983, 22 сентября.
13. О внедрении почвозащитной системы земледелия в хозяйствах Чимкентской области. - Постановление коллегии Министерства сельского хозяйства Казахской ССР: Алма-Ата, 5 марта 1984. - 6 с.
14. В е н т ц е л ь Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. - М.: Наука, 1980. - 208 с.
15. Т и м и р я з е в К.А. Земледелие и физиология растений. - В кн.: Избранные сочинения. М. 1957, т.1, с.217-349.
16. М а р к с К. Капитал. т.3, кн.3,4 П. - Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т.25, ч.П. 551 с.
17. Г о р б а ч е в М.С. О задачах партийных, советских и хозяйственных органов по повышению экономической эффективности сельского хозяйства и других отраслей агропромышленного комплекса. Доклад на Всесоюзном экономическом совещании по проблемам агропромышленного комплекса. - Правда, 1984, 27 марта.

А.Я.Рабинович
кандидат технических наук
С.А.Шаромов
старший научный сотрудник
(КазНИИХ)

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МНОГОЗОННЫХ СИСТЕМ СИД И ОСОБЕННОСТИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Процесс полива на системах синхронного импульсного дождевания (СИД) состоит из повторяющихся циклов накопления воды в гидрорезервуарах импульсных дождевателей до необходимого (10...15 л) объема вытеснения при расчетном давлении (0,7...0,8 МПа) и выброса ее в виде дождя под действием сжатого воздуха на прилегающую территорию. При цикле накопления полости запорных органов дождевателей должны сообщаться в течение определенного времени с напоробразующим узлом, а при вытеснении - с атмосферой.

Для обеспечения функционирования импульсных дождевателей в заданном режиме повторяющихся циклов "накопление-вытеснение" в

КазНИИВХ разработаны модульный и командный генераторы импульсов давления (МГИД и КГИД), конструктивные особенности которых защищены авторскими свидетельствами (№ 355390, 704543 и 1036305).

Исследованиями технологии полива, возделывания, уборки садов и пастбищно-сенокосных угодий при импульсном дождевании на экспериментальных участках с уклонами 0,05...0,3 в условиях предгорий юга Казахстана установлено ряд особенностей, которые необходимо учитывать при создании МГИД и КГИД.

1. Все сельскохозяйственные работы, в том числе и полив, должны выполняться обособленно в пределах отдельных зон (модулей), например, карты в садах, загоны на пастбищах. Функционирование импульсных дождевателей в заданном режиме должно осуществляться в пределах зоны одним устройством (МГИД).

2. Полив импульсным дождеванием целесообразно вести таким образом, чтобы поддерживать в расчетном слое почвы влажность в пределах 75...80% НВ. При этом водоподача в течение суток должна соответствовать среднесуточному водопотреблению растений (синхронный режим работы).

3. Наличие агротехнических перерывов в поливах (до 6 суток) обуславливает периодически работу зоны, а следовательно, и оборудования МГИД в асинхронном режиме, когда водоподача в течение суток превышает среднесуточное водопотребление растений. Асинхронное импульсное дождевание может создавать и запасы воды в почве, если оно проводится до перерыва в поливах, или восполнять их при его выполнении после перерыва. Повышенная влажность почвы (сверх 80% НВ), созданная асинхронным импульсным дождеванием до перерыва в поливах, не должна отрицательно сказываться при работе сельскохозяйственной техники.

4. При устройстве систем СИД в садах площадь зоны целесообразно принимать равной площади квартала (10...20 га) в зависимости от площади всего сада, рельефа участка, конфигурации и экспозиции склонов. Площадь зоны должна быть кратна или равна производительности основных средств механизации сельскохозяйственных работ. В целях цикличности выполнения работ зону занимают одной плодовой культурой. Количество сортов семячковых в зоне должно быть минимальным с одинаковыми сроками цветения и созревания плодов.

При создании систем СИД на орошаемых культурных пастбищах

площадь зоны целесообразно принимать равной площади загона (4...5 га), определяемой в основном зооветеринарными требованиями. Зона может включать в себя несколько загонов с совпадающими во времени циклами "отрастание-стравливание". Следовательно, один МГИД должен обеспечивать функционирование импульсных дождевателей в заданном режиме в пределах зоны площадью до 20 га.

5. Системы СИД для орошения садов и культурных пастбищ могут оснащаться комплектами КСИД-10, выпускаемыми серийно объединением "Автополив" (г.Тирасполь). КСИД-10 состоит из насосной станции, модульного генератора импульсов давления, трубопроводной сети, импульсных дождевателей и датчика водоподачи. Площадь обслуживания комплектом - 10 га, водоподача - 90 м³/га за сутки. Комплекты можно использовать как составные ячейки зон. На культурных пастбищах один комплект может обслуживать два загона по 5 га каждый с одинаковыми (совпадающими по времени) циклами "отрастание-стравливание".

Принципиальная схема многозональной системы СИД включает в себя (рис.1) водозаборное устройство (ВУ), напоробразующее устройство (НОУ), командный генератор импульсов давления (КГИД), магистральный технологический и управляющий трубопроводы, зонный технологический и управляющий трубопроводы, модульный генератор импульсов давления (МГИД), модульные транспортирующие и поливные трубопроводы, импульсные дождеватели (ИД) и командный дождеватель (КД).

Функционирование ИД зоны в заданном режиме работы, как было указано, обеспечивается при цикличном и последовательном их соединении через МГИД с напоробразующим узлом или атмосферой в течение определенного времени. При сообщении полостей запорных органов ИД с напором (сигнал повышения давления) происходит заполнение их гидropневмоаккумуляторов водой до расчетных параметров. При сообщении же полостей запорных органов ИД с атмосферой (сигнал понижения давления) происходит выброс воды из гидropневмоаккумуляторов на прилежащую площадь. Командные сигналы, которые управляют работой МГИД, поступают к ним по специальному управляющему трубопроводу от командного генератора импульсов давления (КГИД). Командный генератор оценивает наполнение импульсных дождевателей системы (по командному дождевателю) и также циклично на заданное время соединяет МГИД через управляющий трубопровод с атмосферой или напоробразующим устройством.

Отличительной особенностью МГИД и КГИД является то, что за-

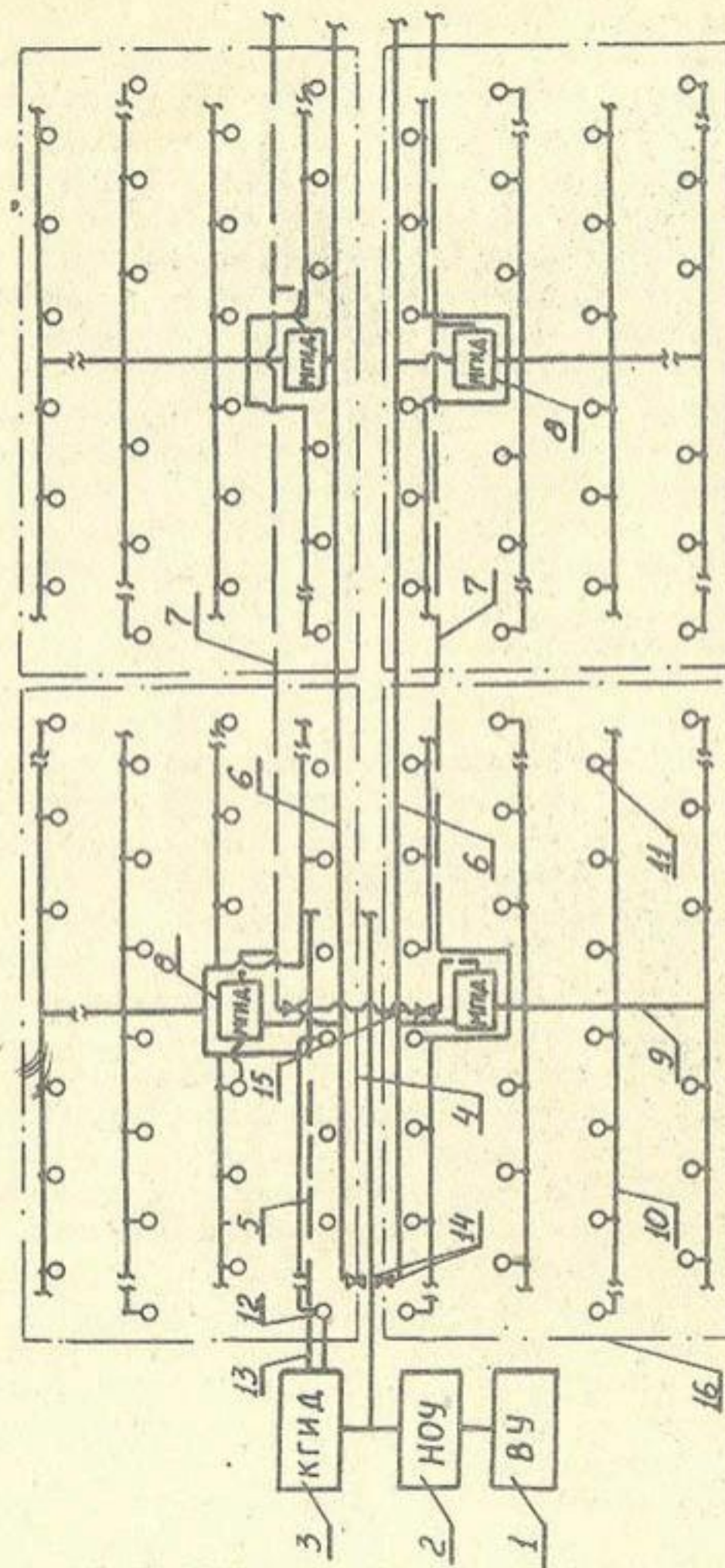


Рис. 1. Схема принципиальная управления многозонными системами СИД: 1 - водозаборное устройство; 2 - напорное устройство; 3 - командный генератор импульсов давления (КГИД); трубопроводы: 4 - магистральный технологический; 5 - магистральный управляющий; 6 - зонный технологический; 7 - зонный управляющий; 8 - модульный генератор импульсов давления (МГИД); трубопроводы модульные; 9 - транспортный импульсный; 10 - поливной; 11 - дождеватель импульсный; 12 - дождеватель командный; 13 - трубопровод обратной связи; 14, 15 - вентили; 16 - граница модульного участка.

крытие напорных и открытие сливных клапанов происходит под прямым воздействием напора воды в системе, а открытие напорных и закрытие сливных клапанов - за счет гидроприводов, с использованием также напора воды в системе.

Принципиальная схема командного (КГИД) и модульного (МГИД) генераторов и их работа показана на рис. 2. При включении в работу напоробразующего устройства I вода под давлением поступает через технологические магистральные и зонные трубопроводы к напорным клапанам 4 МГИД. Одновременно вода поступает в ресиверы с обратными клапанами 2 и 9 КГИД и сжимает в них воздух. Из ресивера 2 вода под напором поступает в следящее гидравлическое реле 3 и перемещает его дифференциальный поршень в верхнее положение. При этом мембранные приводы КГИД под действием напора воды закрывают сливной 5 и открывают напорный 4 клапаны, и сообщают управляющий трубопровод 6 через ресивер 9 с напоробразующим узлом.

Вода под давлением поступает в мембранные приводы модульных напорного 4 и сливного 5 клапанов МГИД. При этом в МГИД закрывается сливной клапан 5 и открывается напорный клапан 4, сообщая поливные трубопроводы зоны с магистральным технологическим трубопроводом 10. Происходит заполнение водой импульсных дождевателей зоны. В последнюю очередь заполняется водой командный дождеватель 7, в котором созданы наилучшие условия заполнения (например, питание его водой от суженной части сопла Вентури или за счет дросселирования). Параметры его наполнения отслеживаются следящим гидравлическим реле 3, связанным с КД трубопроводом обратной связи II.

По достижению в КД 7, а следовательно и в верхней полости реле 3, расчетного давления (что соответствует полному наполнению импульсных дождевателей системы), его дифференциальный поршень резко отбрасывается вниз и сообщает полости мембранных приводов клапанов КГИД через реле со сливом. Под действием напора воды в ресивере 9 напорный клапан 4 закроется, а через сливной клапан 5 управляющий трубопровод 6 сообщается с атмосферой. В результате этого во всех МГИД под действием напора воды в технологических трубопроводах закрывается напорный клапан 4, а под действием напора воды в сети поливных трубопроводов зоны открывается сливной клапан 5, через который поливные трубопроводы сообщаются с атмосферой (сигнал понижения давления).

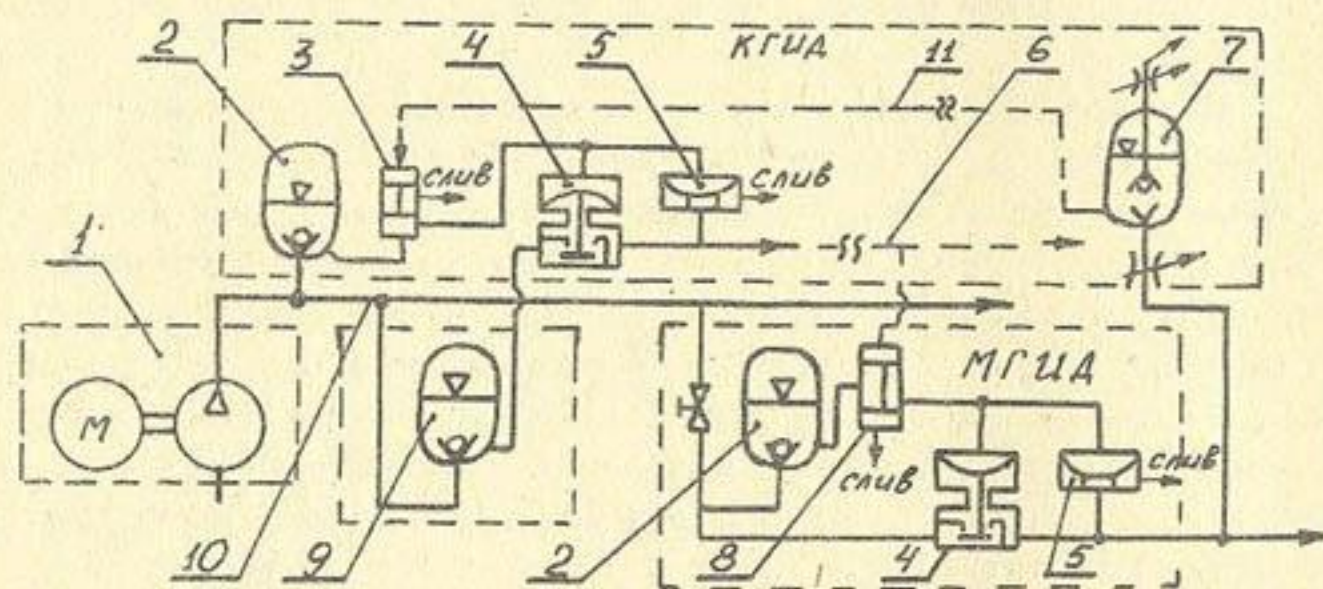
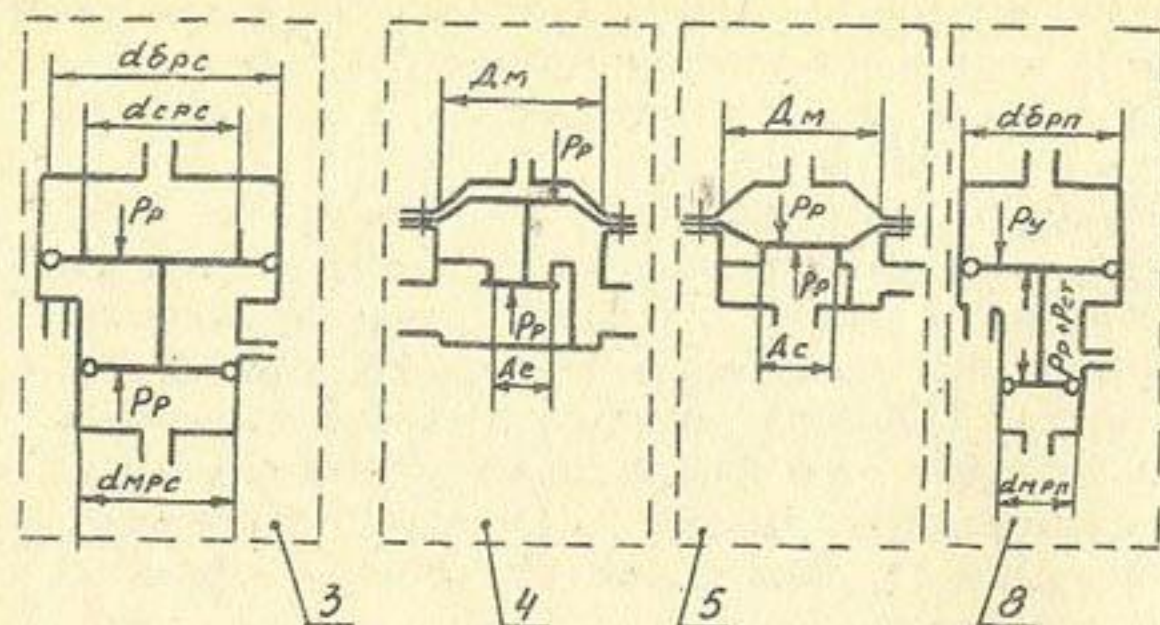


Рис. 2. Схема принципиальная командного (КГИД) и модульного (МГИД) генераторов импульсов давления; 1 - устройство напоробразующее; 2 - ресивер; 3 - гидрореле следящее; 4 - клапан напорный; 5 - клапан сливной; 6 - трубопровод управляющий; 7 - дождеватель командный; 8 - гидрореле переключающее; 9 - ресивер вспомогательный; 10 - трубопровод магистральный; 11 - трубопровод обратной связи.

При этом мгновенно падает давление в полостях запорных органов импульсных дождевателей, происходит их открытие и под действием давления скатого в гидропневмоаккумуляторах воздуха осуществляется выброс воды в виде дождя на прилежащую площадь.

В процессе выхлопа в командном импульсном дождевателе 7, а следовательно, в верхней полости реле 3, давление падает, и при достижении расчетного значения дифференциальный поршень перемещается вверх, сообщая полости мембранных приводов клапанов 4 и 5 КГИД через реле 3 с напором. При этом происходит открытие напорного и закрытие сливного клапанов КГИД, что обеспечивает сообщение с напоробразующим узлом мембранных приводов клапанов МГИД через управляющий трубопровод и ресивер 9. Под действием напора воды в приводах МГИД открывается напорный клапан 4 и закрывается сливной клапан 5. В поливные трубопроводы и далее в гидропневмоаккумуляторы ИД поступает под напором воды (сигнал повышения давления). Процесс повторяется.

При разности геодезических отметок в местах установки КГИД и МГИД более 10 м МГИД оснащается дополнительным переключающим гидравлическим реле 8 и ресивером 2, которые исключают влияние статического напора на работу гидроприводов напорного и сливного клапанов.

Для установления одного из основных параметров - расхода воды через оборудования МГИД - необходимо рассмотреть цикл вегетационного периода, совпадающий с максимальной потребностью воды возделываемыми сельскохозяйственными культурами. При асинхронном режиме работы расход воды на зону $Q_{ас}$ определяется из выражения

$$Q_{ас} = \frac{m_{max} \cdot K_a}{8,64 \cdot T_n \cdot K_c \cdot \eta} \cdot \omega, \text{ л/с} \quad (I)$$

где m_{max} - максимальная декадная норма полива, мм;
 T_n - продолжительность декады, сут;
 η - коэффициент полезного действия зоны, принимается равным 0,95...0,98;
 K_c - коэффициент суточного использования дождевателей зоны, принимается 0,85...0,95;
 K_a - коэффициент, учитывающий продолжительность агротехнического перерыва и время работы зоны в асинхронном режиме;
 ω - площадь зоны, принимается 20 га.

Коэффициент K_a определяется из выражения

$$K_a = 1 + \frac{T_a}{t_{ac}}, \quad (2)$$

где T_a — продолжительность агротехнического перерыва при поливе зоны, ч;

t_{ac} — продолжительность полива зоны в асинхронном режиме, ч.

Продолжительность агротехнического перерыва в поливах устанавливается исходя из фактических затрат времени на выполнение определенных сельскохозяйственных работ в зоне или биологическими особенностями растений.

Время работы зоны в асинхронном режиме зависит от ирригационных возможностей поливного оборудования системы СИД и устанавливается по известным формулам или номограмме /1/.

Расход воды на зону при асинхронном поливе устанавливался нами исходя из условий покрытия дефицита водопотребления в напряженный период для лет, близких к году 50% обеспеченности ($70...80 \text{ м}^3/(\text{га} \cdot \text{сут})$), с учетом перерывов в поливах (до 6 сут) и водоподачи комплектом КСИД-10 (до $90 \text{ м}^3/(\text{га} \cdot \text{сут})$). Подставив соответствующие значения в выражение (1) получим расчетный расход МГИД для обслуживания одной зоны, площадью до 20 га, равный 20 л/с.

Исходя из условий пропуска расхода в 20 л/с при рабочем давлении 0,7...0,8 МПа, принятой принципиальной схемы МГИД, технологичности изготовления узлов, удобства технического обслуживания условный проход седла запорного клапана ($\mathcal{D}_c$) принят равным 80 мм. Для предотвращения гидравлических ударов при работе гидропривода клапана стендовыми испытаниями установлено, что диаметр рабочей части мембраны ($\mathcal{D}_m$) должен выбираться из соотношения $\mathcal{D}_m = (1,7...2,0) \mathcal{D}_c$. Исходя из этого для привода принята стандартная мембрана (ГОСТ 12521-77) с диаметром рабочей части 145 мм.

Для обеспечения четкого срабатывания импульсных дождевателей зоны сливной клапан должен пропустить объем воды (W_m), вытесняемый из подклапанных полостей запорных органов импульсных дождевателей.

$$W_m = 0,785 d^2 h_k \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad \text{л}, \quad (3)$$

где d^2 — диаметр клапана запорного органа, см;
 h_k — ход клапана запорного органа, см;
 n — число дождевателей на зоне, шт.

При площади зоны до 20 га и наличии на ней до 100 средне-струйных дождевателей объем вытесняемой воды, определенный по зависимости 3, составит 15 л.

Испытаниями на стендах установлено, что при резком открытии запорного органа дождевателя в течение 0,7...0,8 с обеспечивается максимальный радиус его действия до 30...32 м. Следовательно, расход через сливной клапан должен быть не менее 22 л/с. Учитывая примерно одинаковые расходы сливного клапана с напорным, целесообразно унифицировать их узлы.

Допустимая величина статического давления ($P_{ст}$) в управляющем трубопроводе в месте подключения МГИД, при которой обеспечивается работоспособность клапанов, определяется из выражения

$$P_{ст} \cdot 0,785 \mathcal{D}_m^2 \cdot K = P_p \cdot 0,785 \mathcal{D}_c^2, \quad (4)$$

где $P_{ст}$ — статическое давление, МПа;
 P_p — рабочее давление в сети поливных трубопроводов зоны, МПа;
 K — коэффициент, учитывающий силу трения штока клапана в направляющих и усилия на мембрану привода снизу.

Из выражения 4 при известных $P_p = 0,7...0,8 \text{ МПа}$, $\mathcal{D}_c = 0,08 \text{ м}$, $\mathcal{D}_m = 0,145 \text{ м}$ и $K = 0,6$, согласно рекомендаций /2/, находим допустимое значение $P_{ст} 0,1 \text{ МПа}$.

При значениях статического давления более чем 0,1 МПа, как было указано выше, в МГИД подключается переключающее реле, которое по сигналам понижения давления в управляющем трубопроводе соединяет приводы МГИД с атмосферой, минуя управляющий трубопровод, что и исключает влияние статического давления на работу мембранных приводов (рис.2).

Основные конструктивные размеры переключающего реле определяются из условия, когда после прекращения действия рабочего давления (P_p) в управляющем трубопроводе усилие на малую ступень дифференциального поршня должно быть больше усилия на большую ступень, что обеспечит перемещение поршня вверх и сообщение полостей гидроприводов МГИД через переключающее реле с атмосферой. Для обеспечения этого условия межпоршневая полость дифферен-

циального поршня связана с напорным трубопроводом через ресивер с обратным клапаном. Диаметры ступеней дифференциального поршня определяются из выражения

$$0,785 \cdot (P_{cm} + P_y) d_{б.р.п.}^2 - 0,785 (P_{cm} + P_y) d_{м.р.п.}^2 \geq 0,785 P_{cm} \cdot d_{б.р.п.}^2, \quad (5)$$

где P_y — давление управляющее, принимается равным P_p МПа;
 $d_{б.р.п.}$, $d_{м.р.п.}$ — соответственно диаметры большой и малой ступени дифференциального поршня, м.

Задаваясь конструктивно величиной диаметра малой ступени дифференциального поршня 0,03 м, принимая давление управления $P_y = P_p = 0,7$ МПа и максимальное значение $P_{cm} = 2,4$ МПа, из выражения 5 определяли диаметр большой ступени поршня, равный 0,09 м.

Основные размеры напорного и сливного клапанов КГИД зависят от времени формирования командного импульса и потребного объема воды для заполнения и опорожнения гидроприводов МГИД, который определяется из выражения

$$W_k = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,785 D_m \cdot h_m \cdot m, \quad (6)$$

где W_k — объем воды, л;
 h_m — ход мембраны МГИД, см;
 m — количество МГИД на системе;
 D_m — диаметр рабочей части мембраны МГИД, см.

При принятых конструктивных размерах клапанов МГИД, наличии на системе до 20 модульных участков и с учетом необходимого времени формирования командных импульсов давления (1,2...1,4 с), установленного испытаниями, расход через КГИД должен быть до 18 л/с.

В целях унификации оборудования МГИД и КГИД, и учитывая незначительную разницу в потребных расходах воды через них (до 15%), принимаем одинаковыми их напорные и сливные клапаны.

При установлении основных размеров следящего гидравлического реле КГИД исходили из условия, что при формировании сигнала повышения давления (дифференциальный поршень находится в нижнем крайнем положении) усилие, действующее на малую ступень при рабочем давлении, должно превышать усилие на большую ступень от давления обратной связи (рис.2), равное нижнему пределу срабатывания командного дождевателя (P_n).

$$0,785 \cdot P_n \cdot d_{б.р.с.}^2 \leq 0,785 d_{м.р.с.}^2 \cdot P_p, \quad (7)$$

где P_n — давление нижнего предела срабатывания командного дождевателя, МПа;
 $d_{б.р.с.}$, $d_{м.р.с.}$ — соответственно диаметры большой и малой ступени дифференциального поршня, м;
 P_p — давление рабочее напорнообразующего узла, МПа.

Задаваясь конструктивно диаметром малой ступени дифференциального поршня 0,06 м, принимая давления $P_n = 0,25...0,30$ МПа и $P_p = 0,7...0,8$ МПа (согласно технических данных импульсного дождевателя), из выражения 7 находим диаметр большой ступени, равный 0,09 м.

Экспериментальным путем, с учетом фактических сил трения, известного малого диаметра поршня $d_{м.р.с.} = 0,06$ установлен реле-ный диаметр седла $d_{с.р.с.}$, равный 0,066 м.

Объемы ресиверов в 75 л определены из условия допустимого падения давления в каналах управления МГИД и КГИД на более 15% от расчетного /3/.

Основные параметры (расход, напор) технических средств обеспечения функционирования многозонных систем СИД приведены в таблице I.

Таблица I

Номенклатура и типоразмеры технических средств обеспечения функционирования многозонных систем СИД

Наименование оборудования	Основные узлы оборудования	Типоразмер (параметры)	Допустимые давления, МПа
I	2	3	4
Модульный генератор импульсов давления (МГИД)	Напорный гидроуправляемый клапан	Расход 20 л/с	2,0
	Сливной гидроуправляемый клапан	Расход 22 л/с	2,0
	Гидравлическое реле переключающее	Расход 2,0 л/с	2,0
	Ресивер с обратным клапаном	Объем 75 л	2,0

Продолжение табл. I

I	2	3	4
Командный генератор импульсов давления (КГИД)	Напорный гидроуправляемый клапан	Расход 20 л/с	2,0
	Сливной гидроуправляемый клапан	Расход 22 л/с	2,0
	Гидравлическое реле следящее	Расход 2,0 л/с	2,0
	Ресивер с обратным клапаном	Объем 100 л	2,0
	Командный дождеватель с регулируемой продолжительностью наполнения и выплеска	Объем выплеска не менее 12 л, время наполнения 1...5 мин, время выплеска 3...20 с	1,5

В процессе многолетней эксплуатации оборудования МГИД и КГИД на экспериментальных участках синхронного импульсного дождевателя в Джамбулской области установлены наиболее часто встречающиеся неисправности и методы их устранения (таблица 2).

Таблица 2

Возможные неисправности МГИД и КГИД и способ их устранения

Неисправность	Вероятная причина	Способ устранения
I	1 2	1 3

Неисправности командного генератора импульсов давления (КГИД)

Генератор не формирует командные импульсы давления	Генератор не работает вследствие:	
	а) непоступления воды в командный дождеватель	Отсоединить шланг командного дождевателя, прочистить штуцеры и шланг
	б) нарушения уплотнений дифференциального поршня гидрореле, заклинивания поршня	Разработать гидрореле и заменить резиновые кольца уплотнений

Продолжение табл. 2

I	2	3
Генератор формирует импульс понижения давления раньше, чем полностью наполнится командный гидропневмоаккумулятор	в) порыва мембраны привода напорного или сливного клапанов	Снять крышки приводов клапанов и заменить мембраны
	г) больших утечек воды в трубопроводной сети	Проверить трубопроводную сеть и устранить утечки
	Засорилась дренажная канавка большей ступени гидрореле	Разработать гидрореле и прочистить канавку в верхней (большей) ступени дифференциального поршня
	Неисправности модульного генератора импульсов давления (МГИД)	
	Модульный генератор не формирует командные импульсы давления	Модульный генератор не работает вследствие:

Неисправности модульного генератора импульсов давления (МГИД)

Модульный генератор не формирует командные импульсы давления

Модульный генератор не работает вследствие:

а) порыва мембраны привода напорного и сливного клапанов

Снять крышку приводов клапанов и заменить мембраны

б) не поступления воды по управляющему трубопроводу в мембранные полости клапанов

Проверить управляющий трубопровод и устранить утечки или пробки

в) больших утечек в трубопроводной сети модульного участка

Проверить трубопроводную сеть и устранить утечки

Модульный сливной клапан не формирует командные импульсы понижения давления

Модульный сливной клапан не работает вследствие:

а) заклинивания штока клапана

Разобрать клапан и устранить неисправность

б) порыва мембран

Снять крышки мембранных приводов и заменить мембраны

I	2	3
	в) нет поступления воды по управляющему трубопроводу или в последнем наблюдаются большие утечки	Проверить управляющий трубопровод и устранить неисправности
Неисправности командного дождевателя		
Вода не выплескивается дождевателем	Командный дождеватель не работает вследствие:	
Запорный орган не срабатывает при подаче импульса понижения давления	а) нет поступления воды в гидропневмоаккумулятор дождевателя	Заменить под-соединительный шланг. Прочистить штурцер на поливном трубопроводе
	б) заклинивания полупроводникового клапана в верхнем положении	Разобрать запорный орган, удалить попавшие под клапан твердые частицы, промыть узлы запорного органа чистой водой и собрать. Устранить перекос штока клапана в направляющей втулке
	в) утечки воздуха из гидропневмоаккумулятора	Отвернуть пробку, слить воду из гидропневмоаккумулятора, поставить пробку на место
Вода постоянно изливается из дождевательного аппарата. Запорный орган не срабатывает при подаче импульса повышения давления	Запорный орган не работает вследствие:	
	а) заклинивания полупроводниковой манжеты в нижнем положении	Разобрать запорный орган, удалить попавшие под клапан твердые частицы, промыть детали чистой водой
	б) попадания между клапаном и торцом водовыводящей трубы крупных твердых частиц	

Таким образом, разработанные в КазНИИВХ технические средства обеспечения функционирования многозонных систем СИД, включающие в себя КГИД, МГИД с унифицированными узлами и управляющий трубопровод, обеспечивают расход до 20 л/с при расчетном напоре 0,7...0,8 МПа и стабильную работу импульсных дождевателей в заданном режиме при уклонах до 0,3 и сложном рельефе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рабинович А.Я., Креккер Н.Ю. Совершенствование техники и технологии полива в условиях предгорий. - В сб.: Совершенствование оросительных систем и технологии орошения сельскохозяйственных культур в Казахстане. Ташкент, 1980, с.104-117.
2. Лемберг М.Д. Гидроавтоматика и гидропривод - М.: Госэнергоиздат, 1961.
3. Башта Т.М. Гидравлические следящие приводы. - М.: Машгиз, 1960, с.130-143.

А.А.Калашников
старший научный сотрудник
А.В.Константинов
аспирант
(КазНИИВХ)

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ И ТЕХНИКИ
ПОЛИВА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПЛОДОВЫХ САЖЕНЦЕВ В УСЛОВИЯХ
ПРЕДГОРИЙ ЮГА КАЗАХСТАНА

Для выполнения заданий, намеченных Продовольственной программой СССР по производству фруктов, нужно ежегодно закладывать около 100 тыс.га садов. Для этого, а также учитывая необходимость обеспечения посадочным материалом населения, требуется ежегодно выращивать 85...90 млн.саженцев плодовых культур.

Одним из важных средств интенсификации питомниководства является орошение. Даже в тех местах, где осадков выпадает в целом достаточно, из-за неравномерности их распределения в период вегетации питомники нуждаются в дополнительном орошении.

Способы и техника полива питомников должны обеспечить подачу растениям требуемого количества воды необходимого качества и

в сроки, соответствующие биологическим фазам развития растений; высокую производительность труда на поливе, хорошее его качество; не снижать плодородия и не ухудшать мелиоративного состояния почвы, не затруднять механизацию сельскохозяйственных работ.

В условиях предгорий юга Казахстана, характеризующихся большими уклонами (0,05...0,3) и сложным рельефом, техника, применяемая на поливе, должна обеспечивать регулировку водоподдачи в соответствии с водопроницаемостью почв 0,004...0,2 мм/мин.

В начале вегетации для интенсивного развития корневой системы куста маточники питомников требуют увлажнения основного корня. В период же окоренения отводков необходимо интенсивное увлажнение насыпанного при окучивании холмика, где происходит корнеобразование отводков и ущемление питания водой основного корня. Поэтому техника, применяемая при поливе маточников, должна иметь возможность гибкого регулирования интенсивности водоподдачи в широком диапазоне, не допуская разрушения структуры и уплотнения почвы, потерь воды на глубинную фильтрацию и сброс.

В практике орошения питомников в настоящее время в основном применяются два способа полива: поверхностный и дождевание.

Из поверхностных способов полива питомников самое широкое распространение получил полив по бороздам /1,2,3/. Применимость этого способа полива ограничена максимально допустимыми уклонами местности 0,02...0,03. Наиболее желательный уклон, обеспечивающий нормальный ток воды, - 0,003...0,005. Борозды нарезают вдоль рядов саженцев на расстоянии 15...20 см от них, глубиной 12...25 см, в зависимости от уклона участка. Длину борозд практически применяют от 50 до 500 м, а расход воды в борозду от 0,1 до 1,5 л/с.

Недостатками этого способа являются эрозия почв, образование непроизводительного стока и, как следствие, вынос почвы за пределы площади питомника. По истечении 5...6 лет эксплуатации маточников питомников вынос почвы приводит к тому, что образуется недостаток почвы для образования холмика, где происходит окоренение отводков, и маточник на 4...5 лет раньше положенного срока переносится на другой участок.

В последние годы большее внимание уделяется поливу дождеванием. Этот способ обеспечивает равномерное распределение воды по поверхности поля и глубине слоя почвы в широком диапазоне поливных норм. Дождевание позволяет орошать питомники, расположен-

ные не только на ровном рельефе, но и на участках, находящихся на крутых склонах или ровных местах, но с близким залеганием грунтовых вод /1,2,3,4,5,6/.

Основная дождевальная техника, применяемая при поливе питомников в нашей стране, следующая: дождеватель дальнеструйный навесной ДДН-70, ДДН-100. Широко применяется также ДДА-100МА. Значительно реже применяются комплекты ирригационного оборудования "Сигма" -50-Д, КИ-50 "Радуга".

Применение перечисленной дождевальной техники для полива питомников в условиях предгорий юга Казахстана возможно на уклонах до 0,002...0,05. Исключение составляют дождевальные машины ДДА-100МА, возможность применения которых ограничена уклоном 0,004.

Перечисленные способы орошения основаны на периодическом аккумулировании воды в почве. Интенсивность водоподдачи при этом высокая, а длительность кратковременная.

Характер изменения влажности почвы при этих поливах таков, что в первые дни после полива наблюдается переувлажнение верхних ее горизонтов, а в дни перед поливом - недоувлажнение. Кроме того, происходят резкие колебания температуры и влажности воздуха. Существует необходимость послеполивной обработки почвы.

Требованиям, предъявляемым к поливу питомников в условиях предгорий, в значительной мере удовлетворяют разработанные в последние годы ВНПО "Радуга" и КазНИИВХ (автор. свид. № 442846, 498932) системы синхронного импульсного дождевания. Они сочетают положительные качества систем с дальнеструйными аппаратами (значительный радиус действия 25...30 м, разреженность трубопроводной сети 42х36 м) и систем медленного дождевания (незначительные подводимые расходы к дождевальным аппаратам, малая круговая интенсивность дождя, минимальное число водооборотных зон).

При синхронном импульсном дождевании существенно увеличивается длительность воздействия искусственного дождя на растения и среду, достигается предельное рассредоточение поливного тока. Суточная водоподдача становится равной суточному водопотреблению растений, а сам полив осуществляется непрерывно на протяжении всего вегетационного периода.

Применение систем синхронного импульсного дождевания (СИД) для полива питомников в условиях предгорий юга Казахстана имеет ряд достоинств, основными из которых являются:

- предельно рассредотачивается поливной ток (подводимый расход к аппарату 0,05...0,2 л/с, к поливному трубопроводу - 0,25...1,0 л/с), что значительно сокращает затраты на устройство трубопроводной сети, а трубопроводная сеть состоит в основном из труб малого диаметра (16...25 мм), что значительно облегчает ее транспортировку и монтаж в условиях предгорий;

- отсутствие водооборота при орошении небольших участков или минимальное количество водооборотных зон на больших системах исключает потребность в сложных регулирующих устройствах, способствует максимальному повышению коэффициента использования оборудования;

- возможность регулирования средней интенсивности дождя от 0,02 до 0,002 мм/мин позволяет орошать питомники, расположенные на местности со сложным рельефом, и исключить при этом водную эрозию почв;

- при поливе системами синхронного импульсного дождевания обеспечивается строго нормированное, направленное воздействие дождя на растения питомника, и поддерживается без резких колебания на оптимальном уровне влажность приземного слоя воздуха и активного слоя почвы;

- при применении таких систем в условиях предгорий для орошения небольших по площади питомников могут быть использованы малodeбитные водные источники;

- системы СИД могут быть использованы не только для орошения, но и для борьбы с заморозками, болезнями и вредителями, для внесения удобрений вместе с поливной водой;

- наличие в условиях предгорий юга Казахстана значительных перепадов геодезических высот местности позволяет во многих случаях использовать самонапор, что значительно снижает затраты на строительство и эксплуатацию системы СИД.

В 1983 году на маточнике слаборослых подвоев площадью 11,5 га в Меркенском плодоягодном совхозе Джамбулской области осуществлено строительство системы синхронного импульсного дождевания. Система (рис.1) включает насосную станцию с пультом управления 2, двумя насосами 3, генераторами импульсов давления 4, командными аппаратами 5, сеть распределительных 6 и поливных трубопроводов с импульсными дождевателями 8 и мокрыми колодцами 10.

Работа импульсных дождевателей осуществляется по сигналам

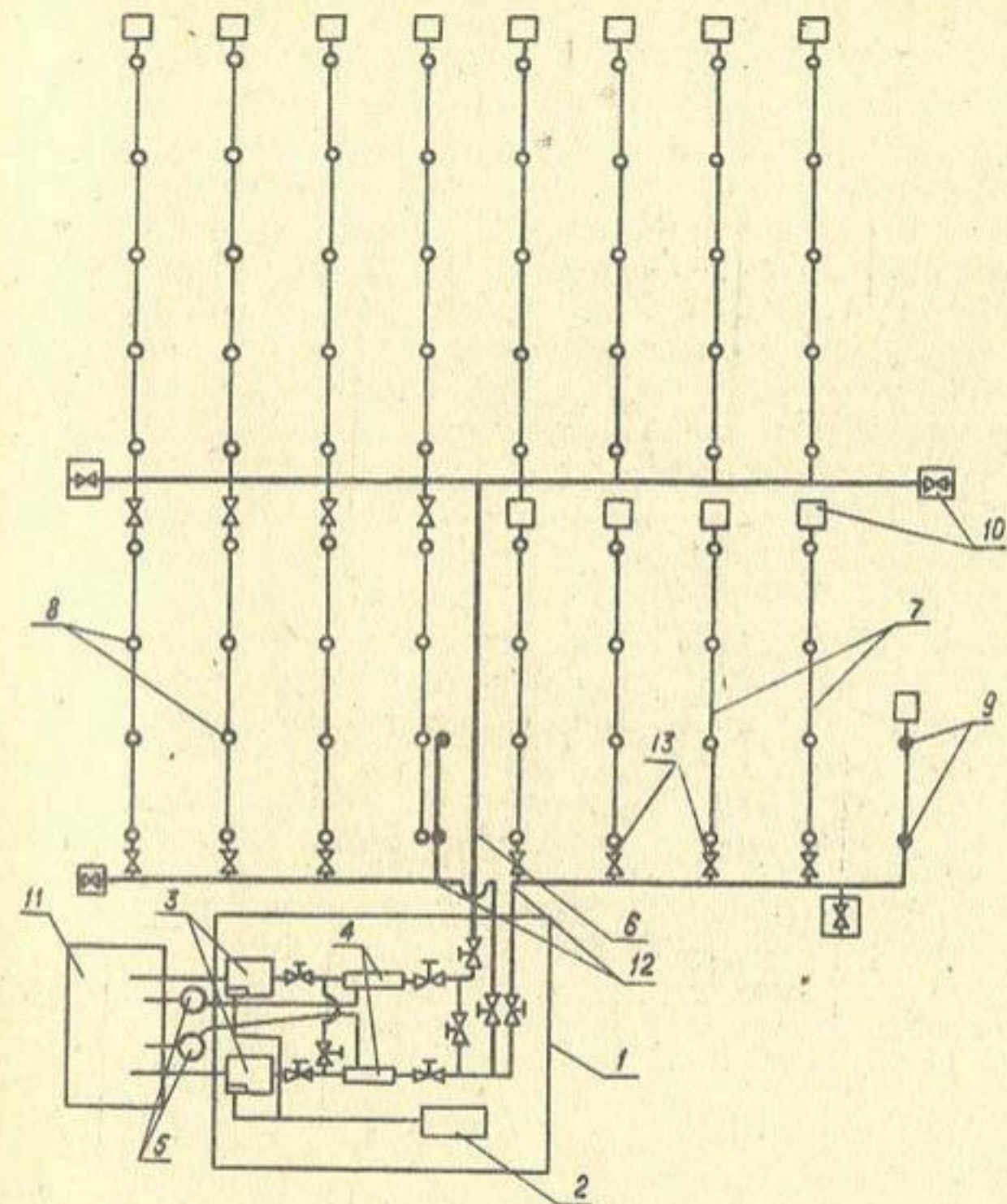


Рис. 1. Принципиальная схема системы СИД в Меркенском плодоягодном совхозе

1 - будка насосной станции; 2 - пульт управления; 3 - насосные агрегаты; 4 - генераторы импульсов давления; 5 - командные аппараты; 6 - распределительные трубопроводы; 7 - поливные трубопроводы; 8 - импульсные дождеватели; 9 - контрольные дождеватели; 10 - мокрые колодцы; 11 - накопительный бак; 12 - распределительные трубопроводы экспериментальной установки; 13 - вентиль.

повышения и понижения давления в трубопроводной сети, формируемым генератором импульсов давления.

Напорный клапан генератора соединяет трубопроводную сеть с насосом (сигнал повышения давления) – происходит накопление воды в гидропневмоаккумуляторах до расчетных параметров (пауза), затем сливной клапан соединяет трубопроводную сеть с атмосферой (сигнал понижения давления) – происходит одновременный выплеск накопленного объема воды на прилегающую площадь. Продолжительность цикла "пауза-выплеск" регулируется игольчатым краном, установленным на командном аппарате.

Для проведения исследований по технологии полива маточников на системе СИД в Меркенском плодоягодном совхозе смонтирована экспериментальная установка с площадью обслуживания 5 га, являющаяся составной частью данной системы. Работа экспериментальной установки может осуществляться независимо от работы всей системы, для чего смонтировано два распределительных трубопровода I2 с вентилями I3, оборудование для контрольных участков с дождевателями "Роса-3" (непрерывное дождевание), насос ЗКМБ и средства управления. Техническая характеристика системы дана в таблице I.

Таблица I
Техническая характеристика системы СИД

Наименование показателей	Параметры
I	2
Тип	Система синхронного импульсного дождевания
Принцип работы	Импульсное дождевание
Площадь полива, га	II,5
Режим работы	Автоматический
Водоподача за час чистой работы, м ³ /га	2...6
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,003...0,011
Коэффициент полезного действия	0,99
Коэффициент использования земельной площади	0,98
Степень автоматизации процесса полива	0,99

Продолжение табл. I

I	2
Насосная станция	
Тип	Закрытый
Количество насосов	2
Марка	ЗКМБ
Производительность средняя одного насоса, л/с	I2
Давление, МПа	0,70
Установленная мощность одного насоса, кВт	I7
Количество генераторов импульсов давления, шт.	2
Генератор импульсов давления	
Тип	Гидравлический с обратной связью
Принцип работы	Соединение трубопроводной сети с напором или атмосферой
Управляющий элемент	Гидравлическое реле с дифференциальным поршнем
Исполнительный орган	Клапан с мембранным приводом
Время формирования импульса понижения давления, с	I,5
Время возврата в исходное положение, с	0,5
Пропускная способность, л/с	до I5
Импульсные дождеватели	
Тип	Импульсный
Управление	Принудительное по сигналам понижения и повышения давления в трубопроводе
Дождевальная насадка	"Роса-3"
Количество стволков	I
Схема расстановки	по квадрату (36x36)
Объем выплеска, л	10
Дальность полета струи по крайним каплям, м	28...30
Угол поворота за один цикл, град.	4...5
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,007

Преимущества применения систем СИД для полива питомников достаточно очевидны: предельно рассредотачивается поливной ток по площади полива (подводимый расход к аппарату 0,05...0,2 л/с, к поливному трубопроводу 0,25...1,0 л/с); минимальное количество водооборотных зон или полное отсутствие водооборота; исключение водной эрозии почв; поддержание на оптимальном уровне влажности приземного слоя воздуха и активного слоя почвы; возможность использования в условиях предгорий малобитных водных источников; использование их не только для полива, но и для борьбы с заморозками, болезнями и вредителями и для внесения удобрений вместе с поливной водой; позволяет значительно снизить затраты на строительство и эксплуатацию систем.

Созданная на системе СИД экспериментальная установка позволяет гибко регулировать влажность и температуру почвы и приземного слоя воздуха, изменять среднюю интенсивность дождя в пределах 0,003...0,011 мм/мин и суточную водоподачу 48...140 м³/га. С ее помощью будут проведены исследования по отработке технологии полива питомников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по механизации орошения. /Под ред. Б.Г. Штепы - М.: Колос, 1979.
2. Справочник гидротехника. /Под ред. В.Н. Алексеева, Э.В. Гершунова. - Алма-Ата: Кайнар, 1972.
3. К о р я г и н А.Н., Д а н и л ь ч е н к о Н.В. и др. Техника орошения культурных пастбищ. - М.: Колос, 1973.
4. С а н д и г у р с к и й Д.М., Б е з р о д н о в Н.А. Механизация полевых работ. - М.: Колос, 1975.
5. Р а б и н о в и ч А.Я., К р е к к е р Н.Ю. Совершенствование техники и технологии полива в условиях предгорий. - В сб.: Совершенствование оросительных систем и технологии орошения сельскохозяйственных культур в Казахстане. Ташкент, 1980.
6. Плодовый питомник. /Сокр. перевод с нем. Р.П. Кудрявцева под ред. З.А. Метлицкого. - М.: Колос, 1978.

Ю.Д. Жуйко
старший научный сотрудник
В.А. Жарков
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИВА САДОВ И ОСОБЕННОСТИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА СИСТЕМАХ СИНХРОННОГО ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ

В условиях юга и юго-востока Казахстана для орошения садов, расположенных, как правило, на площадях с большими уклонами и сложным рельефом местности, целесообразным является применение стационарных систем дождевания. К таким системам относятся системы синхронного импульсного дождевания, технические и технологические основы которого разработаны в ВНПО "Радуга" (г. Коломна) и КазНИИВХ.

КазНИИВХ совместно с Казахским НИИ плодоводства и виноградарства проведены многолетние исследования по изучению технологии синхронного импульсного дождевания садов и его влияния на водный режим почвы, водопотребление, рост, физиологические показатели и урожайность яблони. Эти исследования показали высокую эффективность синхронного импульсного дождевания в условиях предгорий юга и юго-востока Казахстана.

Синхронное импульсное дождевание относится к виду технических средств орошения, позволяющих осуществлять водоподачу непрерывно в течение вегетационного периода с большим приближением к текущей интенсивности водопотребления плодовых культур. По степени приближения интенсивности водоподдачи к интенсивности водопотребления различают, как это классифицирует В.Ф. Носенко [1], абсолютно синхронное, синхронное и полусинхронное дождевание.

При абсолютно синхронном дождевании водоподача осуществляется в полном соответствии с изменяющимся водопотреблением в течение суток. Синхронное импульсное дождевание обеспечивает монотонную водоподачу в течение суток в соответствии со среднесуточной интенсивностью водопотребления. Полусинхронное импульсное дождевание осуществляет водоподачу в течение суток прерывисто через определенные интервалы времени с интенсивностью большей, чем среднесуточная интенсивность водопотребления.

Осуществление водоподдачи на системах синхронного импульсного дождевания садов должно быть увязано с биологическими особенностями и агротехникой этих многолетних растений.

По существующей агротехнике возделывания плодовых культур /2/ на юге и юго-востоке республики проводят следующие технологические процессы: предпосадочная обработка почвы; внесение органико-минеральных удобрений; обработка почвы в молодых садах; возделывание междурядных культур в молодых садах; поливы; химическая борьба с вредителями и болезнями; обрезка плодовых деревьев; уборка и вывоз плодов; послеуборочная обработка. Такие процессы, как например, обрезка плодовых деревьев, выполняются в сроки, когда орошение не требуется. Созревание, уборка и вывоз летних сортов яблок, химическая борьба с вредителями и болезнями - это те технологические операции, которые совпадают по срокам с проведением синхронного импульсного дождевания. В связи с проведением этих операций необходимо выключать из работы отдельные площади системы, что делает невозможным осуществление абсолютно синхронного дождевания. Целесообразным является проведение синхронного дождевания, но в отдельные периоды вегетации, в зависимости от величины исключаемой из полива площади системы, может появляться необходимость в проведении полусинхронного дождевания.

Примерный график водоподдачи в течение вегетационного периода во взаимосвязи с водопотреблением и технологией агротехники яблоневого сада приведен на рис. 1.

Основной территориальной единицей в практике промышленного садоводства является квартал /3/, площадь которого принимается в пределах 10...20 га. В пределах одного квартала размещают сорта, хорошо опыляющие друг друга, одновременно вступающие в период плодоношения, примерно одних сроков созревания и имеющих одинаковую продолжительность жизни.

На системах синхронного импульсного дождевания основной территориальной единицей является зона (модульный "блок-участок"), на которой управление работой импульсных дождевателей осуществляется без водооборота от одного автономного или управляемого генератора импульсов давления /4/. Поэтому при осуществлении синхронного импульсного дождевания в увязке с технологией возделывания садов необходимо, чтобы площадь зон была равной или кратной площади кварталов.

В условиях предгорий юга и юго-востока Казахстана сады выращиваются, как правило, на площадях с большими уклонами и сложным рельефом местности. В этих условиях площади садов меняются в широ-

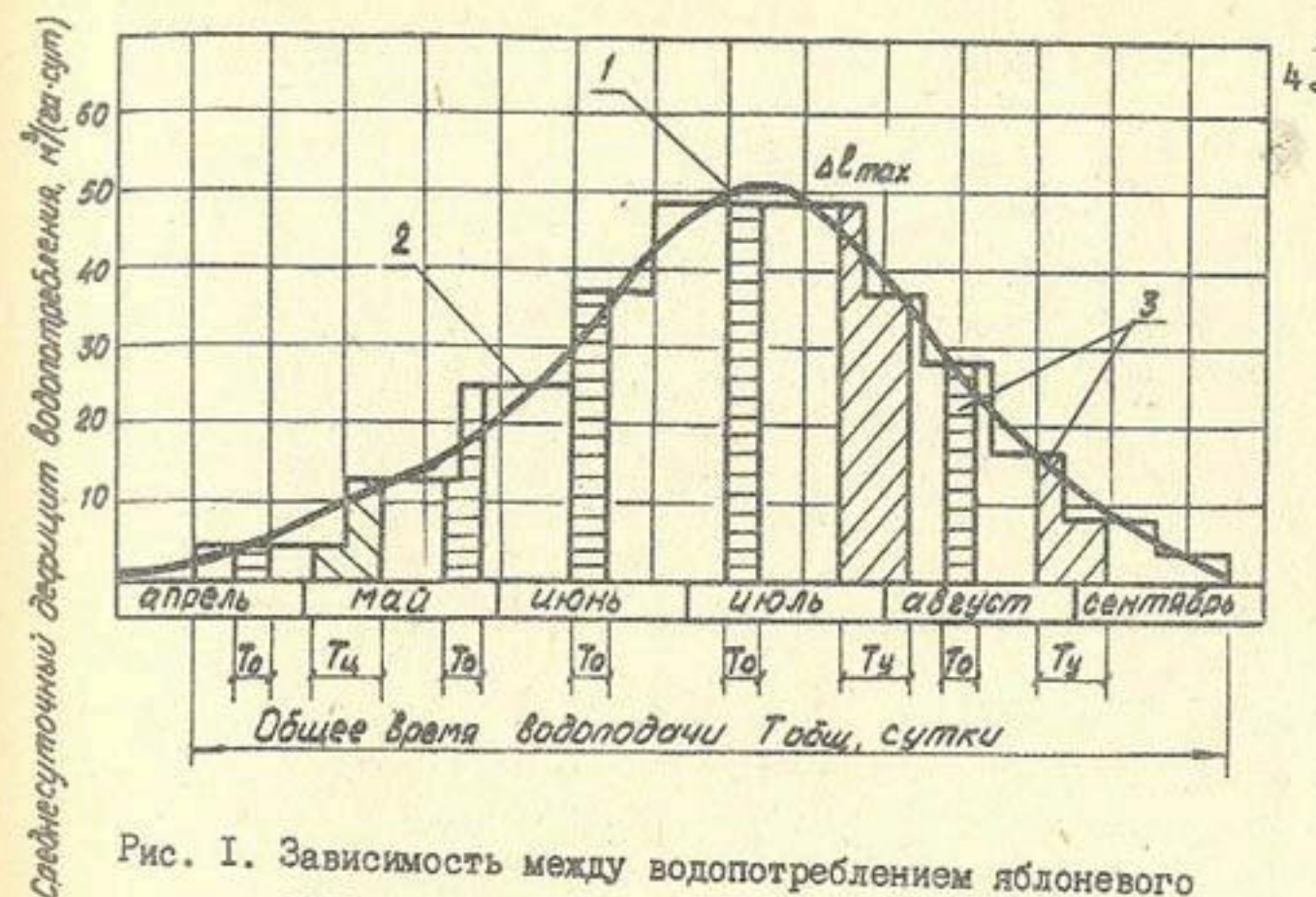


Рис. 1. Зависимость между водопотреблением яблоневого сада и водоподачей при синхронно-импульсном дождевании:

1 - среднесуточный дефицит водопотребления; 2 - среднесуточная водоподдача; 3 - время прекращения водоподдачи при проведении агротехнических операций.

ких пределах от 5 до 350 га. Поэтому для орошения садов могут устраиваться одно и многозонные системы синхронного импульсного дождевания.

В общем случае максимальный расход, который может поступать на систему, определяется по формуле:

$$Q_c = \frac{\Delta l_{v \max} \cdot W_c \cdot K_3}{86,4 \eta \cdot K_{\text{сут}}} \quad (1)$$

где Q_c - максимальный расход системы, л/с;
 $\Delta l_{v \max}$ - максимальный суточный дефицит водопотребления плодового сада, м³/(га·сут.);
 W_c - площадь системы, га;
 η - коэффициент полезного действия системы;

K_3 - коэффициент, учитывающий затраты воды на увлажнение приземного слоя воздуха, принимается равным 1,1...1,3;

$K_{сут}$ - коэффициент суточного использования системы, принимается равным 0,85...0,90.

На пропуск этого расхода рассчитывается насосная станция системы или напоробразующий трубопровод, а также холостая часть магистрального трубопровода.

Как видно из графика на рис.1, при проведении синхронного импульсного дождевания необходимо осуществлять определенные операции агротехники, при которых полив в саду невозможен или нежелателен.

За время проведения агротехнических мероприятий на отдельных кварталах (зонах) плодового сада влажность почвы может несколько снижаться, для восстановления ее уровня до оптимального необходимо осуществлять интенсивность водоподдачи большей текущего водопотребления. Продолжительность работы системы с повышенной водоподдачей, которая осуществляется при максимальном расходе напоробразующего узла, определяется по формуле:

$$t_{n.op} = \frac{\Delta \ell_{v.op} \cdot t_{on} - P_{on} - P_{n.op}}{\eta_3 (\Delta \ell_{v.max} - \Delta \ell_{v.n.op})}, \quad (2)$$

- где $t_{n.op}$ - период работы системы после проведения операций с максимальным расходом, сут.;
- t_{on} - период проведения технологических операций, сут.;
- $\Delta \ell_{v.op}$ - суточный дефицит водопотребления плодового сада расчетной обеспеченности в период проведения технологических операций, м³/(га.сут);
- $\Delta \ell_{v.n.op}$ - суточный дефицит водопотребления плодового сада расчетной обеспеченности в период после проведения технологических операций, м³/(га.сут);
- $\Delta \ell_{v.max}$ - максимальный суточный дефицит водопотребления плодового сада расчетной обеспеченности, м³/(га.сут);
- P_{on} - осадки за период проведения технологических операций, м³/га;
- $P_{n.op}$ - осадки за период после проведения технологических операций, м³/га;

η_3 - коэффициент полезного действия системы с учетом затрат воды на увлажнение приземного слоя воздуха и суточного использования системы.

Для оперативного определения продолжительности работы системы с максимальным расходом построена номограмма, приведенная на рис.2. По этой номограмме в зависимости от времени проведения технологических операций, расчетного текущего водопотребления плодового сада и суммарных осадков за рассматриваемый период определяется время работы системы с максимальным расходом. При проведении плановых технологических операций с известными сроками и графиком водоподдачи можно заранее увеличивать водоподдачу с целью создания несколько повышенных влагозапасов в почве и началу проведения операций.

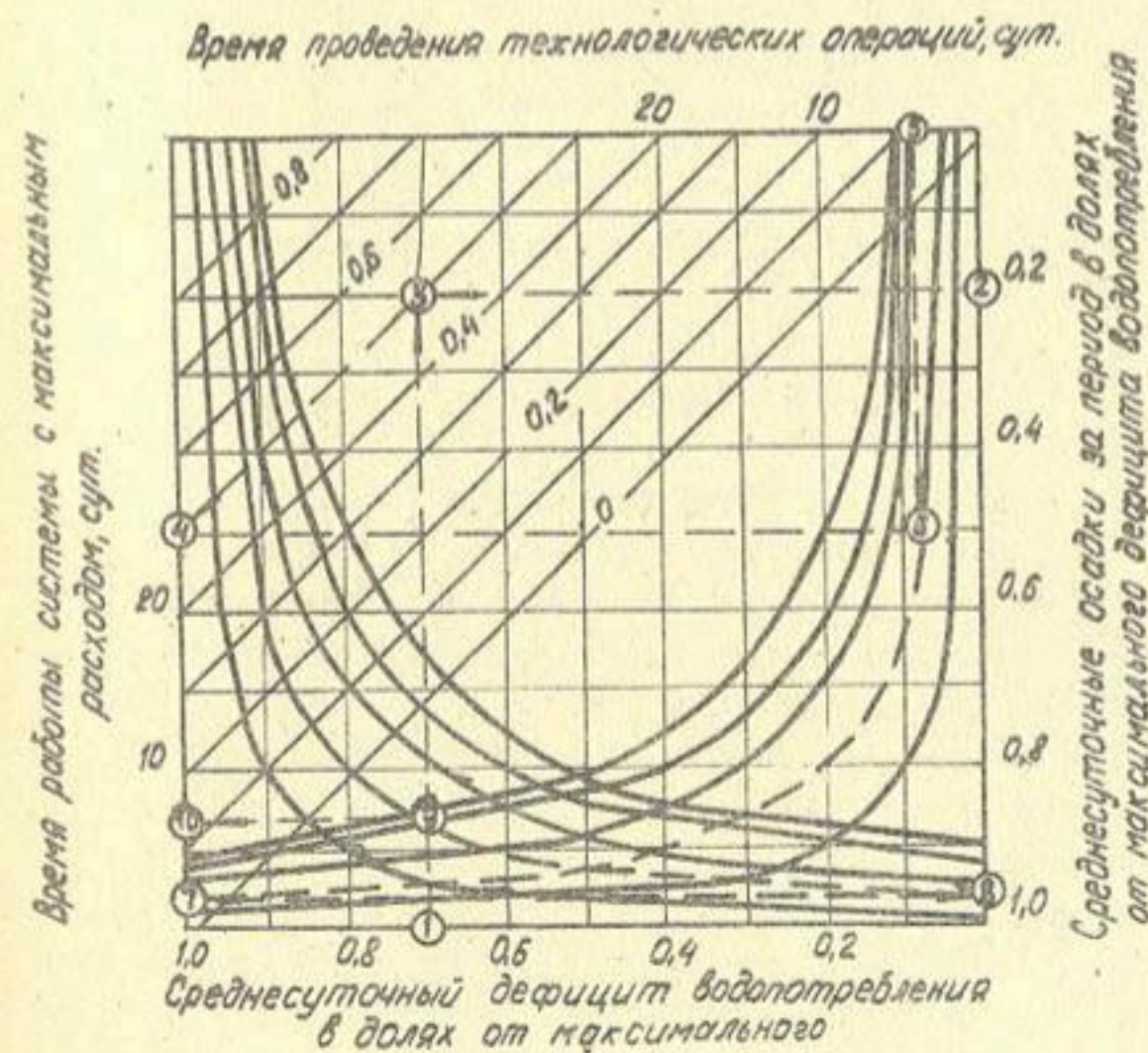


Рис.2. Номограмма для определения времени работы системы с максимальным расходом.

В случае однозонных систем площадью 5...20 га при проведении агротехнических операций в сроки, совпадающие с максимальным водопотреблением садов, возникает необходимость работы системы с максимальным расходом в период после проведения операций в течение длительного времени, что может не согласоваться с графиком водопользования. Поэтому в случае однозонных систем синхронного импульсного дождевания необходимо предусматривать устройство накопительных емкостей.

В случае многозонных систем при проведении агротехнических операций на отдельных зонах (кварталах) расход, поступающий на систему, распределяется на остальные зоны, где продолжается синхронное импульсное дождевание. За этот период на этих зонах создаются несколько повышенные влагозапасы в почве, которые расходуются впоследствии при выключении этих зон из работы.

Повышенный (избыточный) суточный дефицит водопотребления, который создается на работающих зонах системы, определяется из выражения:

$$\Delta \ell_{vi}^{изб} = \frac{\Delta \ell_{vi} W_c}{W_c} \quad (3)$$

где $\Delta \ell_{vi}^{изб}$ — избыточный суточный дефицит водопотребления плодового сада за период агротехнических операций, м³/(га.сут);
 $\Delta \ell_{vi}$ — текущий суточный дефицит водопотребления расчетной обеспеченности, м³/(га.сут);
 W_c — площадь системы, га;
 W_c — площадь системы, на которой продолжается дождевание, га.

Ввиду этого при осуществлении синхронного импульсного дождевания плодовых садов в увязке с существующей агротехникой возникает необходимость в осуществлении водооборота на системе, который зависит от конкретных условий, характеризующих массив орошения, сортовой состав культур, принятую агротехнику выращивания плодовых культур и требуемый режим их орошения (условия работы импульсных дождевателей здесь не рассматриваются). При этом пропускная способность напоробразующего трубопровода или магистрального трубопровода и, соответственно, их диаметр не зависит от принятой агротехники и может определяться из выражения:

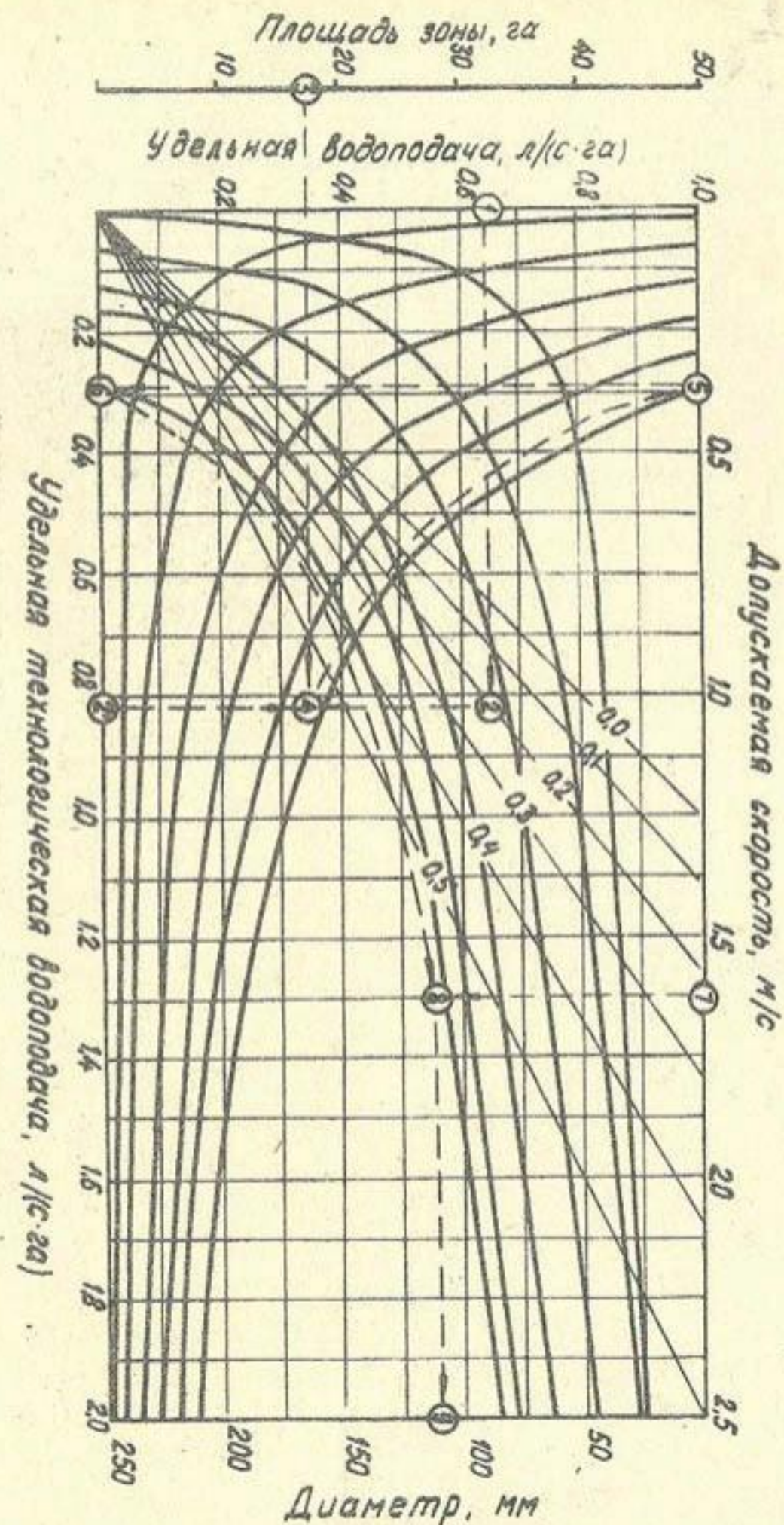


Рис. 3. Номограмма для определения диаметра зонного трубопровода.

$$\Delta_m = \sqrt{\frac{\Delta \ell_{vmax} \cdot W_c \cdot K_n}{86,4 \eta \cdot K_{сут} \cdot U_{доп}}}, \quad (4)$$

где $\Delta \ell_{vmax}$ – максимальный суточный дефицит водопотребления плодового сада расчетной обеспеченности, м³/га;
 W_c – площадь системы, га;
 $U_{доп}$ – допускаемая скорость для материала трубопровода, м/с;
 K_n – коэффициент, учитывающий потери воды на увлажнение приземного слоя воздуха;
 $K_{сут}$ – коэффициент суточного использования системы;
 η – коэффициент полезного действия системы.

Диаметры зонных трубопроводов должны определяться из условия распределения всего расхода, поступающего на систему, в период проведения технологических операций и, вследствие этого, выключения из работы отдельных зон системы:

$$\Delta_z = \sqrt{\frac{\Delta \ell_{vmax} \cdot W_c \cdot K_n}{86,4 \eta \cdot K_{сут} \cdot U_{доп} (N-n)}}, \quad (5)$$

где N – общее количество зон на системе, принимается равным 1;
 n – количество зон, выключенных из работы, в долях от N .

Для определения диаметров зонных трубопроводов составлена номограмма, приведенная на рис.3. Количество зон (кварталов) системы, выключаемых одновременно из полива, принято от 0 до 0,5 общего количества зон на системе.

Таким образом, осуществление синхронного импульсного дождевания садов должно быть согласовано с конкретными условиями массива орошения, сортового состава плодовых культур, площадей под ними и принятой агротехники их возделывания. Все эти факторы влияют на необходимость проведения водооборота на системе синхронного импульсного дождевания, подбора диаметров зонных трубопроводов и установки дополнительной запорно-регулирующей арматуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Носенко В.Ф. Принципы и возможные технические решения непрерывного водоснабжения растений в соответствии с их водопотреблением. – В кн.: Техническое совершенствование оросительных систем. Труды ВАСХНИЛ, М., 1978, с.124-143.
2. Типовые перспективные технологические карты возделывания и уборки технических, овощных, плодовых культур и винограда в Киргизской ССР. – В кн.: Б.П.Семенов и др. Система ведения сельского хозяйства Кирг.ССР. Фрунзе, 1982, с.240.
3. Землеустроительное проектирование /Под ред.Кирюхина В.Ю./ – М.: Колос, 1976, 256 с.
4. Носенко В.Ф. Техника импульсного дождевания. – М.: Колос, 1973, – 126 с.

И.Г.Зуб
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИВА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ИМПУЛЬСНЫМ ДОЖДЕВАНИЕМ

Проведенными в предгорных районах юга Казахстана исследованиями КазНИИВХ и ИФР АН СССР при участии автора выявлено положительное влияние импульсного дождевания на рост и развитие сахарной свеклы /1/. Прибавка урожая сахарной свеклы на вариантах ежедневных поливов импульсным дождеванием нормами 30...60 м³/га составила от 50 до 130 ц/га. Это объясняется повышением относительной влажности приземного слоя воздуха на 20...30%, уменьшением его температуры на 2...3°C и, что особенно важно, поддержанием влажности деятельного слоя почвы, в том числе и в верхних елоях, на постоянном оптимальном уровне (70...80% НВ).

В условиях ежедневных поливов импульсным дождеванием в лучшую сторону изменились и показатели водного режима растений сахарной свеклы. Это относится к водонасыщенности листьев, их транспирации, водоотдаче, уровню водопоглощения и концентрации

клеточного сока. При ежедневных поливах улучшается температурный режим растений и почвы, а также показатели микроклимата орошаемого поля.

Основу технологии полива сахарной свеклы импульсным дождеванием составляла ежедневная подача воды на поле синхронно (в суточном разрезе) водопотреблению растений в зависимости от метеорологических условий года.

Технические средства синхронного импульсного дождевания (СИД), серийно выпускаемые промышленностью (объединение "Автополив", г.Тирасполь), разработаны в КазНИИВХ и ВНИИИТП /2/.

Конструкция системы СИД предусматривает предельное рассредоточение поливной воды по площади орошаемого участка, упрощая водопользование и исключая необходимость водооборота в его пределах, приводит к снижению стоимости трубопроводной сети за счет применения труб малого диаметра ($d = 15...40$ мм) из полимерных материалов. На системе обеспечивается автоматизация водоподдачи в зависимости от потребности растений в воде. Нормированный полив обеспечивается благодаря строго фиксированному объему и одновременному выбросу воды импульсными дождевателями. Имеется возможность дозированно вносить растворы удобрений, гербицидов и химмелиорантов необходимой концентрации совместно с оросительной водой.

Система СИД позволяет производить перерывы в работе, обуславливаемые агротехническими причинами (внесение удобрений, опрыскивание ядохимикатами, культивации, прополки и др.) и биологическими особенностями развития растений.

Технологический процесс полива системой СИД в автоматическом режиме предусматривает следующие технологические операции: передача с узла автоматического регулирования водоподдачи сигнала о необходимости полива на пусковую аппаратуру насосной станции, автоматическое включение насосной станции и заполнение водой всех гидропневмоаккумуляторов импульсных дождевателей до рабочего давления (накопление), формирование генератором командных сигналов импульса понижения давления в трубопроводной сети и одновременную передачу его по ней ко всем импульсным дождевателям в соответствии с требуемой или заданной интенсивностью водоподдачи, срабатывание запорных органов импульсных дождевателей и одновременный выброс накопленных в них объемов воды, поворот дождевательных насадок, переключение генератора в исходное положение,

подача сигнала повышения давления, закрытие запорных органов импульсных дождевателей, повторный процесс наполнения водой импульсных дождевателей.

В случае отсутствия узла автоматического регулирования водоподдачи система может работать в ручном режиме по программе, заданной оператором.

При круглосуточном поливе системой СИД обеспечивается наименьшая интенсивность и наибольшая длительность водоподдачи и, следовательно, равномерная загрузка оборудования, исключается водооборот на системе между поливами и полями севооборота. Продолжительность пауз накопления воды в дождевателях в 30...150 раз больше периодов "выброса" воды, а подводимый расход к каждому дождевателю в среднем равен 0,2 л/с, что обеспечивает средний слой дождя 0,006 мм/мин.

Технологические параметры системы СИД должны учитывать показатели, характеризующие массив орошения, требования режимов орошения сахарной свеклы, конструктивные и расчетные параметры импульсного дождевания, а также условия, влияющие на формирование и распространение сигналов понижения давления в сети трубопроводов /3/, (табл.1).

Для установления режима орошения сахарной свеклы необходимы данные о декадных величинах влажности и температуры воздуха, скорости ветра и атмосферных осадках, водно-физических и химических показателях почвы, сведения о запасах влаги в почве на начало вегетации, глубина залегания грунтовых вод. Имея эти данные, расчет режима орошения производят биоклиматическим методом в модификации Н.В.Данильченко /4/.

Норма водоподдачи за расчетный период (сутки, декаду) определяется по формуле

$$m = \frac{\Delta E_v \cdot T_n \cdot K_n}{K_e} \cdot \text{мм}, \quad (I)$$

где ΔE_v – средний дефицит водопотребления за расчетный период, мм/сут.;

T_n – продолжительность расчетного периода, сут.;

K_n – коэффициент, учитывающий затраты воды на смачивание листьев, на формирование микроклимата и снос влаги за пределы орошаемого участка;

K_c - коэффициент, учитывающий продолжительность полива в течение суток, принимается равным 0,8...0,95.

Коэффициент K_n определяется по формуле

$$K_n = 1 + 0,01 (U_v + U_{cm}) \quad (2)$$

где U_{cm} - затраты воды на смачивание листовой поверхности при импульсном дождевании, %, принимаются, соответственно, по фазам развития сахарной свеклы 3,5, 10% от водоподачи;

U_v - затраты воды на формирование микроклимата и снос воды за пределы орошаемого участка, %, определяемые для условий юга Казахстана по зависимости:

$$U_v = 0,00075 t (100 - z)(10 + V_f), \quad (3)$$

где t - температура воздуха, °C;

z - относительная влажность воздуха, %;

V_f - скорость ветра на высоте флюгера, м/с.

Таблица I

Элементы техники полива и технологические параметры серийно выпускаемых комплектов синхронного импульсного дождевания

Наименование показателя	Обозначение	Пределы изменения показателя
I	2	3
Обслуживаемая площадь, га	ω_k	10,0
Удельная водоподача, л/(с·га)	q	0,25...1,05
Радиус действия дождевателя при скорости ветра 0...0,5 м/с, м	R	28
Площадь полива одним дождевателем, га	ω_d	0,192
Максимальная суточная водоподача, м³/га	m	90,0
Средняя интенсивность дождя, мм/ч	p	0,4
Рабочее давление, МПа		
верхнее	p_b	0,6...0,7
нижнее	p_n	0,25...0,30

Продолжение табл. I

	1	2	3
Объем "выброса" дождевателем, м³	V_d	0,015	
Средний расход подпитки дождевателя, м³/с	q_d	0,0002	
Продолжительность рабочего цикла, с	T_c	60...200	

Начало полива и сроки их проведения определяются графоаналитическим способом по интегральной кривой потребности растений в оросительной воде, которая строится по декадным или месячным дефицитам водопотребления с учетом коэффициента K_n (рис. I).

Технология возделывания сахарной свеклы накладывает свои особенности на технологию полива импульсным дождеванием. При выполнении таких работ, как проверка с частичной прополкой, внесение удобрений, ручная прополка сорняков, обработка ядохимикатами и др., поливы проводить нельзя.

Таким образом, в зависимости от технологии возделывания сахарной свеклы в течение определенного времени вегетационного периода поливы не проводятся. Перерывы в поливах необходимо осуществлять в пределах севооборотных участков (или их части), площадь которых должна быть кратной площади обслуживания серийно выпускаемых комплектов СИД.

В связи с технологическими перерывами в поливах (до 3...6 суток) возникает необходимость в проведении периодического асинхронного (водоподача превышает среднесуточную величину водопотребления) импульсного дождевания для создания необходимых запасов влаги в почве или их восполнения до оптимального уровня (70...80% НВ).

Норма водоподачи при асинхронном режиме работы системы СИД определяется из выражения

$$m_{ac} = \frac{\sum m_{ui}}{K_a \cdot T_a}, \text{ мм}, \quad (4)$$

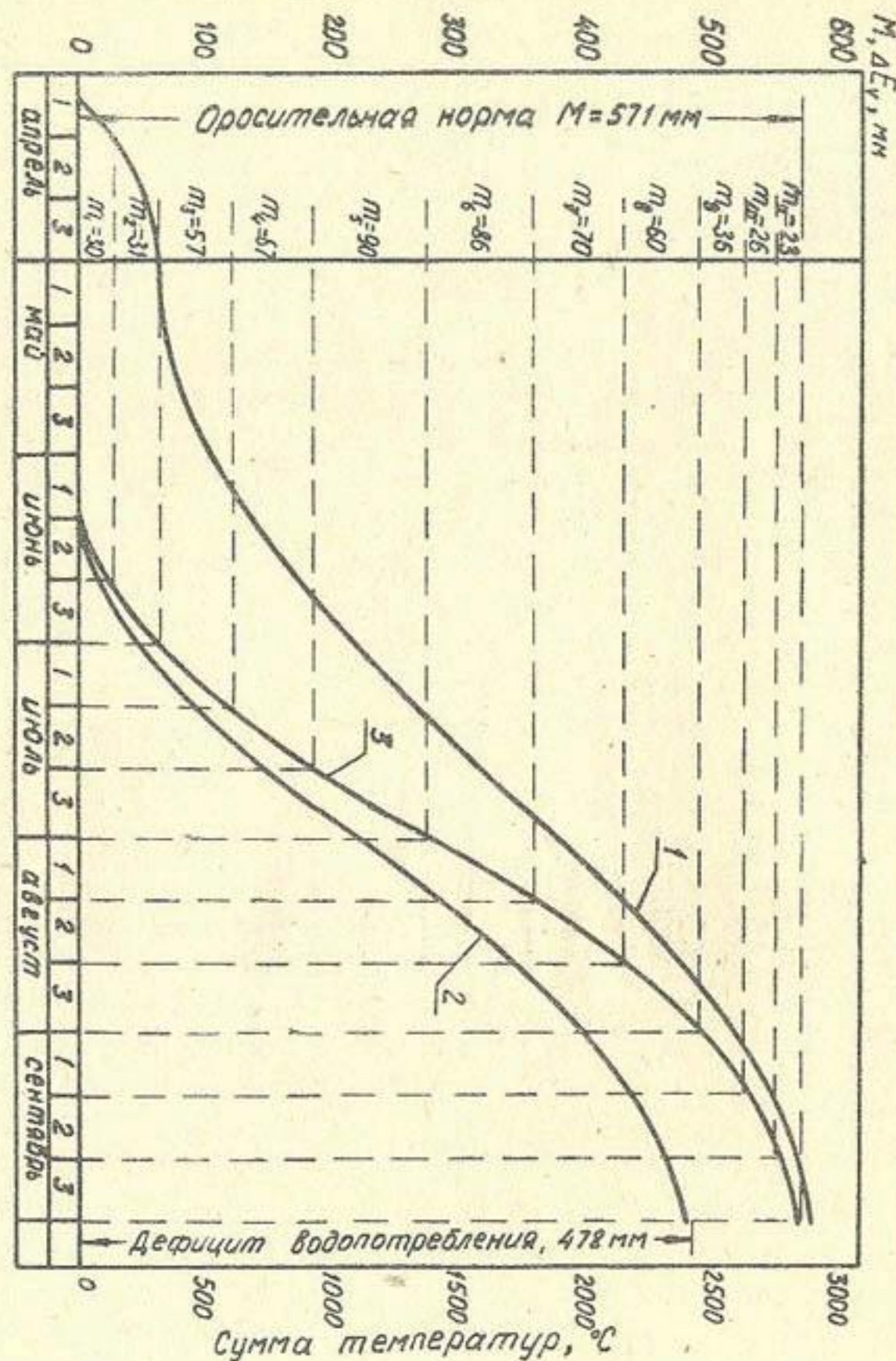
где m_{ac} - норма водоподачи при асинхронном режиме работы системы СИД, мм;

$\sum m_{ui}$ - расчетная водоподача при синхронном режиме работы за период, равный агротехническому перерыву, мм;

T_a - продолжительность агротехнического перерыва, сут.;

K_a - коэффициент, учитывающий агротехнические перерывы в работе системы, определяется по зависимости

Рис. 1. Графический расчет режима орошения сахарной свеклы импульсным дождеванием (на среднемноголетний год): интегральная кривая суммы температур, 2 - дефицита водопотребления; 3 - оросительная норма.



$$K_a = \frac{t_{ac}}{t_{ac} + T_a}, \quad (5)$$

где t_{ac} — продолжительность полива севооборотного участка (его части) в асинхронном режиме, сут.

Продолжительность работы системы СИД в асинхронном режиме определяют по зависимости

$$t_{ac} = \frac{m_{ud} \cdot T_a}{m_{max} - m_{ui}}, \quad \text{сут.}, \quad (6)$$

где m_{ud} — среднесуточная водоподача при синхронном режиме работы за период, равный агротехническому перерыву, мм;

m_{max} — максимально возможная среднесуточная водоподача системой (комплект) СИД, мм;

m_{ui} — среднесуточная водоподача до или после агротехнического перерыва, мм.

Продолжительность внесения заданной суточной поливной нормы при известной продолжительности рабочего цикла ("накопление-выброс") определяется по номограмме (рис. 2) или из выражения

$$t_n = \frac{m \cdot T_c \cdot \omega_d}{3,6 \cdot V_d}, \quad (7)$$

где t_n — продолжительность внесения заданной поливной нормы (водоподачи), ч;

T_c — продолжительность рабочего цикла импульсного дождевателя, принимается по характеристике системы (табл. I);

m — заданная среднесуточная поливная норма (водоподача) при синхронном или асинхронном режимах, м³/га;

ω_d — площадь обслуживания импульсным дождевателем, га, (табл. I);

V_d — объем "выброса" импульсным дождевателем, л (табл. I).

На основе совместной оценки показателей режима орошения сахарной свеклы, агротехники ее возделывания и технологических параметров системы СИД разрабатывается эксплуатационный график поливов (рис. 3, табл. 2). При укомплектовании графика поливов, во избежание переувлажнения почвы, асинхронный режим водоподачи же-

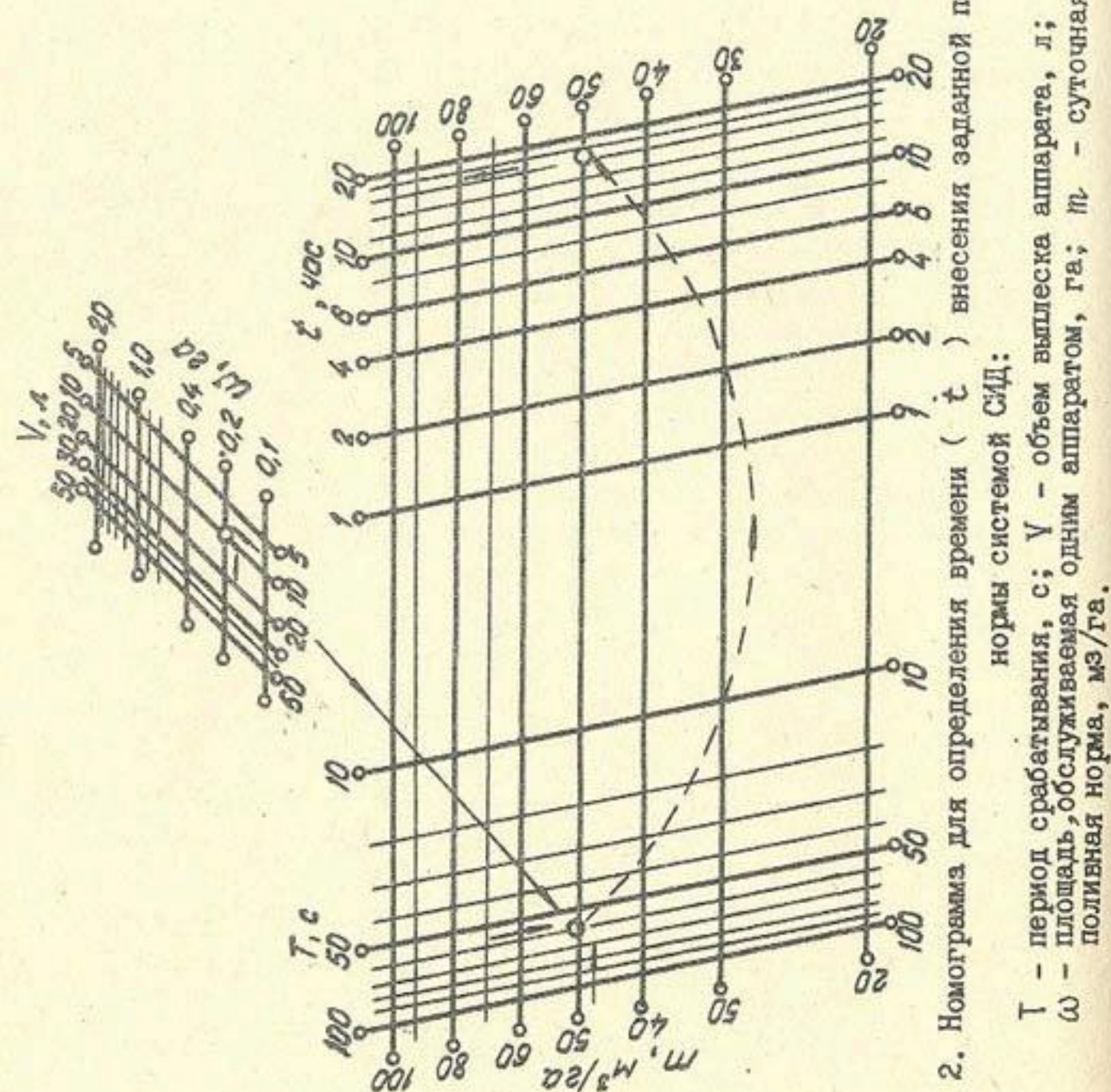


Рис. 2. Номограмма для определения времени (t) внесения заданной поливной нормы системой СИД:

T - период срабатывания, с; V - объем вытекка аппарата, л;
 ω - площадь, обслуживаемая одним аппаратом, га; m - суточная поливная норма, м³/га.

лательно предусматривать после агротехнического перерыва. Эксплуатационные графики поливов составляются для каждого поля севооборота.

Таблица 2

Режим орошения сахарной свеклы импульсным дождеванием (на примере среднееголетнего года), м.-ст. "Алма-Ата"

Дата начала и конца поливов	Дефицит водопотребления, мм	Коэффициент, учитывающий дополнительные затраты воды	Среднесуточная норма водоподдачи, м³/га		Продолжительность работы системы СИД	Рабочий цикл им-пульсных дождевателей
			m_u	m_{ac}		
11.06-20.06	25,6	1,17	25,6	-	5	60
21.06-23.06	агротехнический перерыв					
24.06-25.06	28,2	1,17	-	90,0	20,0	60
26.06-30.06	28,2	1,17	33,0	-	14,1	120
1.07-4.07	47,5	1,20	57,0	-	18,2	90
5.07-10.07	47,5	1,20	-	90,0	20,0	60
11.07-15.07	агротехнический перерыв					
16.07-21.07	58,8	1,20	-	90,0	20,0	60
22.07-31.07	75,0	1,20	90	-	20,0	60
1.08-10.08	70,0	1,23	90	-	20,0	60
11.08-13.08	агротехнический перерыв					
14.08-20.08	57,0	1,23	-	90,0	20,0	60
21.08-31.08	49,0	1,23	60,0	-	19,2	90
1.09-3.09	агротехнический перерыв					
4.09-5.09	32,1	1,12	-	90,0	20,0	60
6.09-10.09	32,1	1,12	36	-	12,0	90
11.09-30.09	27,7	1,12	24,5	-	5,3	60

График полива (укомплектованный) должен обеспечивать оптимальный режим орошения, высокую равномерность водоподдачи и максимальную загрузку оборудования системы СИД. Эксплуатационный график поливов в последующем корректируется в соответствии со складывающимися погодными условиями конкретного года. При наличии на системе узла автоматического управления водоподачей, дат-

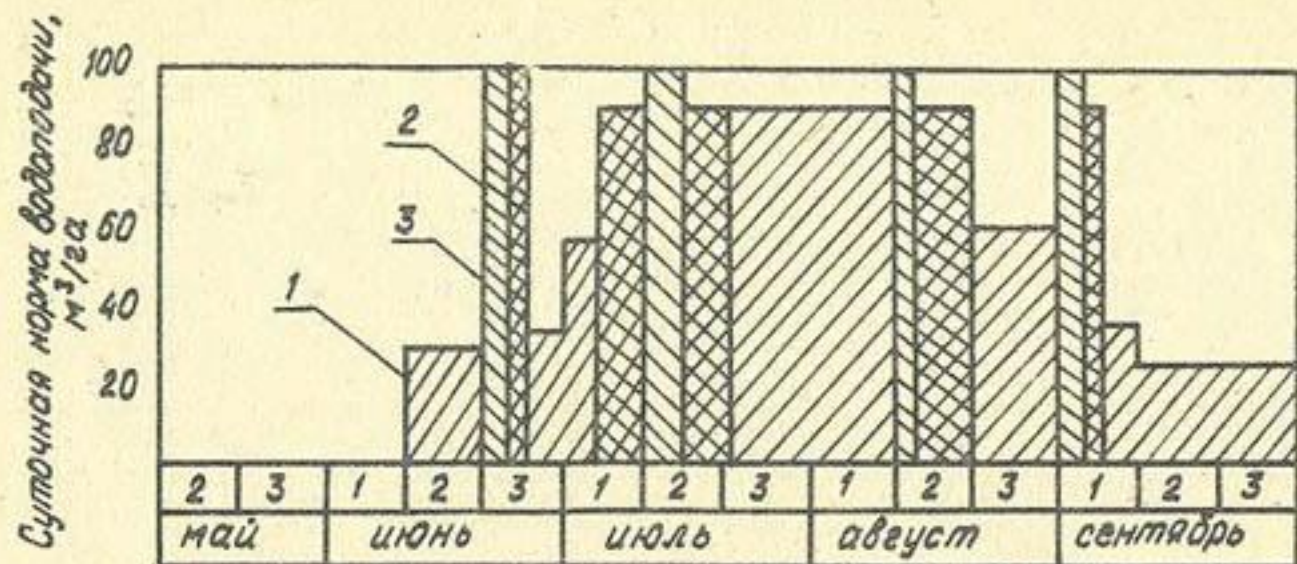


Рис. 3. Укомплектованный график водоподдачи:

1 - синхронная; 2 - асинхронная водоподдачи;
3 - агротехнический перерыв.

чики которого устанавливаются на каждом поле свекловичного севооборота, корректировка планового эксплуатационного графика поливов, с учетом складывающихся погодных условий, осуществляется автоматически, а при его отсутствии - вручную. Для этого определяют на ближайшие десять суток по прогнозным данным среднесуточную норму полива, и производят полив этой нормой.

На основании эксплуатационного графика поливов (рис.3, табл.2) и использования зависимостей (6), (7), и технологических показателей системы (табл.1) разрабатывается график режима работы системы СИД (рис.4, табл.2).

Восполнение дефицита водопотребления за время агротехнических перерывов в поливах на каждом поле севооборота или его части производится индивидуально. Для этого при проектировании насосной станции для больших систем (10...40 га) необходимо предусматривать дополнительный насосный агрегат, производительность которого определяется по зависимости

$$Q_{\text{доп.н}} = \frac{\sum m_{\text{си}} \cdot \omega_3}{86,4 \cdot T_{\text{а}}} \quad (8)$$

где $Q_{\text{доп.н}}$ - производительность дополнительного насосного агрегата, л/с;

$\sum m_{\text{си}}$ - расчетная водоподдача при синхронном режиме работы за период, равный агротехническому перерыву, в период максимального водопотребления, м³/га;

ω_3 - часть площади системы (участка), не поливаемая по агротехническим причинам, га.

Если производительность дополнительного насоса будет равна или близка производительности одной из ступеней многоагрегатной насосной станции, то дополнительный насос не предусматривается.

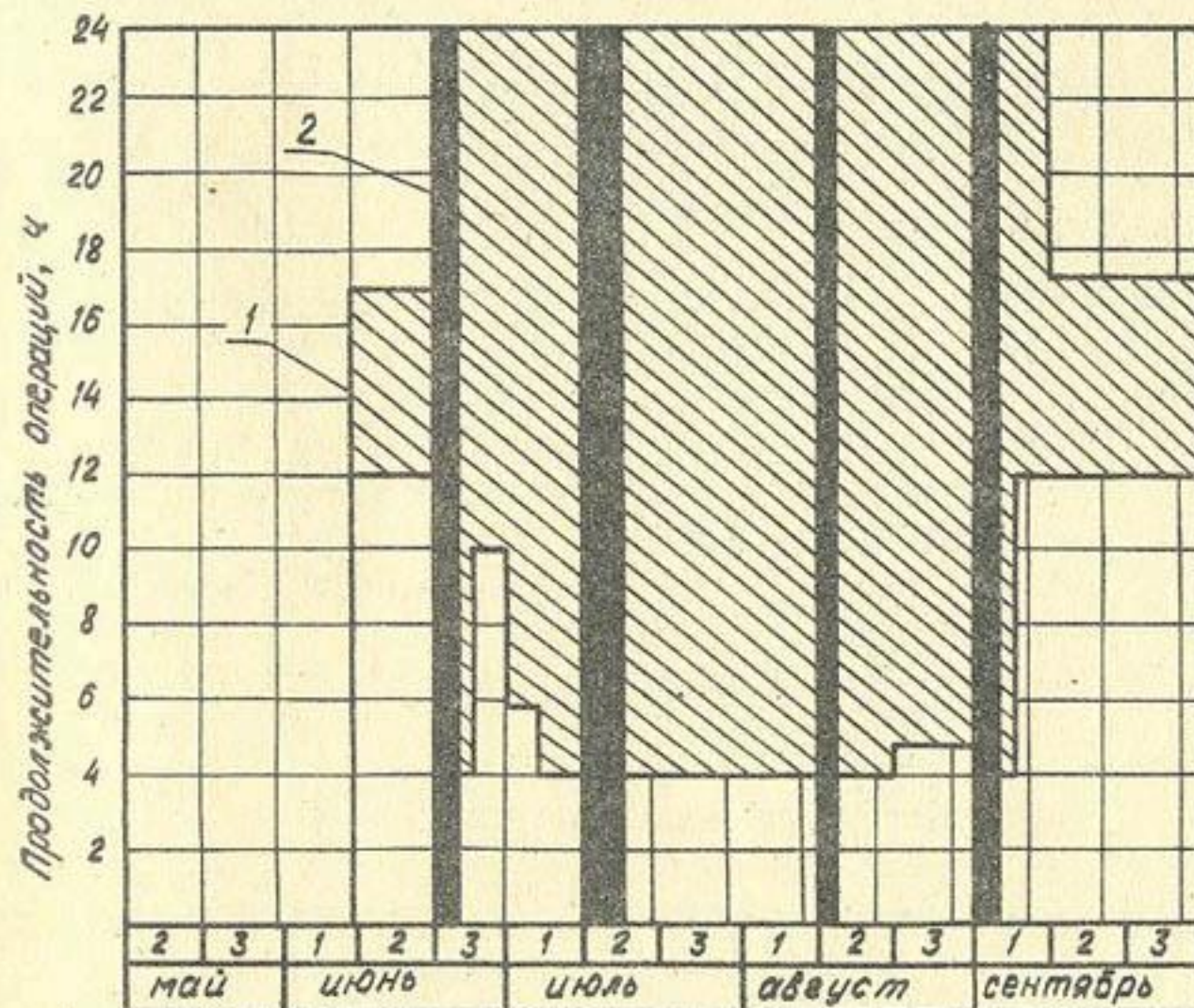


Рис. 4. Режим работы системы СИД на поливе сахарной свеклы (пример): 1 - продолжительность полива; 2 - технологические перерывы.

ВЫВОДЫ

1. Технология полива сахарной свеклы импульсным дождеванием заключается в ежедневной подаче оросительной воды на орошаемый участок нормой, равной суточному водопотреблению растений.
2. Режим орошения сахарной свеклы рассчитывается биоклиматическим методом на год ожидаемой обеспеченности с учетом затрат воды на создание микроклимата и потерь во время импульсного дождевания.
3. Расчетный режим орошения при его осуществлении корректируется с учетом складывающихся погодных условий года и осуществляется автоматически или вручную с пульта управления работой системы СИД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зуб И.Г., Брюквин В.Г. Водный режим сахарной свеклы в условиях импульсного дождевания. - В кн.: Новая техника в эксплуатации оросительных систем Средней Азии. Труды САНИИРИ. Ташкент, 1972, вып. 135, с. 250-259.
2. Носенко В.Ф. Техника импульсного дождевания. - М.: Колос, 1973, 112 с.
3. Руководство по проектированию оросительных систем синхронного импульсного дождевания ВТР-П-32-81. - М.: 1981, 90 с.
4. Данильченко Н.В. Расчет режимов орошения сельскохозяйственных культур. - Гидротехника и мелиорация, 1978, № 1, с. 4.

В.Ф.Гаммер
младший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

СТАБИЛИЗАЦИЯ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА СТРУИ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ИХ РАСХОДА

Повышение производительности дождевальных машин и аппаратов в значительной степени зависит от увеличения интенсивности дождя. Однако увеличение интенсивности лимитируется агротехническими требованиями, т.е. недопустимостью образования поверхностного стока воды и разрушения структуры почвы. Поэтому величина интенсивности искусственного дождя не должна превышать допустимых значений, определяемых для конкретных условий в зависимости от впитывающей способности почвы.

Для удовлетворения этих требований выдвигается задача разработки аппаратов с регулируемой интенсивностью дождя, которые позволяли бы гибко изменять этот показатель в согласовании с почвенными условиями или кривой динамики впитывания.

В известных аппаратах этого типа (1...4) регулирование интенсивности дождя достигается одним из двух методов: путем дросселирования водяной струи в сопле или стволе (а.с. № 164736, 401413), или ступенчатой заменой насадок сопла (а.с. № 961605), и путем регулирования подсоса воздуха во всасывающей линии аппарата (а.с. № 1005732).

Эти устройства, хотя и позволяют регулировать интенсивность дождя в определенном диапазоне, имеют существенный недостаток: радиус действия дождевателя при этом изменяется в значительных пределах. Как известно, радиус полива влияет на расстояние между оросителями и между позициями, вследствие чего для сохранения агротехнических требований, предъявляемых к качеству полива, на протяжении поливного периода требуется менять организацию территории оросительного участка. Практически это трудно осуществимо, и в реальных условиях не выполняется. Это приводит, при назначении между оросителями (трубопроводами) максимального расстояния, к недополиву части площади в начале вегетации, а при минимальном - переполиву части его площади в середине и конце вегетации.

Поэтому для улучшения условий эксплуатации дождевальных аппаратов, наряду с задачей регулирования интенсивности дождя, выдвигается

гается задача стабилизации дальности полета струи при изменении расхода.

Известно, что расход воды аппарата определяется выражением:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH} \quad (I)$$

где ω - площадь выходного сечения насадка;
 H - давление воды у насадка аппарата;
 μ - коэффициент расхода, зависящий от формы подхода воды к отверстию и равный для струйных аппаратов 0,94...0,99;
 g - ускорение свободного падения (9,8 м/с²).

С другой стороны, радиус действия дождевального аппарата является так же функцией многих переменных:

$$R = f(H, d_c, \alpha, \alpha_c, \frac{H}{d_c}, \epsilon, n, V_{вет}). \quad (2)$$

где H - давление воды у насадка;
 d_c - диаметр выходного сечения сопла;
 α - угол вылета струи;
 α_c - угол конусности сопла;
 $\frac{H}{d_c}$ - характер распада струи на капли;
 ϵ - коэффициент сжатия струи;
 n - частота вращения аппарата вокруг вертикальной оси;
 $V_{вет}$ - скорость ветра.

Теоретическое решение этой зависимости весьма сложно, и поэтому существует большое количество эмпирических формул, отражающих влияние тех или иных факторов на радиус действия дождевателя. Анализ известных формул Лебедева Б.М., Пикалова Ф.И., Маквартде В.М. и Дидебулидзе А.И. показывает, что из первых пяти факторов, входящих в формулы, в процессе работы только давление воды у насадка может постоянно изменяться и оказывать существенное влияние на радиус действия аппарата. Остальные факторы являются постоянными конструктивными величинами и выбираются оптимальными с учетом обеспечения максимальной дальности полета струи и обеспечения удовлетворительного распада струи на капли.

Учитывая эти обстоятельства, регулирование расхода, согласно выражения (I), и обеспечения стабилизированного радиуса действия,

с учетом (2), необходимо осуществлять путем изменения площади выходного сечения насадка при сохранении неизменного давления в выходном сечении.

Такой метод регулирования возможен при использовании разработанного в КазНИИВХ на базе аппарата "Роса-3" дождевателя с конусным регулятором расхода (рис.1) к дождевальной системе /Б/.

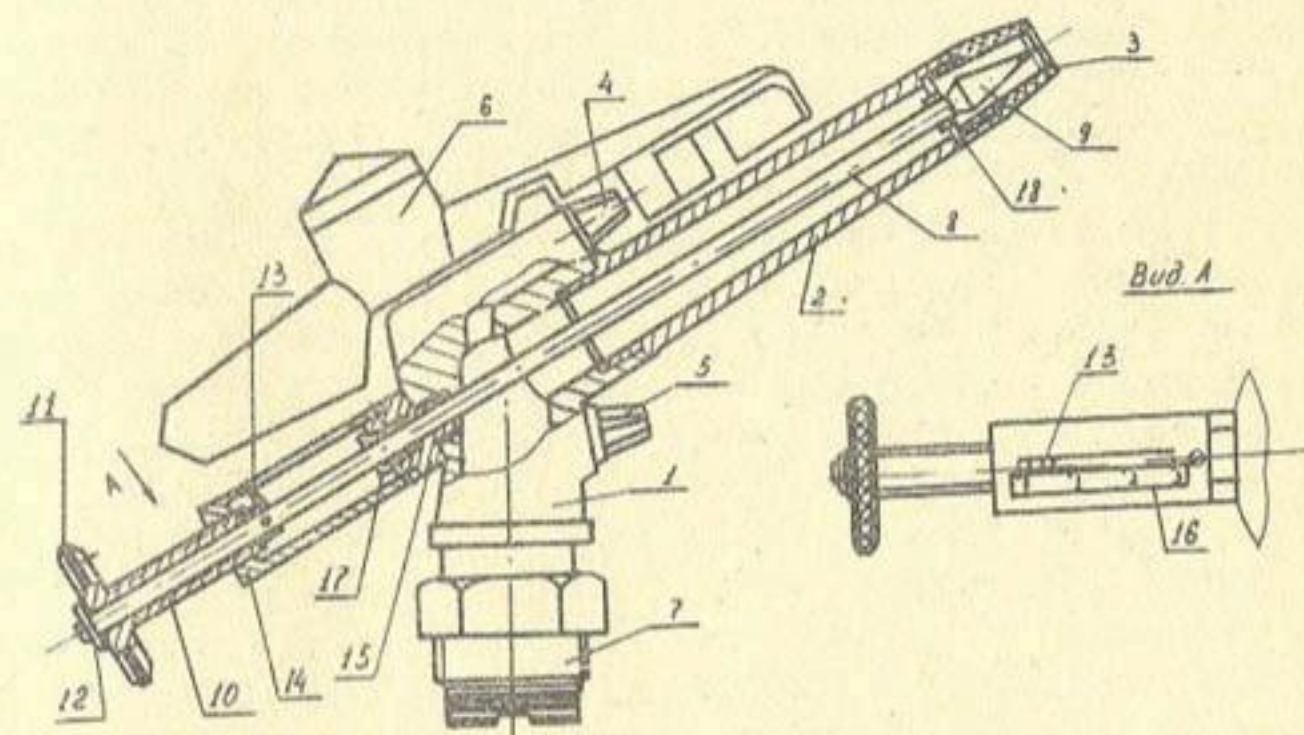


Рис. 1. Дождеватель с регулируемым выходным сечением сопла (ДР-1):

1 - корпус; 2 - ствол; 3, 4, 5 - сопла; 6 - механизм поворота; 7 - основание; 8 - стержень; 9 - сменный конус; 10 - винт; 11 - маховичок; 12 - шайба стопорная; 13 - флажок; 14 - гайка; 15 - втулка; 16 - шкала; 17 - сальник; 18 - опора.

Отличительной особенностью дождевателя ДР-1 является то, что по оси ствола 2 на стержне 8, в зависимости от диаметра выходного сечения сопла 3, устанавливается сменный конусный регулятор 9, кинематически связанный с винтом осевой подачи 10.

Настройка аппарата на требуемый расход осуществляется путем установки конусного регулятора в соответствующее положение относительно выходного сечения сопла, фиксируемое флажком-указателем 13 по шкале отсчета 16.

Для установления оптимальных параметров конусного регулятора, с учетом обеспечения максимального диапазона регулирования расхода и сохранения стабилизированного радиуса действия в пределах 25 ± 3 м, где сохранялись бы агротехнические требования по равномерности и качеству полива, разработаны и испытаны восемь вариантов сменных конусов. Длина конусной части регуляторов составляла 30 мм, угол конусности регулятора варьировал в диапазоне $15 \dots 32$ градуса с градацией через два градуса, диаметр основания конуса изменялся в пределах $8 \dots 17,2$ мм. Это позволяло бесступенчато изменять площади выходного сечения соответственно для диаметра сопла 18 мм на $20 \dots 92$ процента, 14 мм на $33 \dots 97\%$ и для 10 мм на $64 \dots 80\%$.

Испытания аппарата проводились на стенде и полигонной площадке КазНИИВХ в соответствии с ОСТ 70.11.1-74 /6/ в диапазоне рабочих давлений $200 \dots 600$ кПа. Расходные характеристики аппарата устанавливались объемным способом. Замеры расхода снимались для четырех положений регулятора относительно выходного сечения сопла, фиксируемые по шкале отсчета с помощью флажка-указателя. Первое положение соответствовало максимальному открытию, при котором конус полностью выдвинут, остальные – кратны 10 мм хода регулятора вдоль оси относительно выходного сечения сопла. Одновременно для каждой точки замерялся радиус действия аппарата по отметкам, нанесенным с помощью мерной ленты, на радиальных линиях с точкой пересечения, совпадающей с точкой вращения аппарата.

На рис. 2 изображены полученные зависимости расхода и радиуса действия аппарата ДР-1 от положения регулятора для сопел с диаметрами 18 и 14 мм с различными сменными конусами.

Исследованиями установлено, что конусный регулятор позволяет бесступенчато изменять расход аппарата в пределах $1,28 \dots 8,29$ л/с, причем коэффициент, учитывающий уменьшение максимального расхода, с диаметром сопла 18 мм при постоянном давлении на входе $0,6$ МПа, составляет 12% ($1,15$ л/с), а минимальный расход, с диаметром сопла 10 мм при давлении $0,2$ МПа, возможно уменьшить при этом на 48% , по сравнению с диапазоном базового аппарата "Роса-3".

Снижение расхода в диапазоне регулирования при соотношении диаметра основания конуса (d_k) к диаметру сопла (d_c), равном $0,45 \dots 0,55$, происходит на $14 \dots 23\%$, а при соотношении $\frac{d_k}{d_c} - 0,95 \dots 0,98$ на $55 \dots 62\%$, или снижается в $1,2 \dots 2,5$ раза. При этом для первого случая снижение радиуса действия в среднем происходит

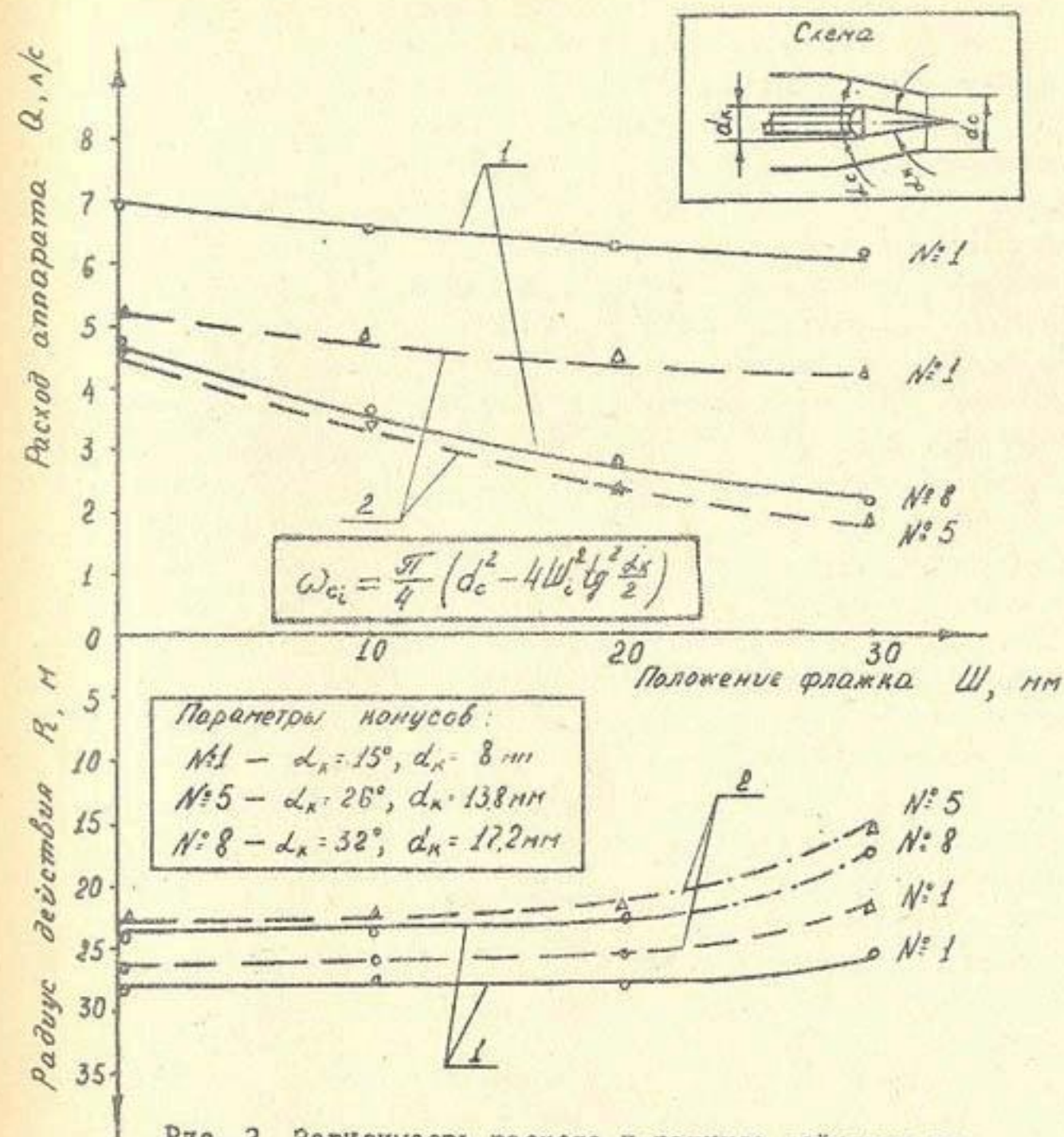


Рис. 2. Зависимость расхода и радиуса действия от положения регулятора относительно выходного сечения сопла, фиксируемое по шкале, при давлении 400 кПа:

d_c – диаметр выходного сечения сопла; d_k – диаметр основания конуса; α_k, α_c – угол конусности соответственно конуса и сопла 1, 2 – соответственно графики для сопел $d_c = 18$ мм и $d_c = 14$ мм.

на 2...2,8 м, а для второго – на 6,5...8,2 метров, что соответственно составляет 7...14% и 27...30% от максимального радиуса действия для данного диаметра сопла при полном его открытии. Резкое снижение радиуса действия (см. рис. 2, штрих пунктирные участки линий графиков) и неудовлетворительное качество полива для этого случая наблюдается в конце диапазона регулирования за счет формирования некомпактной струи и ее преждевременного распада под действием турбулентных пульсаций. При этом для первого случая, когда соотношение диаметра основания конуса к диаметру сопла не превышает 0,55, во всем диапазоне регулирования обеспечивается устойчивая компактная струя.

Анализ процесса истечения показывает, что в первоначальный момент подачи конусного регулятора вдоль оси при регулировании расхода, когда за счет уменьшения площади выходного сечения сопла и увеличения степени поджатия потока происходит повышение скорости выхода струи из сопла, существенного снижения радиуса действия не происходит. В то же время при определенных параметрах конусного регулятора в положениях максимального перекрытия сопла могут возникать моменты, когда условия, формирующие поток, приводят к появлению турбулентных вихрей на выходе из сопла, которые значительно снижают устойчивость струи. В этом положении кольцевой поток остается не подготовленным к выполнению переформирования в полете струи кольцевой в струю со сплошным сечением. Это приводит в конечном итоге к распаду струи вблизи аппарата и к невыполнению условия сохранения стабилизированного радиуса действия.

Поэтому в задачу исследований встает необходимость определения параметров регулятора исходя из агротехнических требований равномерности полива.

Проведенные исследования показали, что максимальный диапазон регулирования расхода с сохранением стабилизированного радиуса действия в диапазоне рабочих давлений 0,2...0,6 МПа достигается при выполнении конусного регулятора с параметрами основания конуса для данного диаметра сопла по следующей зависимости:

$$0,55 d_c < d_k \leq (0,6 \dots 0,7) d_c,$$

где d_c – выходной диаметр сопла;
 d_k – диаметр основания конуса.

По данным испытаний установлено следующее. При выполнении конусного регулятора с рекомендуемыми параметрами сохранение радиуса

действия в стабилизированном диапазоне при регулировании расхода обеспечивается за счет повышения компактности струи. Это объясняется тем, что при движении потока в кольцевой полости происходит его поджатие. Под действием сжимающих сил кольцевая полость струи захлопывается на некотором расстоянии от насадка и струя, став в сечении цилиндрической, продолжает уплотняться. В результате длина начального участка струи с постоянным значением осевого динамического давления, характеризующим во многом качество компактности струи при ее кольцевом истечении, в предлагаемом аппарате больше, чем у струи, полученной с насадкой аппарата "Роса-3", имеющей круглое выходное сечение.

Применение таких аппаратов с конусным регулятором расхода позволит существенно улучшить условия эксплуатации, так как обеспечивается бесступенчатое регулирование среднекруговой интенсивности дождя в пределах снижения ее до 40% от максимального значения для данного сопла при одновременном сохранении стабилизированного радиуса действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 164736 (СССР) Приспособление к струйному дождевальному аппарату./Махмурян В.П. Оpubл. в Б.И., 1964, № 16.
2. А.с. 401413 (СССР) Дождевальный аппарат./Махмурян В.П. Оpubл. в Б.И., 1972, № 41.
3. А.с. 961605 (СССР) Дождевальный аппарат./Перельман А.Т. Оpubл. в Б.И., 1981, № 36.
4. А.с. 1005732 (СССР) Дождевальная установка./Кремнев Ю.А., Лебедев Б.М. Оpubл. в Б.И., 1981, № 11.
5. А.с. 1014535 (СССР) Дождевальная система. Рабинович А.Я., Креккер Н.Ю., Калашников А.А., Гаммер В.Ф. Оpubл. в Б.И., 1981, № 16.
6. ОСТ 70.11.1-74. Машины и установки дождевальные. Программа и методы испытаний. – М.: В/о "Союзсельхозтехника", 1979, 88 с.

А.А.Таттибаев
старший инженер
(КазНИИВХ)

ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ВОДОВЫПУСКА ПОЛИВНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Основным направлением улучшения техники полива при поверхностном орошении является механизация и автоматизация подачи воды и обеспечение равномерности распределения ее по поливному участку. Для осуществления этой задачи частично применяют различного типа жесткие и гибкие переносные трубопроводы. Одним из факторов, сдерживающих широкое применение их в производстве, является несовершенство конструкции водовыпусков, которые устанавливаются через определенные расстояния по длине трубопровода и предназначены для автоматического регулирования постоянного расхода поливных струй в борозды.

Из имеющихся многочисленных водовыпусков до сих пор ни одна конструкция не нашла применение в производственных условиях. Поэтому обоснование выбора схемы конструкции водовыпусков является необходимым для разработки этого устройства.

Анализ принципа работы индивидуальных конструкций водовыпусков позволяет представить общую технологическую цепь работы в следующих последовательных операциях:

- водоприем-забор воды под напором (пьезометрическим и скоростным) из поливного трубопровода;
- регулирование-формирование постоянного расхода поливной струи;
- гашение кинетической энергии поливной струи;
- формирование потока в выходную часть тракта и подача поливной струи в борозды.

Водоприем дросселируемым сечением в конструкциях водовыпуска осуществляется в двух вариантах - торцевой и поперечный. Исполнительный элемент водовыпуска свою функцию непрерывного регулирования расхода осуществляет в зависимости от схемы водоприема (рис.1). В конструкциях водовыпуска с торцевым водоприемом (а) исполнительный элемент свою функцию может выполнять перемещением по направлению потока (а-1), против направления потока (а-2) и в нормальном направлении потока (а-3). При поперечном водоприеме (б) - только в нормальном направлении потока.

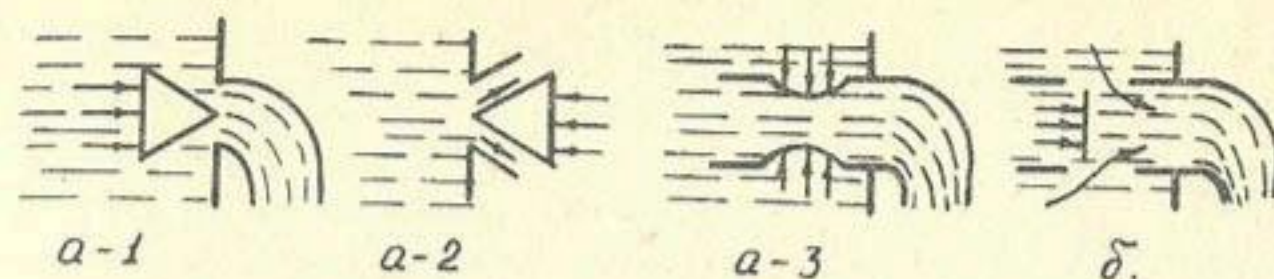


Рис. 1. Варианты водоприема и перемещения исполнительного элемента относительно входного потока струи:

а - торцевой; б - поперечный водоприем.

Как известно, основными критериями оценки водовыпусков к поливным трубопроводам, кроме простоты конструкции и надежности в работе, являются производительность, точность регулировки постоянного расхода, габаритный размер, допустимый диапазон рабочего перепада давлений. В каждой выбранной конструкции водовыпуска эти показатели тесно взаимосвязаны между собой. При разработке устройства стремятся достигнуть максимальных значений его технологических параметров - производительности, точности регулирования расхода поливной струи, допустимого диапазона перепада давлений при наименьших габаритах конструкции и количествах деталей. При достижении этого снижается вес и объем, облегчается сборка и раскладка трубопровода, что в итоге упрощает транспортировку последнего в процессе полива.

При оценке водовыпусков с точки зрения вышеприведенных критериев выясняется, что конструкции с боковым водозабором, по сравнению с торцевым забором воды, обладают большей точностью регулирования расхода и повышенной производительностью при равных условиях (габаритах, диапазонах перепада давлений его работы и т.д.). Для проведения сравнительного анализа выберем из каждого варианта конструкции с типичной схемой исполнения: с первого варианта - "Линзовый автоматический водовыпуск-регулятор" по авт. свид. № 2048II /1/, со второго - "Водовыпуск к поливным трубопроводам" по авт.свид. № 55675I /2/. Для облегчения сравнения водовыпуск по авт.свид. № 2048II представлен упрощенной принципиальной схемой (рис.2). Тогда основными размерами, определяющими габарит его, будут высота водовыпуска $H_0 = H_{K1} + H_{K2}$ (H_{K1} и H_{K2} - высота корпусов 1 и 2), наружный диаметр Φ_n корпуса 1, диаметр $\Phi_{вых}$ выходного отверстия патрубка 3, диаметр $\Phi_{пр}$ пружины 5.

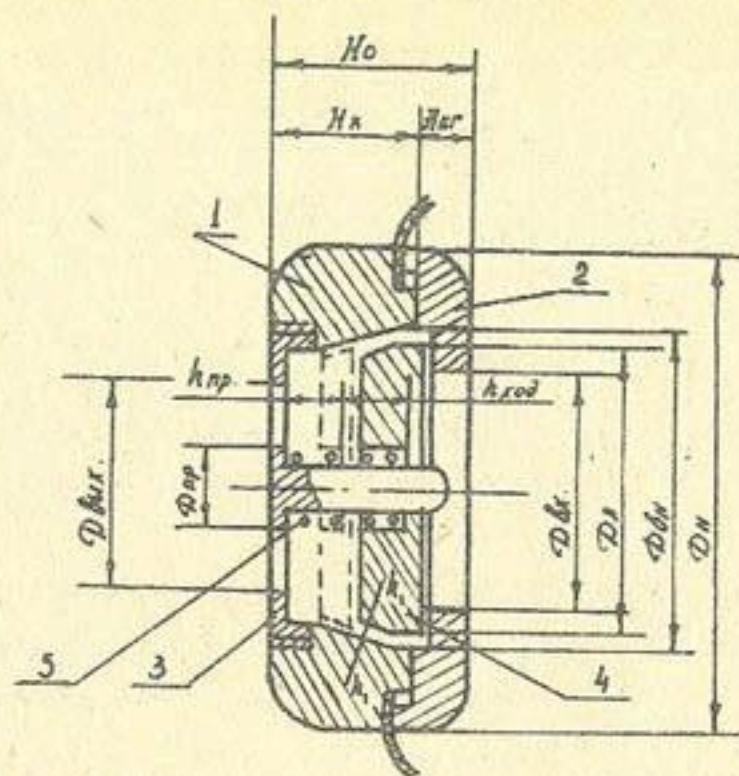


Рис. 2. Водовыпуск по авторскому свидетельству № 204811:

1, 2 - внешняя и внутренняя части корпуса;
3 - трубчатый патрубок; 4 - линзовый клапан; 5 - пружина.

В водовыпуске дросселируемым сечением является входное кольцевое сечение $h_1 - h_1$, максимальная площадь которого

$$\omega_{1\max} = \frac{\pi}{4} (D_{\text{вн}}^2 - D_{\text{л}}^2), \quad (1)$$

где $D_{\text{л}}$ - диаметр линзового клапана 4;

$D_{\text{вн}}$ - внутренний диаметр корпуса.

Согласно основного требования, при разработке водовыпуска /3/ площадь выходного сечения

$$\omega_{\text{вых}} = \frac{\pi}{4} (D_{\text{вых}}^2 - D_{\text{пр}}^2) \quad (2)$$

зависит от верхнего предела площади входного кольцевого сечения (1)

$$\omega_{\text{вых}} > \omega_{1\max}. \quad (3)$$

Регулировка постоянного расхода в нем производится по кольцевому сечению ω_1 между клапаном 4 и корпусом 1. При этом ра-

бочий ход клапана - $h_{\text{ход}}$. Высоту $h_{\text{пр}}$ занимает зажатая пружина, т.е. фактически получается, что эта часть высоты водовыпуска не используется для регулирования расхода, образуя бесполезный габарит его.

Основные размеры, определяющие габарит второго варианта в водовыпуске (рис.3): высота водовыпуска - $H'_0 = H'_{\text{к}} + H'_{\text{кр}}$ ($H'_{\text{к}}$ и $H'_{\text{кр}}$ - высота корпуса 1 и крышки 2), наружный диаметр - D'_n корпуса, внутренний диаметр - $D'_{\text{вн}}$ корпуса, диаметр - $D'_{\text{вых}}$ выходного сечения.

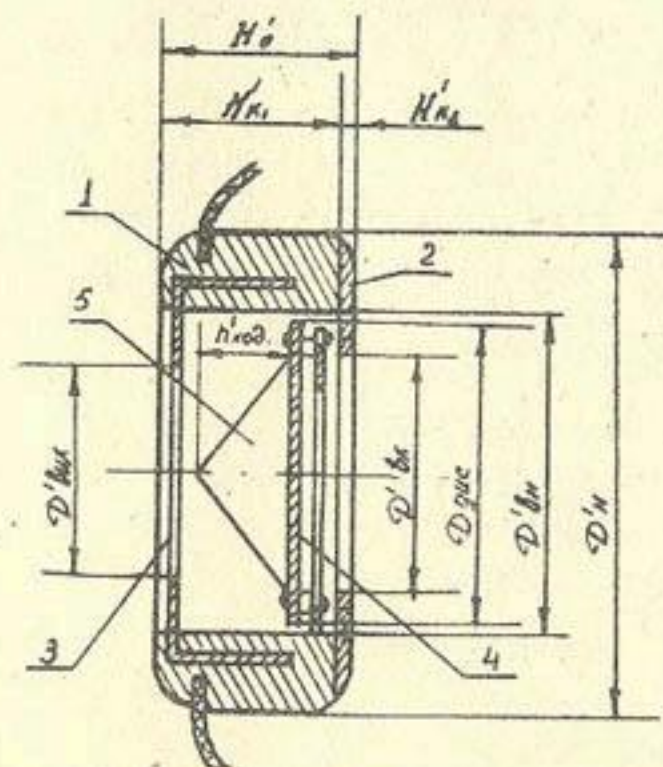


Рис. 3. Водовыпуск к поливным трубопроводам по авторскому свидетельству № 556751:

1 - корпус; 2 - крышка; 3 - выходное сечение;
4 - исполнительный элемент; 5 - боковой вырез.

Здесь нижний предел величины площади выходного сечения 3

$$\omega'_{\text{вых}} = \frac{\pi D_{\text{вых}}'^2}{4} \quad (4)$$

лимитируется входным сечением ω_{II} водовыпуска

$$\omega'_{\text{вых}} > \omega_{\text{II}\max}, \quad (5)$$

Здесь

$$\omega_{\text{II}} = \omega'_{\text{впр}} + \omega'_{\text{к}}, \quad (6)$$

где $\omega'_{\text{вн}}$ - площадь сечения боковых вырезов;
 ω'_k - площадь кольцевого сечения между корпусом и диском.

$$\omega'_k = \frac{\pi}{4} (D_{\text{вн}}^2 - D_{\text{диск}}^2), \quad (7)$$

$D_{\text{диск}}$ - диаметр диска 4.

Регулировка постоянного расхода осуществляется сообщением либо разобщением площади боковых вырезов $\omega'_{\text{вн}}$ корпуса с внутренней его полостью исполнительным элементом - 4, используя при этом и высоту $h_{\text{вн}}$ (высота зажатой пружины в водовыпуске по рис.2). В результате этого достигается повышение точности регулировки.

Для удобства дальнейшего сравнения сделаем развертку входного кольцевого сечения ω_I водовыпуска по первому варианту (рис.4) и развертку боковой стенки водовыпуска по второму варианту (рис.5). С целью упрощения расчета форму развертки как кольцевого сечения, так и вырезы бокового сечения представим прямоугольными. При сравнении их необходимо, чтобы обоим конструкциям соответствовали равные условия:

1) Принимаем одинаковые габариты водовыпуска по высоте, ($H_0 = H'_0$) и внутреннему диаметру корпуса ($D_{\text{вн}} = D'_{\text{вн}}$).

2) Принимаем равными регулируемый расход

$$q = \mu \omega \sqrt{2gH}, \quad (8)$$

где μ - коэффициент расхода;

ω - площадь сечения входного отверстия;

H - напор в трубопроводе;

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2.$$

3) Принимаем равными общие площади входных сечений:

$$\omega_I = \omega_{II}. \quad (9)$$

Здесь и далее индекс I для водовыпуска конструкции первого варианта (рис.2); II - для второго варианта (рис.3).

При равных габаритах водовыпусков регулируемая высота сечения

$$h_I < h_{II}$$

Абсолютно точная регулировка расхода воды, для обоих вариантов конструкции водовыпуска практически недостижима, так как каж-

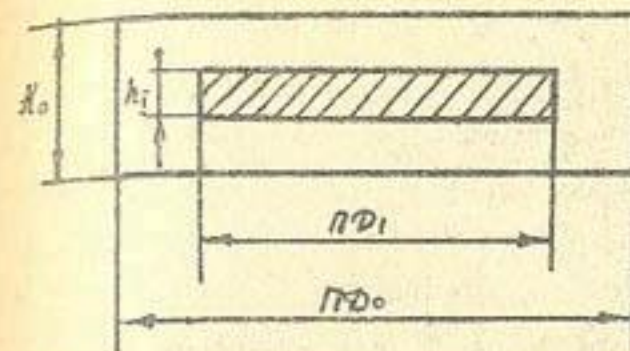


Рис. 4. Развертка кольцевого сечения (упрощенная) и корпуса (условно) водовыпуска по авт. свид. № 2048II.

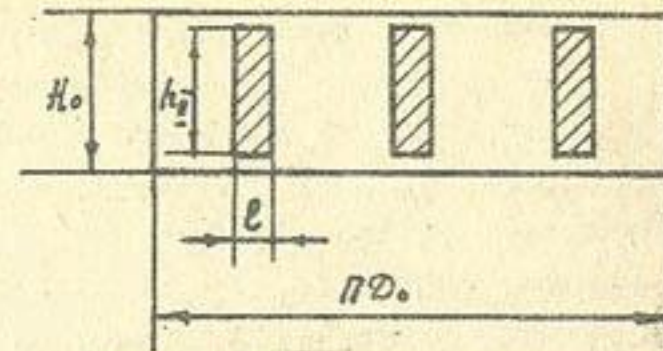


Рис. 5. Развертка (условная) корпуса и упрощенная форма входного сечения в боковых его стенках в водовыпуске по авт.свид. № 55675I.

дому исполнительному элементу присуща погрешность в величине перемещения. Для сравнения ошибку хода исполнительных элементов также примем одинаковой Δh . Тогда ошибка изменения входного сечения в водовыпуске первого варианта равна:

$$\Delta \omega_I \approx \Delta h \cdot \pi D_I, \quad (II)$$

а в водовыпуске второго варианта

$$\Delta \omega_{II} \approx \Delta h \cdot n l, \quad (I2)$$

где n - количество боковых вырезов;

l - ширина выреза.

С учетом (9)

$$\pi D_I h_I = n l h_{II} \quad \text{или} \quad n l = \frac{\pi D_I h_I}{h_{II}}.$$

Тогда

$$\Delta \omega_{II} = \Delta h \frac{\pi D_I h_I}{h_{II}} = \Delta \omega_I \frac{h_I}{h_{II}}. \quad (I3)$$

Отсюда с учетом (I0)

$$\Delta \omega_I > \Delta \omega_{II} \quad \text{или} \quad \Delta q_I > \Delta q_{II},$$

где Δq - отклонение расхода из-за ошибки хода исполнительного элемента. Следовательно, при равных условиях водовыпуски второго

варианта обеспечивают меньшую ошибку при регулировании расхода - повышается точность регулировки.

Для достижения одинаковой точности регулирования постоянного расхода водовыпуском первого варианта при равных условиях необходимо, чтобы ход его исполнительного элемента $h_{ход}$ (рис.2) по величине был равным ходу $h'_{ход}$ (рис.3) исполнительного элемента второго варианта. Но при этом габарит его по высоте (H_0) существенно увеличится (на величину высоты зажатой пружины - $h_{пр}$).

Для оценки обоих вариантов конструкции водовыпусков относительно производительности обратимся к размерам их, определяющим габарит водовыпуска - к входным сечениям ω_I (1), ω_{II} (6) и выходным сечениям $\omega_{вых}$ (2), $\omega'_{вых}$ (4). При равных условиях необходимо, чтобы

$$\omega_{вых} = \omega'_{вых}, \quad (14)$$

но при равных диаметрах $D_{вых} = D'_{вых}$

$$\omega'_{вых} > \omega_{вых} \quad (15)$$

на величину $\frac{\pi D_{пр}^2}{4}$. Отсюда появляется возможность, сохраняя соотношение (5), увеличить площадь ω_{II} (6) на величину $\frac{\pi D_{пр}^2}{4}$. Этого можно добиться, например, увеличением сечения боковых вырезов $\omega_{выр}$ и уменьшая диаметр исполнительного элемента $D_{дис}$. Таким образом, при равных условиях получаем

$$\omega_{II} > \omega_I \quad \text{и} \quad \omega'_{вых} > \omega_{вых},$$

следовательно, - $q' > q$
где q' - максимально возможный регулируемый расход второго варианта водовыпуска.

В водовыпуске первого варианта для достижения расхода q' необходимо увеличение входного сечения ω_I при неизменном выходном его сечении - $\omega_{вых}$ (уменьшением диаметра линзы - D_L). Но при этом нарушается соотношение (3), что приводит к потери устройством работоспособности.

ВЫВОДЫ

При разработке водовыпусков наиболее приемлемым вариантом исполнения конструкции является поперечная схема водоприема устройством. Этот вариант более способствует выбору оптимальной схемы конструкции водовыпуска к поливным трубопроводам.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 2048II (СССР) Линзовой автоматический водовыпуск - регулятор. /Тончаров И.Ф. Оpubл. в Б.И., 1967 № 22.
2. А.с. 55675I (СССР) Водовыпуск к поливным трубопроводам. /Креккер Н.Ю. и др. Оpubл. в Б.И., 1977, № 17.
3. Т а т т и б а е в А.А., К р е к к е р Н.Ю. Водовыпуск постоянного расхода для поливных трубопроводов. - Экспресс-информация, 1978, серия I, вып.3. М., ЦЕНТИ ММВХ СССР.

А.Б.Магай
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ВНЕШНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕСПЛОТИННОГО ВОДОЗАБОРА, РАСПОЛОЖЕННОГО НА ПОВОРОТЕ ОТКРЫТОГО РУСЛА

Все изменения, возникающие в потоке при отборе части расхода воды из него, происходят в результате взаимодействия водоприемника с потоком. Поэтому в качестве основы для оценки работы водоприемника принимают взаимодействие водоприемника с русловым потоком. Характеристики этого взаимодействия водоприемника с потоком называются внешними характеристиками водоприемника.

Характер взаимодействия водоприемника с потоком определяется положением граничных донных и поверхностных линий потоков, и внешние характеристики водоприемника основываются на граничных линиях токов. Зная линию водоотбора или положение граничных линий токов и имея график изменений мутности по глубине потока, можно количественно оценить захват наносов в водоприемник.

На рис. I схематически изображены граничная раздельная по-

верхность АО и граничные линии токов при отборе части расхода воды бесплотинным водоприемником, расположенным на прямолинейном участке русла. Положение граничной раздельной поверхности, приведенной на этом рисунке, объясняется тем, что при водозаборе происходит поворот части потока, попадающего в водоприемник. Поперечная циркуляция, возникающая при этом, создает в верхних слоях потока течение, направленное от берега, у которого расположен водоприемник, а в нижних слоях — к водоприемнику, и придает раздельной поверхности такой вид, когда ширина полос отбора воды из донных слоев B_d превышает ширину полос отбора из поверхностных слоев B_n . Зависимость положения граничных линий токов и граничной раздельной поверхности от различных факторов подробно освещены исследованиями [1, 2, 3, 4] и многими другими работами.

Характер питания водоприемника, расположенного на повороте русла, обуславливается изгибом части потока от водоотбора и изгибом всего потока. Здесь естественная поперечная циркуляция, возникающая на повороте русла, и поперечные течения, создаваемые водоприемником, имеют разные знаки и вызывают более или менее значительные изменения внешних характеристик.

На рис. 2 показаны положения граничных линий токов при отборе части расхода воды бесплотинным водоприемником, расположенным на вогнутом берегу поворота русла.

Внешние характеристики бесплотинного водозабора, расположенного на повороте русла, изучены недостаточно полно. В литературе имеется ряд работ, посвященных этому вопросу [5, 6, 7, 8, 9 и др.], однако в них не приводятся подробные данные об изменениях внешних характеристик, методике исследования, данные исследований о параметрах потока и русла. Наиболее подробные исследования внешних характеристик бесплотинного водоприемника, расположенного на повороте русла, с использованием метода граничных линий токов выполнены А.С.Офицеровым [2]. Однако опыты были проведены в лотке прямоугольного сечения шириной $B = 148$ см с поворотом 60° по дуге круга радиусом $R_0 = 6,0$ м при постоянном расходе $Q_0 = 66$ л/с и постоянной глубине на прямолинейном участке $h = 16$ см и $F_z = 0,05$. Поэтому результаты исследований справедливы только для условий приведенных параметров русла и потока.

С целью изучения внешних характеристик бесплотинного водоприемника на повороте русла для условий предгорных участков в

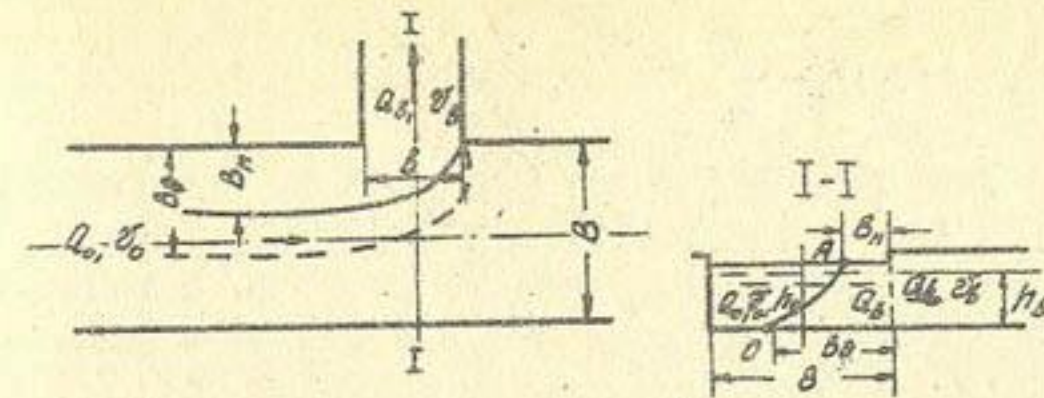


Рис. 1. Граничные линии токов при отборе воды бесплотинным водоприемником, расположенным на прямолинейном участке русла.

- B — ширина русла
- B_n, B_d — ширина полос отбора воды из поверхностного и донного слоев
- Q_0, Q_b — расходы потока общий и водоприемника
- Q_n, Q_d — расходы наносов общий и водоприемника
- b — длина водозаборного фронта

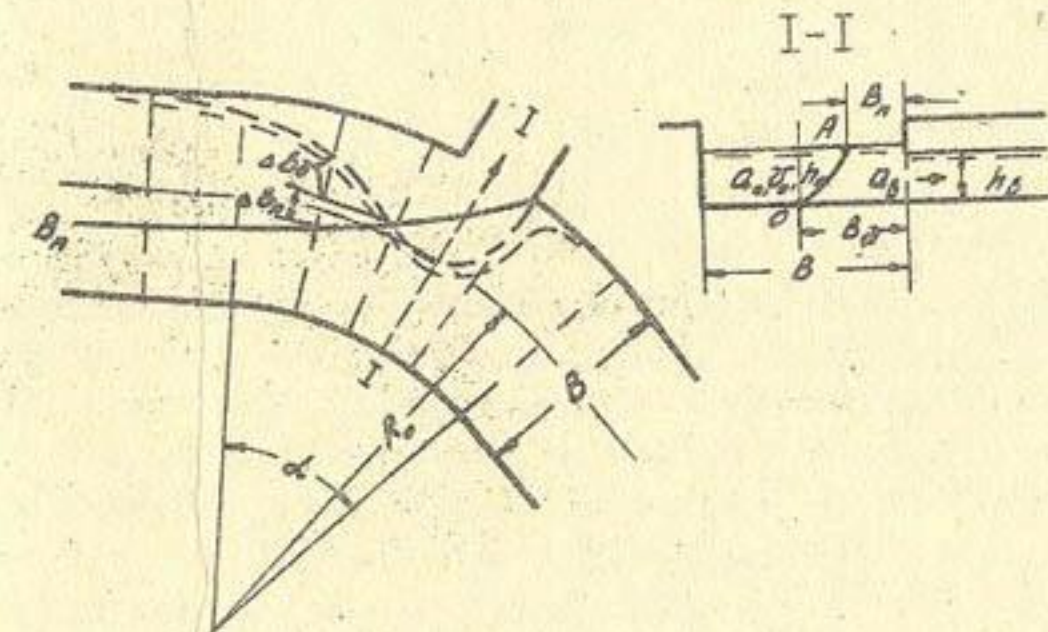


Рис. 2. Граничные линии токов при отборе воды бесплотинным водоприемником, расположенным на повороте русла.

в наиболее интересующем практику диапазоне параметров русла и потока нами были проведены соответствующие лабораторные исследования.

Лабораторная установка имела прямолинейные подводящий и отводящий участки длиной соответственно 6,0 и 4,5 м и поворот 90° по дуге круга радиусом по оси лотка $R_0 = 2,0$ м. На вогнутой стенке поворота русла и на отводящем участке установки размещены четыре водоприемника, которые включались в работу по отдельности. Водоприемник представлял собой незагруженную деталями боковую прорезь, где можно установить тот или иной тип водоприемника. Первый водоприемник располагался у начала поворота русла - в створе XII (в 15° от начала поворота); второй - на середине поворота - в створе XVII (45°); третий - у конца поворота - в створе XXIV (75°) и четвертый - за поворотом - в створе XXX (на расстоянии 60 см от конца поворота русла). Размещение водоприемников на повороте лабораторной установки и створы измерений приведены на рис. 3.

Лоток имел прямоугольное сечение шириной $B = 50$ см, стенки (металлические) и дно (цементное) лотка были покрашены масляной краской, и устанавливался он горизонтально.

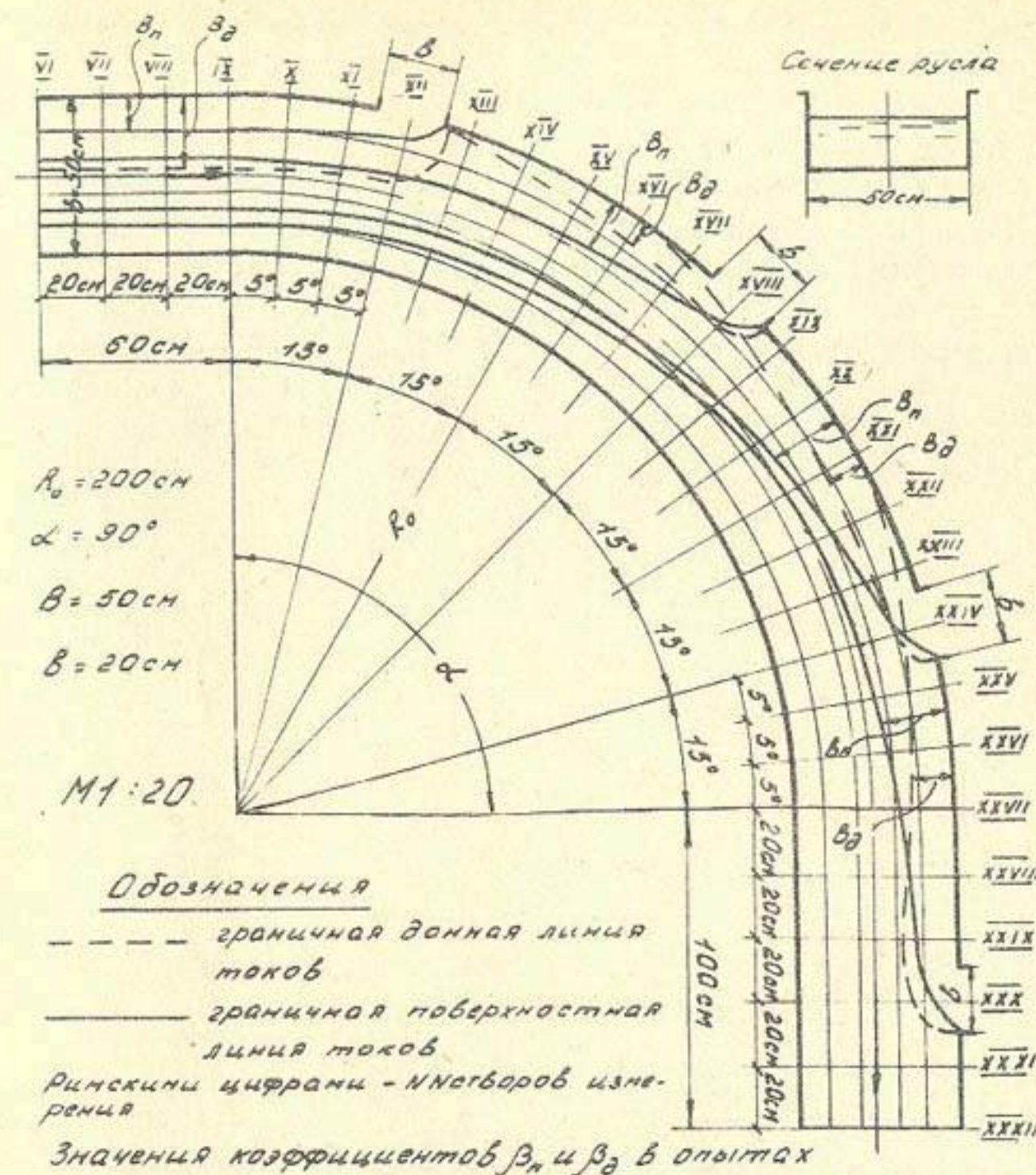
Опыты проводились при следующих параметрах потока:
 $Q_0 = 4,9...35,3$ л/с; $Q_6 = 0,65...11,59$ л/с; $h = 5...17,7$ см;
 $v = 0,2...0,40$ м/с; $F_z = 0,08...0,10$, где Q_0 и Q_6 - расходы потока общий и водоприемника.

Методика проведения опытов и обработки полученных данных была принята по Офицерову А.С. [2].

Внешние характеристики водоприемника, расположенного в створе XII (15° от начала поворота). Водоприемник во всех случаях его местоположения на вогнутом берегу работал как незатопленный водослив с широким порогом. Измерения граничных линий токов β_n и β_d производились в створах IX, X, XI, расположенных соответственно: 0, 5 и 10 градусах от начала поворота (см. рис. 3).

Результаты исследований водоприемников в виде зависимостей $\frac{\beta_n}{B}$ и $\frac{\beta_d}{B} = f\left(\frac{Q_6}{Q_0}\right)$ и подсчитанные значения коэффициентов β_n и β_d нанесены на графики рис. 4, где $\beta_n = \frac{\beta_n}{B} \cdot \frac{Q_0}{Q_6}$ - коэффициент отбора поверхностных токов, $\beta_d = \frac{\beta_d}{B} \cdot \frac{Q_0}{Q_6}$ - коэффициент отбора донных токов.

Опытные точки для определения ширины полос и , замеренные в створах IX, X, XI, по величине одинаковы и ложатся на кри-



№ опыта	Створ отвода	B, см	$\frac{Q_6}{Q_0}$	β_n			β_d		
20	XII	20	0,328	$\beta_n - 0,67$	$\beta_n - 0,67$	$\beta_n - 0,67$	$\beta_d - 1,22$	$\beta_d - 1,22$	$\beta_d - 1,22$
25	XVII	20	0,323	$\beta_n - 1,17$	$\beta_n - 1,24$	$\beta_n - 0,93$	$\beta_d - 0,97$	$\beta_d - 1,12$	$\beta_d - 1,12$
53	XXIV	20	0,334	$\beta_n - 1,74$	$\beta_n - 1,32$	$\beta_n - 0,96$	$\beta_d - 0,36$	$\beta_d - 0,69$	$\beta_d - 0,66$
65	XXX	20	0,347	$\beta_n - 1,52$	$\beta_n - 0,87$	$\beta_n - 0,69$	$\beta_d - 0,46$	$\beta_d - 0,87$	$\beta_d - 1,04$

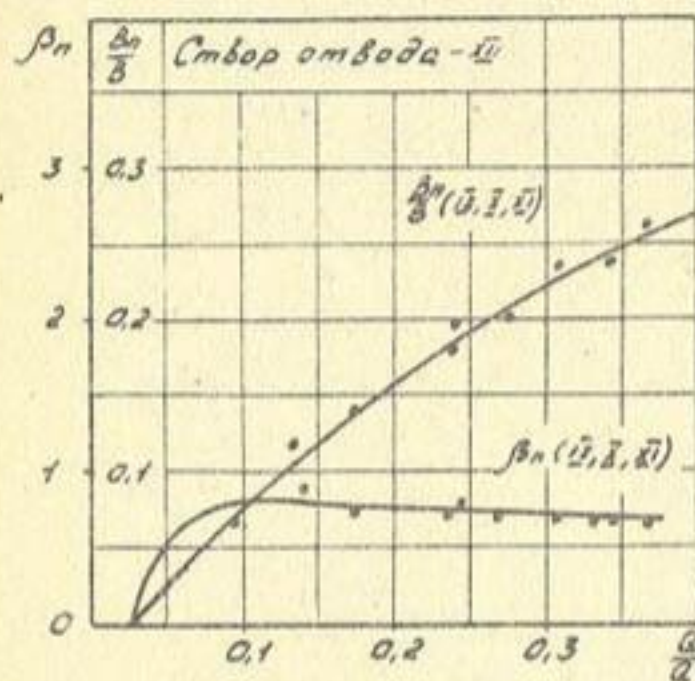
Рис. 3. Граничные линии токов при различном расположении створа водоприемника на вогнутом берегу поворота русла

вые β_n и β_d и обобщаются этими кривыми. Анализ кривых показывает следующее.

При водоотборах $\frac{Q_6}{Q_0} < 0,025$ коэффициент $\beta_n = 0$, а коэффициент $\beta_d = 3,0$. Это означает, что при водоотборах $\frac{Q_6}{Q_0} < 0,025$ питание водоприемника происходит только из донного слоя.

Коэффициент β_d в интервале водоотбора от 0,10 до 0,35 может быть принят приближенно равным 1,25, а коэффициент $\beta_n = 0,75$.

а)



б)

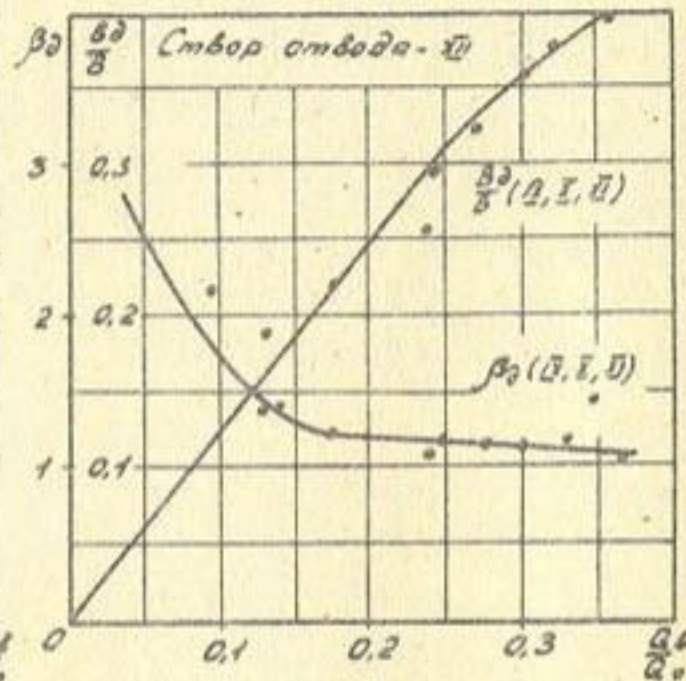


Рис. 4. Графики $\frac{\beta_n}{\beta}$, β_n , $\frac{\beta_d}{\beta}$ и β_d при расположении водоприемника в XII створе (15°)

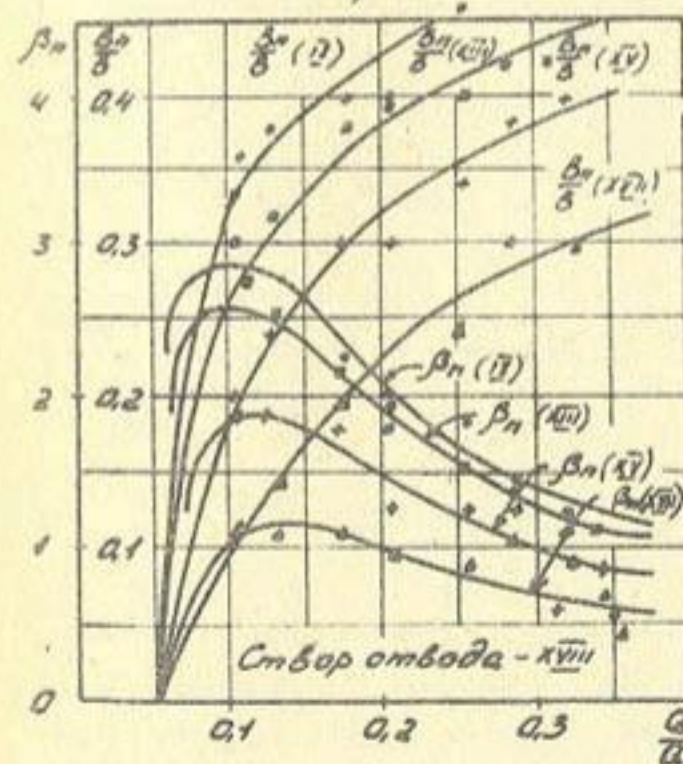
В целом внешние характеристики водоприемника, расположенного на XII створе (в 15° от начала поворота), мало чем отличаются от внешних характеристик водоприемника, расположенного на прямом участке русла (см. рис. I и рис. 3, водоприемник в створе XII). Это связано с тем, что на участке русла от начала поворота до створа водозабора поперечная циркуляция в потоке не получила полного развития и ее влияние на водоприемник незначительное. Для борьбы с поступлением наносов местоположение водоприемника неблагоприятное.

Внешние характеристики водоприемника, расположенного в створе XIII (45° от начала поворота). Измерения граничных линий токов производились в створах IX, XIII, XV и XVII, расположенных соответ-

ственно: в 0; 20; 30 и 40 градусах от начала поворота (рис. 3, водоприемник в створе XIII).

На рис. 5 приведены результаты исследований, из которых видно, что величина β_n оказывается тем больше, а β_d тем меньше, чем выше створ измерений от створа водоприемника на повороте. Объясняется это влиянием поперечной циркуляции в потоке, которая на этом участке (от начала до середины поворота) русла получает максимальное развитие. Поэтому внешние характеристики водоприемника будут определенными в том случае, когда в створе измерения β_n и β_d нет поперечных токов, т.е. когда они строятся по граничным линиям токов, полученным на прямом участке потока. В нашем случае характеристики водоприемника, полученные по измерениям в створе IX, существенно не отличаются от характеристик, полученных на прямолинейном участке потока.

а)



б)

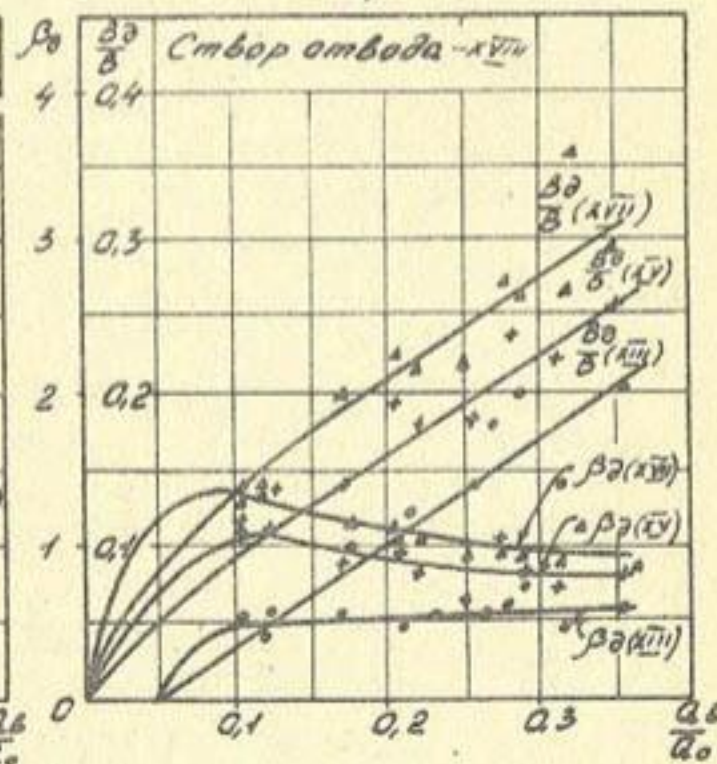


Рис. 5. Графики $\frac{\beta_n}{\beta}$, β_n , $\frac{\beta_d}{\beta}$ и β_d при расположении водоприемника в XIII створе (45°).

В интервале водозабора $0,10 < \frac{Q_6}{Q_0} < 0,35$ для створа измерений IX значения коэффициента β_n (IX) изменяются от 2,85 до 1,25, в среднем β_n (IX) = 2,0, т.е. питание водоприем-

ника из поверхностного слоя превосходит в среднем 2 раза то питание, которое было бы в потоке с прямоугольной эпюрой распределения скоростей по вертикали. Для этого же створа и интервала водозабора коэффициент β_3 (IX) = 0. Это значит, что питание водоприемника, расположенного на середине дуги вогнутого берега, происходит из верхних слоев потока. Поскольку донное питание равно нулю, то донные слои воды, идущие в водоприемник, имеют поверхностное происхождение, т.к. благодаря наличию поперечной циркуляции здесь происходит смещение слоев потока. Процесс смещения слоев потока виден на рис. 2 и 3, где показаны положения граничных токов. Отход донного тока V_3 от вогнутого берега происходит благодаря поступлению к дну воды из поверхностных слоев.

Внешние характеристики водоприемника, построенные по створу ХУП, близко расположенному к отверстию водоприемника, показывают, что здесь донное питание преобладает над поверхностным. Это связано с влиянием самого водоприемника, который при водозаборе действует так же, как и на прямолинейном участке.

При увеличении $\frac{Q_6}{Q_0}$ происходит снижение значений коэффициента β_n . Это связано с усилением действия поперечной циркуляции, создаваемой самим водоприемником, при водозаборе, а также и тем, что при $\frac{Q_6}{Q_0} \rightarrow 1$ коэффициент β_n стремится так же к единице.

При увеличении $\frac{Q_6}{Q_0}$ происходит некоторое снижение значений коэффициента β_3 . Очевидно это связано с усилением поперечной циркуляции, создаваемой поворотом русла, которая здесь получает наибольшее развитие.

Местоположение водоприемника благоприятное для борьбы с поступлением наносов в водозабор.

Внешние характеристики водоприемника, расположенного в створе ХХІУ (75°). Измерения граничных линий токов производились в створах IX, ХУШ, ХХІ и ХХІІІ, расположенных соответственно: в 0; 45; 60 и 70 градусов от начала поворота (рис. 3). Результаты опытов приведены на графиках рис. 6. Из анализа этих материалов можно отметить следующее.

При $\frac{Q_6}{Q_0} > 0,05$ питание водоприемника происходит исключительно из поверхностных слоев потока. Значения коэффициента β_n для водоприемников некоторых водозаборов могут 4 раза превосходить

то значение коэффициента, которое было бы в потоке прямоугольной эпюрой распределителя скоростей по вертикали (см. рис. 6а, створ измерений IX).

Питание водоприемника из донного слоя воды, при оценке его коэффициентом β_3 , имеет место в створе ХХІІІ, где $\beta_3 \approx 1,0$. Рост значений $\frac{\beta_3}{\beta}$ и β_3 при приближении створа измерений к водоприемнику объясняется усилением действия водоприемника на поток.

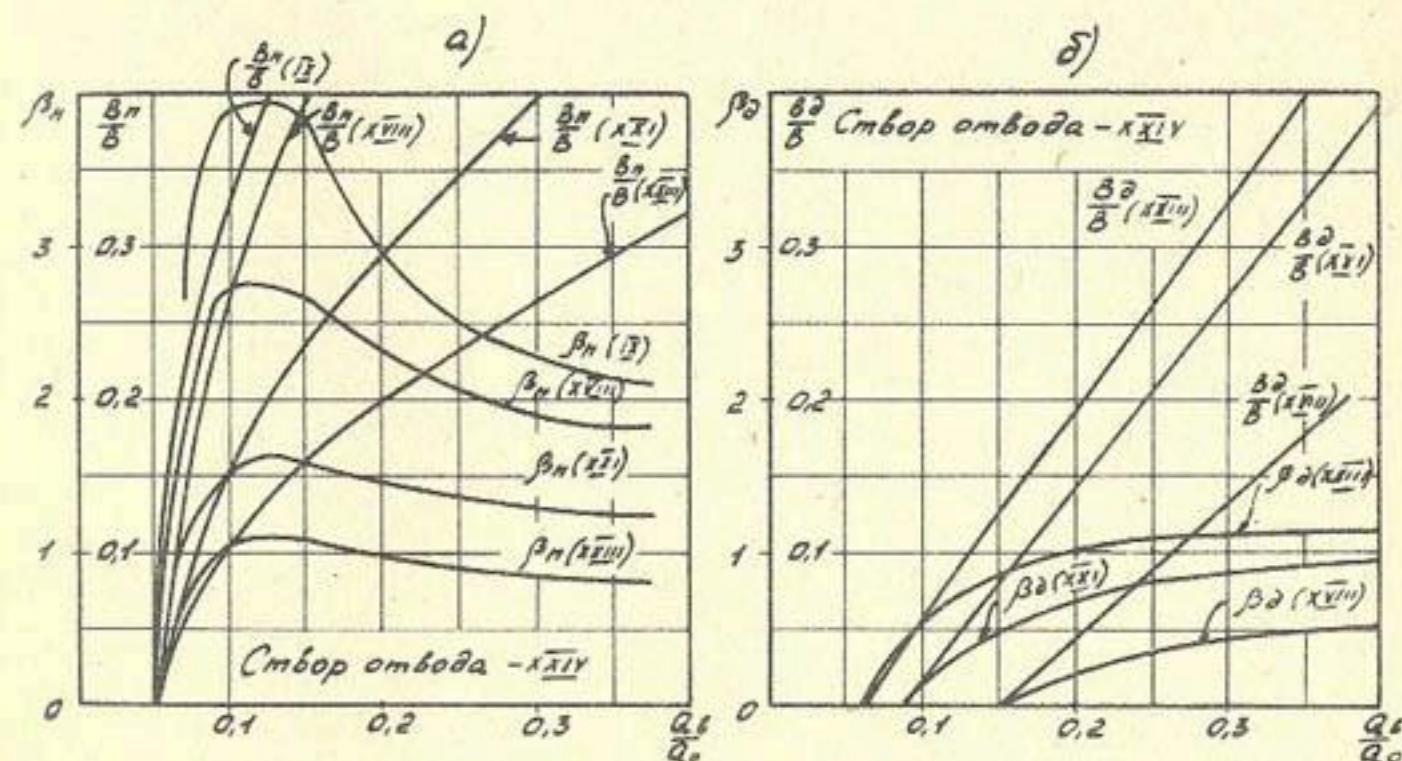


Рис. 6. Графики $\frac{\beta_n}{\beta}$, β_n , $\frac{\beta_3}{\beta}$ и β_3 при расположении водоприемника в ХХІУ створе (75°).

С увеличением коэффициента водозабора $\frac{Q_6}{Q_0}$ происходит увеличение значений коэффициента β_3 . Очевидно это связано с некоторым ослаблением поперечной циркуляции, вызываемой поворотом русла, и усилением действия поперечной циркуляции, создаваемой водоприемником.

Внешние характеристики водоприемника, расположенного в створе ХХІУ, качественно идентичны внешним характеристикам водоприемника, расположенного в створе ХУШ. Однако местоположение водоприемника здесь менее благоприятно для борьбы с поступлением наносов, чем в створе ХУШ.

Внешние характеристики водоприемника, расположенного в створе XXX (на расстоянии 60 см от конца поворота русла). Измерения граничных линий токов производились в створах IX, XXIV, XXV, XXIX (рис.3). Результаты исследований приведены на рис.7, из которых можно отметить следующее.

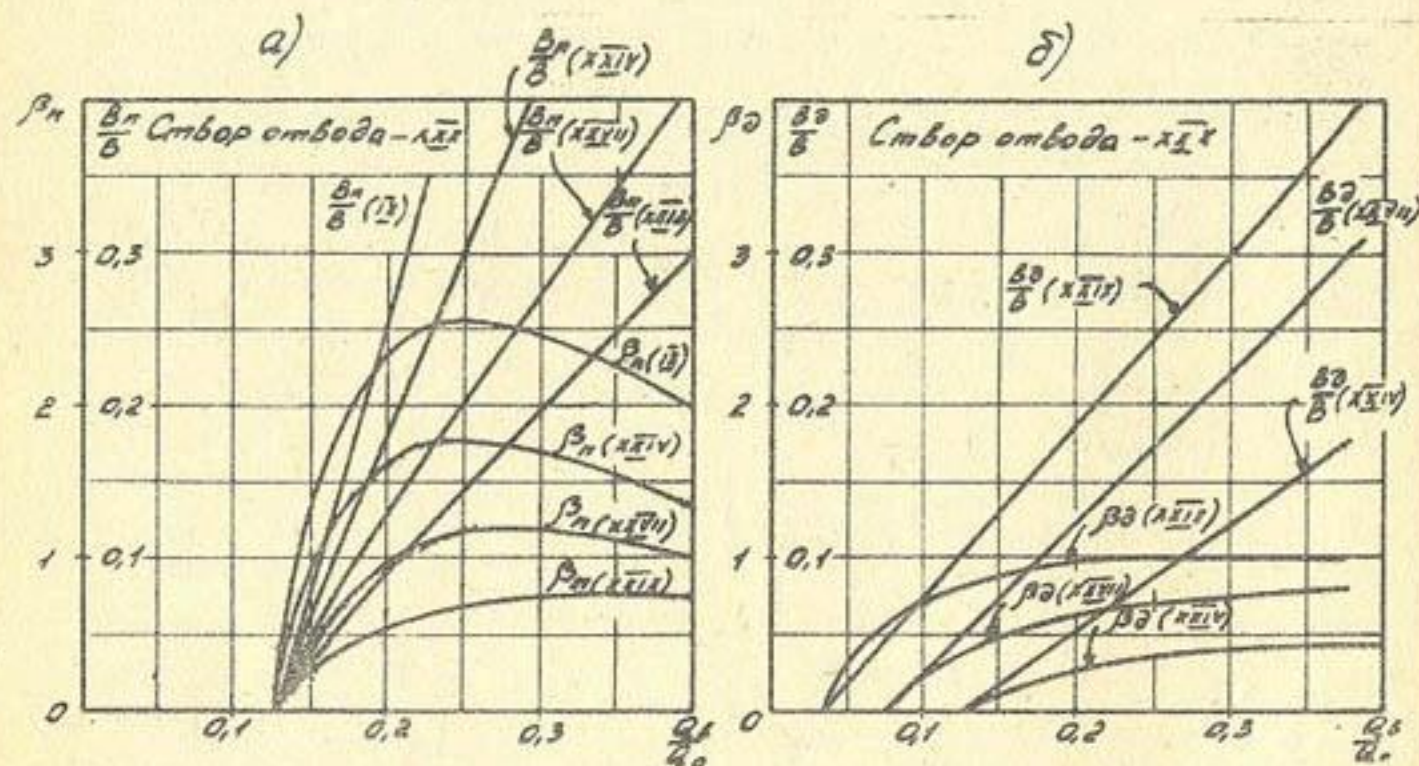


Рис. 7. Графики $\frac{\beta_n}{\beta}$, β_n , $\frac{\beta_z}{\beta}$ и β_z при расположении водоприемника в XXX створе ($90^\circ + 60$ см).

Значения коэффициента β_n для водоприемника по створу измерений IX при $\frac{Q_6}{Q_0} > 0,2$ для некоторых водозаборов могут в среднем 2,25 раза превосходить тот коэффициент, который был бы в потоке с прямоугольной эпюрой скоростей. Однако это меньше, чем в створе XXIV (75°).

При увеличении $\frac{Q_6}{Q_0}$ происходит уменьшение значений β_n , при $\frac{Q_6}{Q_0} < 0,125$ коэффициенты β_n и β_z равны нулю.

Питание водоприемника из донного слоя воды имеет место в створе XXIX, где $\beta_z = 1,0$. При приближении створа измерений к створу водоприемника значение β_z увеличивается в связи с ослаблением здесь интенсивности поперечной циркуляции потока, вызванной изгибом русла и усилением влияния водоприемника на поток.

В целом, внешние характеристики водоприемника, расположенного

за поворотом русла, качественно аналогичны внешним характеристикам водоприемника, расположенного в створе XXIV, но в количественном отношении коэффициент β_n меньше, а коэффициент β_z на уровне водозабора в створе XXIV (75°). Объясняется это ослаблением интенсивности поперечной циркуляции потока, возникающей на повороте русла.

Условия водозабора здесь менее благоприятны, чем в створе XXIV (75°), но более благоприятны, чем на прямолинейном участке русла и в створе XII (15°).

ВЫВОДЫ

Как было отмечено выше, чем ближе к водоприемнику створ измерений граничных токов, тем резче выявляется действие самого водоприемника и тем менее ощутимо действие искривления потока. Поэтому внешние характеристики водоприемника могут быть определенными только в том случае, когда они строятся по граничным токам на прямолинейном участке потока выше поворота русла, т.к. в створе измерений β_n и β_z не должно быть поперечных токов. В соответствии с этим на рис.8 представлены внешние характеристики водоприемников, рассмотренных выше, отнесенные к прямолинейному участку потока — к створу IX. На графике положение водоприемника на вогнутом берегу поворота русла показано углом γ , на который смещена ось отверстия водоприемника от начала поворота. Кривые, частично по экстраполяции, доведены до водоотборов от 0 до 0,40.

На рис.8 приведены также внешние характеристики водоприемников с $\gamma = 0, 30$ и 60 градусов, по опытным данным Офицера А.С. /2/. Такое сопоставление и обобщение материалов, очевидно, правомочно, поскольку в наших опытах и опытах Офицера А.С. отношение $\frac{Q_6}{Q_0}$ одинаково и равно 4,0.

Из анализа графиков можно отметить следующее.

1. Характеристики водоприемника изменяются при перемещении его по изгибу следующим образом. При сдвиге с прямого участка на вогнутый берег поворота русла при постоянном водоотборе $\frac{Q_6}{Q_0}$ коэффициент β_n возрастает, а β_z — убывает. Изменения β_n и β_z в зависимости от $\frac{Q_6}{Q_0}$ и γ характеризуются кривыми, приведенными на графиках (рис.9).

2. При постоянном водоотборе $\frac{Q_6}{Q_0} = 0,10; 0,20; 0,30$ и $0,40$ значения $\beta_n = \beta_z = 1,0$ при смещении водоприемника от начала

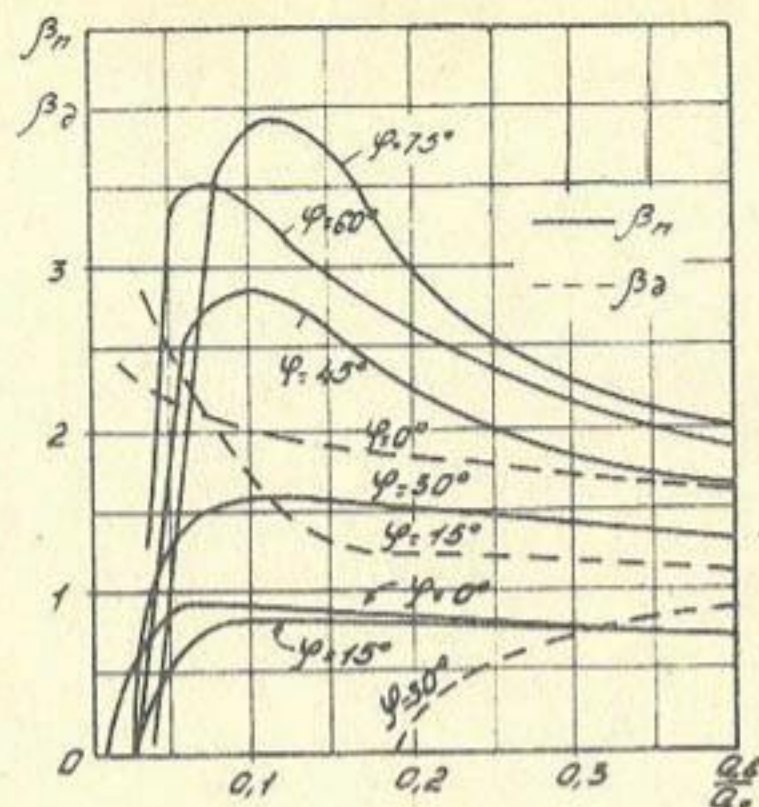


Рис. 8. Внешние характеристики водоприемников, отнесенные к прямому участку потока

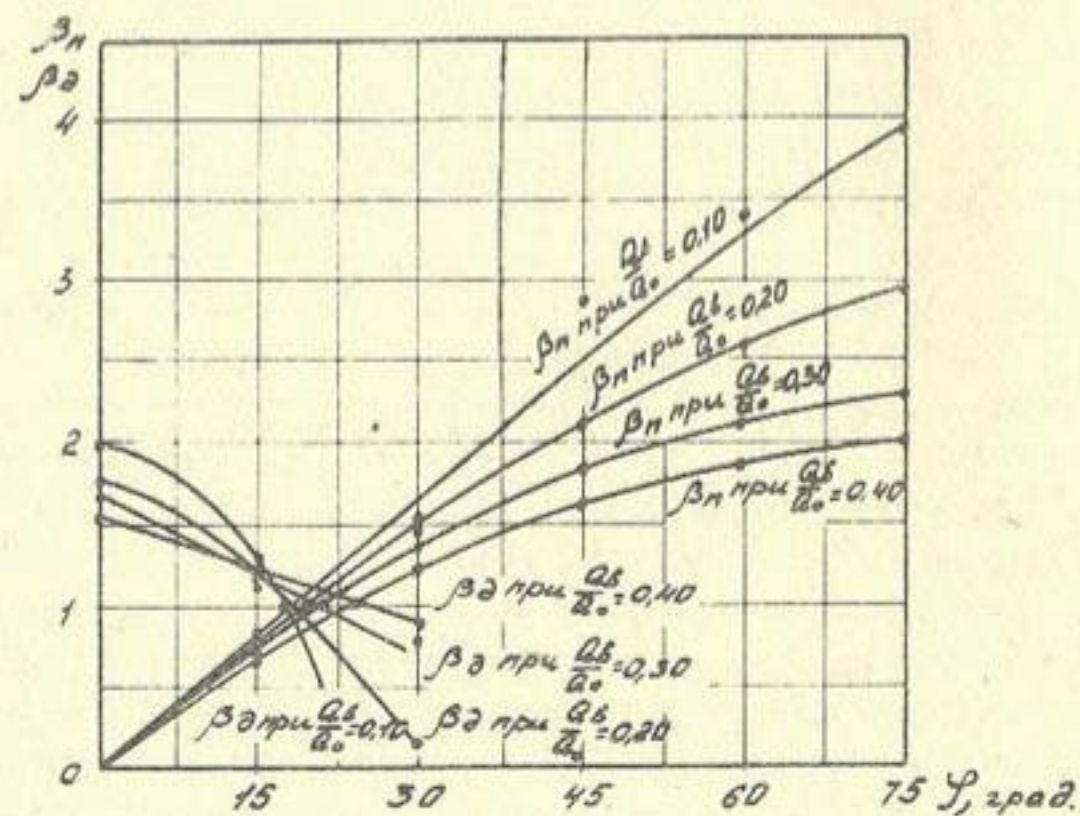


Рис. 9. Графики зависимости β_n и β_d от $\frac{Q_b}{Q_0}$ и φ

поворота соответственно на угол $\varphi = 17, 19, 21$ и 23 градуса (рис. 9). При дальнейшем сдвиге водоприемника по вогнутому берегу β_d стремится к нулю, а β_n — продолжает увеличиваться, достигая величины 3,59 при $\varphi = 75^\circ$ и $\frac{Q_b}{Q_0} = 0,10$.

3. Водоприемник, расположенный на повороте русла, воздействует на поток так же однообразно, как и водоприемник на прямолинейном участке. В связи с этим при приближении створа измерений характеристик к водоприемнику усиливается действие самого водоприемника на поток и значения $\frac{\beta_d}{\beta}$ и β_d увеличиваются. Однако, донные слои воды, идущие в водоприемник, имеют поверхностное происхождение: здесь происходит процесс смещения слоев потока (см. положение граничных токов на рис. 2 и 3) — отход донного тока V_d от вогнутого берега происходит благодаря поступлению к дну воды из поверхностного слоя.

1. Анализ внешних характеристик бесплотинного водоприемника, расположенного на повороте русла, показывает, что действие поперечной циркуляции потока от изгиба русла на питание водоприемника исключительно велико. Поэтому оно должно быть максимально использовано для борьбы с наносами, особенно при строительстве бесплотинных водозаборов для оросительных систем.

5. В водоприемниках оросительных систем при водозаборе должно быть $\beta_d = 0$. Основное количество наносов проходит обычно в период паводка, когда отношение $\frac{Q_b}{Q_0}$ незначительное. Для этих условий по внешним характеристикам наиболее благоприятным местом для водоприемника является сдвиг его по вогнутому берегу на $\varphi = 30^\circ$. Большее смещение водоприемника вниз по изгибу может быть неблагоприятным для его питания, т.к. поперечная циркуляция создает перемешивание потока и взвешивание наносов.

Приведенные здесь выводы количественно справедливы для рассматриваемого отношения $\frac{R_0}{B}$ и закрепленного неразмываемого русла. По данным Крошкина А.П. и Бердникова Ю.П. [10], проводивших лабораторные исследования в русле с $\frac{R_0}{B} = 4,0$ и углом поворота 58° , в размываемых руслах радиальные составляющие скорости в створах $10 \dots 40$ градусов от начала поворота меньше, чем в русле с креплением ложа. Жесткое крепление криволинейного русла повышает эффективность способа борьбы с влекомыми наносами и сокращает время промывки верхнего бьефа от наносов в $1,5 \dots 2$ раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверкиев А.Г., Макаров Н.Н., Синотин В.Н. Бесплотинные водозаборные сооружения. - Л.: Энергия, 1969.
2. Офицеров А.С. Вопросы гидравлики водозабора. - М.: 1952.
3. Соколов Д.Я. Боковой отвод воды. - В кн.: тр. САНИИРИ, Ташкент, 1932.
4. Шаумян В.А. Научные основы орошения и оросительных сооружений. - М.: 1948.
5. Дульнев В.В. Выбор места отвода воды из потока на изгибе русла. - Гидротехника и мелиорация, 1950, № 10.
6. Дanelия Н.Ф., Садомова В.В. Некоторые типы водозаборных сооружений на изгибе реки. - В кн.: Тр. ГрузНИИГМ, вып. 4, Тбилиси, 1956.
7. Лонг-Чонг Шинь. Основные методы борьбы с размывами берегов на кривых участках рек и их применение в условиях Вьетнама. Дисс., ... к.т.н., Ташкент, 1974.
8. Нгуен Ван Тоан. Регулирование русла и борьба с наносами при бесплотинном водозаборе в условиях рек Вьетнама. Дисс., ... к.т.н., Ташкент, 1974.
9. Нгуен Тхой Зап. Русловые процессы у бесплотинного водозабора. Автореферат дисс., ... к.т.н., М., 1972.
10. Крошкин А.Н., Бердников Д.П. Усовершенствованный способ борьбы с влекомыми наносами. - Гидротехника и мелиорация, 1983, № 12.

Э.В. Гершунов
кандидат сельскохозяйственных наук
Н.П. Митин
старший инженер
Т.В. Нугаева
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО СТРЕССА НА УРОЖАЙ СОИ И ЕГО УЧЕТ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЛИВОВ

Орошаемое земледелие потребляет 143 млн.м³, или 45% общего количества воды, расходуемого в народном хозяйстве, и потребление ее в перспективе будет возрастать. Поэтому в настоящее время является актуальной проблема экономии и строгого нормирования потребления воды и борьба с потерями, что позволит повысить в зоне орошения урожай, а также использовать воду для ввода дополнительных площадей орошаемых земель в сельскохозяйственное производство.

Для более эффективного использования воды, повышения коэффициента полезного действия систем и коэффициента земельного использования на оросительных системах проводят большие работы по переустройству сети, облицовывают каналы в земляном русле, дополняют их трубопроводами, железобетонными лотками, применяют высокопроизводительную технику, а также внедряют новые способы орошения (например, капельное).

Но главная роль в эффективном использовании воды отводится плановому водопользованию - основе всей оперативной деятельности как оросительной системы в целом, так и отдельных ее частей. Поэтому понятно, какое значение оно имеет в рациональном использовании поливной воды.

Режим орошения отдельной культуры разрабатывают, как правило, только с точки зрения самой культуры, изучая ее потребности в поливной воде в разные периоды вегетации. Однако, как правильно подчеркивал И.А. Шаров /1/, такой подход приемлем только для небольших площадей, а не для системы в целом.

Основной принцип составления плана водопользования в настоящее время - это определение суммарного количества воды по каналу или системе, потребного для полива всех культур, расположенных на системе, по заданному режиму.

Более объективным подходом может быть такой, в котором за целевую функцию принята суммарная прибыль, получаемая со всей площади оросительной системы при планируемом варианте водораспределения. В общем такой подход к решению задачи планирования водопользования был сформирован в 1972 г. /2/.

Практическое использование задачи оптимизации водопользования на оросительных системах предполагает наличие зависимости продуктивности возделываемых культур от степени их водообеспеченности в онтогенезе и соответственно этому уровня прибыли или возможных потерь. К сожалению, таких зависимостей для ведущих культур региона нет.

Последнее делает необходимым и актуальным экспериментальное исследование по оценке условий влагообеспеченности конкретных посевов в онтогенезе для выявления влияния той или иной схемы поливов на продуктивность и экономическую эффективность выращиваемой культуры.

Задача наших исследований – получить зависимость урожайности зерна сои от уровня водообеспеченности в различные периоды ее развития, а так же получить зависимость чистого дохода, получаемого при возделывании сои, от урожайности.

Для решения этой задачи в 1981 году заложен полевой опыт с семью вариантами:

I – контроль, проводят все поливы при наступлении влажности в метровом слое почвы 70...80% НВ.

II – вариант – начало первого полива при влажности почвы 80% НВ.

III – вариант – без первого полива, при втором поливе влажность метрового слоя почвы доводится до НВ, последующие поливы по контрольному варианту.

IV – вариант без первого и второго полива, при третьем поливе влажности метрового слоя почвы доводят до НВ, последующие поливы – по контролю.

V – вариант без третьего полива, при четвертом поливе влажность в метровом слое почвы доводят до НВ, последующие поливы – по контролю.

VI – вариант без третьего и четвертого полива, при пятом поливе влажность метрового слоя почвы доводят до НВ, последующие поливы – по контролю.

VII – вариант – без четвертого и последующих поливов. По результатам опыта 1981 года оказалось возможным сократить варианты опыта до четырех в 1982 и 1983 годах:

I – контроль, проводят все поливы при наступлении влажности метрового слоя почвы 70...80% НВ.

II – без первого и второго поливов, возможное снижение влажности почвы до цветения до 50...60% НВ.

III – без второго и третьего поливов, возможное снижение влажности почвы во время цветения до 40% НВ.

IV – без четвертого и пятого поливов, возможное снижение влажности почвы в период налива зерна до 50% НВ.

Во всех вариантах, кроме пропущенных поливов, все остальные проводят так же, как на контрольном варианте.

Опыт проводили на поле № 2 Экспериментального хозяйства АКО КазНИИВХ.

Размер участка 180х226,8 м. Схема размещения повторностей принята по блокам, копирующим форму рельефа и глубину грунтовых вод. Границы блоков принимались таким образом, чтобы глубина грунтовых вод на всех делянках была более 4 м. Количество повторностей четыре, количество делянок – двадцать восемь. Размещение вариантов в блоках повторностей проведено рандомизированным способом с помощью таблицы случайных чисел.

Полив опытного участка проводили дождевальными машинами "Волжанка" с установленными на ней через три трубы аппаратами "Роса-2".

Расстояние между позициями – через один гидрант распределительного трубопровода. Схема расстановки аппаратов 36х57,8 м. В соответствии с этой схемой принят размер делянок 36х37,8 м. Размеры учетной площадки делянок и защиток приняты таким образом, чтобы на учетной площадке не происходило перекрытия дождем с соседних делянок. При давлении в трубопроводе 40 м радиус действия аппаратов по крайним каплям дождя составляет 24 м.

Таким образом, размеры учетных делянок составили 21,6х30,6 м. Общая площадь делянки – 1361 м², учетная площадь – 661 м².

В соответствии с методикой исследований на контрольном варианте проводили поливы при достижении влажности почвы 70...80% НВ.

По метеословиям лет исследований для поддержания такой влажности почвы в 1981 году потребовалось проведение пяти веге-

тационных поливов оросительной нормой 5102 м³/га, в 1982 году требовалось проведение шести поливов нормой 6114 м³/га, а в 1983 году—семи поливов нормой 6935 м³/га.

Однако из-за неисправности насосной станции и скважин полностью провести все поливы удалось только в 1981 году. В 1982 и 1983 годах на контрольном варианте было проведено лишь по пять поливов оросительными нормами 5000 и 5045 м³/га. Это привело к снижению влажности почвы в конце вегетаций в 1982 году до 65% НВ, а в 1983 году—до 80% НВ.

Другие варианты опыта проведены в соответствии с намеченным планом. Как и планировалось в ходе опыта, пропуск одного или двух поливов приводил к снижению влажности почвы в разные периоды развития сои. По своей значимости в ходе формирования урожая у сои можно выделить три периода:

- I) всходы — цветение;
- II) цветение — зеленая спелость;
- III) зеленая спелость — полная спелость (налив зерна).

В зависимости от вариантов опыта влажность почвы по периодам развития значительно отличалась, что привело к изменению урожая сои (табл. I).

Таблица I

Влажность почвы и урожай сои по вариантам опыта

Год исследования	Вариант	Минимальная влажность почвы в периоды, % НВ			Урожай, ц/га
		I	II	III	
I	2	3	4	5	6
1981	I	80	81	71	44,3
1981	II	50	81	71	37,4
1981	III	54	81	71	38,7
1981	IY	50	40	71	30,4
1981	У	80	60	71	32,5
1981	УI	80	43	71	22,5
1981	УI	80	81	40	28,4
1982	I	70	74	65	40,7
1982	II	57	58	57	35,2
1982	III	70	57	65	32,0
1982	IY	70	60	42	24,3

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6
1983	I; IY	70	80	50	32,3
1983	II	50	50	30	18,9
1983	III	65	55	44	31,0

Методикой опыта предусматривалось получение связи конечного урожая с недостатком влаги в отдельные периоды органогенеза сои, причем в другие периоды предусматривалось оптимальное водоснабжение растений. Такой план опыта был принят для того, чтобы определить информационные точки от предистории и последствия. В литературе во всех известных нам моделях подразумевается, хотя и специально не оговаривается, независимость относительной убыли урожая от предистории, т.е. марковский характер этого процесса.

При планировании эксперимента ожидалось, что для каждого периода развития сои будет получено, как минимум, по три такие точки. Фактически же удалось получить по пять точек для II и III периодов и три для I периода (табл. 2).

Таблица 2

Зависимость урожая зерна сои от снижения влажности почвы в отдельные периоды развития растений

Год исследований	Вариант	Минимальная влажность почвы в периоды, % НВ			Урожай, ц/га
		I	II	III	
1981	1	80	80	71	44,4
1981	2	50	81	71	37,4
1981	3	54	81	71	38,7
1981	5	80	60	71	32,5
1981	6	80	43	71	22,5
1981	7	60	80	40	28,4
1982	3	70	57	65	32,0
1982	I	70	74	65	40,7
1983	4	76	80	50	32,3

В /3/ предлагается гипотеза разделимости аргументов функции потерь урожая при влагообеспеченности λ в момент времени t на

составляющие, одна из которых определяется биологическим возрастом растений, другая – степенью водообеспеченности:

$$\beta(\lambda, t) = q_1(t) \cdot q_2(\lambda). \quad (1)$$

Функция $q_1(t)$ определяется совокупностью внутренних (физиологических и генетических) факторов, характеризующих особенности возделываемой культуры.

Она показывает, как применяется в онтогенезе чувствительность растений к недостатку влаги. Функция $q_2(\lambda)$ корректирует потери согласно фактической водообеспеченности:

$$\lambda = \frac{B_t - B_{зав}}{B_k - B_{зав}}, \quad (2)$$

где B_t – влажность почвы в момент времени;
 B_k – влажность, соответствующая бездефицитной водообеспеченности растений;
 $B_{зав}$ – влажность завядания.

Функцию $q_1(t)$ определяют по формуле

$$q_1(t) = \frac{y_0 - y_{t\lambda}}{y_0(1 - \lambda)}, \quad (3)$$

где y_0 – урожайность культуры при оптимальной водообеспеченности;
 $y_{t\lambda}$ – урожайность при водообеспеченности λ в момент времени t .

Обработка полученных экспериментальных данных, приведенных в таблице 2 по формулам 3.4 и 3.5 дала такие значения $q_1(t)$:

- а) для первого периода развития сои $q_1(t) = 0,35$;
- б) для второго периода $q_1(t) = 0,93$;
- в) для третьего периода при $B_{t\lambda} \geq 65\% \text{ НВ}$ $q_1(t) = 0,38$,
 при $B_{t\lambda} < 65\% \text{ НВ}$ $q_1(t) = 0,63$.

В США для количественной оценки степени влияния на урожай дефицита влаги в конкретный день вегетации используют понятие "индекс дня стресса", который по своей сущности тяготеет к функции $q_1(t)$.

Приведенные значения "индекса дня стресса" для сои по величине близки полученным в нашем эксперименте. Оставшиеся результаты эксперимента, которые получены при снижении водообеспеченности растений ниже оптимального не в один из периодов онтогенеза, а продолжавшегося и в других, дают возможность проверить марковский характер процесса накопления потерь урожая.

Если этот процесс не марковский, и каждое последующее снижение влажности почвы прибавляет потери к уже имеющимся, то урожай в конце периода необходимо определять по формуле:

$$y_t(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = y_0 [1 - q_1(1 - \lambda_1)][1 - q_2(1 - \lambda_2)][1 - q_3(1 - \lambda_3)], \quad (4)$$

где $y_t(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ – конечный урожай культуры, который может быть получен при водообеспеченности в I период – λ_1 , во II период – λ_2 и в III период – λ_3 .

Расчет предлагаемого урожая зерна сои для условий водообеспеченности, полученных в ходе эксперимента, приведен в (табл.3).

Таблица 3

Проверка зависимости процесса накопления потерь урожая при снижении водообеспеченности от предистории

Год	Варианты	Влажность почвы по периодам			Теоретическая урожайность, ц/га	Фактическая урожайность, ц/га
		I	II	III		
1981	IУ	50	40	71	14,9	30,4
1982	I	70	74	65	32,2	40,7
1982	II	57	58	57	20,2	35,2
1982	IУ	70	60	42	19,1	24,3
1983	II	50	50	44	13,5	18,9

Как видно из таблицы, фактическая урожайность всегда выше определенной по формуле 3.6, и определяется только уровнем водообеспеченности того периода, в котором он приводит к наибольшим потерям урожая. Следовательно марковский характер процесса накопления потерь урожая подтверждается. Это дает нам право принять весь эксперимент за одну совокупность.

Статистическая обработка этой совокупности дала возможность получить следующие уравнения связи между влажностью почвы и урожайностью зерна сои:

$$y = 1,73 + 0,91B_1 - 0,005 \quad (5)$$

$$y = -17,08 + 1,09B_2 - 0,0041 \quad (6)$$

$$y = -10,28 + 1,10B_3 - 0,0053 \quad (7)$$

где y - урожайность зерна сои, ц/га;
 B_1, B_2, B_3 - наименьшая влажность почвы в I, II, III периоды развития сои, % НВ.

Необходимо учесть, что уравнения 5, 6, 7 применимы при уровне агротехники, соответствующей той, которая применялась при проведении опыта и способствовала получению урожайности зерна сои при оптимальном водоснабжении порядка 40...45 ц/га.

При другом уровне агротехники, соответствующей урожаю, при бездефицитном водоснабжении, урожайность при любом другом уровне водоснабжения можно определить по формуле:

$$y_{\lambda t} = y_0 [1 - q_t (1 - \lambda_t)], \quad (8)$$

где q_t - индекс периода понижения влагообеспеченности (индекс дня стресса);

λ_t - степень влагообеспеченности, определяется по формуле 2.

Анализ уравнений 5, 6, 7 показывает, что наибольшее снижение урожайности при одинаковом снижении влажности почвы происходит в период от начала цветения сои до зеленой спелости. Значение индекса в этот период (0,93) в 2,6 раза больше, чем для I периода (до цветения) 0,35 и в 1,5 раза больше, чем для III периода (после зеленой спелости 0,63). 10%-ное снижение урожая происходит при снижении влажности почвы в I период до 60% НВ, во второй период - до 73% НВ, а в третий период - до 70% НВ.

Для расчета функции цели необходимо знать зависимость чистого дохода от урожайности сои. Такая зависимость установлена нами на основе учета всех затрат на выращивание культуры по вариантам опыта и может быть описана уравнением вида:

$$ЧД = 32,2 y - 243 \quad (9)$$

где ЧД - чистый доход, руб/га;

y - урожайность зерна сои, ц/га.

Полученные зависимости урожая сои от влажности почвы и чистого дохода от урожая является ответом на поставленные перед исследованием вопросы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаров И.А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. - М.: Колос, 1968. - 383 с.
2. Гершун Э.В. Планирование и организация водопользования на оросительных системах в условиях применения автоматизированной системы управления. - В сб.: Основные вопросы мелиорации и ирригации в Казахстане, т. I, Алма-Ата, Кайнар, 1976, с. 84-91.
3. Платонов В.А. Оптимизация условий влагообеспеченности сельскохозяйственных культур. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 115 с.

Г.С. Терехов
 кандидат сельскохозяйственных наук
 Н.Ж. Рысбаев
 старший научный сотрудник
 Б.А. Джайсанбекова
 старший научный сотрудник
 (КазНИИВХ)

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИМАННОГО ОРОШЕНИЯ НА ПОЙМЕ Р. ИРТЫШ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

В выполнении Продовольственной программы СССР первостепенное значение имеет интенсификация кормопроизводства для полного удовлетворения потребностей животноводства. Для условий Павлодарской области это становится возможным в результате повышения эффективности использования существующих и дальнейшего расширения орошаемых земель.

Важным источником получения кормов являются пойменные земли р. Иртыш. Однако в связи с резким сокращением площади и продолжительности затопления, а в последние годы и полным отсутствием затопления, продуктивность их стала невысокой. Происходит постоянное изреживание травостоя и смена высокоурожайных злаковых и бобовых трав малоценной и низкоурожайной степной растительностью: полынь, типчак и др.

Существующие системы лиманного орошения естественным путем в паводок не затопливаются, в связи с чем в настоящее время они

переводятся на механическое затопление передвижными и плавающими насосными станциями.

Нами были изучены вопросы влияния различных сроков (зимнего, весеннего, летнего) и продолжительности затопления лиманов насосными станциями на продуктивность естественных сенокосов и мелиоративное состояние земель. Эти вопросы изучались в 1982... 1983 гг. на ключевых участках Павлодарской и Лебяжинской системах лиманов.

Согласно геоботанических карт при естественном гидрологическом режиме р.Иртыш в травостое преобладал разнотравно-злаковый тип растительности из костра безостого, пырея ползучего, полевицы белой, лисохвоста, мятлика лугового, а также мышиного горошка, лядвенца рогатого, люцерны желтой и других менее распространенных видов растений.

В связи с наступающим остепнением поймы травостой постепенно изреживается, и в настоящее время в его составе уменьшилось участие влаголюбивых растений и возросла доля ксерофитных.

Зимнее затопление лиманов осуществлялось в январе. Мощность льда на участках затопления колебалась от 15...20 см до 70...80 см. Полное таяние льда завершилось к 22...25 апреля. По продолжительности стояния воды после снеготаяния нами условно выделены участки кратковременного (2...3 дня), среднего (5...8 дней) и длительного (10...15 дней) затопления. Аналогичные условия затопления здесь складывались при естественном паводке на р.Иртыш и при попусках из Бухтарминского водохранилища. Все ключевые участки заложены на пойменных луговых зернистых почвах.

В таблице представлены данные о ботаническом составе трав, высоте растений и урожае сена трав в зависимости от сроков и продолжительности затопления пойменных лиманов.

Растительность участка кратковременного затопления представлена пыреем ползучим (30%), ковром безостым (10%), солодкой уральской (20%), полынью (30%). Основная масса травостоя на них имеет пятнистое распространение из-за солодки уральской и полыни. Урожай сена трав составил 29,5 ц/га.

В составе травостоя на участках средней и длительной продолжительности зимнего затопления возрастает процентное участие костра безостого, чины клубненосной, люцерны желтой и одновременно снижается участие полыни, типчака, солодки. В травостое первый ярус (высотой 50...60 см) составляют костер безостый и

Таблица

Влияние сроков и продолжительности затопления на показатели роста и урожай сена естественных трав (1982...1983 годы)

Продолжительность затопления лугов	Видовой состав травостоя	Сроки затопления лугов					
		зимний		весенний		летний	
		высота трав, см	урожай сена, ц/га	высота трав, см	урожай сена, ц/га	высота трав, см	урожай сена, ц/га
Павлодарская система лиманов							
Краткозатапливаемые	Пырей ползучий, костер безостый, солодка уральская, полынь, типчак	40...50	29,5	50...60	28,5	40...60	27,5
Среднезатапливаемые	Костер безостый, пырей ползучий, чина клубненосная, люцерна желтая	50...60	36,5	80...90	43,0	70...80	43,2
Длительнозатапливаемые	Костер безостый, пырей ползучий, чина клубненосная, люцерна желтая, осоки	60...80	57,0	90...100	53,2	100...110	52,7
Лебяжинская система лиманов							
Краткозатапливаемые	Солодка уральская, полынь, пырей ползучий, типчак	30...45	16,0	30...65	15,7	35...80	14,4
Среднезатапливаемые	Костер безостый, пырей ползучий, чина клубненосная	50...60	31,0	40...70	29,7	50...90	32,5
Длительнозатапливаемые	Костер безостый, пырей ползучий, чина клубненосная, люцерна желтая	60...80	35,3	60...90	37,3	90...100	35,0

пырей ползучий, второй ярус (высотой 20...30 см) — полыни.

Урожайность сена трав возрастает до 35,8 ц/га на среднезатапливаемых и 57,0 — на длительнозатапливаемых участках.

Весеннее затопление пойменных лиманов проводилось после прохождения половодья на р.Иртыш, 3...10 мая. К особенностям весеннего затопления следует отнести то, что оно осуществлялось в период начала отрастания трав, когда в почве имелись значительные влагозапасы, и по оттаявшей почве. Слой воды, создаваемый при весеннем затоплении, не одинаков по площади. В пониженных местах и вблизи насосных станций слой воды в среднем поддерживается высотой до 20...30 см, тогда как на периферийной части затапливаемых участков он составлял 8...10 см, а микроповышения, имеющиеся внутри участков, практически не затапливались.

На участках весеннего затопления в ботаническом составе травостоя, по сравнению с участками зимнего затопления, заметных изменений не выявлено.

Травостой на кратковременно затапливаемых участках представлен пыреем ползучим (25...30%), костром безостым (10%), солонкой уральской (5%), которые образуют первый ярус высотой 60 см, а также полынью и типчаком (второй ярус высотой 15...20 см). Проективное покрытие — 80%. На участках средней и длительной продолжительности затопления участие костра безостого и пырея ползучего выше (соответственно 40 и 20%). Значительное участие в травостое имеют чина клубненосная и люцерна желтая. На отдельных микропонижениях развиты осоковые. Проективное покрытие составляет 100%, высота растений — 80...100 см.

Урожайность сена на участках кратковременного затопления составила 28,5 ц/га, на участках средней продолжительности затопления — 43,0 ц/га, длительной продолжительности затопления — 53,3 ц/га.

Летнее затопление пойменных лугов проводилось в первой половине июня. Характер затопления и его технология были идентичны весеннему затоплению. Наиболее продолжительное затопление испытывали травы в пониженных местах, где вода стояла до 5...10 июля. В зависимости от продолжительности затопления в ботаническом составе травостоя наблюдаются те же закономерности, которые были отмечены при рассмотрении зимнего и весеннего затопления лугов — возрастание участия в травостое мезофильной растительности с увеличением продолжительности затопления.

Урожай сена трав при летнем затоплении составил: на участках кратковременного затопления — 27,5 ц/га; средней продолжительности затопления — 43,2 ц/га; длительной — 52,7 ц/га.

Одновременно с учетом урожая на вариантах опыта были отобраны и проанализированы растительные образцы. Химический состав сена, заготовленного в фазе цветения бобовых — начала плодоношения злаковых, показывает хорошую его питательность. Так, переваримого протеина содержится 47...57 г на 1 кг корма и 0,48...0,57 кормовых единиц. На содержание переваримого протеина и выход кормовых единиц сроки затопления не оказали заметного влияния, хотя отмечалась некоторая тенденция к улучшению данных показателей в зависимости от продолжительности затопления.

Машинное затопление пойменных лиманов не оказало отрицательного влияния на мелиоративные показатели свойств почв. Водный режим почв формируется в зависимости от сроков затопления и продолжительности стояния воды.

При зимнем затоплении влажность почвы в слое 0,8 м на уровне наименьшей влагоемкости устанавливалась 15...20 мая на участках кратковременного затопления; 20...25 мая — на участках средней продолжительности затопления; 5...10 июня — на участках длительной продолжительности затопления. После отмеченных дат запасы влаги постепенно убывают (за исключением периода выпадения осадков), и во время сенокоса они составили 65...70% наименьшей влагоемкости почвы (НВ).

На участках весеннего затопления, до начала его осуществления, влажность почвы была близка к наименьшей влагоемкости. После впитывания оросительной воды на участках краткого, среднего и длительного затопления состояние НВ в почвах установилось соответственно 1, 10 и 15 июня, затем влагозапасы постепенно расходовались и к моменту сенокоса они составили 65...75% НВ.

На участках летнего затопления влажность почвы на уровне НВ установилась 10...15 июля (в зависимости от продолжительности затопления) и постепенно снижалась в течение вегетационного периода.

Грунтовые воды до начала затопления находились на глубине 1,5...3,0 м. После прекращения затопления уровень их постепенно снижался и к осени установился на вышеуказанных отметках. Заметных изменений в качественном и количественном составе солей грунтовых вод лабораторными анализами не выявлено. Грунтовые во-

ды оставались пресными (0,17...0,50 г/л) и имели постоянный гидрокарбонатный кальциево-магниевый состав.

Изменений в химических показателях почв на участках зимнего, весеннего и летнего затопления не произошло: сумма солей на всех вариантах опытов не превышала 0,08%, а содержание поглощенного натрия — 1,8% от суммы поглощенных оснований.

Применение машинного затопления пойменных лугов требует дополнительных затрат в размере 45...47 руб/га, в том числе 35 руб/га для приобретения насосных станций и 10...12 руб/га для организации их работы. Однако за счет прибавки урожая (7...35 ц/га) при машинном орошении пойменных лиманов обеспечивается получение 18...112 руб/га чистого дохода. При этом важно отметить, что продуктивность пойменных земель в основном зависит от продолжительности стояния воды на поверхности почвы (норма лиманного орошения), а не от сроков затопления, что позволяет организовать машинное затопление пойменных лиманов в любой период года и рационально использовать имеющиеся в хозяйствах насосные станции.

Б.М.Койбаков
кандидат сельскохозяйственных наук
(КазНИИВХ)

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ ДРЕНАЖНЫМИ ВОДАМИ НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ

Ввод в эксплуатацию канала Иртыш-Караганда создал новую зону орошаемого земледелия для обеспечения продуктами питания основных промышленных районов Центрального и Северного Казахстана. Однако пропускная способность канала, который выполняет в основном функцию водоснабжения промышленности и городов, сдерживает дальнейшее увеличение орошаемых площадей, что обуславливает необходимость поиска дополнительных источников орошения. В создавшихся условиях большое значение имеют слабоминерализованные дренажные, дренажно-сбросные воды, использование которых обеспечит увеличение площадей орошаемых земель и получение дополнительной продукции сельскохозяйственного производства.

Для установления влияния орошения дренажными водами на развитие почвенно-мелиоративных процессов и разработки рациональных приемов использования минерализованных вод были проведены научно-

исследовательские работы на территории совхоза имени Д.А.Гагарина Павлодарской области.

Применение слабоминерализованных дренажных вод (минерализация 1,5...1,75 г/л) для орошения сельскохозяйственных культур приводит к определенным изменениям в солевом режиме почвы. Поэтому пределы допустимого содержания солей в минерализованных водах, используемых для поливов, должны определяться не только по урожайности сельскохозяйственных культур, но и по качественному, количественному изменению содержания солей в почвогрунтах и поверхностных слоях почв, которыми обуславливается направление мелиоративных процессов.

Основоположники современной геохимии ландшафтов Б.Б.Польнов, В.А.Ковда, В.В.Егоров пришли к выводу, что в зависимости от конкретной природной обстановки характер распределения солей по вертикальному и горизонтальному профилям могут существенно изменяться. Так, при близком залегании грунтовых вод и большой интенсивности испарения соли не всегда успевают дифференцироваться по растворимости в профиле почв. В этом случае хлориды и сульфаты аккумулируются в одном слое. Максимум их наблюдается в верхней части капиллярной каймы, где происходит максимальное испарение грунтовых вод.

При возделывании сельскохозяйственных культур может наблюдаться иная картина формирования солевого профиля почвы. Корни растений, распространяясь на значительную глубину (1,0...1,5 м), отсасывают влагу и соли в результате избирательного действия. В этом случае распределение солей по профилю более равномерно.

По данным В.А.Ковды, при испарении только пресной поливной воды в почвах может накапливаться солей до 2 т/га в год. Поэтому при использовании минерализованных дренажных вод обязательным условием является выбор режима орошения, предотвращающего вторичное засоление, и наличие искусственного горизонтального дренажа.

При поливах минерализованными водами происходит увеличение ионов солей в почвенных растворах. Почва является энергичным химическим реагентом и поглотителем, способным связывать воду, ионы солей, кислоты, щелочи и образовывать вторичные соли. Благодаря емкости поглощения в почве сохраняются главные элементы питания растений. Роль поглощенных катионов в питании растений

велика, так как они служат источником пополнения почвенного раствора элементами минеральной пищи растений.

Исследования, которые проводились в течении пяти лет, позволили выявить закономерности формирования солевого режима почв при поливах водами различной степени минерализации. При этом установлено, что темпы накопления и рассоления почв предопределяются размерами поливных норм, порогом предполивной влажности корнеобитаемого слоя почв, скоростью перемещения влаги в зоне аэрации и концентрации солей в почвенных растворах.

Данные полевых исследований и опыта в вегетационных сосудах показывают, что при применявшемся режиме орошения наблюдается нестационарный солевой режим грунтов зоны аэрации, который зависит, в основном, от уровня грунтовых вод и от работы коллекторно-дренажной сети. На участках, где уровень грунтовых вод залегает в пределах 1,5...2,0 м, осуществление поливов минерализованными водами сопровождается вторичным засолением, а при более глубоких уровнях грунтовых вод наблюдается изменение содержания солей в зоне аэрации и их стабилизация на определенном уровне засоления.

При поливах пресной канальной водой (рис.1) отмечается сезонное изменение запасов солей и отдельных ионов. Однако, в разрезе пяти лет исследований, качественный и количественный состав солей в зоне аэрации и поверхностных слоях грунтовых вод практически не изменяется даже при залегании грунтовых вод на глубине 1,5...2,0 м, когда существует субирригация.

Динамика солевого режима корнеобитаемого слоя почв (рис.2) показывает, что при поливе слабоминерализованными дренажными водами в первые годы орошения наблюдается незначительное увеличение суммы солей, а вместе с ними и токсичных ионов. Например, на участке под картофелем весной 1975 года сумма ионов колебалась в пределах 0,30...0,40 мг-экв, а осенью 1977 года достигла 0,60...0,70 мг-экв, под кукурузой изменилась соответственно от 0,60 до 1,25 мг-экв. Однако при увеличении степени засоления корнеобитаемого слоя до 0,3% темпы вторичного засоления снижаются и фактически находятся в пределах ошибки определения запасов солей. Следовательно, на легких почвах, при поливах дренажными водами в течение 3...4 лет, с минерализацией около 2,0 г/л уровень засоления корнеобитаемого слоя повысится с 0,1...0,2% до 0,2...0,3%, что еще не оказывает существенного влияния на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Но в целях поддержания

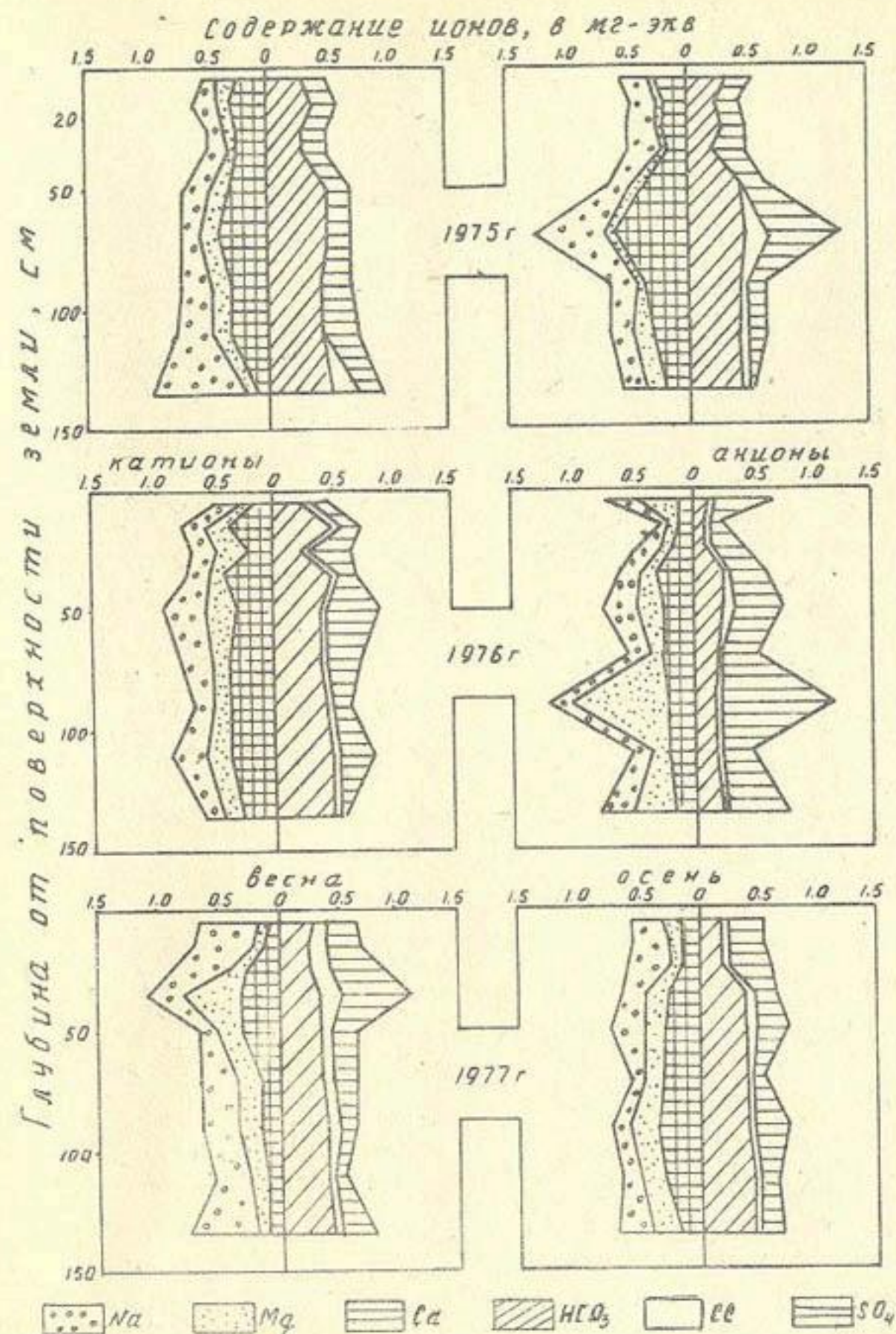


Рис. 1. Динамика содержания ионов на участке под картофелем при поливах канальной водой (В-1)

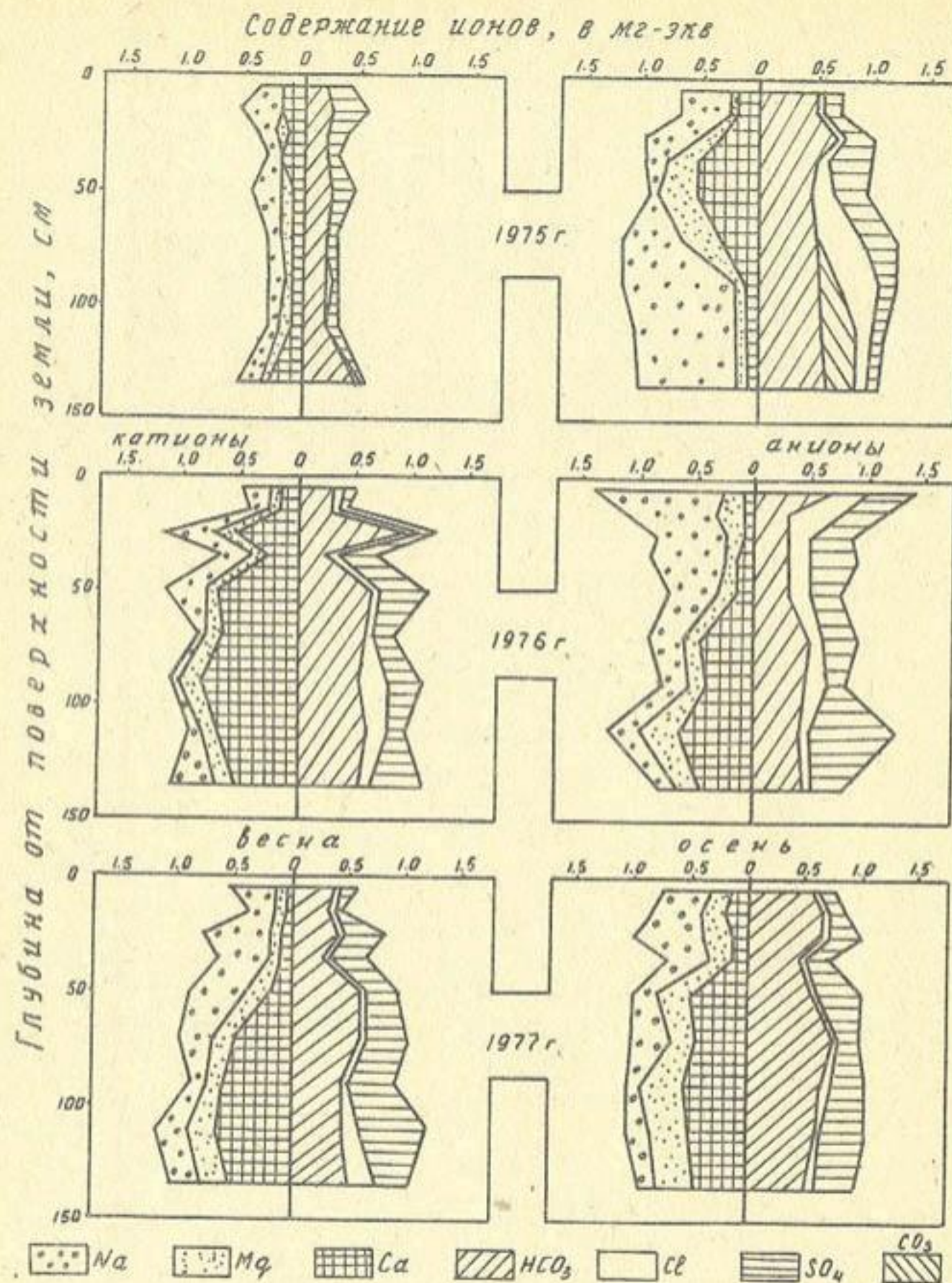


Рис. 2. Динамика содержания ионов на участке под картофелем при поливах дренажной водой (В-3)

благоприятного мелиоративного режима почв и предупреждения развития процессов их осолонцевания и ощелачивания поливы дренажными водами целесообразно чередовать с речными, т.е. после 3-х, 4-х летнего использования дренажных вод 1...2 года проводить поливы речной водой.

Наличие искусственного горизонтального дренажа на орошаемых землях канала Иртыш-Караганда и проведение поливов дождеванием нормами 400...600 м³/га, при пороге предполивной влажности 65...70% от НВ, обеспечивает удаление солей из корнеобитаемого слоя, которые накапливаются в межполивной период. Это достигается в результате стока части почвенного раствора в глублежащие горизонты, когда дренаж своевременно отводит инфильтрационные воды, а зеркало грунтовых вод находится ниже критической глубины.

Необходимо отметить, что при повышении концентрации солей в почвенных растворах, особенно в межполивные периоды, наблюдается вытеснение из почв ионов, что может привести к осолонцеванию и обесструктурированию почв, ухудшению их водно-физических свойств и потере плодородия. Указанные явления развиваются на почвах, где близко залегают грунтовые воды щелочного ряда, а в зоне аэрации содержится малое количество гипса и карбонатов кальция. Развитие данных процессов также указывает на необходимость строительства такого дренажа, который обеспечит необходимую степень дренированности орошаемых земель и залегания грунтовых вод глубже 2,5 м в течение вегетационного периода.

М. Жумадильдаев
старший научный сотрудник
(КазНИИВХ)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Важное значение проблема оценки эффективности производства приобретает в сельском хозяйстве, в частности, в орошаемом земледелии, где еще недостаточно разработаны многие методологические и методические аспекты ее измерения и планирования.

До сих пор проблема экономической эффективности орошаемого земледелия детально изучалась применительно к сфере капитальных вложений в мелиорацию земель, а исследования эффективности сельскохозяйственного производства на орошаемых землях в целом

уделялось мало внимания. Эффективность капитальных вложений не может служить критерием эффективности всего орошаемого земледелия, так как она выражает результаты только продуктивности капитальных вложений в основные фонды. Следовательно, нельзя отождествлять эффективность орошаемого земледелия с эффективностью водохозяйственного строительства (для целей орошения). Экономическая эффективность орошаемого земледелия наиболее полно и достоверно определяется по результатам сельскохозяйственного производства.

Орошаемое земледелие — есть сельскохозяйственное производство на орошаемых землях. В теоретическом отношении проблема экономической эффективности орошаемого земледелия является составной частью проблемы эффективности сельскохозяйственного производства. Следовательно, общие для всего сельского хозяйства методологические принципы определения эффективности производства вполне применимы и для орошаемого земледелия.

При изучении достигнутого уровня эффективности производства большее значение имеет выбор критерия и показателя эффективности.

В экономической литературе нет единого мнения о критериях и показателях эффективности сельскохозяйственного производства. По мнению одних экономистов должен существовать единый критерий, выражаемый, в конечном счете, одним показателем /1/. При этом в качестве единого критерия эффективности предлагаются различные экономические показатели. Другие отвергают это мнение и высказываются за систему критериев и показателей /2/. А третьи обосновывают необходимость определения экономической эффективности производства на основе единого обобщающего показателя, которого следует дополнить системой показателей /3/.

Нам представляется наиболее обоснованной позиция третьей группы экономистов. Однако возникает вопрос о том, что является конкретным выражением эффективности сельскохозяйственного производства и его показателей.

Экономическая эффективность сельскохозяйственного производства должна измеряться единым обобщающим показателем. Он должен объективно отражать конечные результаты производства и характеризовать его соотношение с затратами, произведенными для их достижения. При этом возникает необходимость получения ответа на следующие вопросы: каким должен быть этот обобщающий показатель, в каких величинах должен измеряться эффект (результат) производства и что должно входить в состав затрат (ресурсов)?

В качестве конечного эффекта сельскохозяйственного производства могут быть приняты, по мнению разных авторов, валовая или чистая продукция, или же чистый доход. Не вдаваясь в критическое рассмотрение имеющихся по этому вопросу точек зрения, поскольку каждый из перечисленных выше показателей отражает ту или иную сторону эффективности производства, попытаемся обобщить отдельные теоретические положения об оценке результатов производственной деятельности предприятия.

На наш взгляд наиболее правильной является точка зрения тех экономистов, которые считают, что при исчислении обобщающего показателя эффективности сельскохозяйственного производства в качестве результата производства должна выступать чистая продукция. Она отражает цель социалистического производства — неуклонное повышение материального и культурного уровней жизни народа и является источником фонда потребления трудящихся и средств для расширенного воспроизводства. Использование этого показателя при оценке деятельности сельскохозяйственного предприятия исключает влияние на объем производства стоимости потребленных средств и позволяет более объективно оценивать результаты производственной деятельности конкретного хозяйства, т.е. удастся выявить и измерить собственный вклад производственного коллектива в достижении конечных результатов.

Сложной проблемой является определение величины затрат (знаменатель формулы 1). Сложность здесь объясняется трудностями соизмерения затрат живого и овеществленного (выступающего в виде производственных фондов) труда.

Наиболее правильным приемом при соизмерении живого и овеществленного труда является его исчисление в единицах редуцированного рабочего времени. Однако из-за отсутствия такого учета и сложности расчета в сельском хозяйстве исчисление показателя эффективности таким путем не нашло применения. Поэтому все примененные и потребленные ресурсы необходимо брать в их стоимостном выражении. Тогда показатель затрат будет представлять собой сумму производственных фондов, фонда заработной платы и стоимости земли.

Хотя заработная плата и не совпадает с реальной величиной затрат живого труда, необходимо считаться с ее ролью как мерой труда и мерой потребления работников общественного производства при данном уровне развития производственных сил. В связи с этим

ряд авторов оценивает затраты живого труда через фактически выплаченную заработную плату рабочих совхозов или оплату колхозников. Она подтверждается и соответствующим положением К. Маркса о том, что "...переменный капитал служит здесь (как и всегда при данной величине заработной платы) показателем массы труда, приводимого в движение всем капиталом определенной величины, следовательно, различия в величине применяемого переменного капитала служат показателями различия в массе применяемой рабочей силы" /4/.

Результаты производства должны быть сопоставлены не только с применяемыми основными и оборотными фондами и трудовыми затратами, но и с земельной площадью, которой располагают хозяйства и на которой они осуществляют производственный процесс. Учет земельных ресурсов отвечает задачам увеличения общего объема производства продукции в целях удовлетворения потребности общества. От плодородия земли зависит урожайность сельскохозяйственных культур, а значит и результаты затраченного труда. Поэтому исчисление обобщающего показателя без учета качества земли не может полно и объективно характеризовать экономическую эффективность сельскохозяйственного производства. Для того, чтобы соизмерить земельные ресурсы с затратами других видов ресурсов, необходима стоимостная оценка земли.

Необходимо отметить, что методика определения экономической эффективности орошаемого земледелия, совпадая с принципами измерения эффективности всего сельскохозяйственного производства, имеет свои особенности. Эти особенности обусловлены тем, что наряду с сельскохозяйственными фондами в процессе производства на орошаемых землях функционируют мелиоративные фонды, которые добывают, транспортируют и распределяют оросительную воду между потребителями (хозяйствами-водопользователями). Оросительная вода здесь служит главным фактором подъема экономического плодородия почвы и тем самым способствует повышению эффективности производства. Поэтому при определении эффективности орошаемого земледелия необходимо учитывать и затраты, связанные с подачей оросительной воды. В этом случае экономическая эффективность орошаемого земледелия в общем виде может быть выражена отношением:

$$Э_{\text{эк}} = \frac{\text{Эффекты (результаты) орошаемого земледелия}}{\text{Затраты орошаемого земледелия}} \quad (I)$$

Сложность определения величины затрат объясняется еще и тем,

что в годовых отчетах колхозов и совхозов приводятся данные только о наличии основных средств сельскохозяйственного назначения в целом по хозяйству с выделением фондов только растениеводства, животноводства и общего назначения. А данные о размерах фондов, занятых отдельно в орошаемом и богарном земледелии, не содержатся. Между тем объективный экономический анализ и оценка сельскохозяйственного производства на орошаемых землях требует исчисления размера основных фондов орошаемого земледелия, т.е. выделения той части основных средств, которая участвует в производстве продукции на поливных землях. Для этого необходимо правильно и точно распределить общую сумму основных фондов по отраслям, в том числе и на орошаемое земледелие.

Этим требованиям наиболее полно отвечает предложенный профессором Ф. К. Кармовым /5/ метод расчета, основанный на расчленении основных фондов по отраслям. По этой методике расчленение основных фондов производится поэтапно. На заключительном этапе распределение стоимости основных фондов прямого и общего сельскохозяйственного назначения по отраслям и видам продукции производится пропорционально издержкам, связанным с эксплуатацией основных фондов (амортизация, текущий ремонт, горючее и смазочные материалы и т.п.).

В условиях орошаемого земледелия наряду с сельскохозяйственными фондами в процессе производства принимают участие и мелиоративные фонды. Это комплекс гидротехнических устройств, обслуживаемый самостоятельными производственными подразделениями - Управлениями оросительных систем /УОС/. Они подводят хозяйствам-водопользователям оросительную воду бесплатно. При исчислении себестоимости сельскохозяйственной продукции затраты государственных оросительных систем по забору и подаче воды хозяйствам не учитываются. Этим самым занижается себестоимость продукции и завышается величина чистой продукции и чистого дохода. В связи с этим для объективной оценки экономической эффективности орошаемого земледелия необходимо учитывать и основные фонды УОС, что будет способствовать более экономному использованию оросительной воды хозяйствам-водопользователям.

Учет основных фондов УОС, участвующих в формировании продукции орошаемого земледелия, хозяйствами должно производиться пропорционально объему забираемой ими оросительной воды. Это определяется следующим образом: сначала делением общей стоимости

основных фондов УОС на весь объем водоподачи определяется размер фондов, приходящийся на 1000 м³ оросительной воды; затем умножением полученного удельного показателя на объем водозабора, осуществляемый каждым хозяйством-водопользователем, определяют размер мелиоративных фондов межхозяйственного назначения. Мелиоративные и сельскохозяйственные фонды вместе составляют общий размер основных фондов орошаемого земледелия.

В этом случае обобщающий показатель экономической эффективности орошаемого земледелия будет иметь следующий вид:

$$Э_{0.3.} = \frac{ЧП}{З + Т + E_n(ОФ + МФ)}, \quad (2)$$

- где $Э_{0.3.}$ – обобщающий показатель экономической эффективности орошаемого земледелия;
- $ЧП$ – стоимость чистой продукции орошаемого земледелия, руб.;
- $З$ – денежная оценка орошаемых земель, руб.;
- $Т$ – фонд заработной платы работников, руб.;
- E_n – нормативный коэффициент эффективности;
- $ОФ$ – стоимость основных и оборотных фондов орошаемого земледелия, руб.;
- $МФ$ – стоимость мелиоративных фондов межхозяйственного назначения, руб.

Необходимо отметить, что если при определении стоимостной оценки орошаемых земель были включены затраты на создание ирригационно-мелиоративных фондов, то из стоимости основных фондов сельскохозяйственного назначения стоимость последних исключается, если же не учтены или отсутствует денежная оценка земель, то стоимость мелиоративных фондов прибавляется к общей сумме основных фондов сельскохозяйственного назначения.

Преимуществом данного подхода является то, что в зависимости (2) отражаются все основные ресурсы, участвующие в сельскохозяйственном производстве, и она более полно выражает общую экономическую эффективность орошаемого земледелия.

Вместе с тем при определении экономической эффективности орошаемого земледелия важно не только объективно определить ее величину, но и наметить пути ее повышения. Однако обобщающий показатель, более точно выражая величину эффективности производства, в то же время не выявляет эффективность использования каждого вида производственных ресурсов в отдельности. В этих условиях

обобщающий показатель не исключает возможности использования частных показателей и предполагает их применение для того, чтобы показать, за счет каких факторов и условий повысилась или снизилась (и насколько) эффективность орошаемого земледелия. Поэтому для характеристики отдельных сторон процессов производства орошаемого земледелия следует использовать следующие частные показатели экономической эффективности:

- показатель эффективности использования орошаемых земель (продуктивность орошаемых земель) – стоимость валовой продукции на один гектар орошаемых земель;
- показатель эффективности использования оросительной воды (продуктивность оросительной воды) – стоимость дополнительной валовой продукции на 1000 м³ оросительной воды;
- показатель эффективности использования живого труда (производительность труда) – стоимость чистой продукции на человек и на человеко-день или человеко-час, отработанный в орошаемом земледелии;
- показатель эффективности использования основных фондов орошаемого земледелия (фондоотдача) – отношение чистой продукции, полученной с орошаемых земель, к стоимости фондов орошаемого земледелия;
- показатель эффективности капитальных вложений в орошение – отношение прироста чистой продукции к капитальным вложениям, вызвавшим этот прирост.

Необходимо отметить, что абсолютный уровень этих показателей непосредственно не характеризует степень эффективности их использования. Дело в том, что количественный и качественный состав и соотношение производственных ресурсов в хозяйствах складываются по-разному. Исходя из этого можно заключить, что определенному уровню производственного потенциала должен соответствовать и определенный уровень эффективности производства. Поэтому для получения объективной оценки эффективности использования этих ресурсов необходимо фактический уровень ($У$) сопоставлять с нормативным ($У_n$) (возможный уровень эффективности использования того или иного ресурса при сложившемся уровне производственного потенциала). Эта задача может быть решена с применением корреляционного метода, в частности, методом множественной регрессии. Суть этого метода сводится к тому, что с помощью уравнений множественной регрессии для групп однородных хозяйств с учетом

влияния факторов на результативные показатели (продуктивность орошаемых земель и оросительной воды, производительность труда и фондоотдача) исчисляется их нормативный уровень. Для выражения связи переменной величины, т.е. факториального показателя ($x_1, x_2, \dots, x_n$) со значениями результативного (y_x), наиболее часто используются следующие модели многофакторной регрессии:

$$\text{линейная} \quad y_x = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n \quad (3)$$

$$\text{степенная} \quad y_x = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2} \dots x_n^{a_n} \quad (4)$$

где a_0 — свободный член (в обоих уравнениях);
 $a_1, a_2, \dots, a_n$ (в модели 3) — частные коэффициенты регрессии (показывают, на сколько единиц изменяется y_x при изменении одного из факторов (x) на единицу);
 $a_1, a_2, \dots, a_n$ (в модели 4) — частные коэффициенты эластичности (показывают, как в процентном выражении колеблется уровень результативного показателя y_x при изменении каждого из включенных в модель факториальных показателей).

Чтобы провести качественный и количественный анализ, необходима исходная информация, отвечающая следующим требованиям: исходные данные должны быть фактическими (среднегодовые за 3...5 лет), стохастически независимыми и достаточно однородными; число наблюдений должно быть достаточным; необходимо исключение резко выделяющихся наблюдений.

Оценку достоверности полученных корреляционных моделей необходимо проверять по коэффициенту множественной корреляции, коэффициенту множественной детерминации, стандартной ошибке коэффициента регрессии, критерию Стьюдента для коэффициентов регрессии (t). Методы определения, а также значения некоторых из этих показателей (критериев) подробно описаны в литературе по общей и математической статистике, и поэтому не будем на них останавливаться.

Сопоставляя фактические и нормативные уровни результативных показателей, можно получить индексы продуктивности орошаемых земель и оросительной воды, производительности труда и фондоотдачи:

$$J_z = y_z : y_{x_z} \quad (5); \quad J_g = y_g : y_{x_g} \quad (6); \quad J_r = y_r : y_{x_r} \quad (7); \quad J_\phi = y_\phi : y_{x_\phi} \quad (8)$$

Они показывают, насколько эффективно использованы объективные условия (производственный потенциал) в конкретном хозяйстве. Если в хозяйствах индекс использования выше указанных ресурсов, т.е.

$J > 1$, то это указывает на эффективность их использования; при $J < 1$ — на неэффективность. Отрицательная разница между фактическими и расчетными значениями результативных показателей ($y - y_x$) соответствует той величине экономического потенциала (резерва), который могли бы получить хозяйства при рациональном использовании имеющихся ресурсов.

С помощью изложенной методики можно проводить сравнительную оценку эффективности использования каждого вида производственных ресурсов хозяйств. При этом следует отметить, что сравнение может производиться только по хозяйствам одного направления (одной специализации).

В качестве обобщающего показателя эффективности орошаемого земледелия может быть принято также произведение индексов эффективности использования орошаемых земель (J_z), оросительной воды (J_g), рабочей силы (J_r) и основных производственных фондов (J_ϕ), которое устраняет разнонаправленность значения частных индексов. В этом случае для объективной оценки соотношения между индексами использования ресурсов необходимо определить среднегеометрическую величину. Тогда общий индекс эффективности сельскохозяйственного производства на орошаемых землях (J_9) будет выглядеть следующим:

$$J_9 = \sqrt[4]{J_z \times J_g \times J_r \times J_\phi} \cdot 100 \quad (9)$$

Преимущество этого обобщающего индекса заключается в том, что он характеризует использование всех ресурсов, участвующих при формировании продукции орошаемого земледелия. При этом применение показателей "продуктивности орошаемых земель" и "оросительной воды" отвечает задачам увеличения общего объема производства продукции высокого качества в целях полноценного удовлетворения потребности населения и рационального использования водо-земельных ресурсов.

Применение "производительности труда", определяемой по чистой продукции, стимулирует экономию не только живого труда, но и овеществленного, так как в числителе применяется не стоимость продукции, а только стоимость продукции, которая создана приложением живого труда. Это позволяет определить действительный уровень производительности живого труда.

Использование показателя "чистой продукции" при определении эффективности использования основных фондов стимулирует предприя-

Таблица I

Эффективность использования производственного потенциала колхозов
Талды-Курганского района (среднее за 1978...1980 гг.)

Колхозы	Продуктивность орошаемых земель, руб/га		Продуктивность оросительной воды, руб/тыс.м.³		Производительность труда, тыс. руб/чел.		Фондоотдача, руб/руб		Обобщающий показатель эффективности		Занимаемое место			
	У _ф	У _х	У _ф	У _х	У _ф	У _х	У _ф	У _х	У ₉					
										$U_9 = \sqrt[3]{U_3 \times U_6 \times U_7} \times 100$				
им. Коминтерна	511	493	1,036	53	40	1,325	1,51	1,97	0,766	0,81	0,60	1,350	1,091	1
им. Крупской	589	581	1,014	59	51	1,137	2,20	1,85	1,189	0,67	0,71	0,944	107,1	2
им. ХП партсъезда	680	562	1,210	78	67	1,164	2,82	3,00	0,940	1,04	1,07	0,972	106,6	3
им. I-мая	483	443	1,090	52	45	1,155	1,37	1,96	0,684	0,76	0,66	1,152	100,4	4
им. Тельмана	585	531	1,101	56	64	0,875	2,52	2,72	0,926	0,57	0,66	0,864	93,7	5
"Жетысу"	452	542	0,834	51	49	1,041	1,40	2,69	0,520	1,13	1,24	0,911	80,1	6
им. Кирова	535	557	0,900	52	73	0,712	1,91	1,89	1,003	0,48	0,99	0,484	75,9	7

У_ф - фактическая; У_х - возможная (нормативная); У_г - индекс использования производственных ресурсов (i-го).

тия для лучшего использования основных средств и заставляет совершенствовать их структуру. Именно она является источником расширенного воспроизводства, дальнейшего накопления и функционирования производственных фондов.

Порядок исчисления обобщающего показателя эффективности показан на примере колхозов Талды-Курганского района (табл. I).

Сопоставляя фактические уровни продуктивности рассматриваемых ресурсов (земли, воды, труда и фондов) с нормативными, рассчитываются частные индексы их использования. Для разработки нормативных показателей используются корреляционные модели продуктивности орошаемых земель и оросительной воды, производительности труда и фондоотдачи. Затем из частных индексов по формуле средней геометрической получают общий индекс использования производственных ресурсов, т.е. обобщающий показатель эффективности орошаемого земледелия.

Важным преимуществом обобщающего показателя является учет всех ресурсов, участвующих в процессе производства. В свою очередь анализ использования каждого ресурса в отдельности позволит выявить узкие места в хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий. Так, в колхозе им. I мая фактический уровень производительности труда ниже возможной на 31,6%. Поэтому в данном колхозе необходимо большое внимание уделить на те факторы, которые способствуют росту производительности труда.

Изучение результатов производства передовых хозяйств с учетом имеющихся ресурсов позволит разработать конкретные мероприятия по повышению эффективности орошаемого земледелия.

Приведенная методика применима и при подведении итогов социалистического соревнования колхозов и совхозов.

ЛИТЕРАТУРА

1. О б о л е н с к и й К.П. Определение экономической эффективности сельскохозяйственного производства. - Соцэкиз.: 1963. - с.47.
2. С в о б о д и н В.А. Воспроизводство в колхозах нечерноземной зоны. - М.: Колос, 1977. - с.144.
3. Х е ч а т у р о в Т.С. Эффективность общественного производства. - Вопросы экономики. 1975, № 6, с.136-137.

4. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е, т.25, ч.1, с.157.
 5. Каюмов Ф.К. Эффективность капиталовложений и основных фондов в хлопководческих хозяйствах. - Ташкент.: Фан, 1974. - с.209.

А.П.Понер
 младший научный сотрудник
 М.Т.Бекмухамедов
 кандидат технических наук
 (КазНИИВХ)

НАСОСНЫЙ РЕЖИМ ОТВОДОВ ИЗ ЛЕВОБЕРЕЖНОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА (ЛМК) КЗЫЛ-ОрДИНСКОГО МАССИВА ОРОШЕНИЯ

Большинство крупных каналов Средней Азии и Казахстана имеют земляные русла, главным недостатком которых является их переформирование под воздействием протекающего потока. Формирование и переформирование земляных русел каналов происходит в результате взаимосвязанных процессов размыва ложа канала и заиления его наносами. Интенсивность этих процессов для каналов, трассированных в легкоразмываемых грунтах, наибольшая.

Как показывает практика, заиление ирригационных каналов в вегетационный период создает значительные трудности в их эксплуатации. При этом решающее значение имеет не столько объем заиления, сколько место отложения наносов в основном русле и отводах. На ЛМК повышенная мутность потока наблюдается на всем его протяжении. Поэтому взвешенные наносы в том или ином количестве поступают в водовыделы и, отлагаясь на головных участках, резко снижают их пропускную способность. Так по данным Управления Кызыл-Ординского гидроузла, за период с 1976 по 1980 г. (табл.1) из общего среднегодового объема очистки в 694 тыс.м³ на водовыделы приходилось 62 тыс.м³ (9%). Но несмотря на относительно небольшой объем отложений для поддержания пропускной способности отводы неоднократно очищались в течение поливного сезона.

В связи с этим в полевых сезонах 1979...1981 гг. КазНИИВХ водного хозяйства были проведены натурные исследования, включавшие изучение скоростной структуры потока на холостых участках русла ЛМК и вблизи водовыделов и состава донных и береговых отложений наносов. Задачами исследований были изучение наносного режима водовыделов и разработка мероприятий по его улучшению.

С этой целью были выбраны 8 створов на глухих участках магистрального канала, примерно равномерно расположенных по его длине, и по два створа вблизи водовыделов ЛМК-76 и ЛМК-8, причем один из этих створов располагался в 5 м выше, а другой - в 5 м ниже соответствующей входной грани каждого отвода.

Таблица 1

Объемы очистки русла ЛМК и некоторых водовыделов в 1976...1980 гг.

№ водо- выделов	Про- пускная способность, м ³ /с	Кoeffи- циент водоза- бора К, %	Объемы очистки по годам, тыс.м ³					Сред- нее за 5 лет
			1976	1977	1978	1979	1980	
ЛМК-8	14,5	6,76	2,49	3,44	3,85	-	1,91	2,34
ЛМК-76	4,0	2,0	-	9,25	7,93	11,90	12,27	8,27
ЛМК-9	8,5	4,86	-	10,82	13,64	-	-	4,89
ЛМК-3+3	8,0	3,51	9,12	23,58	-	8,19	6,29	9,44
Всего по ЛМК			767,72	592,00	710,00	720,00	681,00	694,00
В т.ч. по всем водовы- делам			32,00	86,69	73,03	51,99	65,26	61,79
В процентах			4,17	14,64	10,26	7,16	9,60	8,90

Все гидрометрические работы и обработка информации выполнялись с использованием стандартного оборудования и методик Наставлений УГМС.

Осуществлялись также тахеометрические съемки русел опытных каналов до наполнения и после их опорожнения, замеры пульсации давления и колебания уровней воды с применением осциллографа Н-15, а также отбор грунтовых образцов для анализа.

Отбор проб русловых отложений производился в мерных створах с откосов у уреза и дна, в средней части русла, а в водовыделах - с вершин островков наносных отложений на головных участках.

Необходимо отметить, что ЛМК проходит по пойменной террасе р.Сыр-Дарьи, сложенной на глубине до 10 м грунтами различного механического состава в виде линз и чередующихся слоев от разнозернистых, обычно пылеватых, песков до тяжелых суглинков и глин. Русло ЛМК весьма извилисто, т.е. подобно нижним течениям равнинных

нятся между собой размеры элементов их водоприемников. Так, относительная ширина водоприемников (отношение ширины по урезу воды отводящего канала к ширине по урезу основного русла) изменяется от 0,04 до 0,3. Дно водовыделов расположенного несколько выше дна ЛМК, т.е. во входном сечении имеется порог, относительная высота которого (отношение высоты порога к средней глубине потока в основном русле) колеблется в пределах от 0,2 до 0,5. На поворотных участках канала расположен 21 водовыдел, причем 6 из них находятся на выпуклом берегу, т.е. в самых неблагоприятных условиях, с точки зрения защиты от наносов. Холостые участки отводов имеют длину от 20 до 400 м (ЛМК-9).

Основные трудности эксплуатации водовыделов связаны со значительным уменьшением пропускной способности их головных участков из-за завала наносами и необходимостью периодических очисток их в течение всего вегетационного периода. В виду того, что регуляторы боковых отводов расположены не во входном сечении водоприемника, а вынесены на некоторые расстояния (60+100 м) вниз, они практически не влияют на поступление наносов. За счет местного расширения потока в районе береговой прорези в горле водоприемника образуется вихревое движение жидкости с вертикальной осью вращения. При этом в отвод увлекаются преимущественно донные и придонные слои потока вместе с содержащимися в них наносами, часть из которых осаждается на его головном участке. Поверхностные же слои потока, особенно при малых коэффициентах водозабора, в отвод практически не поступают.

Боковые водовыделы, по характеру забора воды из магистрального канала, следует отнести к одной из разновидностей бесплотинного водозаборного сооружений (БВС) с низким коэффициентом водозабора ($K = 0,08$). Очевидно, деление твердой и жидкой фаз потока на водовыделах из ЛМК в общем виде можно отождествлять с их делением на БВС. Однако вопросы борьбы со взвешенными наносами на водозаборах рассматриваемого типа мало изучены из-за сложности происходящих в потоке явлений и трудности количественного и качественного анализа результатов эксперимента /1/. Кроме того, определение распределения мутности в сечении детальным способом требует постоянства таких параметров потока как глубина, гидравлический уклон, средняя скорость и другие, чего в условиях природы добиться практически невозможно. Поэтому для качественной оценки поступления наносов в водо-

Таблица 2

Гранулометрический состав донных
отложений

№ проб	Место отбора проб	Размер фракций мм, содержание %			
		2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25
На участках магистрального канала					
Прямолинейный участок ПК 400					
1.	Левый берег у откоса	-	-	-	100
2.	Середина русла	-	-	-	100
3.	Правый берег у откоса	-	-	-	100
Прямолинейный участок ПК 677+70					
4.	Левый берег, откос у уреза воды	-	-	-	100
5.	Левый берег у откоса	-	-	-	100
6.	Середина русла	-	-	12,90	87,1
7.	Правый берег у откоса	-	1,9	7,50	90,6
Криволинейный участок ПК 9 (конец поворота влево)					
8.	Левый берег откоса	-	-	34,90	65,1
9.	Середина русла	-	-	31,50	68,5
10.	Правый берег у откоса	-	-	-	100
Криволинейный участок ПК 496+24 (начало поворота влево)					
11.	Левый берег, откос у уреза	-	-	3,1	96,9
12.	Левый берег у откоса	6,1	5,2	22,5	66,9
13.	Середина русла	-	7,63	17,5	74,87
14.	Правый берег откоса	-	-	-	100
На отводах из ЛМК					
Середина поворота влево ПК 222+80 (отвод ЛМК-3+3 на левом берегу)					
15.	Коса у отвода в основном русле	3,9	37,5	54,0	4,6
16.	Отложения в горле отвода 3+3	-	-	1,1	98,9
Поворот вправо ПК 527+70 (отвод ЛМК на левом берегу)					
17.	Отложения в голове отвода	-	-	-	100

выделы нами были использованы поле скоростей в сечениях потока в основном русле выше и ниже входа в отводы, объемы очистки по годам, гранулометрический состав донных отложений в ЛМК и водоприемниках водовыделов.

В силу значительной извилистости основного русла ЛМК наносный режим водовыделов в той или иной степени подвержен влиянию вышерасположенных поворотов. На основе натурного исследования ряда водовыделов (ЛМК-8, ЛМК-76, ЛМК-9, ЛМК-3+3') можно заключить, что захват наносов в отвод сравнительно мало зависит от изменения таких характеристик водоприемника, как угол отвода, ширина отводящего канала, высота порога на входе, но значительно меняется с изменением планового положения отвода относительно поворота основного потока. Отмечено, что в целом наиболее благополучный наносный режим наблюдается у отводов, расположенных на вогнутом берегу (ЛМК-8, ЛМК-9).

Анализ полученных данных показывает, что на отдельных отводах с увеличением наносных отложений на их холостых частях наблюдается некоторое превышение поступающего расхода над расходом в отводящем канале, т.е. имеет место режим водообмена. Режим водообмена наблюдается и при коэффициенте водозабора (K), равном нулю. А.С.Офицеров [2] объяснил это явление образованием вихревого движения жидкости в горле водоприемника. При указанном режиме в водоприемник отвода захватывается дополнительное количество наносов за счет местного расширения. Следовательно, производимое в настоящее время уширение и углубление подводящих каналов ведет к увеличению объема осаждающихся в них наносов.

Изучение скоростной структуры потока в зоне действия водовыделов ЛМК-8 и ЛМК-76, результаты которого представлены (для ЛМК-8) в виде полей скоростей на рис.2 и рис.3, показало, что отводы не оказывают на нее заметного влияния. Однако объемы очистки на ЛМК-76, расположенном на выпуклом берегу, в конце поворота на 30 градусов радиусом 800 м при ширине основного русла 65...70 м почти в три раза больше (табл.1), чем на ЛМК-8, вход в который расположен на второй трети дуги вогнутого берега поворота на 35...40° радиусом 1000 м при ширине основного русла 60...65 м, причем соотношение расходов этих каналов составляет примерно 1:4. Как видно, несмотря на сравнительно больший коэффициент водозабора у ЛМК-8, расположенного на вогнутом берегу, наносов захватывает он значительно меньше. Подобное сравнение

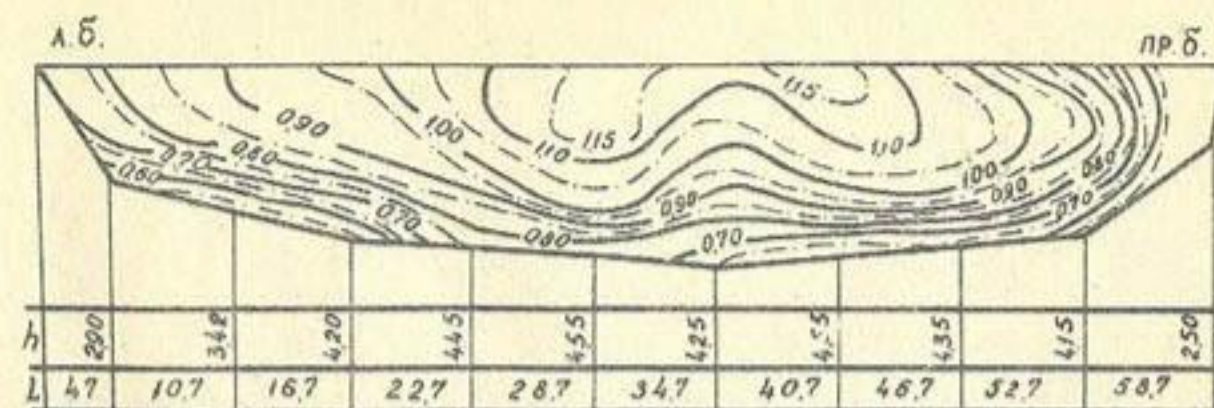


Рис. 2. Поперечный профиль и поле скоростей в основном русле выше входа в ЛМК-8 ($Q = 187 \text{ м}^3/\text{сек}$)

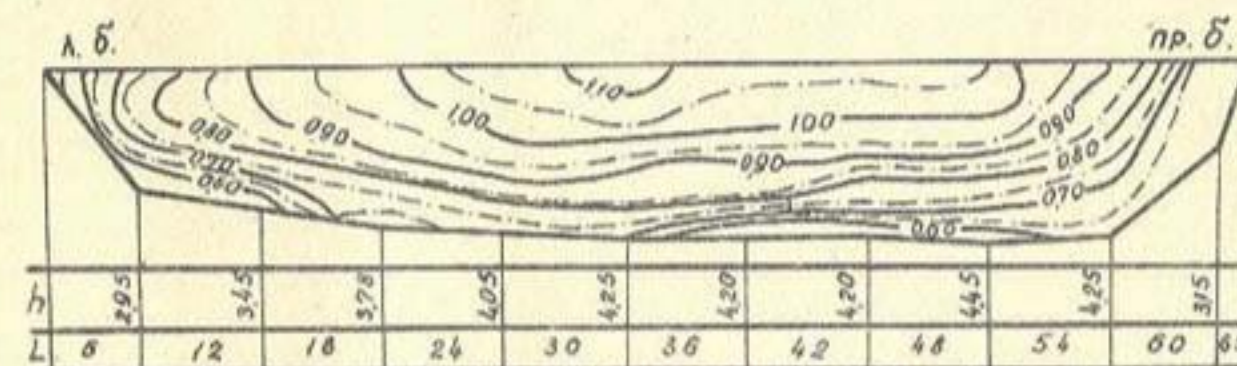


Рис. 3. Поперечный профиль и поле скоростей в основном русле ниже входа в ЛМК-8 ($Q = 171 \text{ м}^3/\text{сек}$)

сделано также для двух других отводов (ЛМК-9 и ЛМК-3+3') с почти одинаковым расходом (соответственно 8 и $8,5 \text{ м}^3/\text{с}$). Сравнение объемов очистки (табл.1) и гранулометрического состава наносных отложений (табл.2) этих отводов показало, что в ЛМК-3+3', расположенного на выпуклом берегу в середине поворота на 20° радиусом 500 м при ширине основного русла 70...75 м, привлекается почти в два раза больше наносов. Имеется различие и в составе захватываемых наносов. Наносные отложения ЛМК-9, расположенного на вогнутом берегу, почти в центре поворота на $15...20^\circ$ радиусом 100 м при ширине основного русла 55...60 м, в основном содержат частицы диаметром менее 0,25 мм, в то время как в пробах, взятых в голове ЛМК-3+3', имеется некоторое количество (до 1%) частиц диаметром 0,5...0,25 мм. Следовательно, в водовыделы на выпуклых берегах не только привлекается больше наносов, но и более крупные. Это объясняется тем, что у выпуклого берега обыч-

но располагается восходящая ветвь винтового движения потока, которое дополнительно взвешивает некоторое количество более крупных по фракционному составу частиц.

Одной из основных причин отложения наносов в голове водовыделов является, по нашему мнению, также резкое несоответствие несущей способности потока в отводящем канале мутности поступающей из магистрального канала (ЛМК) воды. Проиллюстрируем это на примере отвода ЛМК-8, который имеет сравнительно лучший наносный режим. Для некрепленных каналов, с расходом воды $Q = 0,2-150 \text{ м}^3/\text{с}$ и $V > 0,3 \text{ м/с}$, с содержанием взвешенных наносов в воде до 5 кг/м^3 , транспортирующую способность можно определить по формуле /3/:

$$\rho = 700 \frac{V}{\omega} \sqrt{\frac{iVR}{\omega}} \quad (1)$$

где ρ — транспортирующая способность в кг/м^3 ;
 V — средняя скорость в сечении в м/с ;
 ω — гидравлическая крупность фракции в мм/с ;
 i — уклон поверхности воды;
 R — гидравлический радиус в м .

Относительную несущую способность отвода можно характеризовать отношением транспортирующих способностей выдела (ρ_g) и магистрального канала (ρ_k). Считая, что для одной и той же фракции в отводе и ЛМК гидравлические крупности неизменны ($\omega_g = \omega_k$), а уклоны поверхности воды в них сопоставимы ($i_g = i_k$), имеем:

$$\beta = \frac{\rho_g}{\rho_k} = \frac{V_g}{V_k} \sqrt{\frac{V_g R_g}{V_k R_k}} \quad (2)$$

Подставив численные значения $V_g = 0,7 \text{ м/с}$, $V_k = 0,9 \text{ м/с}$, $R_g = 1 \text{ м}$ и $R_k = 3 \text{ м}$ в зависимость (2), получим $\beta = 0,47$. Из (2) следует, что в горле отвода будет осаждаться более половины поступивших взвешенных наносов из-за снижения несущей способности потока в отводе.

ВЫВОДЫ

1. Свободное поступление наносов в водовыделы обусловлено рядом причин, главными из которых являются следующие: интенсивное турбулентное перемешивание потока из-за большой извилистости русла ЛМК, полное заиливание головного отстойника и несоответ-

ствие несущей способности потока в отводящем канале мутности поступающей воды.

2. Наиболее тяжелый наносный режим имеет место у отводов, расположенных на выпуклом берегу основного русла; в их водоприемнике наносов завлекается в два-три раза больше, по сравнению с водовыделами с вогнутого берега. Периодически производимая механическая очистка с некоторым уширением и углублением дна входной части отводов не улучшает их наносного режима, требует дополнительных эксплуатационных затрат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Образовский А.С. Гидравлика водоприемных ковшей. — М.: 1962. — с.45-102.
2. Офицеров А.С. Вопросы гидравлики водозабора. — М.: 1962. — с.5-45.
3. Справочник по гидротехнике. Гос.изд. по строительству и архитектуре — М.: 1955. — с.340.

УДК 631.675

БИОЛОГИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНЫЕ НОРМЫ И РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ ОСНОВНЫХ КУЛЬТУР ПО ПРИРОДНЫМ ЗОНАМ КАЗАХСТАНА

Г.Н.Жданов, А.И.Парамонов, В.И.Жданова

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

На основе сравнения расчетных значений оросительных норм с данными натурных исследований выбран метод расчета. Приведены расчетные значения суммарного водопотребления и оросительных норм по природным зонам Северного Казахстана. Установлена зависимость определения значений оросительных норм для районов, не имеющих сети метеостанций и постов. Приведена методика корректировки значений оросительных норм с учетом конкретных почвенно-мелиоративных условий орошаемых массивов.

УДК 631.587:633.11:633.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В СТЕПНОЙ ЗОНЕ КАЗАХСТАНА

Р.А.Кван, А.И.Околович, В.А.Ким

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье представлены материалы экспериментальных исследований по изучению влияния режимов орошения на урожай яровой пшеницы, кукурузы на силос, люцерны, зернобобовых смесей.

Установлено, что применение орошения в северных районах Казахстана позволит стабильно получать урожай товарного зерна порядка 30...40 ц/га, зеленой массы кормовых культур до 400 и более ц/га, сена многолетних трав 70...80 ц/га.

Разработаны режимы орошения, которые исключают глубокое промачивание активного слоя почвы и поддерживают благополучную мелиоративную обстановку на орошаемых массивах.

табл.5.

УДК 633.18:631.4

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РИСОВОЙ СИСТЕМЫ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ВЫСОКОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

А.Г.Рау

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье изложен методологический подход к проектированию рисовых систем, даны расчетные зависимости по установлению величины инфильтрации воды из рисовых чеков, скорости наполнения и глубины воды в них. Приведена математическая модель оптимального проектирования параметров рисовой системы.

Рис.2, библиогр.8.

УДК 681.3:631.674.2

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИМАНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

А.Ф.Мац, К.А.Бабаев, Т.А.Джакишев

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В данной статье для выявления рациональных технологических параметров лиманов предлагается методика моделирования процесса их затопления с использованием ЭВМ ЕС-1022.

На примере лиманов Казахстана установлены зависимости основных технологических параметров от водопроницаемости почвогрунтов, требуемых норм лиманного орошения и качества полива.

рис.1, табл.3.

УДК 631.671.1:636.085.15(574.11)

УСТАНОВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ КОРМОВЫХ
КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ УРАЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А.Джумабеков, Е.Д.Жапаркулова

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье приведены результаты многолетних исследований по установлению рациональных режимов орошения люцерны и кукурузы на силос при поливе дождеванием в зоне канала Волга-Урал.

Определены величины поливных и оросительных норм, оптимальные уровни влагообеспеченности по каждой культуре и эффективность орошения.

Табл. 2.

УДК 631.587:631.674

УПРАВЛЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ
СТЕПЕНИ ДРЕНИРОВАННОСТИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ
ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

К.Т.Раимбаев, В.М.Лим

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье на основании полевых и экспериментальных исследований приведен разработанный для условий Центрального Казахстана режим орошения сельскохозяйственных культур и дренирования.

Табл. 2, иллюстр. 1, библиогр. 4.

УДК 626.811:631.4(574.31)

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЖИМА И БАЛАНСА ГРУНТОВЫХ ВОД
НА НОВООРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЗОНЫ КАНАЛА ИРТЫШ-КАРАГАНДА

Б.С.Джаманбаев, В.И.Макаревич

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье рассмотрены вопросы формирования различных типов режима и баланса грунтовых вод в новоорошаемых землях зоны канала Иртыш-Караганда при сложившемся уровне эксплуатации оросительных систем, выявлены мероприятия, снижающие интенсивность ирригационного питания грунтовых вод.

Табл. 2, библиогр. 2.

УДК 631.674.1:631.41

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОМЫВОК И МЕТОДА
РАСЧЕТА ПРОМЫВНЫХ НОРМ

Ф.Ф.Вышпольский, Р.К.Бекбаев

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье приводятся результаты эффективности промывок солончаков, сульфатно-хлоридных темно-каштановых глинистых почв при различных технологических схемах промывок. На основе этих данных выявлена закономерность изменения коэффициента солеотдачи почв в ненасыщенной и насыщенной среде, который можно использовать в математической модели В.Р.Волобуева по расчету промывных норм.

УДК 631.41:628.36

ДИНАМИКА СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ
ОСВЕЩЕННЫМ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМ СТОКОМ

В.М.Константинов

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье приводятся результаты полевых исследований по сельскохозяйственному использованию освещенных животноводческих стоков. Экспериментальные работы позволили установить характер перераспределения солей и поглощенных оснований в почве во времени под влиянием орошения освещенным стоком.

Табл. 3, иллюстр. 1, библиогр. 2.

УДК 626.81.0031

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УРОВНЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИХ
РЕКОНСТРУКЦИИ

М.М.Мусекенов

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье, выполненной на 16 страницах машинописного текста, рассматриваются методические вопросы оценки технико-экономического уровня оросительных систем (ТЭУ ОС) для прогнозирования направлений их совершенствования. В систему показателей оценки ТЭУ ОС входят как критериальные (обобщающие), так и частные показатели. Исходя из поставленных целей и задач перед реконструкцией оросительных систем определены также пути их достижения и необходимые при этом мероприятия. Последние могут устанавливаться на основе регрессионно-корреляционного анализа.

Предлагаемые методические разработки будут полезны планирующим, проектным и эксплуатационным водохозяйственным организациям.

Табл. 2, иллюстр. 3, библиогр. 3.

УДК 631.674

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННЫХ
БОРОЗДКОВО-ДОЖДЕВАЛЬНЫХ ПОЛИВОВ

Н.Д.Креккер

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

Установлены условия предпочтительного применения дождевания, бороздковых и комбинированных бороздково-дождевальных поливов. Обосновывается необходимость предшествующего внедрению новой техники полива достижения определенного уровня агротехники возделывания сельскохозяйственных культур, характеризующего достигнутом уровнем их урожайности.

Библиогр. 16.

УДК 631.347.3

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
МНОГОЗОННЫХ СИСТЕМ СИД И ОСОБЕННОСТИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.Я.Рабинович, С.А.Шаромов

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

Обоснованы основные параметры средств обеспечения функционирования импульсных дождевателей в заданных режимах орошения. Приведены наиболее часто встречающиеся в процессе эксплуатации неисправности и способы их устранения.

Табл. 2, иллюстр. 2, библиогр. 3.

УДК 635:631.674.5

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ И ТЕХНИКИ ПОЛИВА
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПЛОДОВЫХ САМЕНИЦ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРИЙ ЮГА
КАЗАХСТАНА

А.А.Калашников, А.В.Константинов

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

Рассмотрены существующие способы, техника полива и требования, предъявляемые к поливу маточников в условиях предгорий. Обосновано применение для орошения в условиях предгорий разработанных в КазНИИВХ и ВПО "Радуга" систем синхронного импульсного дождевания. Дано описание системы синхронного импульсного дождевания и экспериментальной установки, построенной в Меркенском плодоягодном совхозе Джамбулской области, для изучения технологии полива маточников.

Иллюстр. I, библиогр. 6.

УДК 631.67.635

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИВА САДОВ И ОСОБЕННОСТИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ
НА СИСТЕМАХ СИНХРОННОГО ИМПУЛЬСНОГО ДОЖДЕВАНИЯ

Ю.Д.Жуйко, В.А.Жарков

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

Осуществление технологии синхронного импульсного дождевания садов должно быть увязано с принятой агротехникой выращивания плодовых культур, сортов их составом и площадями под ними.

Эти факторы влияют на необходимость проведения водооборота на системе синхронного импульсного дождевания, подбора диаметров зонных трубопроводов и установки дополнительной запорно-регулирующей арматуры.

Рис.3.

УДК 633.64:631.674.5

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИВА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ
ИМПУЛЬСНЫМ ДОЖДЕВАНИЕМ

И.Г.Зуб

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье кратко изложено влияние импульсного дождевания на рост и развитие сахарной свеклы, приведены конструктивные особенности системы синхронного импульсного дождевания. Дана увязка технологии полива и возделывания сахарной свеклы, приведены расчетные зависимости для определения элементов техники полива и технологических параметров систем синхронного импульсного дождевания.

Рис. 4, Табл. 2.

УДК 631.347.3

СТАБИЛИЗАЦИЯ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЕТА СТРУИ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ
АППАРАТОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ИХ РАСХОДА

В.Ф.Гаммер

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье обосновывается необходимость совершенствования аппаратов с регулируемым расходом. Приведена конструкция аппарата "Др-1" с конусным регулятором расхода. Изложены результаты полигонных и стендовых исследований по установлению оптимальных параметров конусного регулятора.

Иллюстр. 2, библиогр. 6.

УДК 626.823.7

ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ВОДОВЫПУСКА
ПОЛИВНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

А.А.Таттибаев

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

Приводится сравнительный анализ вариантов исполнения водовыпусков в конструктивном и технологическом плане. Обосновывается выбор оптимальной его схемы.

Иллюстр. 5, библиогр. 2.

УДК 628.143

ВНЕШНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕСПЛОТИННОГО ВОДОЗАБОРА,
РАСПОЛОЖЕННОГО НА ПОВОРОТЕ ОТКРЫТОГО РУСЛА

А.Б.Магай

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье приводятся результаты лабораторных исследований внешних характеристик бесплотинного водоприемника, расположенного на различных местах поворота русла, на основе анализа которых рекомендуется наиболее благоприятное местоположение створа бесплотинного водоприемника для оросительных систем.

Библиогр. 10.

УДК 631.6:628.83

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО СТРЕССА НА УРОЖАЙ СОИ И ЕГО УЧЕТ
ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЛИВОВ

Э.В.Гершунов, Н.П.Митин, Т.В.Нугаева

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье приведены результаты четырех лет исследований, проведенных в опытно-экспериментальном хозяйстве АКО КазНИИВХ.

Выявлено, что наибольшее снижение урожайности при одинаковом снижении влажности почвы происходит в период от начала цветения сои до зеленой спелости. Приведены значения индекса стресса в разные периоды развития сои.

Табл. 3.

УДК 631.674.2.003

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИМАННОГО ОРОШЕНИЯ
НА ПОЙМЕ Р.ИРТЫШ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.С.Терехов, Н.Ж.Рысбаев, Б.А.Джайсенбекова

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

Приводятся результаты исследований о влиянии различных (зимнего, весеннего, летнего) сроков и продолжительности (3...25 дней) пойменных лиманов при помощи насосных станций на урожай сена естественных трав и мелиоративное состояние почв.

УДК 631.41:633.18

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ ДРЕНАЖНЫМИ ВОДАМИ НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ФОРМИРОВАНИЯ СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ

Б.М.Койбаков

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье приводятся результаты полевых и лабораторных исследований по установлению влияния орошения дренажными водами на развитие почвенно-мелиоративных процессов. Четырехлетние экспериментальные работы позволили установить характер миграции и перераспределения солевых запасов в зоне аэрации. На основании полученных данных разработаны рациональные приемы использования минерализованных вод для орошения сельскохозяйственных культур.

Иллюстр. 2, библиогр. 6.

УДК 631.67.003

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

М.Жумадильдаев

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

В статье рассматриваются методические вопросы оценки экономической эффективности сельскохозяйственного производства на орошаемых землях.

Дана формула для определения обобщающего показателя экономической эффективности орошаемого земледелия. Изложен порядок исчисления обобщающего показателя.

Разработанная методика может быть использована при оценке производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий, а также при подведении итогов социалистического соревнования колхозов и совхозов.

Табл. I, библиогр. 6.

УДК 627.8.7:626.82

НАНОСНЫЙ РЕЖИМ ОТВОДОВ ИЗ ЛЕВОБЕРЕЖНОГО МАГИСТРАЛЬНОГО
КАНАЛА КЗЫЛ-ОРДИНСКОГО МАССИВА ОРОШЕНИЯ

М.Т.Бекмухамедов, А.П.Понер

Сборник научных трудов, Ташкент, КазНИИВХ, 1984

Охарактеризованы условия работы и наносный режим магистрального канала и отводов из него. Приводятся данные о скоростной структуре потока в основном русле в зоне действия водовыделов и распределении взвешенных наносов по глубине воды в характерных сечениях каналов.

Анализировано влияние вышерасположенных поворотов основного русла на интенсивность поступления наносов в отводы.

Табл. 2, библиогр. 3.

	стр.
1. Г.Н.Жданов, А.И.Парамонов, В.И.Жданова. Биологически оптимальные нормы и режимы орошения основных культур по природным зонам Казахстана.....	3
2. Р.А.Кван, А.И.Околович, В.А.Ким. Результаты экспериментальных исследований по разработке режимов орошения сельскохозяйственных культур в степной зоне Казахстана	12
3. А.Г.Рау. Оптимизация параметров проектирования рисовой системы с обеспечением высокого плодородия почв	22
4. А.Ф.Мац, Т.А.Джакишев, К.А.Бабеев. Обоснование технологических параметров лиманов с применением ЭВМ	36
5. А.А.Джумабеков, Е.Д.Жапаркулова. Установление оптимальных режимов орошения кормовых культур в условиях Уральской области	46
6. К.Т.Раимбаев, В.М.Лим. Управление мелиоративными процессами при изменении степени дренированности орошаемых земель Центрального Казахстана	53
7. Б.С.Джаманбаев, В.И.Макаревич. Формирование режима и баланса грунтовых вод на новоорошаемых землях зоны канала Иртыш-Караганда	60
8. Ф.Ф.Вышпольский, Р.К.Бекбаев. Совершенствование технологии промывок и метода расчета промывных норм	66
9. В.М.Константинов. Динамика солевого режима почв при орошении осветленным животноводческим стоком ...	75
10. М.М.Мусекенов. Оценка технико-экономического уровня оросительных систем для прогнозирования мероприятий по их реконструкции	81
11. Н.Ю.Креккер. Экономическая эффективность комбинированных бороздочно-дождевальных поливов	94
12. А.Я.Рабинovich, С.А.Шаромов. Технические средства обеспечения функционирования многозонных систем СИД и особенности их эксплуатации	109

13. А.А.Калашников, А.В.Константинов. Оценка применимости различных способов и техники полива при выращивании плодовых саженцев в условиях предгорий юга Казахстана	123
14. Ю.Д.Жуико, В.А.Жарков. Технология полива садов и особенности водораспределения на системах синхронного импульсного дождевания	131
15. И.Г.Зуб. Технология полива сахарной свеклы импульсным дождеванием	139
16. В.Ф.Гаммер. Стабилизация дальности полета струи дождевальных аппаратов при изменении их расхода	151
17. А.А.Таттибаев. Выбор конструкции водовыпуска поливных трубопроводов	159
18. А.Б.Магай. Внешние характеристики бесплотинного водозабора, расположенного на повороте открытого русла....	165
19. Э.В.Гершун, Н.П.Митин, Т.В.Нугаева. Влияние водного стресса на урожай сои и его учет при организации поливов	179
20. Г.С.Терехов, Н.Ж.Рысбаев, Б.А.Джайсанбекова. К вопросу повышения эффективности лиманного орошения на пойме реки Иртыш Павлодарской области	187
21. Б.М.Койбаков. Влияние орошения дренажными водами на закономерности формирования солевого режима почвы	192
22. М.Ж.Умадилдаев. Методика оценки экономической эффективности орошаемого земледелия	197
23. А.П.Понер, М.Т.Бекмухамедов. Наносный режим отводов из Левобережного магистрального канала (ЛМК) Кызыл-Ординского массива орошения	208
24. Рефераты	218

Св.пл., 1984, поз.2.5.

Совершенствование и техническая эксплуатация
оросительных систем Казахстана

Редактор: Нурпеисова Р.З.

Р-03561. Подписано в печать 23/X.84г. Формат бумаги
60х90 1/16. Усл. п.л. 11,6. Уч. изд. л. 10. Тираж 450 экз.
Заказ 1310. Цена 1 руб.

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